



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DO PONTAL  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO PONTAL



**BRUNA TEIXEIRA CASTELLAN**

**MAPEAMENTO DE MATA CILIAR EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE DA MICROBRACIA DO CÓRREGO DA CAÇADA**

**Ituiutaba**  
Junho 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DO PONTAL  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO PONTAL



**BRUNA TEIXEIRA CASTELLAN**

**MAPEAMENTO DE MATA CILIAR EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE DA MICROBRACIA DO CÓRREGO DA CAÇADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal – Área de Concentração: Produção do espaço e dinâmicas ambientais, do Instituto de Ciências Humanas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa: Dinâmicas Ambientais

Orientador(a): Prof. Dr. Roberto Barboza Castanho

**Ituiutaba**  
Agosto 2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C348  
2022 Castellán, Bruna Teixeira, 1992-  
Mapeamento de Mata Ciliar em Área de Preservação  
Permanente na Microbacia do Córrego da Caçada [recurso  
eletrônico] / Bruna Teixeira Castellán. - 2022.

Orientador: Roberto Barboza Castanho.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Geografia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.456>  
Inclui bibliografia.

1. Geografia. I. Castanho, Roberto Barboza, 1978-,  
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-  
graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DO PONTAL

**BRUNA TEIXEIRA CASTELLAN**

**MAPEAMENTO DE MATA CILIAR EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE DA MICROBRACIA DO CÓRREGO DA CAÇADA**

Dissertação aprovada para obtenção do título de Mestre em Geografia no Programa de Pós Graduação em Geografia do Pontal – Área de Concentração: Produção do espaço e dinâmicas ambientais – Linha de Pesquisa: dinâmicas ambientais, do Instituto de Ciências Humanas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

---

Prof. Dr. Roberto Barboza Castanho (orientador)

Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Humanas do Pontal

---

Prof. Dr. Rildo Aparecido Costa

Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Humanas do Pontal

---

Prof. Dr. Marcos Esdras Leite

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

Ituiutaba, 01 Agosto de 2022.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Pontal  
 Rua Vinte, 1600, Bloco D, Sala 300 - Bairro Tupã, Uberlândia-MG, CEP 38304-402  
 Telefone: (34) 3271-5305/5306 - www.ppgep.facip.ufu.br - ppgep@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Geografia do Pontal				
Defesa de:	Mestrado PPGEp				
Data:	01 de Julho de 2022	Hora de início:	19:15hs	Hora de encerramento:	20:45hs
Matrícula do Discente:	22012GEO002				
Nome do Discente:	Bruna Teixeira Castellan				
Título do Trabalho:	MAPEAMENTO DE MATA CILIAR EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA MICROBRACIA DO CÓRREGO DA CAÇADA				
Área de concentração:	Produção do espaço e dinâmicas ambientais				
Linha de pesquisa:	Dinâmicas Ambientais				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	-				

Reuniu-se através de conferência por meet, Campus Pontal, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal, assim composta: Rildo Aparecido Costa - PPGEp/ICH/UFU; Marcos Esdras Leite UNIMONTES e Roberto Barboza Castanho -UNIPAMPA, orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da banca, Roberto Barboza Castanho, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

APROVADA

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Barboza Castanho, Usuário Externo**, em 01/07/2022, às 20:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rildo Aparecido Costa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/07/2022, às 20:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **MARCOS ESDRAS LEITE, Usuário Externo**, em 01/07/2022, às 20:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3712162** e o código CRC **2840F716**.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Eu gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante todo o tempo de tentativa e desenvolver dessa conquista, simplesmente por acreditarem em mim e me apoiarem.

Gostaria de agradecer aos professores do PPGEP com que tive a oportunidade e o prazer de cursar disciplinas, por todo ensinamento adquirido e também salientar que os mesmos tiveram papel fundamental na minha construção como pesquisadora.

Agradeço ao meu companheiro Felipe Pacheco pela paciência, companheirismo, carinho e participação tanto na parte profissional quanto pessoal, sendo figura importantíssima no desenvolver desse trabalho.

Gostaria de deixar registrado um agradecimento muito importante ao meu amigo Fabio Venceslau (The Cat), este que foi figura crucial para o desenvolvimento desta pesquisa. Só tenho a agradecer pela paciência, disponibilidade, pelas aulas, pela ajuda nas análises, nas coletas de dados em campo, enfim, pela colaboração de modo geral na execução desse estudo.

Por fim, deixo meu maior agradecimento ao meu orientador Roberto Barboza Castanho pela oportunidade como orientanda, pela disponibilidade de sempre, pela paciência e pelos ensinamentos em geral. Portanto, obrigada por caminhar comigo nessa jornada.

## RESUMO

As matas ciliares são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e desempenham papel importante na conservação dos solos, preservação e conservação da biodiversidade, principalmente na proteção das bacias hidrográficas. Sob a perspectiva de gestão do território, todo planejamento do espaço requer análises dos diferentes componentes presentes no ambiente. Para isso, o geoprocessamento pode ser empregado para viabilizar a redução das deficiências quanto ao cumprimento das leis ambientais, por cruzar dados de diversas fontes. Essa pesquisa se torna fundamental por abordar uma temática diretamente relacionada à questão ambiental e ao quadro atual da sociedade, visto que estima-se que uma parcela considerável dessas áreas tenham sido desmatadas, fato caracterizado como crime ambiental. Assim, este trabalho através de parâmetros quali-quantitativos e uso de geotecnologias, tem como objetivo elaborar mapas temáticos que utilizam como produtos, imagens do satélite CBERS-4a e o software livre QGIS. Através de tais ferramentas objetiva caracterizar a área de preservação permanente da microbacia do Córrego da Caçada localizada no município de Ituiutaba - Minas Gerais, a fim de avaliar o estado de conservação das APPs de nascente e curso d' água em conformidade ao disposto no Novo Código Florestal Brasileiro, para posteriormente avaliar os possíveis impactos ambientais associados à não preservação das APPs. Para isso, foram utilizados como procedimentos metodológicos: levantamento bibliográfico acerca das temáticas abordadas; elaboração de cartas temáticas como localização, hidrografia, área de preservação, e uso e ocupação do solo; visitas ao campo para averiguação das informações previamente visualizadas nos mapeamentos temáticos; processamento e manipulação dos dados no software livre QGIS; e por fim a delimitação de área equidistante (buffer). Os resultados obtidos demonstrou que a maior parte da área delimitada da microbacia encontra-se fora dos parâmetros estabelecidos por lei, uma vez que não há o cumprimento da preservação de mata nativa na maioria das áreas de sua extensão e também possibilitou a constatação da eficácia quanto às ferramentas de geotecnologia gratuita para esse tipo de estudo.

**Palavras chave:** mata ciliar, área de preservação permanente, microbacia, geotecnologia, buffer.

## ABSTRACT

Riparian forests are considered Areas of Permanent Preservation (APP) and they have an important role in soil conservation, preservation and conservation of biodiversity, mainly in the protection of the watersheds. From the perspective of territory management, all space planning requires analysis of the different components present in the environment. For this, geoprocessing can be used to enable the reduction of deficiencies in terms of compliance with environmental laws. This research becomes essential for addressing a theme directly related to the environmental issue and the current situation of society, since it is estimated that a considerable portion of these areas have been deforested, a fact that is characterized as an environmental crime. Thus, this work, through qualitative and quantitative parameters and the use of geotechnologies, aims to elaborate thematic maps that use CBERS-4a satellite images and QGIS free software as a tool. Through such tools, the objective is to feature the permanent preservation area of Córrego da Caçada watershed located in the municipality of Ituiutaba - Minas Gerais, in order to analyze the conservation status of PPAs' source and watercourse in accordance with the provisions of the New Brazilian Forest Code, to later assess the possible environmental impacts associated with the non-preservation of the PPAs. For this, the following methodological procedures were used: bibliographic survey on the themes addressed; elaboration of thematic maps such as location, hydrography, preservation area, and land use and occupation; field visits to verify the information previously viewed in the thematic mappings; processing and manipulation of data in the QGIS free software; and finally, the delimitation of an equidistant area (buffer). The results achieved, showed that most of the delimited area of the watershed is outside the parameters established by the law, since there is no compliance with the preservation of native forest in most of the areas of its extension and it also enabled the verification of effectiveness regarding free geotechnology tools for this type of study.

**Keywords:** riparian forest, permanent preservation area, watershed, geotechnology, buffer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ituiutaba (MG): localização, 2021.....	8
Figura 2 - Ituiutaba (MG): Drenagem da microbacia do Córrego da Caçada.....	9
Figura 3 – Fitofisionomias da vegetação de Cerrado.....	10
Figura 4 - Esquema do ciclo hidrológico.....	36
Figura 5 - Obtenção de imagens por sensoriamento remoto.....	48
Figura 6 - Espectro eletromagnético.....	50
Figura 7 - Metodologia empregada no decorrer da pesquisa, 2021.....	62
Figura 8 - Imagens escolhidas do satélite Cbers-4a.....	65
Figura 9 – Adicionada a primeira camada referente a banda 1.tif.....	67
Figura 10 - Adicionada a segunda camada referente a banda 2.tif.....	67
Figura 11 – Adicionada a terceira camada referente a banda 3.tif.....	68
Figura 12 – Solicitação para elaboração do raster virtual através da miscelânea.....	68
Figura 13 – Raster virtual composto de multibandas e início da composição da falsa cor.....	69
Figura 14 – Resultado da composição da falsa cor.....	70
Figura 15 – Resultado da composição 3R, 1G e 2B da Microrregião de Ituiutaba.....	70
Figura 16 – Seleção da caixa de ferramentas de processamento.....	71
Figura 17 – Inserção da banda pancromática (banda 0) - Fusão.....	71
Figura 18 – Processo de recorte da camada.....	72
Figura 19 – Recorte da Microbacia do Córrego da Caçada.....	73
Figura 20 – Resultado da composição 3R, 1G e 2B.....	73
Figura 21 - Criação de uma nova camada shapefile (shp.) referente à rede de drenagem.....	74
Figura 22 - Elaboração das propriedades da camada shp.....	75
Figura 23 – Elaboração dos canais da rede de drenagem.....	75
Figura 24 – Criação dos pontos que formaram o arquivo (shp.).....	76
Figura 25 - Definição das propriedades da camada.....	76
Figura 26 – Canais da rede de drenagem.....	77
Figura 27 – Resultado final dos canais existentes na Microbacia Córrego da Caçada.....	77
Figura 28 - Criação das nascentes dos canais da rede de drenagem.....	78
Figura 29 - Elaboração das propriedades da camada (shp.) das nascentes.....	79
Figura 30 - Resultado final da criação das nascentes.....	79
Figura 31 - Nascentes inseridas no conjunto total.....	80

Figura 32 - Criação do comando <i>buffer</i> nas nascentes.....	81
Figura 33 - Delimitação dos parâmetros do <i>buffer</i> das nascentes.....	82
Figura 34 - <i>Buffer</i> preliminar das nascentes.....	82
Figura 35 - Criação do comando <i>buffer</i> nos canais.....	83
Figura 36 - Delimitação dos parâmetros do <i>buffer</i> dos canais.....	83
Figura 37 - Processamento da criação do <i>buffer</i> dos canais.....	84
Figura 38 - Resultado preliminar do <i>buffer</i> dos canais.....	84
Figura 39 - Alteração das propriedades do <i>buffer</i> dos canais.....	85
Figura 40 - Resultado final do <i>buffer</i> dos canais.....	85
Figura 41 - Ituiutaba (MG): Localização dos pontos de observação do trabalho de campo para reconhecimento de área da microbacia do Córrego da Caçada.....	87
Figura 42 – Descrição do Ponto 1 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	88
Figura 43 - Descrição do Ponto 2 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	89
Figura 44 – Aferição da mata ciliar no ponto 2.....	91
Figura 45 – Composição da vegetação da mata ciliar do ponto 2.....	92
Figura 46 - Vista da área de preservação permanente do ponto 2.....	94
Figura 47 - Seriema - ave terrestre típica de Cerrado.....	95
Figura 48 - Descrição do Ponto 3 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	95
Figura 49 - Aferição da mata ciliar no ponto 3. ....	96
Figura 50 - Plantação de sorgo no ponto 3. ....	97
Figura 51 - Descrição do Ponto 4 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	98
Figura 52 – Paisagem e aferição do ponto 4.....	99
Figura 53 - Aferição da metragem em campo – Microbacia do Córrego da Caçada.....	100
Figura 54 - Descrição do Ponto 5 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	101
Figura 55 – Paisagem do ponto 5. ....	102
Figura 56 - Restaurante Venda amarela. ....	103
Figura 57 - Cultivo intensivo de cana de açúcar em diferentes estágios.....	103
Figura 58 - Bambuzal que circunda a cachoeira.....	104
Figura 59 - Descrição do Ponto 6 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	105
Figura 60 - Parte superior do curso d'água da Cachoeira do Córrego da Caçada.....	106
Figura 61 - Descrição do Ponto 7 – Microbacia do Córrego da Caçada.....	107
Figura 62 - Cachoeira da venda amarela.....	108
Figura 63 – Ponte sobre o Córrego da Caçada no ponto 8. ....	109
Figura 64 - Fotos da estrada de acesso do ponto 9.....	110

Figura 65 - Ituiutaba (MG): Áreas de Preservação Permanente da Microbacia do Córrego da Caçada .....	112
Figura 66 - Resultado do mapa temático do buffer das nascentes.....	113
Figura 67 - Ituiutaba (MG): Aplicação do buffer nas áreas de preservação permanente na Microbacia do Córrego da Caçada. ....	116
Figura 68 - Ituiutaba (MG): Uso e Ocupação do solo da Microbacia do Córrego da Caçada	118
Figura 69 - Uso e o ocupação do solo .....	120

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Características das câmeras do Cbers-4a .....	55
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Bandas espectrais .....	66
Tabela 2 - Caracterização do uso e ocupação do solo .....	119

## **LISTA DE SIGLAS**

APP – Área de Preservação Permanente

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CAST – Academia Chinesa de Tecnologia Espacial

CBERS – China-Brasil Earth Resources Satellite/ Satélite Sino-brasileiro de Recursos Terrestres

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

DOD – Department of Defense

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ERTS – Earth Resources Technology Satellite

ESRI – Environmental Systems Research Institute

GPS – Global Positioning System

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IFOV - Instantaneous Field of View/ Campo de Visada Instantâneo

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LA - licenciamento ambiental

MDS – Mapeamento Digital do Solo

MG – Minas Gerais

NAVSTAR – Navigation Satellite with Time and Ranging

NASA – Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço

OLI (Operational Land Imager)

ONU – Organização das Nações Unidas

OSGEO – Open Source Geospatial Foundation

PL – Projeto de Lei

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PNRH – Política Nacional dos Recursos Hídricos

QGIS – Quantum GIS

RL – Reserva Legal

SEMA - Secretaria Especial de Meio Ambiente

SHP - Shapefile

SINIMA - Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SIG - Sistema de Informação Geográficas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SPOT – Satellite Pour l’Observation de la Terre

TIRS (Thermal Infrared Sensor)

UC - Unidades de Conservação

ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualização da pesquisa desenvolvida.....	1
1.2. Problematização.....	4
1.3. Justificativa.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo geral.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Caracterização da área de estudo.....	<b>6</b>
1.5.1. Hidrografia.....	7
1.5.2. Vegetação.....	10
1.5.3. Clima.....	11
1.5.4. Pedologia.....	11
<b>2. Histórico e caracterização das legislações e dinâmicas ambientais.....</b>	<b>13</b>
2.1. Breve histórico da evolução das políticas ambientais no Brasil.....	13
2.2. Caracterizando áreas de preservação permanente a partir das legislações.....	18
2.3. Função ecológica das áreas de preservação permanente.....	25
2.4. Degradação ambiental.....	30
<b>3. Bacias Hidrográficas.....</b>	<b>35</b>
3.1. Propriedades e relevância do sistema hídrico.....	35
3.2. Componentes, aspectos e processos da rede de drenagem.....	38
3.3. Permeando pelos conceitos de bacias, microbacias e sub-bacias hidrográficas.....	39
<b>4. As geotecnologias: o estado da arte.....</b>	<b>43</b>
4.1. As aplicabilidades das geotecnologias.....	43
4.2. Tipos de geotecnologias.....	45
4.3. Sensoriamento remoto.....	50
4.3.1. Satélites e imagens orbitais.....	51

4.3.2. Satélites mais indicados para estudos ambientais .....	53
4.4. Software e ferramentas adicionais .....	57
<b>5. Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>60</b>
5.1. Metodologia da pesquisa .....	60
5.2. Investigação teórica, reconhecimento do local e coleta de dados.....	61
5.3. Espacialização das informações.....	64
5.3.1. Georreferenciamento .....	64
<b>6. Análises dos dados obtidos .....</b>	<b>87</b>
6.1. Interpretação dos mapas temáticos .....	110
<b>7. Considerações Finais.....</b>	<b>122</b>
<b>8. Referencias .....</b>	<b>124</b>

# 1. Introdução

---

Nesta parte da dissertação é apresentada a perspectiva do estudo de modo geral desenvolvido nessa pesquisa, expondo a problemática em torno do assunto, os motivos que justificam e motivam a investigação mais detalhada dos aspectos ambientais envolvidos na área em questão. Os objetivos gerais e específicos também fizeram parte dessa parte inicial, caracterizados por nortear o desenvolvimento dessa pesquisa.

## 1.1. Contextualização da pesquisa desenvolvida

O território Brasileiro caracteriza-se por sua grande extensão espacial, pela variedade de climas, solos, vasta biodiversidade e principalmente por seus diversos tipos de formações vegetais.

As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação nativa, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum e exercem os direitos de propriedade com as devidas limitações que a legislação estabelece. Dessa forma, as ditas, Área de Preservação Permanente (app) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Dentre as formações como florestas, ou outros tipos de cobertura vegetal nativa, as que se apresentam marginalmente a corpos de água, são denominadas de vegetação ripária, vegetação ciliar ou mata ciliar (LINDNER e SILVEIRA, 2003). Matas ciliares são consideradas Áreas de preservação permanente (APP) caracterizadas por desempenhar função de proteger o ambiente natural, protegidas por legislações estaduais e regulamentadas pelo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012.

Tais áreas desempenham papel importante na conservação dos solos, preservação e conservação da biodiversidade e principalmente na proteção das bacias hidrográficas, uma vez que os efeitos provocados pela remoção da mata ciliar, não se restringem apenas aos limites geográficos localizados dessa área.

No que tange a bacia hidrográfica, é evidente que a mesma se revela como um dos elementos de pesquisa mais significativos em estudos geográficos voltados a questões ambientais, principalmente quando vinculados a áreas ambientais degradadas, a qual pode ser entendida como uma célula básica de análise ambiental. As bacias hidrográficas, neste mesmo concerne, possibilitam uma análise de forma integrada dos processos existentes no espaço geográfico e é com base nisso, que Tricart (1977, p. 17) ressalta, “no momento atual, já não existe nenhum ecossistema que não seja modificado pelo homem, só que as modificações são de natureza diferente e de importância diversa”.

Em se tratando da proteção dessas matas e conseqüentemente das bacias hidrográficas, uma das principais problemáticas geradas pela ocupação antrópica, está atrelada a ocupação desses espaços causando desequilíbrio ao ambiente. Visto que, tal ocupação pode acontecer de forma desigual ou até mesmo ordenada, com ressaltado para áreas de vertentes das bacias, esta tomada caracteriza vetor de alta corroboração para a fragilidade do meio e dos processos naturais ali envolvidos, uma vez que o equilíbrio dinâmico dos mesmos será rompido. A dispersão da cobertura vegetal catalisa a ruptura dessas estruturas, anteriormente encontradas em estado de estabilidade. A vegetação desempenha um papel de anteparo ao solo e com sua retirada, o efeito de todos os agentes, sobretudo da ação hídrica é eminente à exposição do solo, o que, para alguns autores, é fator de vanguarda na esculturação do relevo. Por sua vez, suscitando a desagregação, transporte e deposição de sedimentos (VENCESLAU, 2020).

Mesmo com a existência de órgãos fiscalizadores municipais, estaduais e federais, essas áreas de preservação permanente apresentam elevado índice de desmatamentos advindos de ações antrópicas, como práticas de agricultura e pecuária (MARTINS, 2002), bem como uso e ocupação ilegal, além de depósitos tecnogênicos quando se trata de áreas urbanas, o que traz o questionamento do quão eficaz são as fiscalizações desses órgãos.

Considerando a importância de manutenção natural dos ecossistemas, diante da sua função ambiental, as áreas de preservação são fatores intrínsecos para a manutenção da biodiversidade, evidenciando assim, uma necessidade de formas efetivas de gestão desses espaços (MOURA, 2003).

Sob a perspectiva de gestão do território, todo planejamento ou monitoramento do espaço requer análises dos diferentes componentes presentes no ambiente, sendo imprescindíveis ações que culminem na preservação, manejo, conservação e restauração ambiental, principalmente das áreas classificadas como áreas de preservação permanente. Tais ações em conjunto, resultam em um diagnóstico ambiental, capaz de diagnosticar, mapear e

quantificar as formas de uso e ocupação do solo, averiguando a conformidade com a legislação ambiental brasileira.

Para isso, algumas metodologias podem ser empregadas para viabilizar a redução das deficiências quanto ao cumprimento das leis ambientais, as quais podem ser proporcionadas através das geotecnologias. A utilização de geotecnologias para estudos ambientais necessita de uso intensivo de técnicas de integração de dados, ferramentas de análise espacial, processamento de imagens e geoestatística.

Seguindo essa premissa, um dos métodos de obtenção de informações sobre uso e ocupação do solo é através do mapeamento com sensores orbitais e aerotransportados, os quais resultam em imagens de satélite e fotografias aéreas (STEFFEN, 2011). Assim, a aplicação de técnicas de análise de imagens por meio da diferenciação de cores/tonalidades, texturas, tamanhos e rugosidades, conhecida como fotointerpretação, possibilita obter informações relevantes e confiáveis para a criação de um banco de dados (VETTORAZZI, 1996; ROSA, 2005).

Essa fotointerpretação visual de imagens fundamenta-se no processo de análise por meio da detecção, identificação e classificação do objeto de estudo. Desse modo, é possível visualizar previamente em imagens aéreas, determinadas situações detectadas em campo, como vegetação nativa, pastos, culturas, áreas urbanizadas, uso e ocupação do solo de modo geral. Concomitante a esse processo o trabalho de campo é substancial ao estudo e mapeamento do ambiente por meio de imagens de sensores remotos, visto que, através dele o resultado da interpretação torna-se mais confiável (XAVIER-DA-SILVA, 2001; FLORENZANO, 2002).

Nesse sentido, o SIG (Sistema de Informação Geográfica) se apresenta como uma importante ferramenta no processo, visto que o mesmo possibilita o processamento de informações multidisciplinares de forma integrada, além de proporcionar uma representação espaço-temporal (DAVIS e CÂMARA, 2001; ROSA, 2005). Para MELO et al., (2008), esse sistema viabiliza a obtenção de descrições espaciais detalhadas de determinado território. Dentre as variáveis comumente utilizadas como dados de entrada em modelos que podem ser fornecidos, é possível elencar: tipo e uso do solo, cobertura vegetal, relevo e distribuição de feições hidrológicas.

Num ponto de vista de planejamento, os SIGs são fundamentais por permitirem uma visão inédita, no qual proporciona todas as informações disponíveis sobre determinado objeto de análise sendo estas inter-relacionadas. Isso se deve ao fato de ter como base em comum a localização geográfica, o que facilita a compreensão de padrões e processos no

espaço. Por isso, esse recurso tem sido amplamente utilizado como ferramenta em estudos ambientais, capaz de permitir, por exemplo, sobrepor informações de uma carta topográfica com as órbitas de uma imagem de satélite para assim, gerar novas informações (CENTENO, 2003; MOREIRA, 2011).

Diante disso, o uso dessas técnicas e ferramentas tem mostrado o quanto essa alternativa de tecnologia é eficiente na identificação das áreas onde supostamente possa estar ocorrendo incompatibilidade de uso em relação às normas ambientais.

## **1.2. Problematização**

De acordo com o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias) o Brasil perdeu 87,2 milhões de hectares de áreas de vegetação nativa, de 1985 a 2019. Isso equivale a 10,25% de todo o território nacional. O Brasil detêm cerca de 66,8% do território nacional coberto por vegetação nativa, entretanto, isso não significa que toda essa área seja de fato preservada. A coleção 5 do MapBiomias aponta que o ritmo de perda de vegetação nativa acelerou no Brasil entre os anos 2018 e 2019. No Cerrado, por exemplo, essa redução da vegetação foi de 28,5 Mha, valor que o destaca dentre os outros seis biomas brasileiros, como o que mais perdeu vegetação nativa em termos proporcionais: 21,3%. (MAPBIOMAS, 2020).

Ainda de acordo com dados do MapBiomias (2020), pelo menos 9,3% de toda vegetação natural do Brasil é secundária, isto é, vegetações que foram desmatadas e posteriormente convertidas para uso antrópico. Estima-se que o Cerrado apresente uma perda de aproximadamente metade do bioma para a conversão em lavouras e pastagens (SANO, 2019). Geralmente, essa conversão ocorre em áreas que apresentam vegetação densa e conseqüentemente clima e condições de solo favoráveis, além de terrenos planos, propícios à agricultura mecanizada (ROCHA, et al, 2011).

De maneira geral, é crescente a preocupação acerca da preservação e conservação da vegetação nativa, sobretudo aquela situada ao longo de cursos d'água e nascentes denominadas de mata ciliar. Tais áreas tem ocupado lugar de destaque visto sua importância não somente em relação à vegetação, mas a proteção dos recursos hídricos e para o ecossistema também como um todo.

Apesar da importância crucial das áreas de preservação permanente, tem sido processual e gradativo ações de degradação ambiental e uso e ocupação do solo de forma irregular, resultando no comprometimento das condições ecológicas da área.

A relação entre os tipos de uso e ocupação do solo e as formas de proteção ambiental tem se demonstrado histórica e empiricamente conflituosa, gerando consequências tanto ambientais quanto sociais. A problemática dos conflitos ambientais das ocupações irregulares e muitas vezes ilegais revelam impactos ecológicos, advindos de inadequações espaciais, baseadas nos princípios do modelo de produção capitalista, e no modo de estrutura de produção espacial de agricultura e pecuária.

Nesse âmbito, a relação entre áreas ocupadas e áreas de proteção e preservação ambiental se mostra problemática, contribuindo e, ou potencializando a reprodução de inúmeros problemas e impactos como perda de produtividade; mudanças no regime hidrológico; perda da biodiversidade, redução dos padrões de diversidade preexistentes, pela intensa degradação dos solos agrícolas e contaminação química dos recursos naturais, decaimento dos solos, riscos de erosão, assoreamento dos cursos d'água, risco de secar as nascentes, aumento da possibilidade de inundações e poluição das águas pela presença de diversos resíduos tais como adubo e agrotóxico dentre outros.

A legislação ambiental brasileira é bem ampla quanto a regimentos e normas, mas na maioria das vezes suas ações em apurar irregularidades não são aplicadas corretamente tornando-as ineficazes. Diante disso, as geotecnologias se apresentam como alternativa viável na tentativa de reduzir as deficiências quanto ao cumprimento das leis existentes.

Frente a isso, elaborou-se então, alguns questionamentos com a intenção de direcionar a investigação, sendo eles:

- Qual o grau de desmatamento encontrado na mata ciliar presente na microbacia do Córrego da Caçada?
- Softwares livres apresentam uma eficaz aptidão no mapeamento de áreas de preservação permanente?
- É possível, a partir da utilização de produtos de geotecnologias, correlacionar a legislação ambiental vigente para a verificação se realmente as áreas de preservação permanente estão sendo preservadas?

### **1.3. Justificativa**

À vista disso, essa pesquisa se torna fundamental por abordar uma temática voltada a questões ambientais e suas regularidades, além de correlacionar com ações antrópicas e seus supostos impactos, visto que uma parcela considerável de áreas de preservação permanente

tenham sido desmatadas ou que estejam fora dos padrões estabelecidos, fato que merece destaque por ser caracterizado como crime ambiental perante a Lei nº 12.651/2012.

Logo, torna-se evidente a necessidade de uma verificação do cumprimento à legislação regulamentada pelo Código Florestal Brasileiro, utilizando como ferramenta principal, a disponibilização de informações de um *software* livre, que possui a função de visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

Quanto à justificativa de se estudar a microbacia do Córrego da Caçada, deu-se pelo fato dessa área representar uma das áreas prioritárias de turismo do município de Ituiutaba, no qual se torna necessário levantar todos os processos e alterações decorrentes de ações antrópicas.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo geral**

Analisar a preservação das APP de nascentes e curso d' água na microbacia Córrego da Caçada, em Ituiutaba-MG;

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Mapear a rede de drenagem da microbacia do córrego da caçada;
2. Elaborar o mapa da área de preservação permanente da área em estudo;
3. Avaliar o estado de conservação das APPs de nascente e curso d' água em conformidade ao disposto no Novo Código Florestal Brasileiro;
4. Avaliar os possíveis impactos ambientais associados à não preservação das APPs.

## **1.5. Caracterização da área de estudo**

O estudo foi desenvolvido nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da microbacia hidrográfica do Córrego da Caçada, localizada no município de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais, que se encontra na Microrregião de Ituiutaba. O município possui uma área de 2.598,046 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2018), com população estimada de 105.818, nas coordenadas geográficas Latitude: 18° 57' 55" Sul, Longitude: 49° 27' 49" Oeste e faz limite com os municípios de Gurinhatã, Ipiacú, Capinópolis, Canápolis, Monte Alegre de Minas, Prata, Campina Verde e o Estado de Goiás.

### 1.5.1. Hidrografia

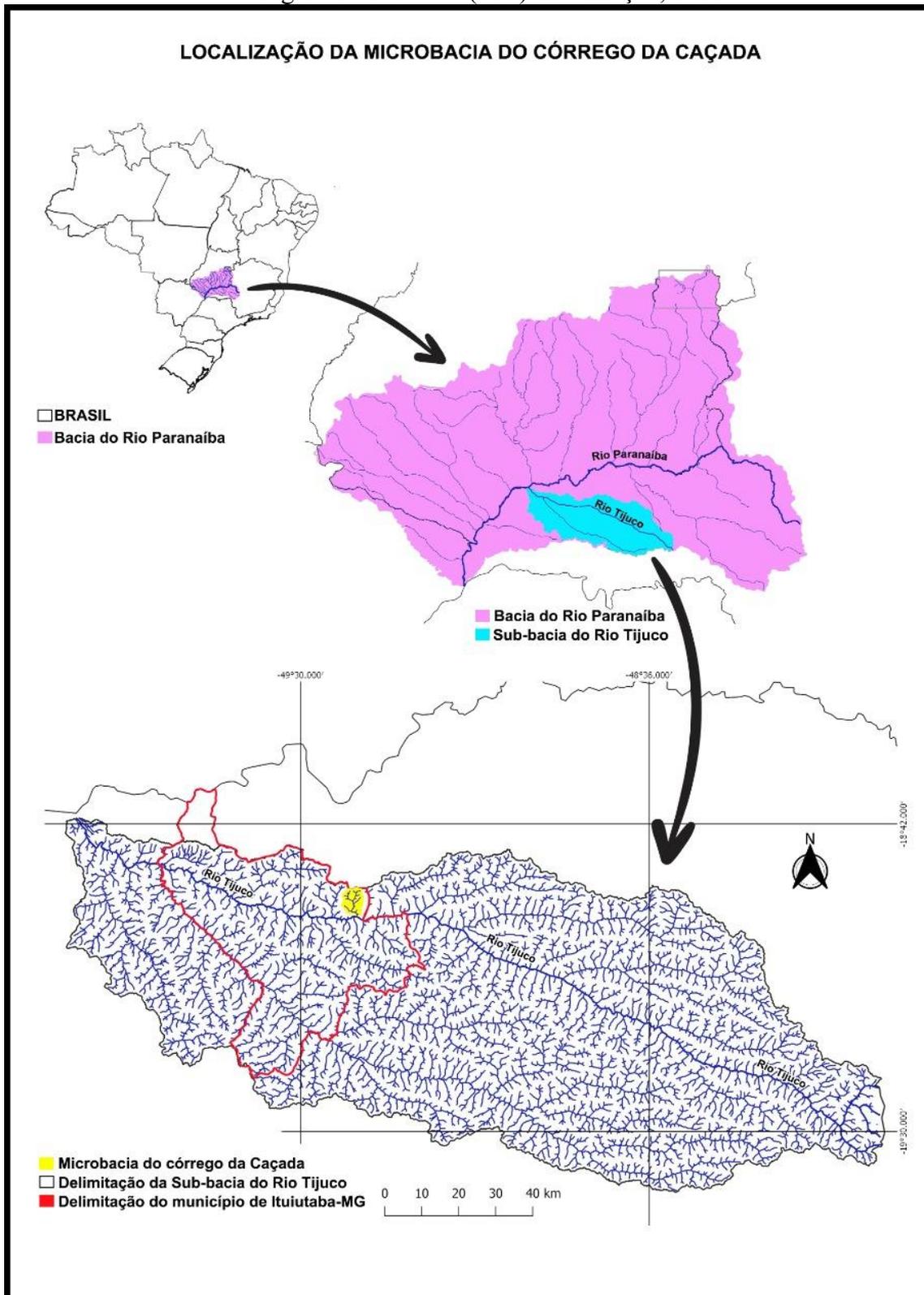
O município de Ituiutaba é drenado por três cursos d'água considerados principais que são o Rio Paranaíba, o Rio Tijuco e Rio da Prata, onde, o Rio da Prata é tributário do Rio Tijuco, que por sua vez é um afluente do Rio Paranaíba. Existe um grande número de cursos d'água de menor extensão e menor vazão que deságua nestes três Rios principais, entre eles se situa a área de drenagem do Córrego da Caçada, que se encontra a nordeste da cidade de Ituiutaba.

A microbacia do Córrego da Caçada está inserida na sub-bacia do Rio-Tijuco, que por sua vez, está inserida na Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (figura 1).

De acordo com a literatura utilizada nesse trabalho, é possível dizer que a área escolhida como referencia para execução do mesmo deve ser classificada como microbacia. Isso se deve aos parâmetros e valores de seus limites, no qual abrange aproximadamente uma área equivalente a 36.514 km<sup>2</sup> e toda sua extensão pode ser visualizada na figura 2.

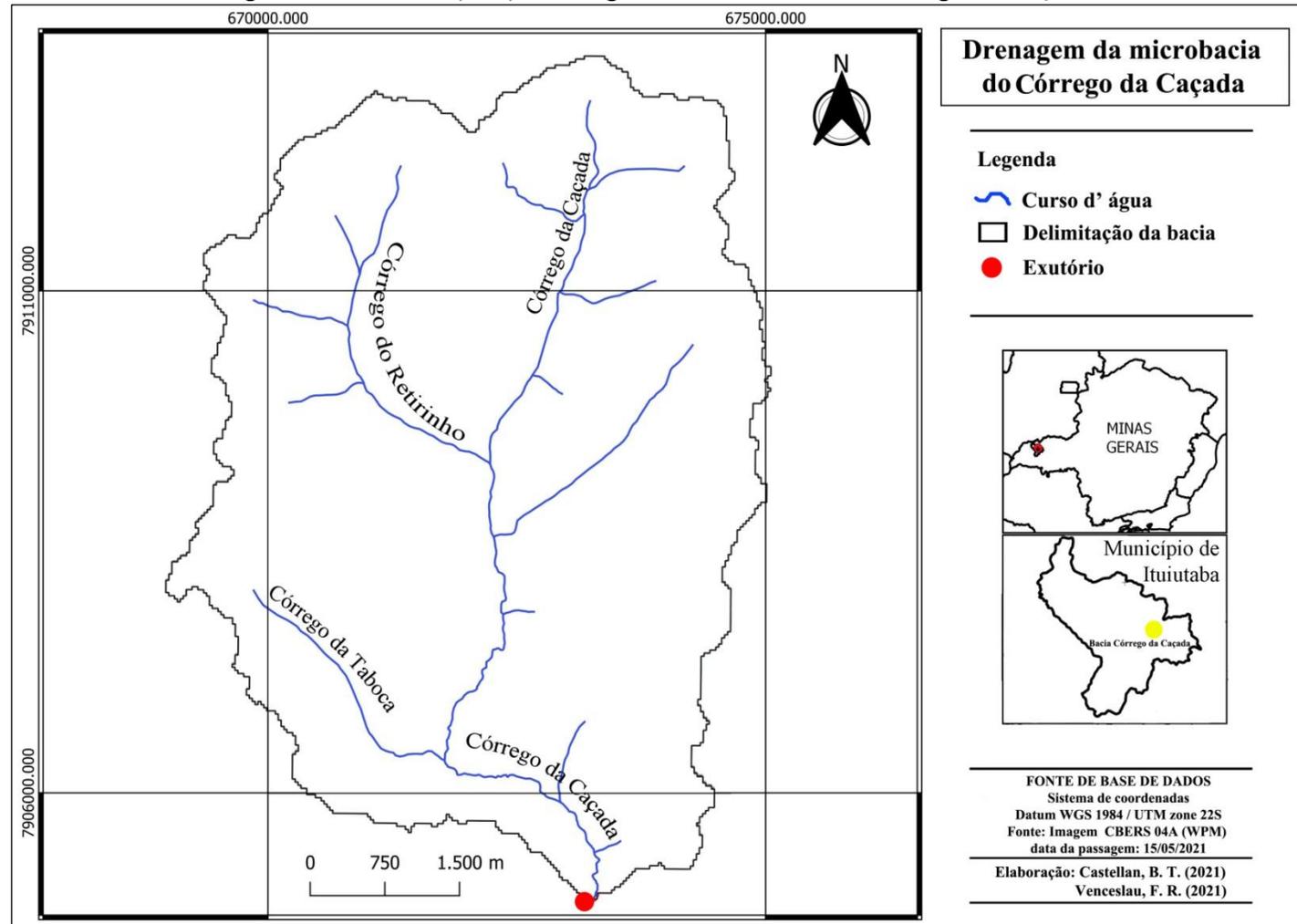
Em uma das suas extensões está presente o Córrego da Caçada que dá nome a microbacia de forma geral. Tal curso tem seu fluxo com predominância no sentido N-S, e abrange aproximadamente 9,5 Km de extensão. A formação de sua cachoeira é advinda da ruptura de declive sobre rochas basálticas em seu trecho final, cerca de um quilômetro de sua foz, no Rio Tijuco. Seu mais importante tributário é o Córrego da Taboca (SOUZA e PORTUGUEZ, 2012).

Figura 1 - Ituiutaba (MG): localização, 2021.



Fonte: (IGAM, 2018), Org.; Venceslau, 2021.

Figura 2 - Ituiutaba (MG): Drenagem da microbacia do Córrego da Caçada.



Org.; Castellan, 2021; Venceslau, 2021

### 1.5.2. Vegetação

O município de Ituiutaba se encontra em uma região de Cerrado, bioma predominante na região do Planalto central do Brasil, o qual é considerado o segundo maior bioma em área do país, cobrindo uma área estimada de 2 milhões de km<sup>2</sup>, representando assim, cerca de 24% do território brasileiro (praticamente um quarto de toda extensão territorial). O Cerrado se encontra presente em grande parte do território nacional, incluindo os estados de Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal.

A vegetação do bioma cerrado apresenta fitofisionomias que compreendem formações que podem se apresentar como florestais, savânicas e campestres. Nesse caso, a fitossociologia do termo referente à floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo. O termo savana refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem formação de dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, com espaçamento de árvores na paisagem (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Coutinho (1978) considera o Cerrado como um complexo vegetacional composto do campo limpo ao cerradão, representando suas formas savânicas, *i.e.* campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto* (figura 3). As formações savânicas, encontradas no Brasil, podem apresentar inúmeras características fisionômicas e estruturais, tal diversidade está relacionada principalmente às condições ecológicas existentes em cada ecossistema de cerrado.

Figura 3 – Fitofisionomias da vegetação de Cerrado



Fonte: Coutinho (1978, p.22)

Essas condições ecológicas possuem relação com os tipos de vegetação, uma vez que apresentam um gradiente de biomassa, que está intimamente relacionado com as

características do solo. Quando o gradiente de biomassa se apresenta em menores proporções no cerrado, denomina-se de campo limpo, na sequência crescente desta proporção segue o campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e por fim, o cerradão. Esse complexo vegetacional que compõem o cerrado *sensu lato* apresenta diversas características fisionômicas e estruturais (COUTINHO, 1990).

O Cerrado se tornou um dos biomas mais ameaçados do mundo devido ao modelo de ocupação inserido na região Centro-Oeste, baseado na conversão de vegetação nativa em pastagens e monoculturas (KLINK e MACHADO, 2005). Esse modelo de ocupação territorial é preocupante, em razão de o Cerrado manter elevada heterogeneidade de habitats e paisagens, além de abrigar uma biota estimada em mais de 300 mil espécies de plantas e animais, contendo alto grau de endemismo, tornando-o internacionalmente conhecido como um dos 25 *hot spots* de diversidade biológica do planeta (REZENDE e GUIMARÃES, 2007).

Além do bioma Cerrado é possível observar em pequenas porções espaçadas remanescentes de Mata Atlântica em determinadas áreas, apresentando-se como ecótonos de vegetação devido ao alto índice de degradação e devastação ambiental.

### **1.5.3. Clima**

Para Mendes e Queiros (2011, p.336) “as condições do tempo e do clima no município de Ituiutaba estão, principalmente sob a ação dos sistemas intertropicais e polares, que ao longo do ano faz com que o município tenha a formação de um clima tropical que varia entre seco e úmido”.

Deste modo, de acordo com a classificação internacional (KOTTEK et al., 2006) essa região é caracterizada pelo clima tropical do tipo Aw, definido por Souza e Costa (2009) como megatérmico: tropical com verão chuvoso e inverno seco. A estação chuvosa é bem definida e se inicia em meados de outubro e se estende até o mês de abril, já o período de seca estende-se de maio até setembro.

### **1.5.4. Pedologia**

Os Latossolos são dominantes na região do Cerrado, cobrindo 46% da área. Esses tipos de solos podem apresentar uma coloração variando do vermelho para o amarelo, são profundos, bem drenados na maior parte do ano, geralmente são distróficos, ácidos e apresentam toxidez de alumínio e são pobres em nutrientes essenciais (como cálcio,

magnésio, potássio e alguns micronutrientes) para a maioria das plantas (EMBRAPA, 2007). Por apresentarem essas características edáficas e estarem presentes em relevos planos a suavemente ondulados são passíveis de utilização agrícola e devido a isso aproximadamente 40% de toda sua extensão tem sido destinada a pastagem e agricultura (REATTO, 1998).

Além dos Latossolos, há os solos pedregosos e rasos (Neossolos Litólicos), geralmente de encostas, os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), os orgânicos (Organossolos) e outros de menor expressão (EMBRAPA, 2007).

## **2. Histórico e caracterização das legislações e dinâmicas ambientais**

---

**E**ste capítulo tem como prioridade abordar, de forma resumida, os principais eventos e desdobramentos que culminaram nas políticas ambientais em vigor na atualidade. Dentre os aspectos discutidos, é apresentada uma contextualização histórica a fim de colocar o leitor a par dos principais desdobramentos das legislações brasileiras até o presente momento.

### **2.1. Breve histórico da evolução das políticas ambientais no Brasil**

O meio ambiente é um bem fundamental para qualquer tipo de vida existente, sendo então considerado como fator prioritário para a evolução humana. Portanto, deve ser protegido e conservado para que possa continuar propiciando o equilíbrio de todos os seus elementos.

É natural com o passar do tempo, o progresso da sociedade, e conforme as coisas vão surgindo e se transformando, fica evidente a necessidade de se tomar determinadas providências que estabeleçam uma proteção e conservação adequada de seus recursos.

O modo como um país pratica sua política ambiental, diz muito sobre a forma com que os recursos naturais são utilizados e relacionados a atividades socioeconômicas. Assim, a evolução da política ambiental brasileira pode ser atrelada a grandes marcos internacionais, o que conseqüentemente influenciaram diretamente no tratamento das mesmas.

Levando isso em consideração, é notório o avanço e as relevantes iniciativas preservacionistas no país, no período compreendido entre 1920 e 1970.

Na década de 1930, diante da necessidade de industrialização, se tornou visível a carência de uma base regulatória, dando início à primeira fase das políticas ambientais brasileiras.

Mediante a indispensabilidade de uma industrialização, passaram a ocorrer ações governamentais em prol das políticas ambientais, fundamentadas em uma série de medidas administrativas que tinham dentre outros objetivos, delimitar áreas de proteção e racionalização de exploração de recursos naturais (SÁNCHEZ, 2008).

Portanto, no campo da legislação, no quesito de leis ambientais no país, pode-se dizer que uma das primeiras referências é o Código das Águas, instituído no decreto nº. 24.643/34 conhecido por promover uma gestão dos recursos hídricos democrática.

Logo em seguida, foi publicada a primeira versão do Código Florestal, pelo decreto nº. 23.793/34, o qual foi reconhecido por conter nessa etapa de administração de recursos naturais, a apresentação de uma estratégia de preservação ambiental e criar unidades de conservação. Era de fato, um conjunto de normas que representava uma preocupação com o meio ambiente de forma mais ampla e não específica como é atualmente<sup>1</sup>. Posteriormente, o mesmo foi substituído pelo Código Florestal de 1965 estabelecido pela Lei federal nº. 4.771/65.

Além dos decretos mencionados, antes da possibilidade de uma iniciativa integradora, outras legislações diversas foram criadas para regulamentar políticas direcionadas à preservação ambiental no Brasil. Santilli (2005, p.28 e 29) menciona que,

Até então as leis tratavam os bens ambientais de forma isolada e desarticulada – águas, floresta, fauna – cada recurso ambiental era regulado em um instrumento jurídico separado: Código de águas, Código Florestal, Lei de Proteção à Fauna, etc., e não havia um instrumento jurídico que considerasse a política ambiental como um todo articulado e sistêmico.

A partir da década de 60, foram implementadas importantes leis para a temática ambiental, como por exemplo, o Estatuto da Terra pela Lei nº. 4.504/64 que regulava os direitos e obrigações referentes a bens imóveis rurais, para os fins de execução da Reforma Agrária e promoção da Política Agrícola.

Conjuntamente a essas iniciativas do governo brasileiro, no âmbito internacional, outras diretrizes também eram definidas. Em 1972, foi promovida a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente na cidade de Estocolmo, o qual ficou marcado por ser o primeiro encontro internacional com fins voltados à discussão de temáticas ambientais de âmbito global.

A partir dessa conferência, são estabelecidos determinados princípios que devem ser seguidos pelas nações e o princípio 21 merece destaque por promulgar,

Princípio 21 - De acordo com a Carta das Nações Unidas e com os princípios do direito internacional, os Estados têm o direito soberano de explorar seus próprios recursos, de acordo com a sua política ambiental, desde que as atividades levadas a efeito, dentro da jurisdição ou sob seu controle, não prejudiquem o meio ambiente

---

<sup>1</sup> Atualmente encontra-se em vigor o Código Florestal, Lei nº 12.651/2012.

de outros Estados ou de zonas situadas fora de toda a jurisdição nacional (ONU, 1972, s.p).

É historicamente notória a evolução socioeconômica da sociedade brasileira e concomitantemente a esse progresso, é possível observar uma crescente necessidade arraigada em fortes pressões, sobretudo nos recursos naturais. Grande parte das adversidades entre a dicotomia de produção e meio ambiente, foram ocasionadas pelo sistema remanescente da revolução industrial. Assim, diante das questões envolvendo os problemas do meio ambiente, o governo brasileiro começa a se posicionar e conseqüentemente se expressar de forma mais efetiva na década de 70.

Desse modo, incentivados pelos ideais expostos na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente de Estocolmo, em 1973, no Brasil, através do Decreto nº 73.030 foi criada no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA). Como previsto no decreto, competia ao Sema principalmente, acompanhar as transformações do ambiente através de técnicas de aferição direta e sensoriamento remoto; assegurar a conservação dos recursos naturais; estabelecer normas à preservação do meio-ambiente, em especial dos recursos hídricos e controlar a poluição ambiental (BRASIL, 1973).

Com o passar das décadas, foi possível observar um progresso quanto às iniciativas em prol de políticas ambientais, e é na década de 80 que houve um avanço considerável diante das medidas adotadas no quesito legislativo. Portanto, nessa época, como resultado das providências estabelecidas, o ambiente passa a ser protegido de forma integral, desarticulando leis e decretos esparsos, compreendendo dessa forma, os recursos ambientais como um único sistema.

Partindo dessa premissa, em 1981, foi criada a Lei 6.938 sobre a Política Nacional de Meio Ambiente que previa em seu Art. 3º, inciso I o conceito de meio ambiente como: “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Logo, essa lei apresentava como objetivo “a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (BRASIL, 1981).

Dentre os princípios enumerados por ela, os mais relevantes para essa pesquisa são: racionalizar o uso do solo, do subsolo, da água e do ar; planejar e fiscalizar o uso dos recursos ambientais; proteger os ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; incentivar o estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais, entre outros.

Além das providências citadas, a Lei 6.938/81 também foi responsável por criar o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), estabelecendo assim, uma Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA).

Dentre os instrumentos previstos na PNMA, o licenciamento ambiental (LA) foi considerado como principal ferramenta para uma gestão eficaz por ordenar a forma de uso dos recursos naturais, desempenhando papel de preservação e controle dos impactos no ambiente resultante de processos produtivos, por meio da regularização da relação entre produção e meio (FERREIRA e SALLES, 2016).

Em 1988 foi promulgada a nova Constituição que contém um capítulo específico para a área de meio ambiente, a qual foi considerada como um grande avanço perante iniciativas de aspectos ambientais. À vista disso, o *caput* do artigo 225 trazia como principal consideração que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Na sequência, após oito anos da formalização da PNMA, em 1989, através da Lei 7735/89 é apresentada uma nova perspectiva com a criação do IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Tal órgão é responsável por executar a política do meio ambiente, pela preservação e conservação da fauna e da flora brasileira, possibilitando ao Brasil o controle e a fiscalização de seus recursos naturais em busca do crescimento sustentável. A criação dessa instituição marca a união de diversos órgãos<sup>2</sup> competentes que até então eram executados por uma política ambiental fragmentada.

O decreto 99.274 de 1990 regulamentou a Lei 6938/81 e a Lei 6902/81 sobre a criação de Estações Ecológicas e áreas de proteção ambiental, e trazia como atribuições manter a fiscalização permanente dos recursos ambientais, proteger áreas representativas mediante implantação de unidades de conservação (UC).

Após 20 anos da conferência de Estocolmo, ocorreu a conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cnumad) conhecida como Eco-92, evento que ficou marcado pela necessidade de conciliar a utilização de recursos naturais com o desenvolvimento socioeconômico. Com base nisso, o Brasil entra num processo de evolução frente às questões ambientais.

---

<sup>2</sup> O IBAMA é resultado da fusão de quatro entidades, que até então, atuavam separadamente, sendo elas a Secretaria do meio ambiente (SEMA), Superintendência da borracha (SUDHEVEA), Superintendência da pesca (SUDEA) e Instituto brasileiro de desenvolvimento florestal (IBDF).

Assim, a Lei 9433/97 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual se fundamenta na bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da mesma e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídrico, viabilizando assim, o conceito de gestão de recursos hídricos.

A fim de estipular normas e regulamentar qualquer ação de impacto, em 1998, foi aprovada a Lei de Crimes Ambientais no Brasil, Lei 9605/98, que determina as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, ou seja, passam a penalizar civil, administrativa e criminalmente. Assim, os capítulos deste documento são divididos em seções, das quais é válido ressaltar a seção I, referente a crimes contra fauna e a seção II, referente a crimes contra a flora.

Seguindo essa linha, os art. 29 a 37 desta lei, pertencentes à seção de crimes contra fauna, dispõem que crimes ambientais são ações de cunho negativo cometidas contra espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, como caçar, pescar, transportar e comercializar sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente; agressões que impedem a procriação, que modificam ou danificam o seu ninho, abrigo ou criadouro natural; ações de maus tratos; a introdução de espécimes animal estrangeiras em um país sem a devida autorização; e a morte de espécimes devido à poluição (BRASIL, 1998).

Já os art. 38 a 53, da mesma lei, pertencentes à seção de crimes contra flora dispõem que crimes ambientais são ações com intuito de destruir ou danificar a vegetação de áreas consideradas de preservação permanente, independente do estágio em que se encontra, ou de áreas de unidades de conservação; provocar incêndio em mata ou floresta ou fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocá-lo em qualquer forma de vegetação; extrair, cortar, adquirir para fins comerciais ou industriais, madeira, lenha, carvão e outros produtos de origem vegetal, sem exigir a exibição de licença do vendedor, outorgada pela autoridade competente; extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais e impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação e destruir, danificar, lesar ou maltratar, plantas de ornamentação de logradouros públicos ou em propriedade privada alheia (BRASIL, 1998).

O próximo passo no trajeto ambiental foi à implantação da Lei 9.985 de 2000 que regulamentou o art. 225 da Constituição e instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC. Tal lei tinha como dever estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação, estipulando ações prévias de consulta, levantamentos técnicos e gestão de conselhos.

O Decreto 4.297 de 2002 estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, que determinou o mesmo como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente. Esse importante instrumento de organização do território, tinha como um de seus propósitos estabelecer medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

O IBAMA que desde 1989 tem atuado na proteção do meio ambiente, assegurando a sustentabilidade no uso de recursos naturais e promovendo qualidade ambiental em todo o território nacional, em determinado momento sentiu a ônus da grande extensão do território brasileiro. Assim, a necessidade de descentralização das ações administrativas do IBAMA, em função da grande extensão do território brasileiro que sobrecarrega as ações fiscalizadoras do órgão, levou a promulgação da Lei 11.284/2006 de gestão de florestas públicas, que normatizava o processo de descentralização da gestão florestal da União para os Estados e Municípios (CASTELO, 2015).

Como resultado dessa descentralização das funções, criou-se também o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão que dissociou do IBAMA a responsabilidade de gestão das unidades de conservação nacionais. A partir de então, o ICMBio passou a ser o órgão especializado na administração das áreas protegidas federais, que compõe quase 9% do território brasileiro, incumbindo ao IBAMA apenas competência suplementar.

Por conseguinte, de modo geral, a política ambiental brasileira evoluiu posteriormente às demais políticas setoriais do país e em decorrência de influências externas de países mais desenvolvidos (RIGOTTO, 2002).

## **2.2. Caracterizando áreas de preservação permanente a partir das legislações**

A preservação e conservação são assuntos recorrentes na sociedade e que cada vez mais estão adquirindo visibilidade e conseqüentemente despertando uma crescente preocupação nas últimas décadas. Os impactos causados no ecossistema pela utilização de reservas e recursos naturais acarretam em conseqüências capazes de interferir nas condições ambientais, influenciando diretamente no equilíbrio do meio. Tais ações têm corroborado com a ideia da necessidade de realizações e ações efetivas para uma manutenção e resgate de um ambiente saudável.

Para caracterizar áreas de preservação permanente e conseqüentemente definir o conceito de matas ciliares, se faz necessário o entendimento quanto às transformações legislativas, que ao longo do tempo foram se aperfeiçoando e reformulando medidas e normas até se tornar o modelo estabelecido na atualidade.

Dessa forma, a legislação florestal pode ser entendida como um conjunto de normas e leis que gere as relações de exploração e uso de recursos. No Brasil, as primeiras medidas em prol da proteção de áreas e recursos, são datadas ainda na época do período colonial, onde o objetivo central era a garantia do controle sobre o manejo de recursos como vegetação, solo e água. Desde sua implantação, esse conjunto de leis e normas é alterado frequentemente a fim de proporcionar o equilíbrio socioeconômico e ambiental (MEDEIROS, 2006).

Em 1920, o governo brasileiro começou a articular sobre a criação de um Código Florestal que considerasse toda a área florestal, assim como sua vasta riqueza em recursos florestais e naturais. Os argumentos enfatizavam a importância econômica da promulgação de um código florestal que regularizasse a exploração de madeira e normalizasse a conservação e preservação dos recursos existentes.

Assim, o primeiro Código Florestal surgiu em 1934 através do Decreto 23.793/34 objetivando regulamentar o uso e preservação de florestas e demais tipos de formações vegetais existentes no país. Esse documento inicial considerava prioritariamente a classificação das florestas (vegetação) como,

- a) protetoras - são as que, por sua localização, servem para conservar o regime de água; evitar erosão das terras por ação de agentes naturais; fixar dunas; auxiliar na defesa das fronteiras; entre outras.
- b) remanescentes - são as que formam os parques nacionais, estaduais ou municipais; as em que abundarem ou se cultivarem espécimes preciosos, cuja conservação se considerar necessária por motivo de interesse biológico ou estético; e a que o poder público reservar para pequenos parques ou bosques, de gozo público.
- c) modelo - são as artificiais, constituídas apenas por uma, ou por um limitado número de essências florestais, indígenas e exóticas, cuja disseminação convenha se fazer na região.
- d) de rendimento - são as demais florestas (BRASIL, 1934, s./p).

Como previsto, nesse primeiro momento, não havia menção ao conceito de área de preservação permanente propriamente dito, mas a partir deste, já era sancionada normas que determinavam uma parcela de terra coberta por matas que deveria ser mantidas intacta, na qual era previsto manter 25% da área do imóvel, chamada de quarta parte, preservando assim, parte da vegetação existente, independente do ponto em que se encontra (às margens de rios ou outras).

Além de estipular uma autoridade competente como órgão fiscalizador, essa lei demonstrou viés de preservação ambiental, ao criar a figura das florestas protetoras, para garantir a saúde de rios e lagos e áreas de risco, conceito que posteriormente deu origem às áreas de preservação permanente (APPs).

Diante disso, ao longo do tempo frente à expansão e maior uso e ocupação da terra se fez necessário à construção de um conceito de área de preservação permanente, que dispusesse de um regime de proteção. O mesmo foi oficializado em 1965 através da Lei 4.771 instituída no Código Florestal Brasileiro que apresentou mudanças significativas, substituindo as quatro tipologias de áreas protegidas previstas no código de 1934. Este código foi intitulado um dos principais instrumentos que normatiza o uso e conservação de florestas no Brasil, a partir da criação da Reserva Legal e das Áreas de Preservação Permanente (APP).

Deste modo, o conceito de Reserva legal segundo o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4771/65,

Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas (BRASIL<sup>3</sup>, 1965, s./p).

Já o conceito de área de preservação permanente de acordo com o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4771/65 ficou determinado como,

Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965, s./p).

Portanto, o código em questão tinha como intuito proteger elementos que vão além das chamadas florestas e demais vegetações, uma vez que estas são consideradas fundamentais devido ao papel crucial que desempenham no meio. Assim, essa vegetação natural encontrada nas margens dos rios e ao redor das nascentes e reservatórios são classificadas como áreas prioritárias de preservação.

Dessa maneira, essa legislação objetivava proteger os espaços de grande relevância para a conservação da qualidade ambiental, como a estabilidade geológica, a proteção dos solos contra agentes de intemperismo que conseqüentemente geram erosão, bem como a proteção

---

<sup>3</sup> Dada à peculiaridade da legislação, o autor, BRASIL, será citado diversas vezes, para consolidar a discussão em voga.

dos recursos hídricos, que abrangem cursos d'água e reservatórios de águas naturais ou artificiais, contra o depósito de sedimentos e detritos resultantes dos processos erosivos do solo (AHRENS, 2003).

Portanto, originalmente a partir dessa lei, era considerado como área de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas,

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
  - de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
  - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros;
  - de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabeleiros ou chapadas;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres. (BRASIL, 1965, s./p).

Além das áreas declaradas no artigo 2º do Código Florestal de 1965, no artigo 3º do mesmo Código “são consideradas áreas de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinada”,

- “a) a atenuar a erosão das terras;
- b) a fixar dunas;
- c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares;
- e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
- f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção
- g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;
- h) a assegurar condições de bem-estar público” (BRASIL, 1965, s./p).

No que tange às áreas urbanas, quando inseridas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões de metrópole e/ou conglomerados urbanos, em todo o território abrangido, ficou determinado que as diretrizes se dão de acordo aos planos diretores e leis de uso do solo, adequados aos princípios e limites a que se refere o artigo (BRASIL, 1965).

Com o passar dos anos, houve alterações nessa redação quanto a alguns dispositivos, na intenção de aprimorar os parâmetros, dessa forma, a partir do decreto da lei nº 7511/1986 e posteriormente 7803/1989 fica estabelecida as mudanças:

“a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

- 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
  - 2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
  - 3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
  - 4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
  - 5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação” (BRASIL, 1989).

De modo geral, essa lei foi considerada como um grande passo para a proteção das florestas e do meio ambiente, entretanto apresentou alguns problemas de implementação (CASTELO, 2015), logo, foi um modelo de preservação que ao longo do tempo foi se aperfeiçoando e reformulando medidas e normas até se tornar o modelo estabelecido no presente momento.

Outra resolução muito importante com o propósito de detalhar as especificações a respeito da delimitação das áreas de preservação permanente foi à resolução CONAMA 303 e 302/2002. Segundo Arraya e Koglin (2011), essa resolução aprimorou a regulamentação das áreas de preservação permanente, esclarecendo seu significado, delimitação e aplicação a partir do maior detalhamento dos seus limites e parâmetros. Além disso, determinava definições pertinentes aos parâmetros utilizados no Código Florestal de 1965, como nível mais alto, nascente ou olho d' água, morro, montanha, base de morro ou montanha, linha de cumeada, dentre outros.

Como consequência da redução do grau de proteção ambiental estipulado pelo Código Florestal de 1965 e com o propósito de desenvolver medidas mais precisas, em 1999 é apresentado um Projeto de Lei, o PL nº 1.876/99, que posteriormente se transformou no Novo Código Florestal, Lei nº 12.651/2012. Tal documento expõe abordagens e critérios distintos dos apresentados no Código Florestal (Lei 4.771/65) até então em vigor, para definir áreas de preservação permanente (APPs) e Reserva Legal (RL) (SILVA, 2011).

Dessa forma, o Código Florestal de 1965 foi vigente até 2012, quando ocorreram as últimas modificações, estabelecendo assim o Novo Código Florestal, Lei nº 12.651/2012. Tal documento decretou alterações mais severas, inovou em certos detalhes, como a variação das

exigências de acordo com a área de terra e o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Todavia, também apresentou retrocessos em outros pontos, com destaque para a diminuição da delimitação das áreas de preservação permanente (APP) considerando-as em cursos d'água perenes e intermitentes e não em todos os corpos hídricos como havia sido disposto anteriormente.

Assim, suas principais modificações referentes às APPs pautadas na nova redação, foram relacionadas à questão da delimitação das mesmas.

No documento anterior, eram consideradas “ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima” e a partir da nova lei é previsto em zonas rurais ou urbanas “as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de, nas quais foram mantidas as distâncias mínimas”.

Mesmo com essa modificação quanto à terminologia, as distâncias quanto ao seu emprego não foram alteradas, visto que as áreas de preservação permanente são delimitadas de acordo com fatores hidrológicos, nas quais são consideradas a largura das faixas marginais de qualquer curso d'água, sendo ordenadas através da proporção da área. À vista disso, tal faixa é a área mínima necessária para garantir a proteção e integridade do local.

Quanto às demais especificações, a maioria apresentou modificações quanto a sua delimitação e foram acrescentadas novas atribuições também no que diz respeito à ordem de preservação.

Diante disso, as normas que sofreram modificações ou complementações são:

- As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, que no atual código também passam a ter uma faixa de delimitação, apresentadas com largura mínima de 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; e 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

- As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros, delimitação que anteriormente priorizava apenas a área de nascente;

- As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais, o que anteriormente era estipulado a partir da linha de ruptura e não até a mesma;

- No topo de morros, montes, montanhas e serras, que também passam a ter uma faixa de delimitação, sendo com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura

mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Dentre as normas que foram acrescentadas a nova legislação, sendo consideradas como área de preservação permanente a partir de então, são:

- As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; e os manguezais, em toda a sua extensão.

Por fim, as demais categorias não citadas, permaneceram iguais.

Outro instrumento implementado nesse novo código florestal no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente (SINIMA), foi à criação do Cadastro Ambiental Rural - CAR, um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes à situação das Áreas de Preservação Permanente - APP, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012b).

Portanto, o CAR é visto como o principal instrumento de regularização ambiental dos estabelecimentos rurais, no qual contempla além dos dados do proprietário, possuidor rural ou responsável direto pelo imóvel rural; informações fundiárias; e informações georreferenciadas do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e das áreas de utilidade pública, com a informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e das Reservas Legais. Entretanto, por se tratar de um sistema auto declaratório e que não exige execução de um profissional capacitado, pode apresentar erros cartográficos.

Além das legislações estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro, há também no âmbito estadual, as legislações vigentes seguidas pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF, que são estabelecidas pela Lei Estadual 2092/2013.

Ao compararmos as duas legislações mais significativas em torno das áreas de preservação permanente, é possível afirmar que quanto a sua classificação, ambas utilizam a mesma especificação.

Em se tratando da seção sobre delimitação, alguns pontos apresentam pequenas divergências, como por exemplo, a questão relacionada ao entorno dos reservatórios

artificiais, que de acordo com o Instituto Estadual de Florestas - IEF determinam que quando situados em áreas rurais com até 20ha (vinte hectares) de superfície, a APP terá, no mínimo, 15m (quinze metros), medidos a partir da cota máxima de operação, observada a faixa máxima de 50m (cinquenta metros); e quando situados em áreas urbanas, a APP será de 15m (quinze metros), salvo regulamentação de Lei Municipal. Medidas estas que foram vetadas e revogadas do Código Florestal em vigor.

Levando em consideração o progresso do Código Florestal e tudo que ele englobou ao longo dos anos é possível afirmar que em sua proposta original, de 1934, o Código Florestal normatizou a proteção e o uso das florestas com o propósito maior de proteger, além da estabilidade dos mercados de madeira, também os solos e as águas. Logo na sequência, o Código de 1965 tinha como prioridade proteger outros elementos que não apenas as florestas e dentre esses elementos, novamente a preocupação com a proteção dos solos e dos corpos de água se sobressai.

Por fim, a atual legislação ambiental brasileira tem como preocupação proteger a vegetação nativa nas encostas acentuadas, nas nascentes, no entorno dos cursos d'água e reservatórios, garantir a estabilização de suas margens, evitando a erosão, conseqüentemente atuando como filtro, além de regular o fluxo de água superficial e subsuperficial e, dessa forma, do lençol freático das bacias hidrográficas.

### **2.3. Função ecológica das áreas de preservação permanente**

A vegetação se expressa como elemento indispensável para a manutenção da biodiversidade e proteção dos solos, uma vez que, além de realizar a fotossíntese, produzir oxigênio e celulose ela também atua na proteção do solo através da interceptação das chuvas, resultando na diminuição da incidência de escoamento pluviométrico sobre os solos e na redução do carreamento de sedimentos, minimizando assim o efeito da erosão. Nessa lógica, a vegetação exerce função protetora dos recursos naturais, e sua densidade e distribuição determinam as condições de conservação do ecossistema (GOMES, 2011).

Para Christofolletti et al (1995, p. 336) "o termo ecossistema é constituído por qualquer unidade que inclui a totalidade dos organismos em uma área interagindo com o ambiente físico".

Assim, as áreas de preservação permanente são consideradas um ecossistema que tem o propósito de proteger o ambiente natural e por esse motivo devem ser mantidas intactas e preservadas, não sendo permitido nenhum tipo de alteração no seu uso e ocupação. Mesmo

com as devidas legislações em vigência, tem-se verificado um aumento do desrespeito quanto ao cumprimento das normas, o que resulta em diversas consequências que alteram o meio como um todo.

Toda e qualquer vegetação nativa localizada ao longo das margens dos cursos d'água das áreas de preservação permanente (APPs) são denominadas de mata ciliar. Tal terminologia apresenta uma grande diversidade quanto a sua nomenclatura, uma vez que diferentes autores utilizam diferentes termos, podendo aparecer como mata ciliar, “zona ripária”, “floresta de galeria”, entre outros.

De acordo com Hupp e Osterkamp (1996) e Gregory et al. (1991), a vegetação ciliar ocupa uma das áreas mais dinâmicas de paisagem. Dessa forma, as matas ciliares devido a sua localização e características constituem uma região extremamente dinâmica em termos hidrológicos e geomorfológicos que protegem não somente o solo destas áreas, mas restringe também a lixiviação de detritos e resíduos pedológicos provenientes dos processos erosivos de áreas agrícolas ou pastagens do seu entorno para os cursos d'água (SCHÄFFER et al., 2011).

Tendo em vista essas considerações, em um ambiente ciliar estão presentes: vegetação, solo, biota edáfica e aquática, processos ecológicos e bioquímicos, processos morfológicos e hidráulicos do canal.

Sendo assim, a zona ciliar é uma zona tridimensional, a qual implica apenas o espaço. Ao englobar o sistema, processos e mecanismos o mais indicado é o emprego do termo ecossistema ciliar. Esse ecossistema é aberto e de interação entre o ecossistema terrestre e aquático, o qual pode ser considerado um ecótono<sup>4</sup>. Logo, o ecossistema ciliar se apresenta como o resultado de interações ecológicas, hidrológicas, geomorfológicas, solos, luz, temperatura, no qual os processos hidrológicos são considerados como os mais significativos (LIMA e ZAKIA, 2000). De natureza igual, a vegetação apresenta função de indicativo de eventos hidrológicos em uma área, uma vez que apresenta alta variedade estrutural, de composição e de distribuição espacial, relacionando-se às condições de saturação do solo e microclima resultantes dos processos fluviomórficos.

Seguindo essa premissa, para Hickin (1984) os ecossistemas ciliares influenciam significativamente a geomorfologia fluvial por afetar a resistência ao fluxo; a resistência

---

<sup>4</sup> “Zonas de transição entre sistemas ecológicos adjacentes, que têm um grupo de características unicamente definidas por escalas de tempo e espaço por força das interações entre os ecossistemas adjacentes” MAB/SCOPE (HOLLAND, 1988).

mecânica do solo em barranco; o armazenamento de sedimento; a estabilidade do leito e morfologia do canal, apresentando-se importante para a função do ecossistema aquático.

Ainda dentro da concepção ecológica, a vegetação ciliar (presente nas margens dos corpos d'água) apresenta atributos, típicos, como por exemplo, a resistência ao encharcamento ou excesso de água no solo devido à interação radicular com o mesmo (MEDEIROS, 2018).

Assim, as matas ciliares atuam como barreira física natural, regulando os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos e desenvolvendo condições propícias à infiltração (LIMA, 1989), reduzindo dessa forma a possibilidade de contaminação por sedimentos, resíduos, entre outros, conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno.

Toda vegetação presente na mata ciliar protege o solo contra possíveis erosões através da retenção física das raízes, pela suavização do impacto da água sobre o solo, por meio do processo denominado de interceptação foliar e pelo recobrimento do solo através da formação da serapilheira. Conseqüentemente, quanto maior o recobrimento ocasionado pela vegetação, menor a perda de solo por erosão (BRASIL, 2002).

Corroborando com essa afirmação, Pequeno (2002, p.7) afirma que “os sistemas radiculares das espécies ali presentes, além de exercerem função de sustentação, absorção de nutrientes e melhoria no aporte de carbono orgânico, interferem na estruturação do solo em função dos exsudados orgânicos liberados”.

Portanto, cria-se um suporte de segurança muito importante para o equilíbrio do ecossistema, sendo associado ao manejo e conservação dos recursos naturais e também a corredores de fluxo gênico vegetal e animal.

Para Silva et al. (2014), a preservação da cobertura vegetal às margens dos rios é uma condição fundamental para a conservação dos recursos hídricos, visto que a mesma possui função de manutenção e proteção de nascentes e cursos d'água de forma integral. As mesmas atuam como área de opérculo ou crivo natural de passagem dos nutrientes ao curso d'água, advindos da planície aluvial, além de equilibrar a estabilidade das margens e ser fator de colaboração à recarga de aquíferos subterrâneos bem como sediar ambiência de animais silvestres.

Logo, a retirada dessa vegetação resulta na descaracterização dos ambientes originais dos rios e conseqüentemente da vegetação nativa, interferindo no balanço hídrico das bacias hidrográficas.

Dentre as diversas formas que a vegetação ciliar pode influenciar no meio, uma das principais é o processo denominado de interceptação. Esse fenômeno ocorre no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela massa vegetal e em seguida evaporada para a atmosfera (ARCOVA et al., 2003).

De modo geral, a interceptação é a retenção de uma fração da precipitação acima da superfície do solo. Logo, a cobertura vegetal, através da interceptação é capaz de interferir na redistribuição da água da chuva, uma vez que o dossel das árvores formam uma espécie de sistema de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas que chegam ao solo, impactando na dinâmica do escoamento superficial e no processo de infiltração (BALBINOT, 2008).

Essa interação da água com o solo é importante para o desenvolvimento da vegetação, que em contrapartida torna-se grande agente de redução do escoamento superficial e das cheias e de prevenção à erosão. Desse modo, o processo de infiltração é de grande valia para a manutenção dos aquíferos (reservatórios de água subterrânea) e para armazenamento da água que mantém o fluxo nos rios durante as estiagens (COLLISCHONN e TASSI, 2011).

Sobre esses processos, a infiltração de águas pluviais é inversamente proporcional ao volume da cobertura vegetal existente sobre o solo. Quanto maior a cobertura vegetal, menor é a probabilidade de ocorrência de escoamento superficial direto e maior é a base de proteção do solo, evitando o carreamento de sólidos para os rios (FURTADO e KONIG, 2008).

Isto posto, água e matas são elementos indissociáveis. Tal relação é mais nítida quando ao redor de cursos d'água, nas chamadas matas ciliares, estabilizando as margens, impedindo a erosão e o assoreamento dos cursos hídricos, entre outras funções significativas (SÃO PAULO, 2009).

Como dito anteriormente, a vegetação influencia de modo direto na permeabilidade dos solos, mostrando-se como fator determinante para a regularidade da vazão dos rios. O desmatamento dessa vegetação ciliar pode contribuir diretamente com a diminuição da capacidade de armazenamento da água em bacias ao longo da zona ciliar, causando uma redução da vazão na estação seca (ELMORE e BESCHTA, 1987).

Uma bacia hidrográfica ao coletar a precipitação da superfície, conduz parte dessa água para o rio através de escoamento superficial e do fluxo de água subterrânea. O solo e a vegetação são responsáveis por influenciar na velocidade da água no percurso até o rio. A

litologia<sup>5</sup> é fundamental para determinar a textura do solo que controla a capacidade de infiltrar e armazenar água, já a estrutura geológica possui a função de definir a morfologia da bacia, e com isso, controlar processos de erosão e lixiviação (FROTA, 2012).

A degradação da cobertura vegetal endêmica das bacias de drenagem normalmente compreende uma etapa visceral no processo de deterioração de um manancial. Assim, a dispersão de nutrientes que ocorre não é equilibrada naturalmente, causando a eles um desajuste de seu ciclo interno. (VOGEL et al., 2009).

Vale ainda ressaltar que em função da expansão das áreas agrícolas, o processo erosivo nos solos tem sido analisado, sendo possível constatar que em áreas de bacias hidrográficas o problema se apresenta em maior nível. A remoção das matas ciliares em larga escala, desprezando o aparato legal de reserva e preservação, tem ocasionado o agravamento no processo de assoreamento de rios, igarapés, lagos e nascentes (PEQUENO, 2002).

A integridade das matas ciliares é fundamental devido à importância ecológica que desempenham nos processos hidrológicos, sendo tanto na estabilidade do solo, na manutenção dos aspectos gerais dos recursos hídricos, quanto na preservação e conservação do ecossistema aquático.

É importante destacar também que, além de todos os processos que a vegetação participa, a presença dela permite que grande quantidade de água seja transpirada, reduzindo assim a umidade do solo, contribuindo para o aumento da infiltração e a redução do volume de escoamento superficial. Ainda, devido a vegetação, pode haver um aumento do teor de matéria orgânica (DEDECECK et al., 1986; SEGAFREDO et al., 1997), que incorporada ao solo, interfere positivamente na qualidade da drenagem, melhora a estrutura do solo e facilita a penetração das raízes da vegetação (BERTOL et al., 2010).

Portanto, de modo geral, a preservação de matas ciliares é um fator intrínseco na gestão de bacias hidrográficas, contribuindo para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos.

Para Tricart (1977 p.32) “Somente as plantas, no conjunto, possuem efeito estabilizador pela função de anteparo aos fluxos de radiação e as gotas de chuvas, e pelo efeito frenador sobre o vento”.

O ambiente é dinâmico. Determinados processos naturais como fluxos de energia, relações intra e interespecíficas ocorrem em qualquer ecossistema, independente do estado em

---

<sup>5</sup> Estudo e descrição de uma rocha ou de associação rochosa com viés maior para estudo macroscópico e de afloramentos ou de unidades estratigráficas. Constantemente o termo é usado para definir e, mesmo, designar a própria rocha em estudo (WINGE et. al., 2001).

que o mesmo se encontra. Abordar sobre a forma com que o meio se encontra é analisar o quão natural, alterado ou degradado aquele ambiente apresenta-se. Alguns processos são responsáveis por essas modificações do meio e um dos principais motivos pode estar atrelado a ações e intervenções antrópicas. Para exemplificar esse tipo de ação pode-se levantar a questão dos processos erosivos remontantes advindos de ocupações irregulares dos mais variados escopos, nas áreas de médio e baixo curso dos rios (SÁNCHEZ, 2008).

#### **2.4. Degradação ambiental**

O ambiente é o meio onde a sociedade extrai qualquer recurso essencial para sua sobrevivência, além de recursos demandados pelo processo de desenvolvimento socioeconômico, tais recursos podem ser denominados de naturais. Em contrapartida, o ambiente é o meio de vida, cuja integridade depende da manutenção de funções ecológicas essenciais à vida. Desse modo, o conceito de recurso natural se refere à capacidade da natureza fornecer recursos físicos, prover serviços e também desempenhar funções de suporte à vida (SÁNCHEZ, 2008).

Degradação ambiental pode ser caracterizada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou simplesmente como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Logo, degradação ambiental pode ser conceitualizada como impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008).

O ambiente pode ser degradado de inúmeras formas, assim o termo “área degradada” sintetiza qualquer resultado provindo da degradação da vegetação, do solo e da água. A habilidade de um sistema natural se recuperar de uma perturbação imposta por um agente externo (ação humana ou processo natural) é denominada de resiliência.

Determinados estudos quando desenvolvidos em bacias hidrográficas podem apresentar níveis de degradação previstos em uma análise da cobertura vegetal, o que contribui na compreensão da dinâmica do uso e ocupação do solo. Para Tricart (1977) qualquer alteração estrutural na cobertura vegetal, pode provocar alterações no equilíbrio do ambiente, resultando em uma aceleração no processo de erosão, aumento de temperatura local, redução da recarga d'água de rios/aquíferos, entre outros fatores que justificam a necessidade da manutenção da cobertura vegetal para o equilíbrio do ecossistema.

Dessa forma, a cobertura vegetal apresenta função relevante por atenuar os impactos das gotas de chuvas e diminuir a velocidade do escoamento superficial. Sua habilidade em reduzir as perdas de solo por erosão deve ser atribuída, sobretudo à proteção da superfície do solo,

processo que impede o impacto direto das gotas, diminuindo a desagregação inicial das partículas do solo (FROTA, 2012). Além disso, a cobertura do solo possui efeito de adversidade ao escoamento superficial da água, resultando em uma diminuição da velocidade e capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (SILVA e ALVARES, 2005).

O processo de erosão, considerado um dos maiores problemas ambientais, pode ser entendido como o processo de desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo ocasionados pelos fatores água e vento (SILVA e ALVARES, 2005; PINESE JUNIOR et al., 2008). Quanto a esse fenômeno, é possível dizer que o mesmo, pode afetar toda a superfície da terra e apresenta variáveis, quanto a sua intensidade, de acordo com fatores como o clima, solo, declividade e cobertura vegetal (SANCHEZ, 2008).

Os atributos do solo, bem como suas classes, são distribuídos em um padrão em virtude da existência da relação solo-paisagem (DA SILVA, 2013). Essa relação se dá, principalmente devido à atividade de movimento dos cursos d'água sobre a paisagem, percorrendo o relevo, sendo responsável pela distribuição espacial dos diferentes solos. Mesmo que no campo seja visível mudanças abruptas no solo em determinado espaço, é mais frequente identificar mudanças graduais e contínuas (DIAS, 2017).

Dessa forma, geralmente, os processos erosivos ocorrem naturalmente, de forma gradual, mas que podem ser intensificados em virtude das ações antrópicas, como atividades agropecuárias, desmatamento e manejo inadequado do solo (NUNES et al., 2011).

Além dos processos erosivos, a remoção da vegetação nativa tem potencial para afetar também outros fatores, como por exemplo, o grau de infiltração de água no solo. Nesse caso, o processo é retardado, ou seja, ao invés da água se infiltrar e abastecer os reservatórios subterrâneos, uma proporção maior de água da chuva escoar superficialmente, aumentando o volume de água nos rios (SANCHEZ, 2008).

Essa remoção da vegetação remanescente, portanto, expõem o solo, tornando-o sujeito à lixiviação superficial (lavagem da camada superficial do solo contendo matéria orgânica e microfauna associada) e à lixiviação profunda (lavagem dos nutrientes das camadas subsequentes); tais processos resultam em empobrecimento do solo e conduzem o material para áreas mais baixas, que em geral convergem para rios e lagos podendo atingir e, assim, chegar às massas subterrâneas de água (BROWN, 1983).

A ausência de mata ciliar em conjunto com os danos da geração de sedimentos são elementos consideráveis para a ictiofauna<sup>6</sup>. Para Furtado e Konic (2008) o desmoronamento

---

<sup>6</sup> Termo na ecologia, designado ao se referir ao conjunto das espécies de peixes que existem numa determinada região biogeográfica.

de barrancos de rios, em função da ausência de cobertura vegetal, podem reduzir consideravelmente a entrada de luz solar e conseqüentemente alterar na disponibilidade de alimentos necessários à sobrevivência dos peixes.

Nessa mesma perspectiva, é válido ressaltar que todas as folhas mortas, galhos e frutos provenientes da vegetação ciliar, que são dispersos na água, são caracterizados como fontes primárias de carbono orgânico para a cadeia alimentar aquática, chegando a representar 70% do fluxo de energia anual desses ecossistemas (FURTADO e KONIG, 2008).

Com base nessas informações, é possível afirmar que o fluxo de água e nutrientes nas interfaces vegetação/solo/água superficial/água subterrânea é vital para a manutenção dos ecossistemas naturais. A estrutura da vegetação é capaz de alterar a energia potencial, reduzir a erosão e alterar a química da água superficial e da água subterrânea. Logo, sua remoção acarretaria no aumento de transporte de sólidos em suspensão, aumentaria a condutividade e degradaria mananciais (TUNDISI e TUNDISI, 2010).

A principal consequência deste tipo de impacto é o efeito assoreamento que, além de modificar ou deteriorar a qualidade da água, da fauna e da flora, provoca o decréscimo da velocidade da água resultando também na redução da disponibilidade hídrica (ANDRADE et al., 2007).

Assim, os prejuízos, em relação à perda de solo, contribuem para a degradação ambiental à medida que podem provocar: redução da qualidade da água pela presença de sedimentos; assoreamento de córregos e lagos; enchentes; e inundações causadas por alterações no regime fluvial, condições que podem afetar a fauna, a flora e as atividades humanas (SILVA et al., 2003; GUERRA, 2005).

Outro aspecto muito relevante que corrobora com o processo de degradação é o sistema de uso e ocupação do solo.

A economia brasileira é caracterizada historicamente por ciclos baseados na exploração intensiva de determinados recursos naturais desde os primórdios do período colonial (Furtado, 1959), em especial o solo, através da agricultura.

De modo geral, o processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela ausência de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, inclusive de áreas hoje consideradas de proteção ambiental, como por exemplo, nascentes de corpos d'água. Corriqueiramente as áreas naturais foram fragmentadas, cedendo espaço para as cidades e agricultura, acarretando em impactos oriundos dos processos de urbanização e ocupação desordenada (BIELLA e COSTA 2006).

Todas as informações referentes ao uso e ocupação do solo são dados significativos no planejamento e gerenciamento de um território, visto que é baseado nessas referências, auxiliados a técnicas de sensoriamento remoto que se torna possível mensurar o nível de degradação, atividades agrícolas e expansão urbana.

Para que se entenda toda a construção em torno do termo uso e ocupação é necessário compreender separadamente os termos terra, uso da terra e cobertura da terra. Sendo assim, segundo o manual técnico de uso da terra do IBGE (2006) que utilizou como base a FAO (1976), a “terra” é conceituada como a porção superficial do globo terrestre definida no espaço e identificada de acordo com suas especificidades abrangidas pelos predicados da biosfera, compreendendo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e decorrentes de atividades antrópicas.

Consoante a Novo (1989) o termo “uso da terra” refere-se à utilização cultural da terra, enquanto que o termo “cobertura da terra” refere-se ao seu revestimento. Dessa forma, a fim de elucidar esta diferenciação, Novo (1989) utiliza como exemplo as áreas florestais que, embora possam se apresentar de um só tipo, sob o ponto de vista de cobertura, podem dispor de diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas, dentre outros.

Pela análise, enquanto o termo “uso” configura alterações quanto ao emprego da terra, promovidas a atender as necessidades humanas sobre as mais diversas coberturas (agricultura, reserva indígena, pecuária, recreação, área residencial, entre outros), o conceito “cobertura” do solo revela o estado físico, químico e biológico da superfície da terra (estrutura florestal, gramínea, áreas construídas...)(TURNER e MEYER, 1994; ELLIS e PONTIUS, 2009).

Como complemento, Rosa (2009, p.171) afirma que,

O estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações.

Para Guerra et al (2005) apud Saquet e Mello Filho (2009) entende-se por uso e cobertura da terra qualquer tipologia de atividade produtiva, não produtiva e de cobertura de determinada área, que reflita diretamente no modo com que os recursos do espaço geográfico estão sendo apropriados de acordo com os interesses, sendo no âmbito econômico, cultural, político e ecológico.

Na visão de Matsushita et al (2006) as ações antrópicas têm gerado cada vez mais impactos no modelo de paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal.

De acordo com Silva (2011), seja qual for a atividade humana, capaz de causar impacto (uso inadequado do solo, práticas errôneas no manejo de solo e água, retirada da vegetação natural, desmatamento, pastoreio intensivo, rotatividade incorreta de cultivos e práticas exploratórias) contribuem de forma direta para a degradação ambiental.

Neste sentido, Ross (2005) reitera que toda intervenção antrópica no meio natural ou alterado acarreta algum tipo de impacto nas mais variadas esferas do recorte espacial, provocando alterações que em dadas circunstâncias podem ter caráter irreversível.

Conforme todos os itens citados, a remoção de vegetação tem, portanto a capacidade de comprometer a longo prazo a reposição de água nos aquíferos, a qualidade de água superficial e subterrânea com custos econômicos, perda significativa de solo, matéria orgânica, nutrientes, biodiversidade, ameaças à saúde humana e degradação dos mananciais. Sua remoção a longo prazo causará danos irreversíveis à quantidade e qualidade da água nas bacias hidrográficas, ou seja, desequilíbrio dos sistemas hídricos em bacias hidrográficas, além de comprometer a saúde humana e a produção de alimentos (LIKENS, 1992).

Portanto, as matas ciliares, como abordado ao longo deste trabalho, podem ser caracterizadas como componente intrínseco para o ambiente, desempenhando função fundamental para os ecossistemas de rios, represas e lagos.

Devido a sua importância para o ambiente, as matas ciliares e os mosaicos de vegetação encontrados nas bacias hidrográficas se expressam como elementos essenciais na regulação dos ciclos hidrogeoquímicos e hidrológicos, uma vez que, sua remoção pode acarretar em impactos consideráveis nos ambientes de ecossistemas aquáticos (TUCCI e MENDES, 2006).

## 3. Bacias Hidrográficas

---

**N**este capítulo, serão apresentados os principais processos e características relacionados a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica. Dessa forma, foram abordadas questões relacionadas ao ciclo hidrológico, à relevância e propriedades de todo o sistema hídrico, os conceitos e diferenças de termos como bacias hidrográficas, sub-bacias e microbacias, bem como seus sistemas de regime de fluxo.

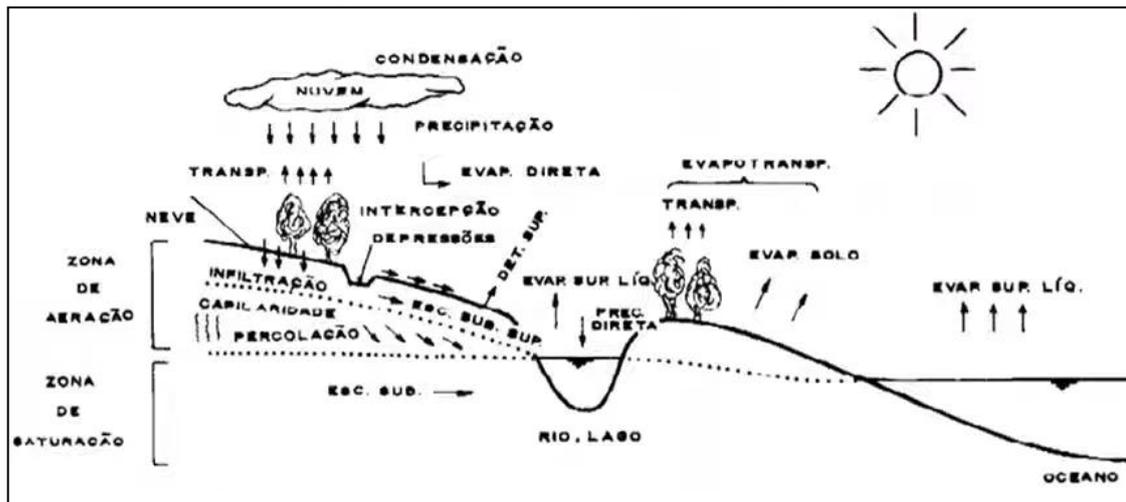
### 3.1. Propriedades e relevância do sistema hídrico

A água pode ser considerada como um dos principais mecanismos reguladores presentes no meio ambiente devido à proporção da sua cobertura na superfície terrestre, apresentando-se assim, como componente fundamental para a dinâmica da natureza. Além disso, ela se expressa como um dos elementos mais importantes ao que se refere à composição da paisagem, desempenhando atribuições diretamente na fauna e flora, bem como em todos os demais elementos presentes no ecossistema e na natureza geral.

Um dos primeiros e primordiais passos executados em análises hidrológicas ou ambientais é a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica, buscando explicar sobre as diversas questões atreladas ao entendimento da dinâmica ambiental local e regional. (TEODORO et al., 2007).

A água está em dinamicidade pelo planeta, circulando por todo cenário terrestre e atmosférico, e por essa razão esse processo é classificado como ciclo da água ou ciclo hidrológico (Figura 4).

Figura 4 - Esquema do ciclo hidrológico



Fonte: Silveira (2007, p.38)

A partir destas transições a água varia de estado físico ao atravessar as etapas do ciclo, conceituadas como precipitação, evaporação, evapotranspiração, condensação, interceptação, infiltração e escoamento superficial (TORRES e MACHADO, 2012).

A precipitação é definida como sendo toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre sob forma de chuva, neblina, granizo, neve e geada, sendo suas nomenclaturas diferenciadas de acordo com o estado em que a água se encontra (TUCCI, 2000).

Evaporação é o processo físico no qual a água transita do estado líquido para o gasoso. Este é um dos processos mais importantes do ciclo, no qual acontece a transferência e redistribuição da água da superfície para a atmosfera (SHAHIDIAN et al., 2012).

Evapotranspiração é definida pela combinação de processos físicos (evaporação) e fisiológicos (transpiração) responsáveis pela transformação em vapor atmosférico (TUCCI e BELTRAME, 2000).

Condensação é o processo de transformação do vapor d'água disposto na atmosfera para o estado líquido (TORRES e MACHADO, 2012).

Interceptação é o processo caracterizado pela habilidade que a vegetação ou outro tipo de obstáculo possuem, de capturar parte da chuva nas suas copas. É um processo densamente atrelado às especificidades das precipitações, das condições climáticas, da consistência vegetacional, da estrutura e arquitetura do dossel e do comportamento fisiológico das plantas ao longo do ano (TUCCI, 2000).

A infiltração pode ser definida como o fenômeno de entrada da água nas camadas de solo mais próximas à superfície do terreno, percolando, em um avanço descendente através de

seus poros, sob a ação da gravidade, até atingir uma camada-suporte, que a retém, formando então o gradiente de umidade do solo (PINTO et al., 1976). Consequentemente, torna-se uma das etapas mais relevantes no ciclo hidrológico, pois é responsável pelo abastecimento de aquíferos além de influenciar, diretamente, no exercício do escoamento superficial e, por conseguinte na erosão hídrica (TUCCI e BELTRAME, 2000).

O escoamento superficial por sua vez é a fase do ciclo hidrológico que retrata a água oriunda das precipitações, afetada pela lei da gravidade, que se desloca sobre a superfície terrestre. Abrange, portanto, o volume de água precipitada que flui superficialmente sobre o solo embebido ou uma superfície impermeável. Segue por padrões de maior declividade, tributando a um curso de água mais próximo indo, posteriormente atingindo seu nível de base nos oceanos. Sua duração é normalmente coesa à da precipitação (TUCCI, 2000).

Assim, o ciclo hidrológico é um fenômeno que mantém a água em constante transição entre a superfície terrestre e a atmosfera, no qual, de acordo com Tundisi e Tundisi (2010, p.68),

Depende fundamentalmente da reciclagem da água através da evaporação dos oceanos, da precipitação, da infiltração da água nos aquíferos e das reservas de água nos sistemas continentais (lagos, rios, represas e áreas alagadas). A evapotranspiração da vegetação é outro componente fundamental do ciclo hidrológico, pois repõe para a atmosfera água sob forma gasosa que é o resultado do papel ativo da vegetação no ciclo.

As propriedades de um sistema hídrico, segundo Ferrier et al. (2001), geralmente tendem a refletir a combinação dos atributos geomorfológicos modificados pela variação da influência direta e indireta dos aspectos climatológicos e da ação antropogênica na bacia. A associação entre os processos que ocorrem dentro do compartimento terrestre da bacia hidrográfica interfere no compartimento aquático, provocando alterações nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos d'água. Assim, fatores como clima, geologia, solos e vegetação da bacia hidrográfica influenciam na qualidade da água dos rios de áreas naturais.

Deste modo, os padrões de conduta hidrológica de uma bacia hidrográfica estão diretamente conectados a função de seus elementos e características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) bem como das particularidades da cobertura vegetal existente (LIMA, 1976).

A partir do ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é possível compreender suas relações e dinâmicas. A entrada de água na bacia hidrográfica é representada pela precipitação pluvial, enquanto as saídas são representadas pelo deflúvio, evapotranspiração, evaporação

direta dos corpos d'água, processos erosivos e pelo carreamento de sedimentos levados pelos rios. Elementos como o relevo, o solo, vegetação e até mesmo o homem são considerados como componentes da bacia, atuando como agentes modificadores de paisagem (FINKLER, 2012).

De acordo com essas informações, sob o ponto de vista de Tundisi e Tundisi (2010) o ciclo hidrológico, a composição química da água de drenagem, o transporte de matéria orgânica para os rios, lagos represas, e a intensidade do escoamento superficial e da descarga dos aquíferos, são sistemas que dependem diretamente do estado em que se encontra a vegetação ciliar, no que diz respeito a sua preservação, diversidade e densidade.

Em uma bacia hidrográfica, um dos componentes mais importantes que atuam como indicador da adequabilidade do sistema de manejo é o escoamento superficial. Este fenômeno ocorre a partir do momento em que a intensidade de precipitação supera a capacidade de infiltração do solo. Dessa forma, o escoamento superficial está diretamente associado às precipitações que ocorrem em uma bacia hidrográfica, às características físicas da mesma e também com a cobertura vegetal (SALGADO et al., 2009).

Assim, em uma escala maior, uma bacia hidrográfica pode ser entendida como uma célula básica de análise ambiental, pois é através dela que se torna possível conhecer e avaliar seus diferentes componentes e os processos e interações que ocorrem. A visão organizada e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental (BOTELHO e SILVA, 2004).

### **3.2. Componentes, aspectos e processos da rede de drenagem**

O padrão de escoamento dos cursos d'água é vinculado a diversos aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e climatológicos. As especificidades da paisagem de uma bacia de drenagem condicionam as mais diversas situações relativas à gênese e manutenção dos mananciais ou de simples afluências pluviais do terreno com regime de fluxo efêmero (JUNIOR E ANDREOLI, 2015).

Diante do padrão de escoamento dos canais ou das afluências do terreno, pode-se distinguir três diferentes caracterizações, sendo elas: cursos d'água perenes, intermitentes e efêmeros.

Os cursos d'água com regime perene apresentam um canal bem definido, com um fluxo de água durante todo o ano, com leito abaixo do nível do lençol freático na maior parte do ano, no qual a água subterrânea se apresenta como a principal fonte geradora do fluxo. Este

fluxo perene manifesta características comumente associadas com o transporte contínuo de água (NC DIVISION OF WATER QUALITY, 2005).

Segundo NC Division of Water Quality (2005), os canais de fluxo intermitente são aqueles que contêm água de forma sazonal, ou seja, contêm água apenas em parte do ano, geralmente quando seu leito está abaixo do nível superior do lençol freático, no qual seu fluxo é fortemente influenciado por águas pluviais. De modo geral, são canais normalmente bem definidos e que podem estar relacionados à situação climática da região em que se insere.

Já os canais de regime efêmero são caracterizados como um recurso que apresentam fluxo de água como resposta direta a precipitação, sendo providos apenas durante e logo após uma chuva, permanecendo seco nos outros períodos do ano. Esse tipo de fluxo pode ou não apresentar um canal bem definido, seu escoamento de águas pluviais é sua principal fonte de água e o mesmo manifesta uma carência de características comumente associadas com o transporte contínuo ou intermitente água (NC DIVISION OF WATER QUALITY, 2005).

### **3.3. Permeando pelos conceitos de bacias, microbacias e sub-bacias hidrográficas**

Oliveira (2010) conceitua a bacia hidrográfica como o recorte espacial que abrange uma área de captação pluviométrica natural, delimitada por topos de vertentes denominados divisores de água, onde todo esse gradiente é escoado dos pontos mais altos para os mais baixos, convergindo a um único ponto, denominado de exutório.

Desta forma, é dito que, no seu exutório, todos os processos que fazem parte do seu sistema estarão estampados. Este conceito é um dos padrões espaciais mais comuns nos estudos físico-territoriais ou de projetos da atualidade, não somente devido às características naturais, mas também pela marcante presença em grande parte da legislação vigente que rege o meio ambiente, fazendo parte, portanto, do planejamento territorial e ambiental no Brasil (RODRIGUES e ADAMI, 2005).

Os estudos relacionados com os padrões de escoamento sempre foram de grande relevância para as mais diferenciadas áreas e a análise da rede hidrográfica, pode levar a compreensão e elucidação de numerosas questões, sendo assim, conforme Tucci e Mendes (2006), para cada segmento de um curso d'água, existirá uma bacia hidrográfica. Assim, de maneira bem simplificada, a bacia abrange a área que contribui por gravidade para os rios até chegar à seção final que a classifica.

O conceito é corroborado por Oliveira (2010, p. 24) como,

Bacia Hidrográfica (BH) compreende a área delimitada por um divisor de águas que drena as águas das chuvas por ravinhas (grotas), canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente, convergindo para uma única saída e desaguardando diretamente no mar. Essa feição quanto ao tamanho apresenta uma superfície maior que 3.000 km<sup>2</sup>.

Já para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é a área composta por um aglomerado de canais interligados ou, sistema fluvial, responsáveis por sua drenagem, funcionando como um sistema aberto<sup>7</sup> e que podem ser classificadas de acordo com o ordenamento de seus cursos d'água.

Vale ressaltar que o conceito geomorfológico de Bacia Hidrográfica está atrelado segundo Guerra e Guerra (2008), à existência de algumas estruturas conceituais como as cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como a questão de hierarquização da rede, pois a água escoar normalmente dos pontos de maior gradiente para os pontos de menor altitude.

Deste modo, a bacia hidrográfica é formada por uma rede de escoamento onde todo o fluxo de água que por sua vez carrega sedimentos e outros materiais dissolvidos convergem de pontos mais altos para uma vazão unificada. Logo, cada afluente nessa rede, pertence a uma bacia própria e esta, por sua vez, é a sub-bacia do rio para o qual ela deságua. Os limites de uma bacia hidrográfica são conhecidos como divisor de drenagem ou divisor de águas.

A Lei nº 9.433/1997 que dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) trata em um de seus fundamentos a Bacia Hidrográfica como a unidade territorial para implementação da gestão dos recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997). De acordo com o Plano Nacional dos Recursos Hídricos, a adoção desse elemento como base para gestão das águas, vem de conformidade à própria divisão natural do território (BRASIL, 2004).

Parte ainda da premissa que este território deve ser gerido de forma dissociada, com colaboração e interação entre as vozes do poder público, dos usuários e da comunidade. Desta forma é possível destacar que a própria base legislativa leva em consideração o viés da bacia hidrográfica como sendo de unidade central das condutas do planejamento e gestão dos recursos hídricos, levando em conta as diretrizes sociais envolvidas neste processo vista a participação de usuários e da comunidade na elaboração dos planos que regem este território.

Portanto, atualmente nas definições de bacias hidrográficas, como as compartilhadas por Pimentel da Silva e Ewen (2000) e Bellon (2014), é claramente destacada a visão integrada e mais abrangente que caracteriza este espaço territorial, envolvendo os traços socioeconômicos

---

<sup>7</sup> São aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.3).

ali presentes, muito além dos tradicionais aspectos físico-ambientais (topográficos, geomorfológicos, litológicos, pedológicos, etc) que outrora, compunham sobretudo o contexto das ciências ambientais e da gestão e planejamento de recursos hídricos.

Nesse âmbito, Yassuda (1993) ainda corrobora com esse conceito integrado de modo a tratar a bacia hidrográfica como palco da interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural.

Vale também ressaltar que na geografia física a bacia hidrográfica foi admitida como unidade espacial logo no final da década de 60, mas, foi somente na última década que ela começou a ser integrada por pesquisadores de outras áreas em seus estudos e projetos de pesquisas (BOTELHO e SILVA, 2004).

Todo curso d'água, independente de sua extensão, possui uma área de escoamento responsável pela captação pluvial ali incidente, drenando-a direcionadamente para um leito principal conforme pela ação gravitacional conjuntamente à topografia e a geomorfologia do recorte espacial. Desta forma as bacias hidrográficas podem conter subunidades de menor porte, em uma subdivisão que levaria a cursos d'água menores, aos pequenos rios e córregos. Portanto, o tamanho e a área da bacia na classificação dependem do objetivo a que o estudo se propõe.

Apesar de o termo bacia hidrográfica apresentar diferentes definições, há uma semelhança quanto às considerações. Em contrapartida, os termos sub-bacia e microbacia hidrográfica, apesar de estarem incorporados na literatura técnico-científica, não apresentam a mesma concordância conceitual demonstrada pela bacia hidrográfica, perante as diferentes abordagens tangendo fatores que vão do físico ao ecológico.

Bacias hidrográficas são hierarquicamente interligadas a outras bacias de maior porte e assim sucessivamente. Portanto a adoção dos termos sub-bacias e microbacias tendem a ser mais adequados, haja vista que os critérios de definição quanto ao tamanho, são imprecisos. (SOUZA, 2002).

De acordo com Teodoro et al (2007), as sub-bacias são áreas de escoamento dos afluentes do curso d'água principal. Para definir tais áreas, vários autores utilizam diferentes unidades de medida. Para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km<sup>2</sup> e menores que 700 km<sup>2</sup>, já para Rocha (1997, apud MARTINS et al., 2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km<sup>2</sup> a 300 km<sup>2</sup>). Segundo Oliveira (2010, p.24),

O conceito de sub-bacia hidrográfica é o mesmo de bacia hidrográfica, acrescido do enfoque de que o deságue se dá diretamente em outro rio. As sub-bacias hidrográficas têm dimensões superficiais que variam entre 200 a 3.000 km<sup>2</sup>. Essa

área pode variar de região para região, dentro do Estado e da cartografia de apoio utilizada.

Ainda na visão de Faustino (1996), a microbacia possui todos seus tributários com escoamento direto ao curso principal de uma sub-bacia, o conglomerado de microbacias criam uma sub-bacia, sendo que a área de uma microbacia é inferior a  $100 \text{ km}^2$  (10.000 ha).

Já para Oliveira (2010, p. 25), o conceito de microbacia, também é o mesmo de bacia hidrográfica, sendo “acrescido do deságue que também se dá em outro rio, porém a dimensão superficial da microbacia é menor que  $200 \text{ km}^2$ ”.

Como dito anteriormente, os conceitos de sub-bacia e microbacia são adotados por uma parte de pesquisadores, todavia, determinados estudiosos consideram que as bacias possuem um sistema de classificação baseado em outros critérios, no qual a mesma pode ser classificada segundo uma hierarquia, sendo a mais utilizada a de Horton, posteriormente modificada por Strahler.

Assim, de acordo com Horton (1945) a composição do sistema de fluxo de uma bacia de drenagem pode ser expressa quantitativamente em termos de ordem de fluxo, densidade de drenagem, razão de bifurcação e razão de comprimento de fluxo.

As ordens de fluxo são escolhidas de forma que a ponta do dedo ou tributários não ramificados (menores canais) sejam denominados de primeira ordem; riachos que recebem afluentes de primeira ordem, mas somente estes, são de segunda ordem, ou seja, surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; córregos de terceira ordem recebem tributários de segunda ou primeira e segunda ordem, e assim sucessivamente, até que, por fim, o córrego principal seja de ordem mais alta e caracterize a ordem da bacia de drenagem.

No âmbito de verificação e estudo detalhado quanto à área de abrangência das bacias, bem como o georreferenciamento de seus dados e os parâmetros levados em consideração neste trabalho, as geotecnologias podem ser utilizadas também como ferramentas primordiais na execução de sua metodologia.

## 4. As geotecnologias: o estado da arte

---

**E**ste capítulo tem como intuito versar sobre as temáticas voltadas ao campo das geotecnologias, trazendo de forma objetiva suas atribuições, aplicações, definições e funcionamentos como ferramenta fundamental para inúmeros tipos de estudos e pesquisas, principalmente voltadas ao âmbito ambiental.

### 4.1. As aplicabilidades das geotecnologias

Com o passar do tempo e com o avanço progressivo da tecnologia, mais precisamente a partir da metade do séc. XX foi descoberta a possibilidade de armazenar em um banco de dados, certas informações coletadas sobre fenômenos naturais que ocorrem na superfície do planeta. A partir disso, foi possível reproduzi-las e representá-las em ambiente computacional e realizar a confecção de mapas cartográficos de forma automatizada (MEDEIROS, 2018).

Segundo Carvalho (2003), as geotecnologias permitem uma visão espacial fundamental para o conhecimento da área de estudo e também possibilitam uma análise temporal por meio do monitoramento da evolução dos fenômenos, sendo crucial tanto no suporte para tomada de decisões quanto na redefinição de estratégias de ação (RICHTER et al., 2004).

O emprego de geotecnologias oferece inúmeras possibilidades e procedimentos em diferentes tipos de estudos e é através da disponibilidade progressiva de oferta desses dados, *hardwares* e *softwares* que pesquisas têm contribuído para o conhecimento e planejamento do espaço.

Diante de estudos ambientais, as geotecnologias se apresentam como fator fundamental por oferecerem ferramentas que subsidiem diversas demandas do planejamento e gestão territorial (MORAES et al., 2010). Tais ferramentas podem oferecer análises espaciais de determinados ambientes, permitindo assim, uma maior capacidade de avaliação, gerenciamento e planejamento de áreas passíveis de degradação, poluição e ocupação indevida.

Assim, as geotecnologias se apresentam como um instrumento de extrema importância para a conservação da biodiversidade, pois permite a coleta, análise de dados espaciais relevantes para os mais variados conhecimentos, como dados temáticos que permite avaliações minuciosas, como a identificação de áreas prioritárias de conservação, demarcação

de corredores de biodiversidade e base para sistemas de suporte à decisão. Na análise ambiental, a geotecnologia é uma das ferramentas mais utilizadas, por exemplo, para monitoramento da cobertura vegetal e uso das terras, dos níveis de erosão do solo, de poluição, de disposição irregular de resíduos, etc. Por fim, o geoprocessamento ainda corrobora para a elaboração e definição de políticas e diretrizes no âmbito da gestão governamental.

Além disso, o aprimoramento de geotecnologias capazes de processar dados provenientes de imagens obtidas por sensores orbitais integrados com dados cartográficos tornou possível o estudo detalhado de bacias hidrográficas.

Dessa forma, a partir de *softwares*, computadores e banco de dados georreferenciados é possível realizar análises detalhadas e precisas de determinada área de estudo, seja esta uma pequena área ou uma bacia hidrográfica. Logo, pela sua praticidade em obter informações, faz com que essa tecnologia seja cada vez mais presente na rotina da sociedade, e um exemplo dessa ampla aplicação é o seu emprego por produtores e proprietários rurais, principalmente após a instituição do Código Florestal – Lei Federal 12.651/12, com a implantação da obrigatoriedade de adesão ao Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Este, por si só, já é um recurso da geotecnologia, no qual o zoneamento ambiental do imóvel rural passa a integrar um extenso banco de dados georreferenciado de todas as propriedades rurais do Brasil. Nessa mesma concepção, outra norma que utiliza a aplicação das geotecnologias é a Lei Federal 10.267/2001, que regulamenta o Georreferenciamento de Imóveis Rurais para cadastro no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (DIAS, 2017).

Partindo desta perspectiva, Fitz (2018, p. 11) define,

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

As geotecnologias são também conhecidas como geoprocessamento, que é definido como a tecnologia ou conjunto de tecnologias direcionadas à coleta, análise e manipulação de informações espaciais com determinado objetivo, executadas por sistemas específicos para cada aplicação, que possibilitam a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados (BARCELLOS et al., 2008; FITZ, 2018).

Para Pontes (2002) o geoprocessamento é um complexo de técnicas e metodologias de armazenamento, processamento, automação e utilização de imagens. Com tais características, pode também ser considerado como uma ferramenta interdisciplinar visto sua aptidão em unir diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos naturais.

Moura (2003) salienta que é necessário compreender que trabalhar com geotecnologias, significa aplicar modelos, e que modelos são simplificações da realidade. Logo, essas simplificações exigem recortes espaciais, temporais e metodológicos. Os recortes espaciais requerem atenção especial no que diz respeito à delimitação da área de estudo devido à função dos riscos de efeito de borda, uma vez que os recortes devem ser organizados a partir de unidades de paisagem e das justificativas da pesquisa.

Nesse mesmo contexto, Rosa (2005, p. 81) destaca que,

As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia georreferenciada.

Diante disso, faz-se necessário discorrer sobre as ferramentas das geotecnologias, visto que a sua utilização proporciona inúmeras possibilidades e procedimentos, frente aos avanços progressivos de dados, *hardwares* e *softwares* gratuitos.

#### **4.2. Tipos de geotecnologias**

As práticas que circundam as geotecnologias são efetuadas por sistemas específicos para cada tipo de aplicação. Tais sistemas são denominados de Sistema de Informações Geográficas (SIG), os quais são comumente confundidos com o termo geoprocessamento. Todavia, o geoprocessamento tem um teor mais abrangente e representa na verdade, qualquer tipo de dado georreferenciado, possuindo referência de localização, enquanto o SIG se apresenta como um *software* que possui função de processar dados gráficos e não-gráficos (alfanuméricos) com destaque em análises espaciais e modelagens de superfícies (MOREIRA, 2011).

Seguindo essa premissa, os ditos Sistemas de Informações Geográficas são ferramentas disponíveis que favorecem o processamento rápido e eficiente para armazenar, recuperar e analisar diferentes tipos de dados para a gestão de recursos naturais. Logo, a função de um Sistema de Informação Geográfica é através de um conjunto de programas computacionais,

integrar informações, equipamentos e até mesmo pessoas com o objetivo de manusear e trabalhar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas já conhecido. (FITZ, 2018).

À vista disso, Burrough (1986) e Aronoff (1989), definem que o termo SIG se refere a um conjunto manual ou computacional de processos designados a armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados georreferenciados. Smith et al. (1987) descrevem o SIG como um banco de dados descrito e identificado espacialmente, ou seja, indexado, sobre o qual se manipula um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais. Todavia, Cowen (1988) descreve o SIG como um sistema de suporte à tomada de decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas.

Logo, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) se apresentam como uma ferramenta muito útil no que se refere a pesquisas voltadas à microbacias, uma vez que, podem contribuir de forma efetiva através de análises de dados georreferenciados, na representação do modelo numérico do terreno e na caracterização do uso e ocupação do solo da bacia em questão. Nesse sentido, o uso de SIGs permite agregar, em uma única ferramenta, a capacidade de mapear características e de associá-las em um banco de dados, possibilitando assim, análises espaciais em um curto espaço de tempo (SILVA e PRUSKI, 2005).

A fim de corroborar com essas afirmações, Silva (2001), salienta que a vantagem de se trabalhar com dados espaciais num sistema como esse é a possibilidade de examinar e analisar, por varredura, toda a extensão territorial da base de dados em questão. Além disso, esse tipo de sistema é capaz de proporcionar certas análises de situações ambientais, tais como, levantamento de áreas de riscos e de potenciais conflitos de utilização do território, estimativas de impactos ambientais, bem como a definição de unidades, normas e zoneamentos territoriais para diferentes finalidades. Para elucidar tais atribuições, um exemplo a ser citado é em relação à proteção ambiental, fator indispensável para utilização racional dos recursos naturais disponíveis.

Nesse mesmo sentido, é possível apontar inúmeras dimensões de problemas ligados aos estudos ambientais, dentre os quais, é significativa a influência da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica para mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental, ordenamento territorial e os prognósticos ambientais. Os estudos de mapeamento temático, portanto, prezam por caracterizar e entender a organização do espaço a cerca de um tema específico, como alicerce para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros. Bons exemplos de levantamentos temáticos são os de geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal. (CÂMARA e MEDEIROS, 1996).

Para que um SIG desempenhe seu papel com eficácia é necessário que se tenha meios propícios para a criação da base cartográfica e composição de um banco de dados, bem como para sua saída. Uma base cartográfica bem elaborada é quesito crucial na construção de um projeto baseado em SIG, para isso, deve-se seguir certos padrões e especificações adicionados as normas de uma cartografia tradicional.

Com a nítida ascensão no sistema de informações geográficas juntamente com as inovações de técnicas que utilizam o formato raster, tornou-se possível representar a superfície em formato matricial (pixels), sendo organizadas em linhas e colunas (malha ou mais comumente conhecido como grid), sendo que em cada célula contém um valor representativo a informação almejada (DA SILVA, 2013). Portanto, graças aos atributos naturais presentes na relação solo-paisagem, e a análise de dados raster foi possível desenvolver técnicas de mapeamento digital de solo (MDS) (DIAS, 2017).

Partindo dessa premissa, com o propósito de esclarecer tais termos, a cartografia na visão de Guerra e Guerra (2008) é a ciência e a arte da demonstração gráfica da superfície Terrestre, seja em parte, ou no seu todo, bem como dos fenômenos ali ocorridos ou relacionados a ela, de acordo com a escala mais adequada para sua representação, gerando assim como artigo final de suas etapas o mapa ou a carta.

O termo cartografia digital agrupa elementos referentes a práticas cartográficas que utilizam como base principal a computação. Há um termo mais abrangente em francês que compreende essa cartografia, a *géomatique*. Para Guermond (2003), a geomática designa a análise de dados espaciais, no qual o computador executa importante função nos procedimentos de pesquisas. Tal termo ainda engloba o Sistema de Informações Geográficas (SIG), a utilização do GPS (*Global Positioning System*) e diferentes *softwares*.

Na dita, cartografia moderna, imagens de satélite e fotografias aéreas são fontes primordiais de dados, nos quais, os levantamentos terrestres são realizados para fornecer dados de apoio a esses sistemas (GUERRA e GUERRA, 2008). Em 1979 a *American Society of Photogrammetry* afirmou que, “a fotogrametria é arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes”.

Originalmente, a fotogrametria analisava apenas fotografias, mas atualmente, além dessa finalidade, também está incluso dados provenientes de sensores remotos. Quanto às suas aplicações, há duas frentes, a fotogrametria (métrica), mais restritiva, referindo-se a métodos de obtenção de dados quantitativos, como medição de coordenadas, quantificação de

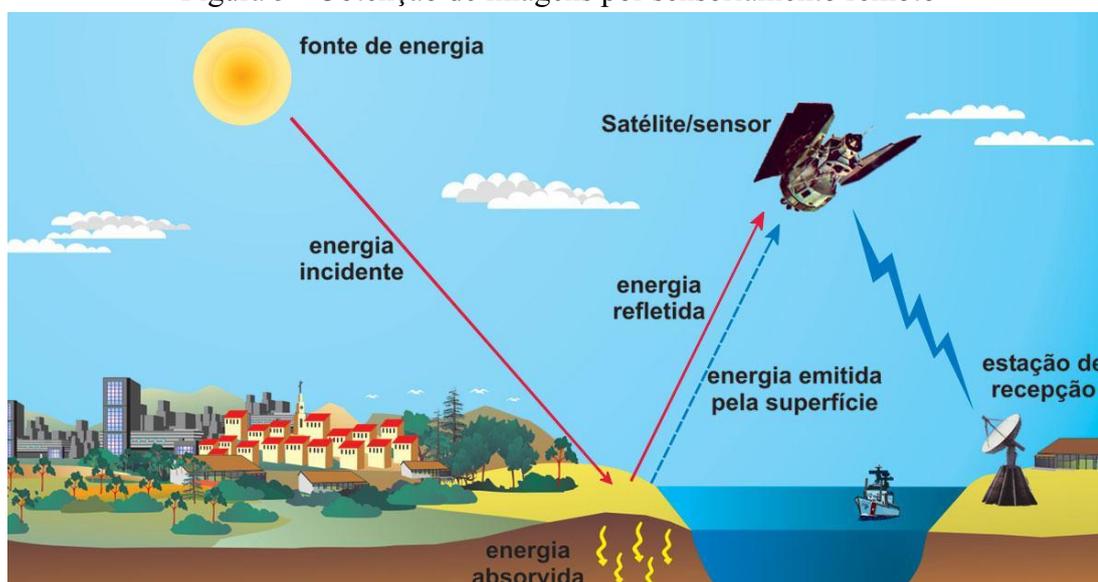
áreas, distâncias, alturas e volumes, no qual a partir destes são elaborados mapas e cartas topográficas; e a frente de fotointerpretação, que consiste na obtenção de dados qualitativos a partir de análises de fotografias e imagens de satélites. Este por sua vez, devido à dimensão de sua aplicabilidade, foi direcionado e classificado dentro da área de sensoriamento remoto (TOMMASELLI, 2009).

Através da fotointerpretação podem ser previamente visualizadas nas imagens aéreas, situações encontradas em campo, como vegetação remanescente, pastos, culturas, edificações, áreas abandonadas, dentre outros. Dos elementos básicos se extrai informações de objetos, áreas ou fenômenos considerando a cor/tonalidade, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. O trabalho de campo é substancial ao estudo e mapeamento do ambiente por meio de imagens de sensores remotos. Por meio dele, o resultado da interpretação torna-se mais confiável (XAVIER DA SILVA, 2001; FLORENZANO, 2002).

Na atualidade, consideráveis instituições utilizam-se da tecnologia de sensoriamento remoto para obtenção de diferentes tipos de informações, sendo de caráter geológico, geomorfológico, geográfico, pedológico, hidrológico, agrícola, ou de qualidade ambiental (ROSA, 2009).

Conforme Florenzano (2007), sensoriamento remoto é a tecnologia que proporciona a obtenção de imagens e variados tipos de dados, através de captação e do registro da energia que é refletida pelo alvo em foco, resultando em uma assinatura espectral diferente para cada tipo de alvo. Logo, o termo sensoriamento remoto refere-se ao ato de obter informações a distância, sem contato físico, entre o sensor e a superfície terrestre conforme a figura 5.

Figura 5 - Obtenção de imagens por sensoriamento remoto



Fonte: Florenzano, 2007, p.11

Em outras palavras, ainda sob a interpretação de Florenzano (2005) o sensoriamento remoto é capaz de proporcionar através das imagens orbitais de satélite, de alta qualidade espacial, uma visão de conjunto multitemporal de vastas áreas da superfície terrestre, concedendo informações de determinado alvo ou objeto sem qualquer contato físico com o mesmo. Tal aquisição de dados, embasada na captação e registro de informações são obtidas através da radiação eletromagnética concebida por fontes naturais ou artificiais (ROSA, 2009).

Além disso, o lançamento de satélites tem o propósito de auxiliar no posicionamento geodésico, e para agregar nessa função, o *Global Positioning System* - GPS tornou-se uma das tecnologias mais proveitosas e inovadoras quanto a atividades que necessitam de posicionamento.

O GPS ou NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging*) é um sistema de radionavegação projetado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (DOD – *Department of defense*), como o próprio nome sugere, é um sistema que possui abrangência global e que a partir disso, permite ao usuário em qualquer ponto da superfície terrestre, sob quaisquer condições atmosféricas, saber a sua localização instantânea, bem como a velocidade e tempo. O princípio básico de navegação do GPS consiste na medida de distância entre o usuário e quatro satélites, no qual o funcionamento de todo esse sistema, possibilita a realização de um posicionamento em tempo real (ROSA e BRITO, 1996; MONICO, 2000).

Tal sistema é composto por três segmentos: o espacial (constituído por satélites responsáveis por emitir sinais eletromagnéticos); o de controle (constituído por estações terrestres que mantém os satélites em constante desempenho); e o de usuários (constituído por receptores, responsáveis por captar sinais enviados pelos satélites, possibilitando o cálculo da posição em que se encontra) (PAZ et al., 1997).

Outra ferramenta muito utilizada e que pertence às mesmas técnicas associadas às informações espaciais descritas anteriormente é a topografia. Topografia diz respeito à descrição do lugar, uma representação reduzida, que tem como finalidade realizar um levantamento que permita representar graficamente uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada, apresentando dimensão, distância, posição geográfica e desnível (VEIGA et al., 2012).

Isso posto, um levantamento topográfico georreferenciado tem a competência de determinar com precisão as coordenadas espaciais de determinada localidade, dentre outros exercícios, como por exemplo, determinar os perímetros limitantes de propriedade e descrever

o relevo de uma determinada localidade, representando graficamente os dados das características do local.

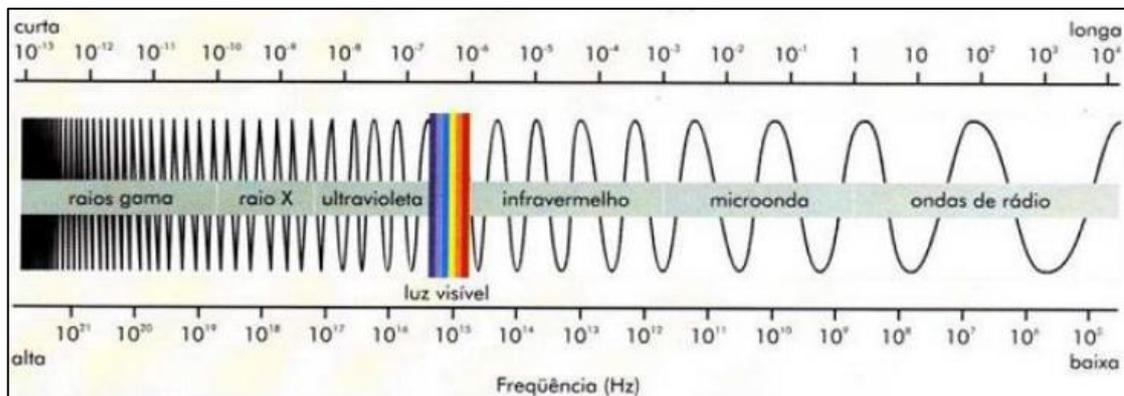
### 4.3. Sensoriamento remoto

Por se tratar de um dos mecanismos base para a execução dessa investigação, se faz necessário um detalhamento maior do funcionamento e características desse sistema.

Dessa forma, de acordo com as descrições mencionadas no tópico anterior, a energia utilizada no sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética que se propaga em forma de ondas eletromagnéticas, as quais são medidas em frequências (hertz – Hz) e comprimento de onda ( $\lambda$ ). A frequência de onda refere-se ao número de vezes que uma onda se repete por unidade de tempo e o comprimento de onda refere-se à distância entre os picos de ondas sucessivas (FLORENZANO, 2007).

O espectro eletromagnético corresponde à distribuição da radiação eletromagnética, por faixas, consoante o comprimento de onda e a frequência. Dentro do espectro é possível observar diferentes tipos de comprimentos de ondas que vão desde os curtos (apresentando alta frequência) até os longos (que apresentam baixa frequência), como ilustrados na figura 6.

Figura 6 - Espectro eletromagnético



Fonte: Florenzano, 2007, p. 13.

Ainda sob a perspectiva de Florenzano (2007) os elementos presentes na superfície terrestre, como a vegetação, água e solo, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética segundo suas características biofísicas e químicas, que, por conseguinte, influenciam diretamente no comprimento da onda. As variações de energia refletida pelos objetos podem ser representadas por curvas e devido a essa variação se torna possível distinguir os elementos da superfície terrestre nas imagens geradas por sensores remotos.

Na região do visível, as variações de energia refletida resultam em um efeito visual denominado cor, logo, um determinado objeto ou superfície é visualmente de determinada cor por refletir a mesma e absorver as demais. Dessa mesma forma, uma imagem colorida provinda de sensoriamento remoto é resultante da combinação de três cores básicas (vermelho, verde e azul), associadas por meio de filtros às imagens individuais extraídas em diferentes comprimentos de onda ou faixas espectrais (STEFFEN, 2011).

Os sensores remotos são equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre em um determinado comprimento de onda. Assim, objetos claros refletem muita energia, como um solo exposto, enquanto objetos escuros como uma água sem sedimentos refletem pouca energia. (STEFFEN, 2011). Esses sensores podem ser encontrados sob as formas portáteis ou instalados em plataformas (terrestres, aéreas ou orbitais), que resultando em um sistema fotográfico que permite detectar e registrar o fluxo de energia refletido ou emitido por determinado objeto distante.

Através dos sensores é possível detectar imagens de uma mesma área em distintas faixas espectrais, também chamadas de canais ou bandas, graças aos sensores que operam nas diferentes regiões do espectro eletromagnético. Quando um sensor capta dados de diferentes regiões do espectro eletromagnético, sendo de uma ou mais regiões distintas, este pode ser denominado de sensor multiespectral (FLORENZANO, 2007).

Os satélites de sensoriamento remoto possuem a bordo sensores de imageamento, através dos quais é possível obter imagens da superfície, ou seja, fornecem informações sobre a variação espacial da resposta espectral da superfície observada (STEFFEN, 2011).

A capacidade que um sensor tem de distinguir objetos em função do tamanho destes é chamada de resolução espacial, em outros termos, refere-se ao campo de visada instantânea (IFOV), o qual indica o tamanho do *pixel* no espaço ou a menor área possível a ser englobada por uma unidade de imagem. Logo, quanto maior for a resolução geométrica, maior será o detalhamento de informações dos objetos. Enquanto isso, a capacidade que um sensor tem de discriminar objetos em função da sua sensibilidade espectral é denominada de resolução espectral (FLORENZANO, 2007; LIU, 2015).

#### **4.3.1. Satélites e imagens orbitais**

Devido à função de ampla cobertura da superfície terrestre, as imagens de satélite proporcionam um estudo e monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como por exemplo, queimadas, desmatamento, erosão do solo. Com as imagens

disponibilizadas por satélites é possível observar a Terra, monitorar o clima, estudar a atmosfera, identificar e monitorar o crescimento de áreas degradadas ou desmatadas, dentre outras transformações físicas do meio (FLORENZANO, 2007).

Assim, para um melhor entendimento, satélites podem ser definidos como qualquer objeto natural ou artificial que orbita um corpo celeste. O trajeto percorrido por determinado satélite é denominado de órbita.

Os satélites artificiais são plataformas elaboradas para suportar o funcionamento de diferentes tipos de instrumentos e, por essa razão, são equipados com sistemas de suprimento de energia, controle de temperatura, de estabilização, transmissão de dados e outros. Tais satélites compõem sistemas espaciais que são formados por segmentos espaciais, ou orbitais e pelos sistemas de infraestrutura terrestres. Os satélites de observação da Terra são plataformas que apresentam um sistema sensor como instrumento principal, capaz de produzir imagens da superfície da Terra em diversas bandas simultâneas, no qual o imageador orbital atua como uma câmara digital, capaz de analisar e mediante adaptações, gerar imagens em múltiplas bandas (STEFFEN, 2011).

Segundo Liu (2015) há dois tipos de satélites existentes, os geoestacionários (geossincronizados) que se apresentam posicionados num ponto fixo no espaço, de tal maneira que se sincronize com a rotação da Terra e permaneça estacionado sobre determinado ponto geográfico do globo terrestre; e os de órbita polar (solarsincronizados) que apresentam órbitas sincronizadas com o sol, circulando de polo a polo do globo com um ângulo de inclinação de  $99^\circ$ , cruzando o plano da linha do Equador. No que diz respeito às suas aplicações, há três tipos de classificações: satélites de comunicação, meteorológicos e de recursos ambientais.

De modo geral, os sistemas imageadores orbitais possuem uma órbita circular, quase polar, isto é, de pequena inclinação com relação aos meridianos e sol síncrona (FLORENZANO, 2007; STEFFEN, 2011).

Esse gênero de órbita associado ao seu período de rotação proporciona ao satélite um deslocamento de norte para sul na parte da Terra que está iluminada pelo Sol, garantindo assim, condições semelhantes de iluminação ao longo do ano, na área imageada. Esse tipo de órbita, conciliado à rotação da Terra, resulta na passagem do satélite sobre diferentes regiões em cada rotação, retornando ao mesmo ponto somente após determinado tempo, ato denominado de período de visita. Essa característica orbital é muito importante por permitir a aquisição de imagens periódicas de uma mesma região, fator conveniente para analisar e monitorar fenômenos temporais ou obter imagens sem nuvens (STEFFEN, 2011).

A disponibilidade de imagens, livres de cobertura de nuvens, está condicionada às condições meteorológicas e aos canais espectrais do sensor orbital do satélite. Segundo FAO (1976) é essencial que as imagens contenham baixa ou nenhuma cobertura de nuvens, não devendo exceder 10% da cena.

#### **4.3.2. Satélites mais indicados para estudos ambientais**

Entre os vários satélites de sensoriamento remoto dos recursos terrestres, os que mais se destacam são os da série LANDSAT, o CBERS, o SPOT e o SENTINEL, por disponibilizarem imagens multiespectrais que representam uma valiosa ferramenta de extração de dados destinados a pesquisas de recursos naturais. Vale ressaltar que escolha da imagem a ser usada depende do alvo de interesse e da escala de mapeamento. Além disso, o LANDSAT, o CBERS e SENTINEL merecem um destaque ainda maior por serem disponibilizados de forma gratuita.

O sistema LANDSAT originalmente era denominado de ERTS (Earth Resources Technology Satellite) desenvolvido pela NASA - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço) objetivando coletar dados espaciais sobre os recursos naturais renováveis e não renováveis da superfície terrestre. Em 1975 passou a se chamar LANDSAT. A versão LANDSAT – 1 foi o primeiro satélite de sensoriamento remoto no mundo e também o primeiro a ser desenvolvido para atuar diretamente em pesquisas destinadas a exploração de recursos naturais da Terra. Segundo Rosa (2005) o sistema LANDSAT permite a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície terrestre, de forma global, sinóptica e repetitiva.

Até hoje foram lançados 8 satélites da série, todos com imagens multiespectrais em alta resolução da superfície da Terra. Atualmente encontra-se em operação o Landsat-7 (em condições precárias) e o Landsat-8, lançado em 2013. O Landsat-8 opera com os instrumentos OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), apresenta órbita circular, geocêntrica, praticamente polar e posiciona-se de maneira heliossíncrona a uma altitude de aproximadamente 705 km (MEDEIROS, 2018). O mesmo se destaca por ser um satélite amplamente usado por apresentar uma grande série temporal de dados. Dentre todos, o LANDSAT-5 merece destaque por disponibilizar em sua coleção, imagens dos anos 1984 a 2011.

O programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) foi implantado em 1988 após parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST), em um programa de cooperação envolvendo Brasil e China. A família de satélites CBERS trouxe significativos avanços científicos ao Brasil, integrando o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais.

Para auxiliar em mapeamentos de cobertura vegetal, comumente são utilizadas imagens de satélites e para isso, um dos satélites mais indicados é o sino brasileiro CBERS. Este satélite de sensoriamento remoto disponibiliza imagens muito importantes ligadas ao meio ambiente e recursos naturais, em campos como no controle de desmatamento e sinais de queimadas; identificação de áreas de florestas e alterações florestais; identificação de campos agrícolas; monitoramento de recursos hídricos; expansão urbana; mapeamento de uso e ocupação do solo dentre outras aplicações.

De acordo com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), o programa CBERS inicialmente desenvolveu dois satélites de sensoriamento remoto, o CBERS-1 e 2. Esses satélites eram compostos por dois módulos, o de "carga útil" responsável por acomodar os Sistemas Ópticos (*High Resolution Cameras* (CCD) – câmera imageadora de alta resolução, *Infra-Red Multi-Spectral Scanner* (IRMSS) – imageador por varredura de média resolução e *Wide Field Imager* (WFI) – câmera imageadora de amplo campo de visada) capazes de observar a Terra com resolução espacial e temporal diferente em várias faixas espectrais e também o Repetidor para o funcionamento do sistema brasileiro de coleta de dados ambientais. O outro módulo é o de “serviço”, responsável por conter todos os equipamentos necessários para assegurar o suprimento de energia, os controles, as telecomunicações e demais funções primordiais à operação do satélite.

O satélite CBERS-2 recebeu destaque dentre os outros por ser considerado o primeiro satélite de sensoriamento remoto no mundo a adotar a política de distribuição gratuita de imagens, o que transformou o Brasil em um grande exemplo mundial pela política de concessão, fato que contribuiu para propagar o uso das imagens de satélites no mundo.

Posteriormente, no ano de 2002, surgiu a possibilidade de construção de mais dois satélites, os CBERS-3 e 4, configurados com novas cargas úteis, no entanto, o CBERS-3 apresentou falhas e acabou não sendo colocado em órbita como previsto.

Mesmo assim, os satélites CBERS-3 e 4 representam um progresso em relação aos satélites CBERS-1, 2 e 2B (este último lançado em 2007 e em vigor até 2010). Para o funcionamento dos CBERS-3 e 4, eles contam com a inovação de quatro câmeras adicionais

(PAN - câmera pancromática e multiespectral, MUX - câmera multiespectral regular, IRS - imageador multiespectral e termal -, e WFI - câmera de campo largo) com desempenhos geométricos e radiométricos aperfeiçoados.

Em 2019, foi lançado o CBERS-4A, que dispõe de sensores a bordo semelhantes aos encontrados nos anteriores da segunda geração, porém este conta com melhorias no dispositivo da câmera imageadora chinesa, no quesito resolução geométrica e espectral, sendo então encontrados os sensores MUX - (Câmera Multiespectral), WFI (Câmera de Campo Largo) e WPM - (Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura).

Quanto às características encontradas nas câmeras do satélite CBERS-4A sob a questão de bandas espectrais e resoluções espaciais vide quadro 1.

Quadro 1 - Características das câmeras do Cbers-4a

<b>Características das câmeras do CBERS 04A</b>			
<b>Característica</b>	<b>WPM</b>	<b>MUX</b>	<b>WFI</b>
Bandas Espectrais	0,45-0,52 $\mu$ m (B) 0,52-0,59 $\mu$ m (G) 0,63-0,69 $\mu$ m (R) 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR) 0,45-0,90 $\mu$ m (PAN)	0,45-0,52 $\mu$ m (B) 0,52-0,59 $\mu$ m (G) 0,63-0,69 $\mu$ m (R) 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR)	0,45-0,52 $\mu$ m (B) 0,52-0,59 $\mu$ m (G) 0,63-0,69 $\mu$ m (R) 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR)
Resolução	2 m 8 m	16,5 m	55 m
Largura da Faixa Imageada	92 km	95 km	684 km
Visada Lateral de Espelho	não	não	não
Revisita	31 dias	31 dias	5 dias
Quantização	10 bits	8 bits	10 bits
Taxa de Dados Bruta	1800.8 Mbps 450.2 Mbps	65 Mbps	50 Mbps

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018.

A série de satélites SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) foram planejados para operar com sensores ópticos, em bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, com um sistema operacional e comercial de observação da Terra. O programa SPOT é controlado pela empresa francesa *Spot Image* e, ao todo, foram lançados 7 satélites, divididos em gerações, de acordo com alterações de suas cargas úteis.

Segundo a Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018) os 3 primeiros satélites da série SPOT (primeira geração) tinham a bordo sensores HRV(*High*

*Resolution Visible*) idênticos, capazes de oferecer resolução espacial de 10m e 20m em modo pancromático e multiespectral, respectivamente, nas faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio.

O quarto satélite, lançado em 1998, inovou ao acrescentar o sensor VEGETATION, concebido para assegurar um acompanhamento contínuo, especializado em oferecer dados sobre a cobertura vegetal, atuando diretamente no monitoramento de mudanças ambientais. Além dessas atribuições, também foram alterados alguns parâmetros do sensor HRV, transformando-o no sensor HRVIR (High Resolution Visible - Infrared).

O SPOT-5 foi lançado em 2005, com três tipos de sensores: o HRG (High Resolution Geometric), uma evolução do sensor HRVIR que contava com aumento na resolução espacial das imagens e retorno do canal pancromático; o sensor VEGETATION-2, idêntico ao seu antecessor; e o novo sensor HRS (High Resolution Stereoscopic) especializado em adquirir imagens stereo, para geração de MDE (Modelo Digital de Elevação) e viabilizar a produção de imagens ortorretificadas. Em seguida foram lançados o SPOT-6 e 7, em 2012 e 2014 respectivamente.

Essa série propicia ao usuário imagens da localidade de interesse em intervalos de 1 a 3 dias e tem como característica relevante à versatilidade na disponibilidade de imagens, na frequência e tamanho da área imageada, na possibilidade de programação de imageamento e na disponibilidade de diferentes níveis de correção.

As imagens disponibilizadas pelo satélite SPOT contém aplicações em diferentes áreas de cunho científico e comercial, sendo no monitoramento de fenômenos e recursos naturais, na observação e monitoramento do uso agrícola das terras, no suporte ao monitoramento e delimitação de áreas de preservação, na atualização de mapas, entre outros.

Por fim, a série de satélites SENTINEL foi iniciada em 2014 e foi desenvolvida a partir de um projeto da Agência Espacial Europeia (ESA)/Comissão Europeia em atendimento ao Programa Copernicus. Essa série tem como proposta dar continuidade a algumas missões antigas gerenciadas pela ESA, como por exemplo, o SPOT ao monitorar determinados recursos naturais terrestres, uso e ocupação, clima, acontecimentos naturais e ambientes marinhos.

Essa série é composta por pares de satélites especializados e direcionados a temas de interesses distintos. O SENTINEL-1 é voltado ao monitoramento terrestre e oceânico, levando a bordo sensores de radar. O SENTINEL-2 é direcionado ao monitoramento da vegetação, solo e áreas costeiras, sendo dotado de um sensor óptico de alta resolução espacial. O terceiro

é especializado no monitoramento marinho e carrega sensores ópticos e radares adequados. Já os da série 4 e 5 são direcionados ao monitoramento da qualidade do ar.

O SENTINEL-2A foi lançado em 2015, sendo o primeiro satélite óptico da série a ser operado e tem a bordo um sensor multiespectral MSI dotado de 13 bandas espectrais, resolução espacial de 10m para bandas do visível, 20m para o infravermelho e 60m para as bandas de correção atmosférica. Na sequência, em 2017, foi lançado o SENTINEL-2B, apresentando as mesmas características que seu antecessor.

#### 4.4. Software e ferramentas adicionais

O expressivo avanço e a difusão das tecnologias de geoinformação propiciaram ferramentas acessíveis capazes de atender a modelos de representação, simulação, análise e proposição de ocorrências e condições territoriais disponíveis aos usuários para se trabalhar com investigações espaciais. Essas ferramentas se expressam como facilitadoras de processos, os quais são significativamente facilitados pela informática, beneficiando uma das possibilidades mais notáveis na análise espacial, o estudo exploratório (MOURA, 2020).

A integração entre as tecnologias e o SIG além de ser possibilitada por *softwares* comerciais, tais como ArcGis, Global Mapper, Erdas, MapInfo também pode ser efetuada através de *softwares* livres. Esses *softwares* livres estão cada vez mais, ganhando espaço no mercado devido a seu progresso, principalmente após a criação da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) e o emprego de novas funcionalidades no formato de *plugins*, o que anteriormente só era disponibilizado pelos programas comerciais.

Dentre as alternativas livres disponíveis, é possível destacar os *softwares* *Quantum GIS* e o *TerraView* em razão da crescente utilização em todo o mundo e pelo vasto material de apoio disponibilizado aos usuários.

A partir disso, o *software* *Quantum GIS* se apresenta como uma ferramenta de suma relevância por ser um programa de fonte aberta e gratuito (disponível em [www.qgis.org](http://www.qgis.org)) capaz de ser executado em vasta gama de sistemas operacionais e que inclui todas as funções comuns de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de uma forma simples e ambiente virtual de fácil manuseio. Uma das grandes vantagens do QGIS é a disponibilidade de *plugins* de repositórios oficiais e de terceiros que fornecem um grande número de funções adicionais (BARTOLINI et al., 2013).

O QGIS, portanto, é um *software* livre para SIG, incubado pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) e promovido por um grupo de desenvolvedores voluntários,

responsáveis pelas atualizações, verificações e correções do aplicativo. O *software* em si é uma multiplataforma, que apresenta possibilidades de personalização, como idiomas e *plugins* e está capacitado para rodar em Windows, Linux, Unix, Mac OSX e Android, suportar a maioria dos formatos geoespaciais (rasters, vetores, base de dados, serviços da web, funcionalidades, entre outros) oferecer instalação de *plugin* gerenciada, suportar automação com macros e scripts, e mais (GIL, 2015; MILARÉ et al., 2016).

Com o respaldo de tais ponderações, Steiniger e Hay (2009) alegam que o QGIS pode ser apontado como uma das mais promissoras plataformas livres para SIG, devido a sua interface eficaz e intuitiva.

Contudo, além desse software, há também disponível o sistema TerraView. O TerraView é um software brasileiro livre, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e que contém funcionalidades similares à de outros *softwares* pagos. Este *software* tem como especificidade a utilização da biblioteca Terralib para a produção de aplicativos geográficos, que por sua vez, objetiva principalmente permitir o desenvolvimento de uma nova geração de aplicações de SIG, baseado nas inovações tecnológicas em bancos de dados espaciais, fornecendo assim funções para a decodificação de dados geográficos, estruturas de dados espaço-temporais e algoritmos de análise espacial, além de propor um modelo para um banco de dados geográficos (VINHAS e FERREIRA, 2005, p.383).

O sistema TerraView manipula dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos), matriciais (grades e imagens) e seus respectivos atributos (tabelas) armazenados em bancos de dados relacionais ou geo-relacionais à disposição no mercado.

Esse *software* também possui em sua extensão de filtro (*majority filter*) a possibilidade de escolha quanto à quantidade de pixels que o usuário pode eliminar por classes em sua pós-classificação, ou seja, minimizar os ruídos de pixels que possivelmente tenham sido classificados em classes de forma equivocada pelo software. Com essa opção, o usuário pode realizar diversas tentativas de pós-classificação até obter uma proximidade de valor esperada (RODRIGUES et al., 2017).

Ademais e igualmente importante temos os *plugins*, também conhecidos como “complementos” que são ferramentas específicas agregadas aos *softwares*, por meio dos quais são realizadas análises específicas.

Dentre as formas de armazenamento de dados em formato digital, há duas possibilidades, sendo sob a forma matricial ou *raster* e o formato vetorial. O formato raster é utilizado para armazenar imagens, como fotografias e imagens de satélite, enquanto o modelo vetor é designado a representar a realidade por meio de pontos, linhas e polígonos.

O *Shapefile* (.shp) é um formato popular de arquivos que contém dados vetoriais fornecido pelo ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), disponível gratuitamente para ser baixado em <<http://purl.org/biochartis/neo2014shp>> e que são usados como base de dados por SIGs. Seus arquivos gráficos demandam menos espaço no disco rígido; são fáceis de interpretar; e possuem o processamento na velocidade de renderização e os recursos de edição, superiores a outros formatos de dados. O formato de dados espaciais do shapefile é menor do que a estrutura de dados topológicos (ESRI, 1998) e tem um formato de dados abertos de transferência que pode ser lido por uma vasta diversidade de programas (LÖWENBERG-NETO 2014).

Como complemento das ferramentas a serem utilizadas, vale ressaltar ainda a importância da função “*buffer*”, visto que em SIG segundo Teixeira e Christofletti (1997), a ferramenta é uma forma de análise de similaridade, na qual são criados polígonos de dimensões pré-estabelecidas em torno de uma feição ou de um elemento geográfico, levando-se em conta um determinado atributo. A partir desta técnica, é possível estipular uma margem representativa a um corpo d’água que seja necessária para que a nascente com vegetação ou áreas marginais (apps) não percam a sua funcionalidade biogeográfica.

## 5. Procedimentos metodológicos

---

Com a finalidade de cumprir todos os objetivos inicialmente propostos, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca das temáticas necessárias para o desenvolvimento dessa investigação. Para a construção dessa pesquisa determinados procedimentos foram realizados como manipulação de dados espaciais, trabalhos de campo e análises que conjuntamente viabilizaram informações primordiais para a etapa de tabulação de dados.

### 5.1. Metodologia da pesquisa

A metodologia científica possui papel de extrema importância no desenvolver da pesquisa visto que de acordo com Prodanov e Freitas (2013, p. 14), “[...] a metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para a construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade”. Partindo dessa premissa, ainda para Prodanov e Freitas (2013) toda pesquisa objetiva essencialmente chegar à veracidade dos fatos.

Nesse sentido, o método pode ser relacionado ao como fazer uma pesquisa. É considerado, portanto, como os procedimentos necessários para se obter determinado resultado. O método e suas ferramentas de investigação são a expressão da concepção do mundo a partir da visão do pesquisador.

Com isso, nessa pesquisa foi utilizado como base lógica da investigação o método indutivo, processo que parte de casos particulares constatados para deduzir uma verdade generalizada ou universal. A partir dos objetivos propostos, o processo de investigação utilizado exibe caráter quali-quantitativo, visto que segundo Demo (1998, p. 92),

Não faz sentido apostar na dicotomia entre quantidade e qualidade, pela razão simples de que não é real. Pode-se, no máximo, priorizar uma ou outra, por qualquer motivo, mas nunca para insinuar que uma se faria as expensas da outra, ou contra a outra. Todo fenômeno qualitativo, pelo fato de ser histórico, existe em contexto também material, temporal, espacial. E todo fenômeno histórico quantitativo, se envolver o ser humano, também contém a dimensão qualitativa. Assim, o reino da pura quantidade ou da pura qualidade é ficção conceitual.

Assim sendo, a parte que compete à pesquisa um caráter qualitativo, considera segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 70), uma relação dinâmica entre mundo real e sujeito. Os preceitos básicos nesse processo são as interpretações de fenômenos e atribuições de significados, não exigindo o uso de métodos e técnicas estatísticas. Portanto, esse tipo de pesquisa pode ser classificada como descritiva. Já a parte que abrange o viés quantitativo frisa que tudo pode ser quantificável, logo, pode-se traduzir em números opiniões e informações para classifica-las e analisa-las. Diferentemente do modo qualitativo, esta utiliza como base recursos e técnicas estatísticas. Quanto ao que se refere a essa pesquisa, optou-se pelo método de estudo de caso, por consequência de tal interpelação deter requisitos essenciais à ciência dos processos de averiguação das mais diversas áreas de preservação permanente.

## **5.2. Investigação teórica, reconhecimento do local e coleta de dados**

Para melhor compreensão dos métodos utilizados foi elaborado o fluxograma objetivando-se demonstrar os procedimentos metodológicos utilizados nessa pesquisa (figura 7).

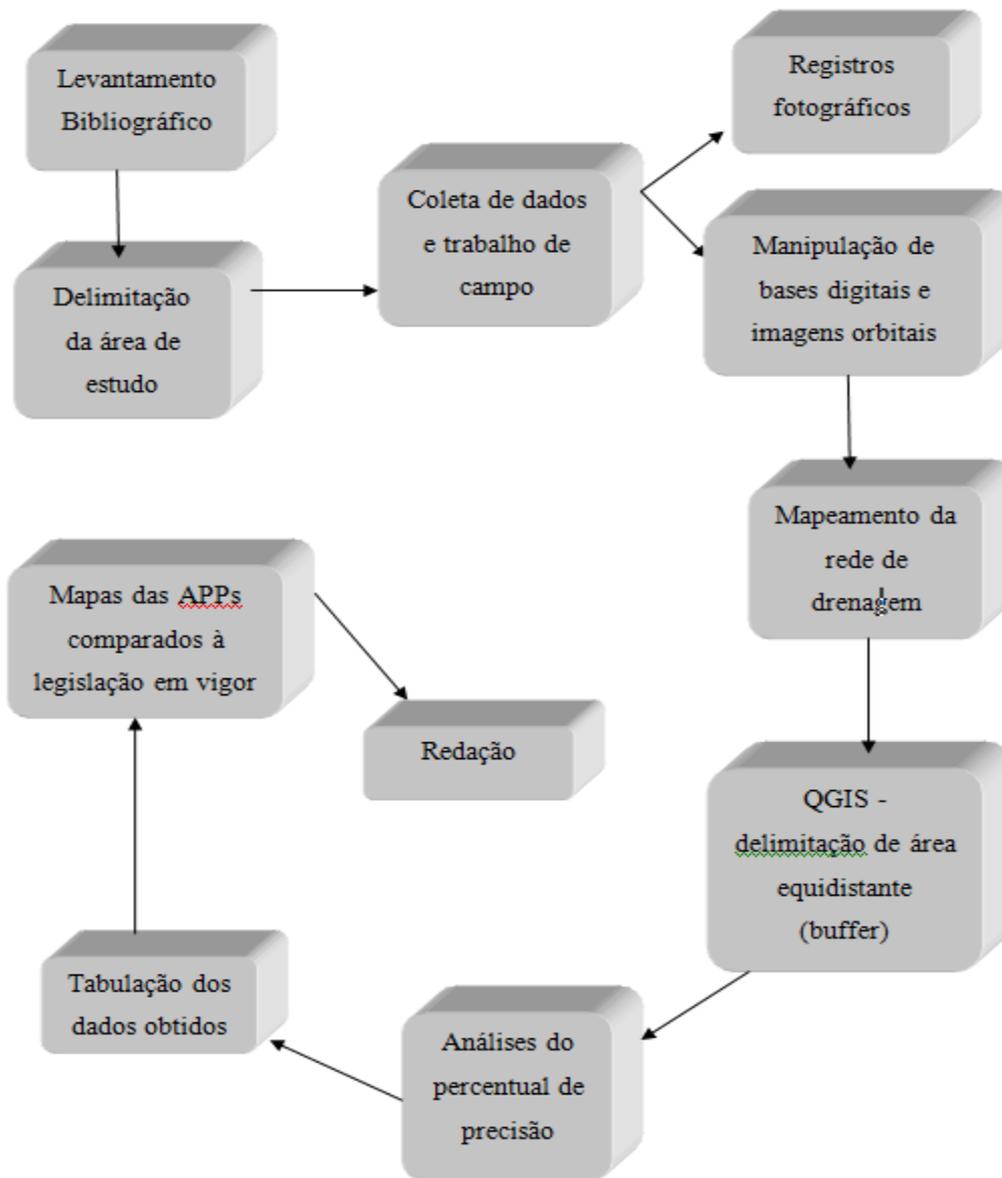


Figura 7 - Metodologia empregada no decorrer da pesquisa, 2021.  
Org.: Castellan, 2021.

Seguindo a ordem apresentada no fluxograma, e a fim de cumprir os objetivos propostos neste projeto, inicialmente foi elaborado um levantamento bibliográfico, etapa fundamental para elaboração e construção da pesquisa. Neste embasamento teórico alguns temas principais foram abordados, como legislação e ecologia de áreas de preservação permanente; dinâmicas e conceitos de rede de drenagens, bem como o universo das geotecnologias. Tais temáticas se expressaram como conceitos fundamentais para nortear e construir essa pesquisa.

Nessa lógica, esse embasamento foi realizado a partir de levantamento de referências baseadas em teses, dissertações, artigos científicos publicados em periódicos e livros.

Em se tratando da parte de execução metodológica, esse trabalho foi apoiado na interpretação de técnicas de processamento digital de imagens e utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A partir disso, primeiramente foi delimitada uma área de estudo, previamente estabelecida como uma Área de Preservação Permanente (APP) localizada na microbacia hidrográfica Córrego da Caçada, localizada na Microrregião de Ituiutaba. Seguindo essa premissa, trabalhos de campo foram necessários para o reconhecimento do local e a coleta de todos os dados necessários.

Assim, findo o levantamento bibliográfico e todo o cronograma pré-estabelecido, partiu-se para a etapa do trabalho de campo para coleta, registro e análises de dados.

No processo de análise em um estudo, as visitas externas, *in loco*, ou, trabalho de campo, como é comumente conhecido, se resguarda em uma concepção de vínculo entre teoria e prática. Esse estágio de procedimentos de campanha estampa uma fase de feitura do conhecimento que não pode coibir-se da teoria, englobando um momento que transcende a observação da paisagem, porém, que parte desta para interpretar a dinâmica do espaço, em um meio permeado por conceitos geográficos. Logo, o trabalho de campo, representa uma diretriz, uma técnica de percepção, fundamentação, coleta e sistematização de amostras, dados e informações expressivas para a análise e leitura da área em questão.

As áreas estipuladas como pontos, foram escolhidas por apresentarem divergências ou questionamentos quanto a seu tipo de uso e ocupação, o que ocasiona variações na delimitação e extensão das suas respectivas áreas de preservação permanente.

À vista disso, as operações de campo objetivaram principalmente verificar a correlação de padrões com a cobertura vegetal e ações antrópicas existentes na área. Durante os deslocamentos e nos pontos de amostragem, foram realizadas observações fisionômicas e fitossociológicas que visaram identificar os tipos e extensões da vegetação, bem como das áreas antrópicas. Nos pontos determinados, foram coletadas as coordenadas em GPS Global Positioning System (para pontos de controle), tirado registros fotográficos, além de anotações registradas em caderneta de campo visando documentar os ambientes e detalhes considerados característicos.

Dessa forma, foram realizados dois trabalhos de campo para reconhecimento da área, um realizado no dia 03/06/2021 e outro dia 11/07/2021, cujo objetivo foi analisar e registrar através de fotografias os aspectos da área da microbacia levando em consideração vegetação nativa, cobertura do solo, ação antrópica e questões ambientais de modo geral para a execução e complementação das etapas seguintes. Foram necessários dois dias para tais registros devido ao tamanho da microbacia e distância entre os pontos percorridos.

### 5.3. Espacialização das informações

Nas visitas a campo foram realizados registros fotográficos de pontos previamente estipulados, baseados nas imagens obtidas pelo satélite Cbers-4a. Tais pontos foram representativos de observação das características e dinâmicas das áreas de preservação permanente, bem como suas matas ciliares, localizados na microbacia hidrográfica do Córrego da Caçada. Todo o diagnóstico do local foi registrado e posteriormente espacializado, a fim de serem relacionados, com a finalidade de verificar se estão em conformidade ou não com as legislações em vigor no país.

Para a execução desse estágio da pesquisa, objetivando-se a espacialização temática, foram utilizadas bases de dados, softwares e equipamentos como:

- Computador Dell de 2 Gigabytes de memória RAM, teclado e mouse, utilizados para o download das imagens disponibilizadas na internet, transferência das fotos digitais, redação, armazenamento do banco de dados e elaboração de mapas temáticos;
- *Smartphone* Samsung Galaxy J4, resolução HD com a câmera traseira de 13 megapixel, 32 Megabytes de memória interna, utilizado para os registros fotográficos referente aos pontos contemplados nas visitas ao campo e para a localização das coordenadas geográficas das áreas estipuladas no campo;
- Imagens orbitais obtidas através do satélite espacial Cbers-4a com sensor WPM, com data de passagem em 15/05/2021, órbita 207/ponto 137, disponibilizadas gratuitamente no site do catálogo do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais);
- Mapa da rede de drenagem da microbacia do Córrego da Caçada, obtida através dos metadados do site da ANA (Agência Nacional das Águas); e
- *Software Quantum* GIS (QGIS), versão 3.16 *Hannover*, o qual foi responsável por praticamente todas as etapas relacionadas à elaboração de banco de dados, manipulação e espacialização dos dados, elaboração de todos os mapas resultantes e objeto principal de referência para os resultados desse trabalho através da ferramenta buffer.

#### 5.3.1. Georreferenciamento

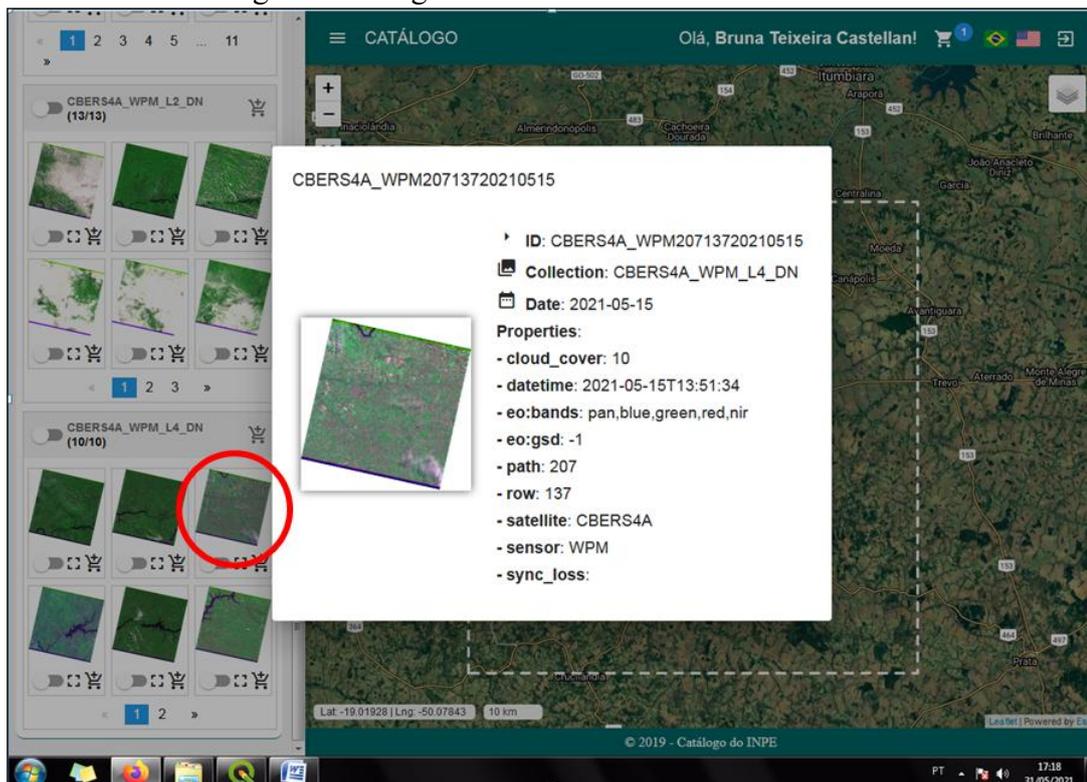
Essa etapa da pesquisa é referente à produção cartográfica direcionada a elaboração dos mapas temáticos, no qual foi utilizada a malha digital do município de Ituiutaba, área escolhida para este estudo. Para a obtenção dos planos de informação da rede de drenagem,

delimitação da área de preservação permanente e uso e ocupação do solo, foram utilizados *software* QGIS e algoritmos específicos para cada dado obtido, que proporcionaram bases principais de dados, sendo imagens SRTM disponíveis no INPE-TOPODATA (Folha 18\_495, Folha 19\_51, Folha 19\_495) no qual foi possível extrair os dados de drenagem e limites da microbacia.

A outra base de dados utilizada foi adquirida através de pesquisas de imagens que recobrem a Microrregião de Ituiutaba levando em consideração suas órbitas e pontos. O satélite escolhido para tal estudo foi o Cbers-4a (*China-Brazil Earth-Resources Satellite*, no formato RGB e Pancromática, com resolução de 10m, passagem no dia 15/05/2021 e órbita 207/ponto 137. Essa série do Cbers possui uma faixa de imageamento de 92km e tem seu catálogo disponível no site do INPE (<http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>).

Para realizar o primeiro acesso, foi necessário um cadastro prévio no site do INPE. A partir dessa admissão, houve uma pesquisa detalhada para a seleção e aquisição das imagens orbitais do satélite Cbers-4a correspondente à microrregião escolhida, contendo melhor visibilidade, qualidade de imageamento do sensor e homogeneidade do período para a execução desse estudo (figura 8). Essa seleção das imagens configura um levantamento criterioso de todas as cenas disponíveis no catálogo com recobrimento da área desejada. Isto posto, foram coletadas imagens do dia 15 de maio de 2021.

Figura 8 - Imagens escolhidas do satélite Cbers-4a



Org.: Castellan (2021)

Após esse processo de escolha, houve o *download* dessas imagens para a utilização nos procedimentos seguintes.

Para o processamento de dados, como ferramenta de análise, foi utilizado o *software Quantum GIS (QGIS)*, versão 3.16 *Hannover*, licenciado sob a *General Public License (GNU)*, que disponibiliza processos de geoprocessamento e *plugins* para realização de diversas tarefas. Nesse caso, o QGIS serviu para delimitar a área de estudo, processar dados, produzir mapas temáticos, possibilitando assim um banco de dados georreferenciados. Além disso, esse *software* se revelou vantajoso devido ao fato de ser gratuito e de código aberto, permitindo dessa forma, maior facilidade no compartilhamento e replicação de modelos, visto que não há necessidade de licença para o uso.

Como também pôde ser visto na figura 8, o sensor do satélite selecionado para esse estudo foi o WPM, que possui sistema imageador (assim como os outros dois disponíveis nesse satélite – MUX e WFI) sensível as bandas espectrais do vermelho, verde e azul (Red, Green e Blue) correspondentes a faixa espectral do visível do espectro eletromagnético, com resolução espacial de 8 metros. Este sensor WPM também é sensível à faixa do infravermelho próximo chamada de NIR, entretanto, o mesmo possui uma característica diferenciada, na qual se revela sensível a outra faixa do espectro eletromagnético chamada de pancromática (PAN), sendo expressa em uma resolução espacial mais alta, equivalente a 2 metros.

O processamento digital de imagens diz respeito a técnicas aplicadas às imagens com o propósito de facilitar a obtenção de informações de qualquer elemento presente na superfície terrestre. Tais técnicas, dentre seus atributos, tem como intuito aprimorar a visualização de feições estruturais e disponibilizar base de dados capazes de interpretar imagens.

Com isso, foi realizado o *download* de todas as imagens em formato “tif”, mas as que corresponderam com o propósito desse estudo foram as imagens das bandas 0 (PAN), 1, 2 e 3 do sensor WPM (tabela 1) para a composição e fusão das bandas do satélite Cbers-4a.

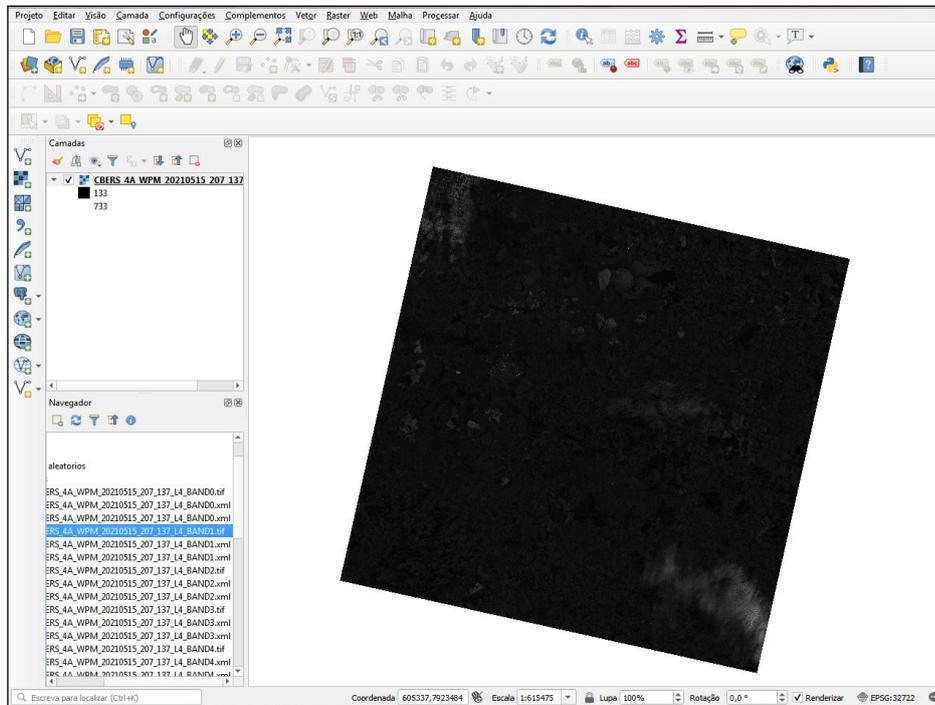
Tabela 1 - Bandas espectrais

Banda	Faixa espectral	Região do espectro eletromagnético
P	0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$	Pancromática
B1	0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$	Azul
B2	0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$	Verde
B3	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$	Vermelho

Fonte: Inpe, 2018  
Org.: Castellan, 2021.

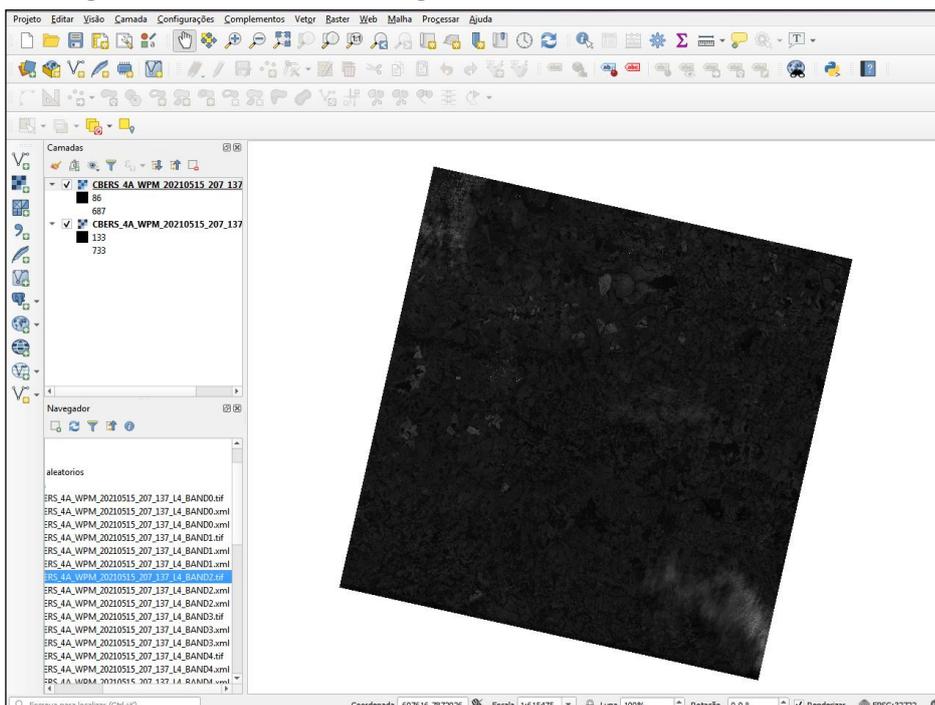
Dessa forma, para a composição das camadas, as bandas foram inseridas individualmente para que as mesmas pudessem integralizar uma única imagem, conforme a ordem das figuras a seguir (9, 10 e 11):

Figura 9 – Adicionada a primeira camada referente a banda 1.tif.



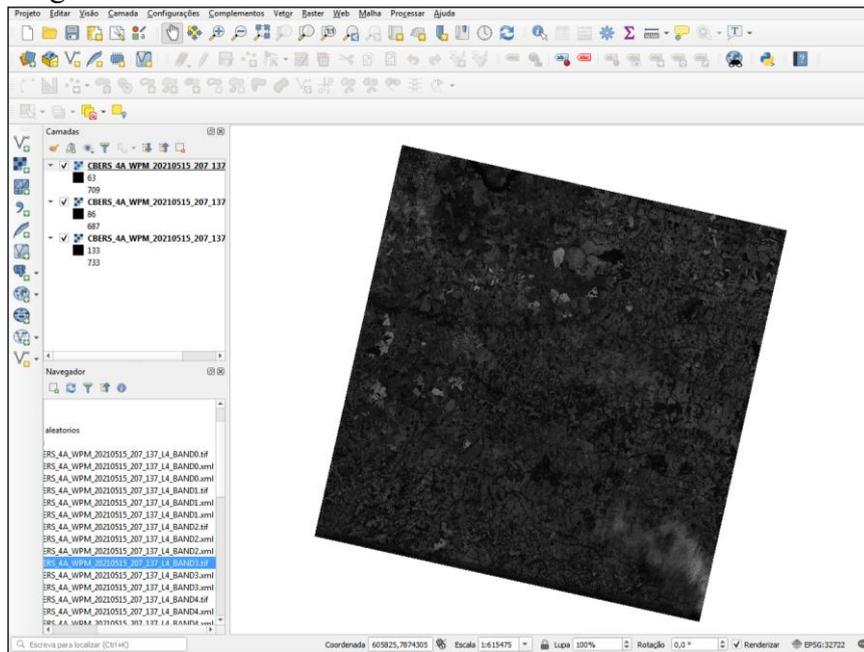
Org.: Castellan (2021)

Figura 10 - Adicionada a segunda camada referente a banda 2.tif.



Org.: Castellan (2021)

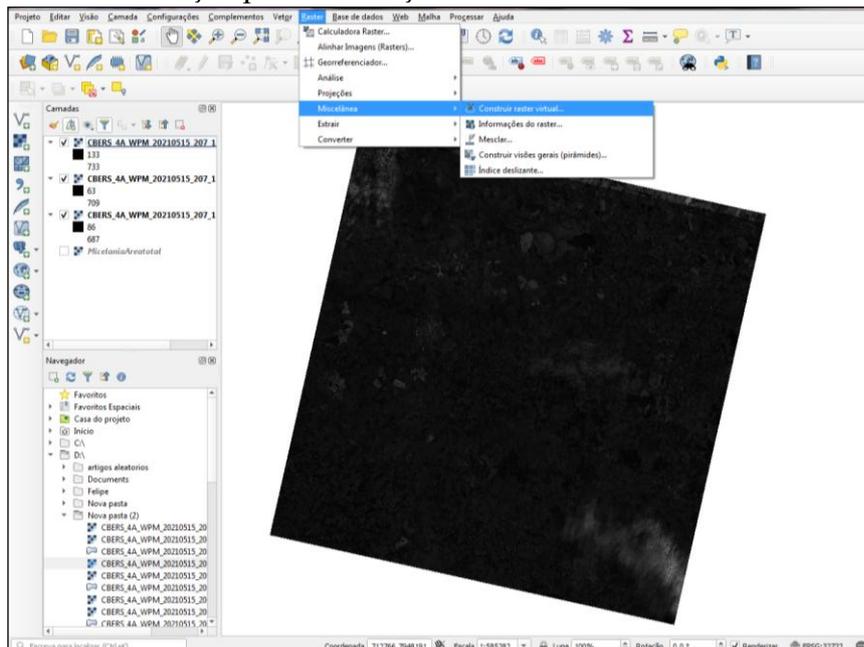
Figura 11 – Adicionada a terceira camada referente a banda 3.tif.



Org.: Castellan (2021)

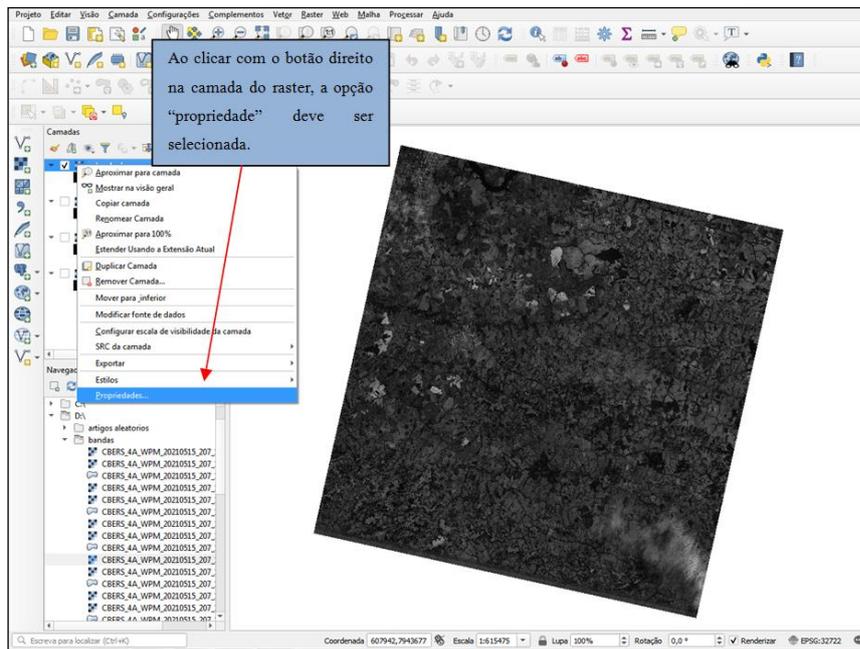
Após a inserção das bandas nas camadas, foi utilizada a função raster para criar uma camada miscelânea responsável por construir o raster virtual. Vale ressaltar que além do resultado da composição das multicamadas também foi iniciado o procedimento de elaboração das imagens falsa cor, conforme figuras 12 e 13.

Figura 12 – Solicitação para elaboração do raster virtual através da miscelânea



Org.: Castellan (2021)

Figura 13 – Raster virtual composto de multibandas e início da composição da falsa cor



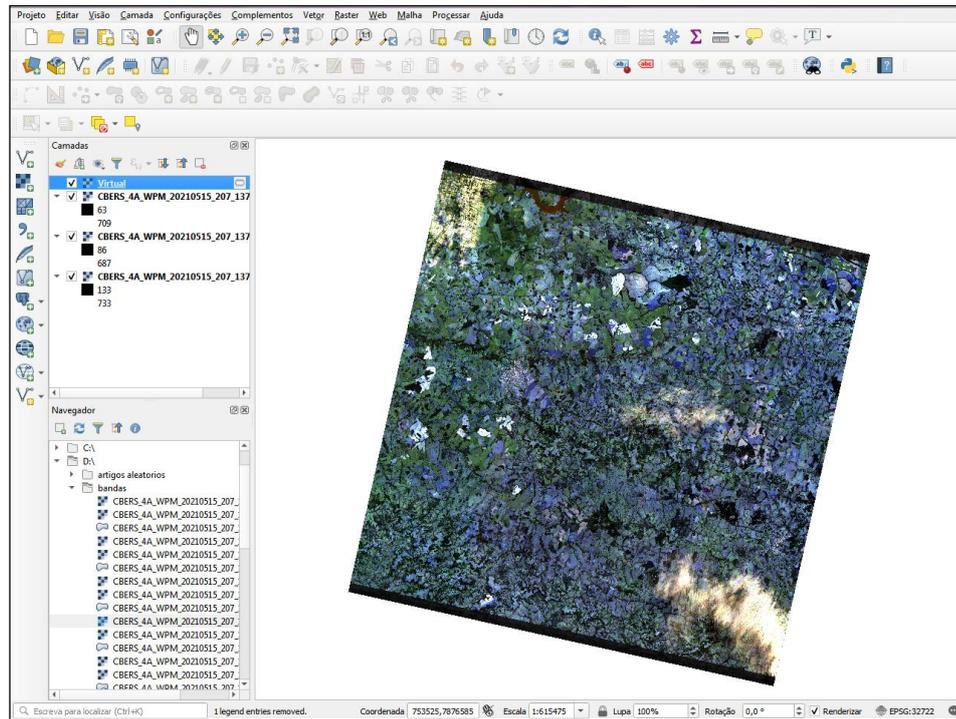
Org.: Castellan (2021)

No intuito de melhorar a interpretação dos padrões de texturas e tonalidade, utilizou-se as composições das bandas espectrais das imagens, no qual, normalmente é indicado o filtro RGB (*Red* – vermelho, *Green* – verde e *Blue* - azul) em falsa cor, sendo R no infravermelho médio, G no infravermelho próximo e B no visível.

Assim, a partir do raster virtual foi gerado um produto virtual (figura 14) caracterizado por uma pigmentação diferente, devido à utilização da composição de falsa cor.

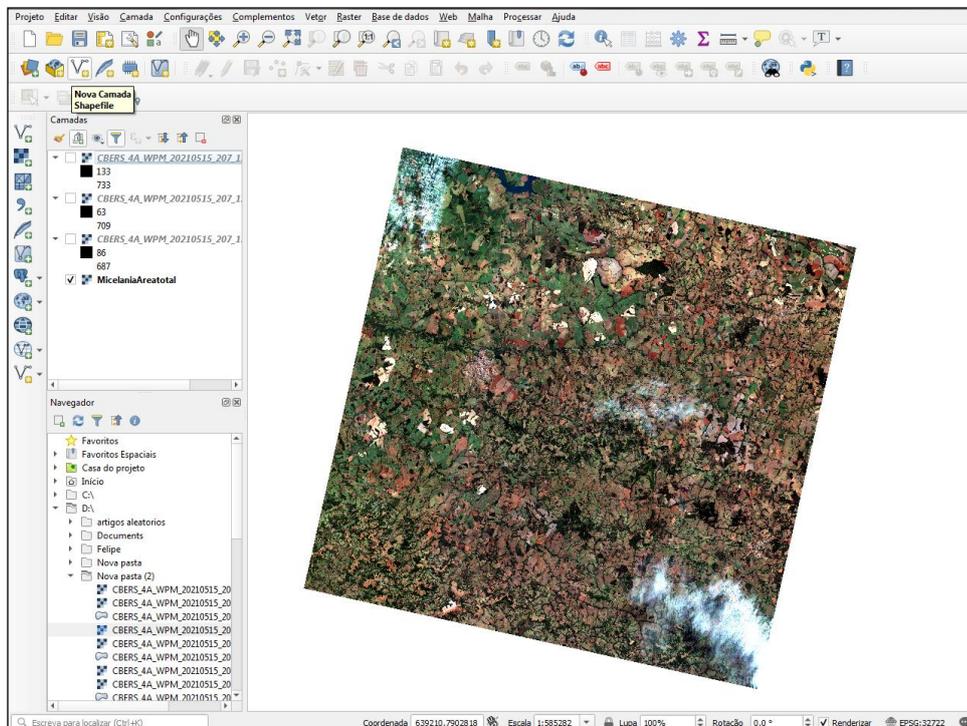
Na sequência, dentre as possibilidades disponíveis no momento optou-se pela composição 1R, 2G e 3B (*Red*, *Green* e *Blue*) por representar e diferenciar os alvos necessários presentes na imagem. Feito isso, um novo resultado foi gerado com as novas composições da imagem, conforme figura 15.

Figura 14 – Resultado da composição da falsa cor



Org.: Castellan (2021)

Figura 15 – Resultado da composição 3R, 1G e 2B da Microrregião de Ituiutaba

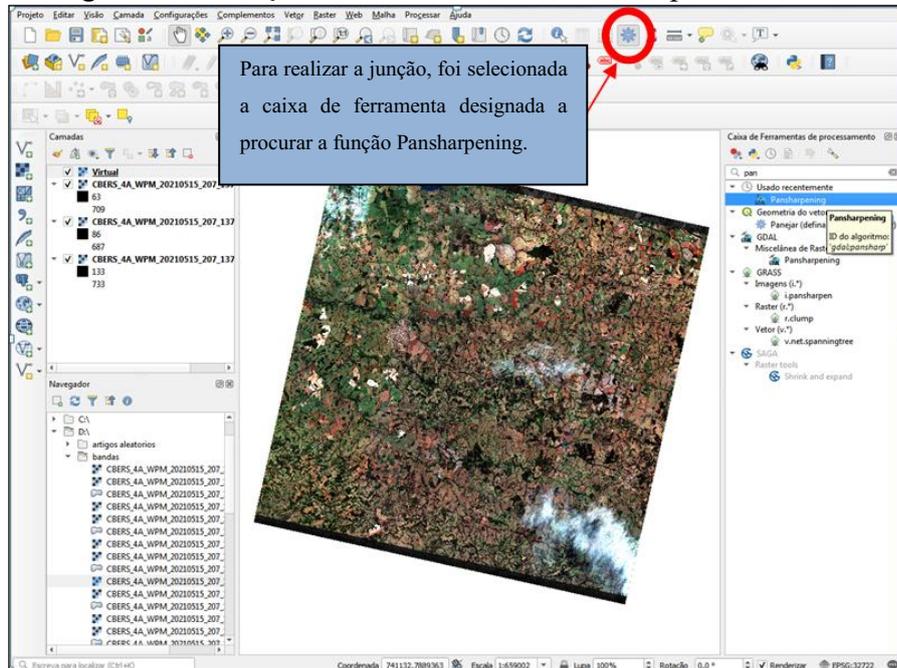


Org.: Castellan (2021)

Finalizado o procedimento de composição das bandas do Cbers-4a, iniciou-se o processo de fusão, no qual foi adicionada a banda 0, designada como banda pancromática,

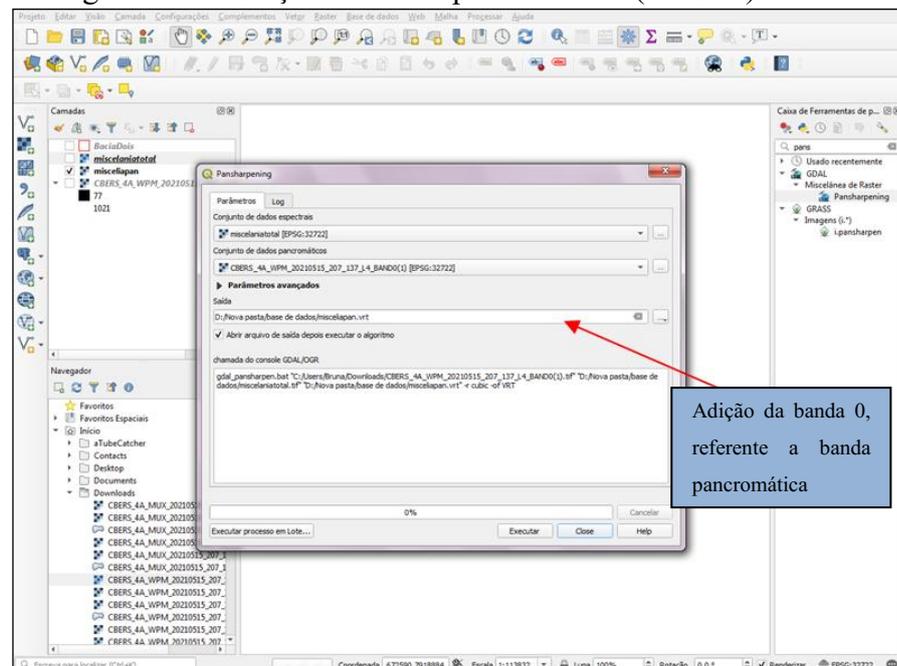
afim de tornar a resolução que até então era de 8 metros, para 2 metros. Para isso, foi utilizada a função Pansharping (mesclagem de imagens multiespectrais). Assim, foram executados os seguintes procedimentos que correspondem às figuras 16 e 17.

Figura 16 – Seleção da caixa de ferramentas de processamento



Org.: Castellan (2021)

Figura 17 – Inserção da banda pancromática (banda 0) - Fusão

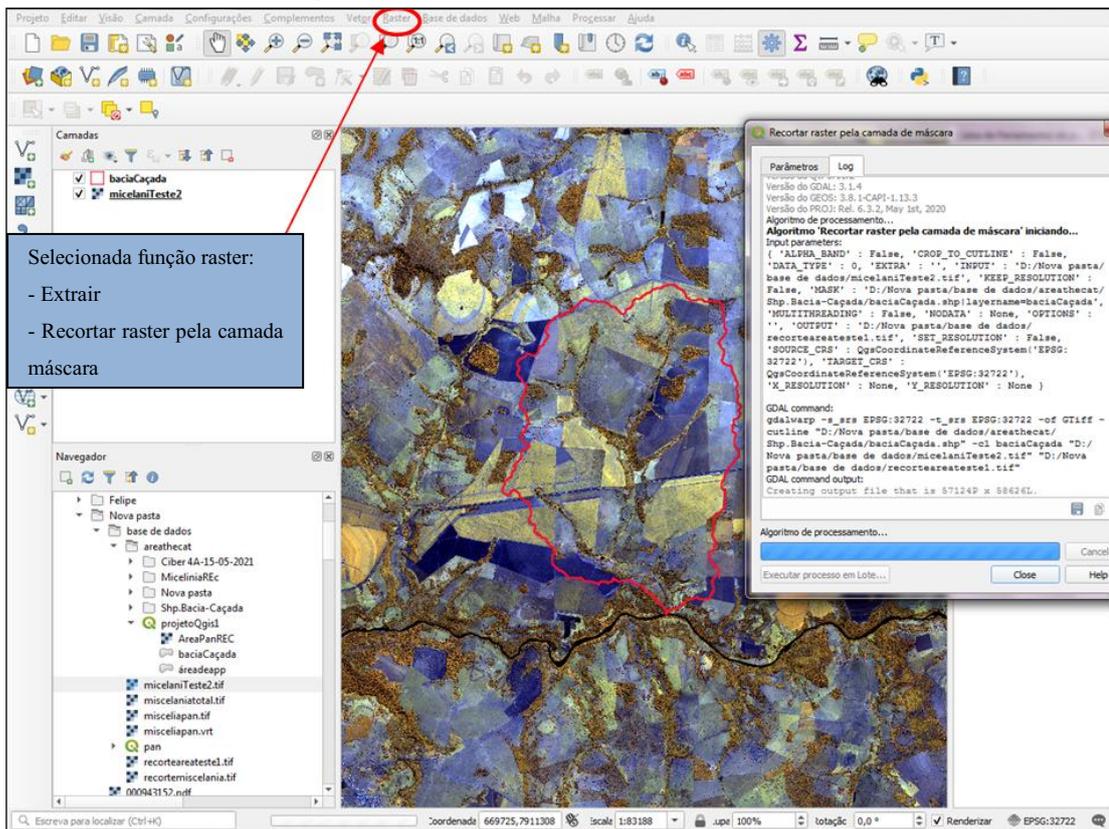


Org.: Castellan (2021)

Como dito anteriormente, a banda PAN se expressa em uma resolução espacial mais alta, obtendo valor de 2 metros, ou seja, o pixel é equivalente a 2 metros. Sendo assim, essa fusão foi responsável por melhorar a qualidade de visualização, realçando determinadas áreas, tornando-a mais nítida.

A partir disso, com as informações processadas, a fim de direcionar os procedimentos seguintes para a área de estudo escolhida e redimensionar a imagem, foi realizado o recorte de raster na camada, ou seja, foi utilizado um dado vetorial que contém os limites aproximados na área de estudo – a microbacia hidrográfica Córrego da Caçada para recortar uma camada matricial. Para isso, foi utilizado um polígono para definir e delimitar a área de estudo seguindo os divisores de água (figura 18).

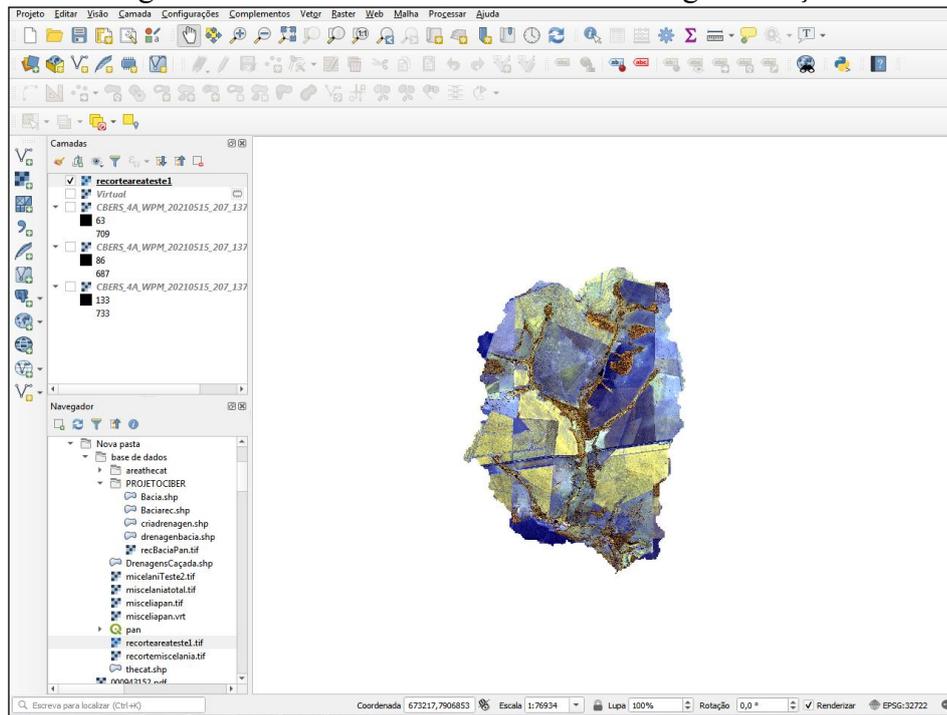
Figura 18 – Processo de recorte da camada



Org.: Castellan (2021)

Posterior a esse processo e sua renderização, o resultado obtido foi o recorte da microbacia do Córrego da Caçada (figura 19) para uma melhor visualização da área e manipulação no software utilizado.

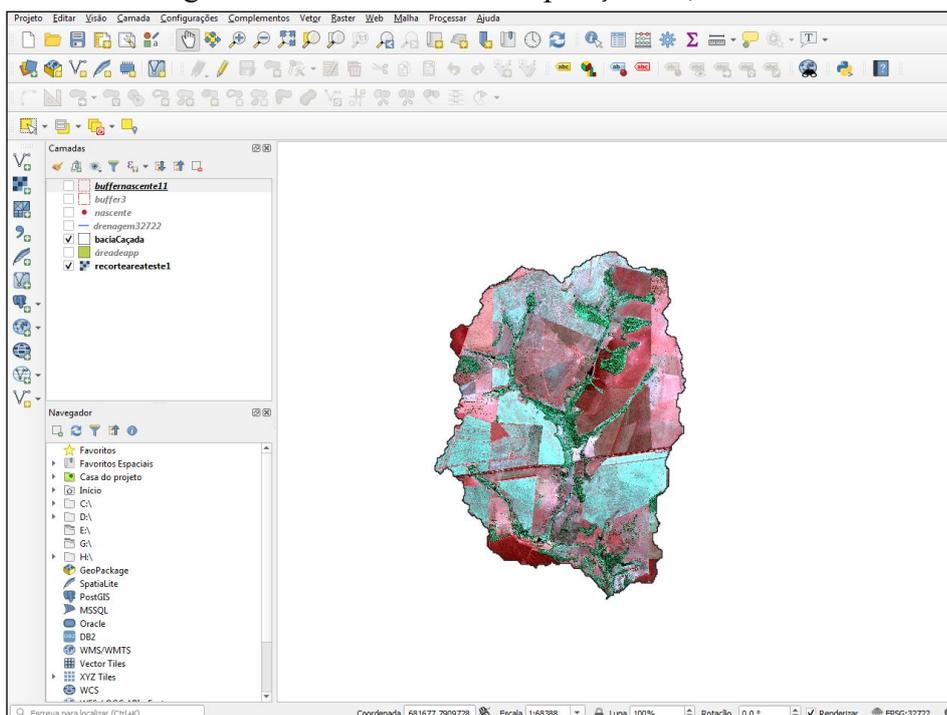
Figura 19 – Recorte da Microbacia do Córrego da Caçada



Org.: Castellan (2021)

Depois de novas análises decorrentes da adição da banda PAN, foi identificado que outra composição de bandas se encaixaria melhor nesta investigação. Portanto, foi escolhida a composição 3R, 1G e 2B conforme a ilustração 20.

Figura 20 – Resultado da composição 3R, 1G e 2B

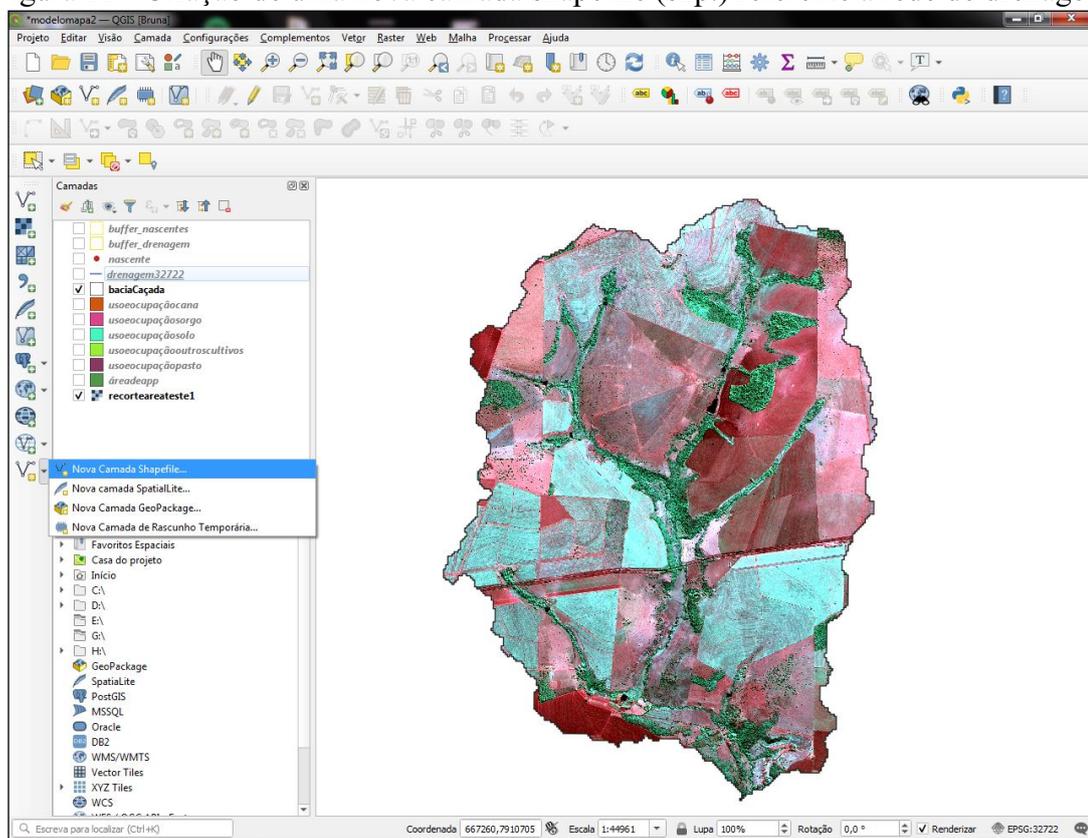


Org.: Castellan (2021)

Com os dados necessários da área de estudo, o próximo passo foi construir um arquivo *shapefile* (shp.) da rede de drenagem. Para a execução dessa etapa, foi necessário o acesso aos metadados da ANA (Agência Nacional das Águas) por meio do site (<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>) para identificação e averiguação dos canais existentes na microbacia Córrego da Caçada.

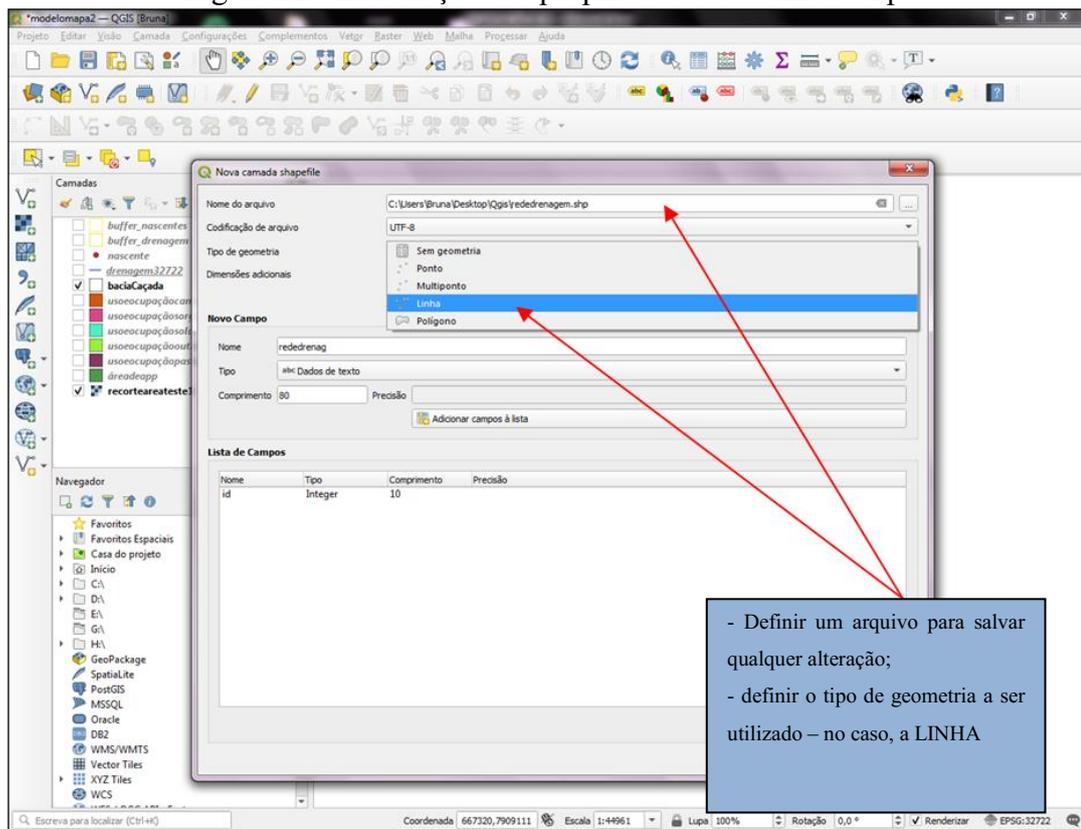
A partir das informações extraídas do site da ANA foi elaborada uma nova camada designada à criação do *shapefile* (shp.) da rede de drenagem, na qual, linhas foram inseridas até delinear todos os canais existentes. A sequência dessa metodologia é ilustrada nas figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27.

Figura 21 - Criação de uma nova camada shapefile (shp.) referente à rede de drenagem



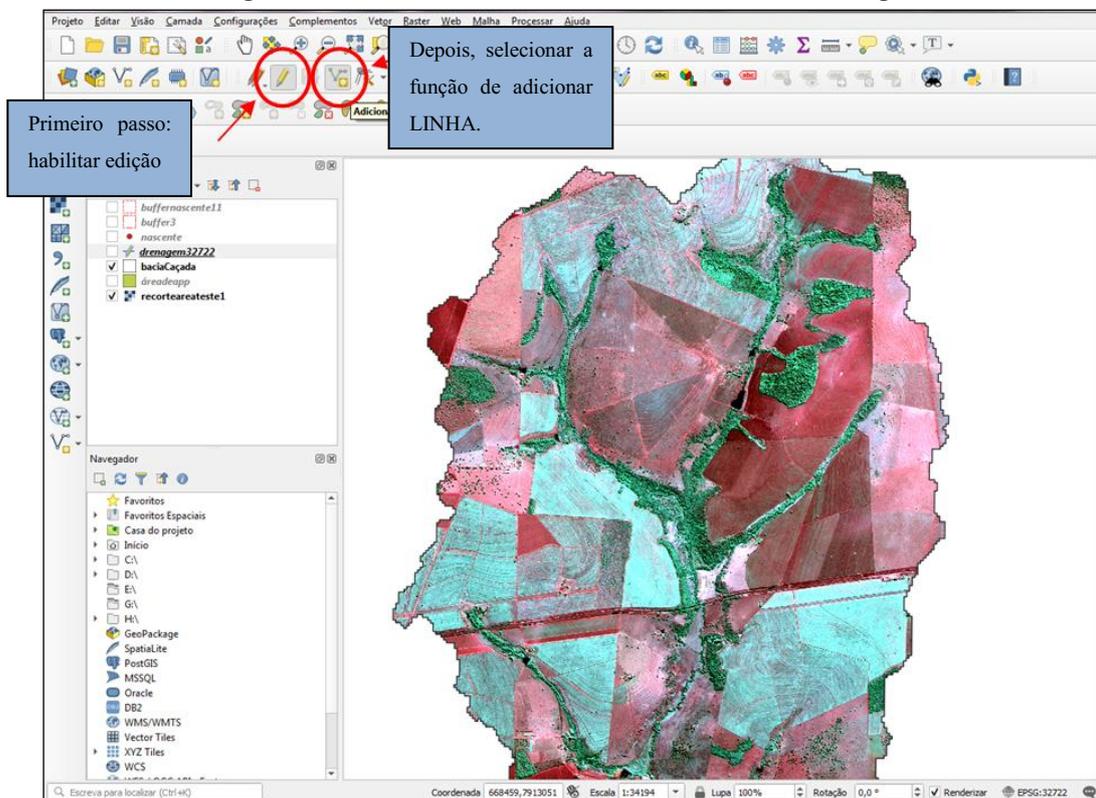
Org.: Castellan (2021)

Figura 22 - Elaboração das propriedades da camada shp.



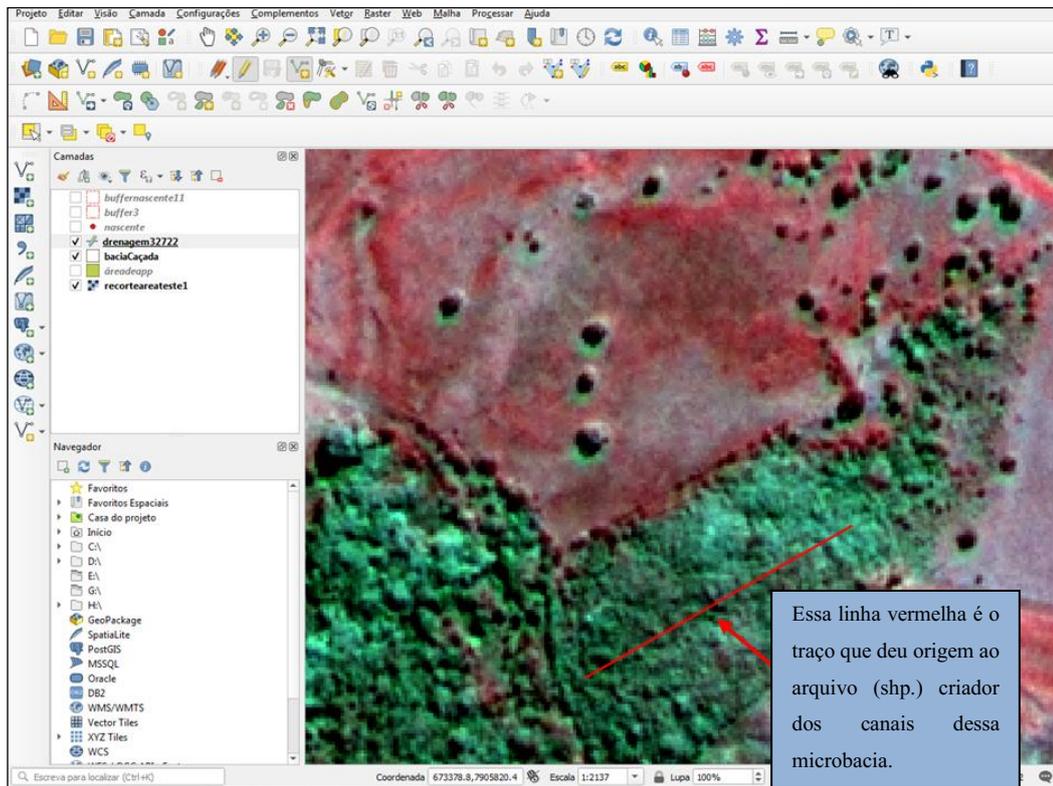
Org.: Castellan (2021)

Figura 23 – Elaboração dos canais da rede de drenagem



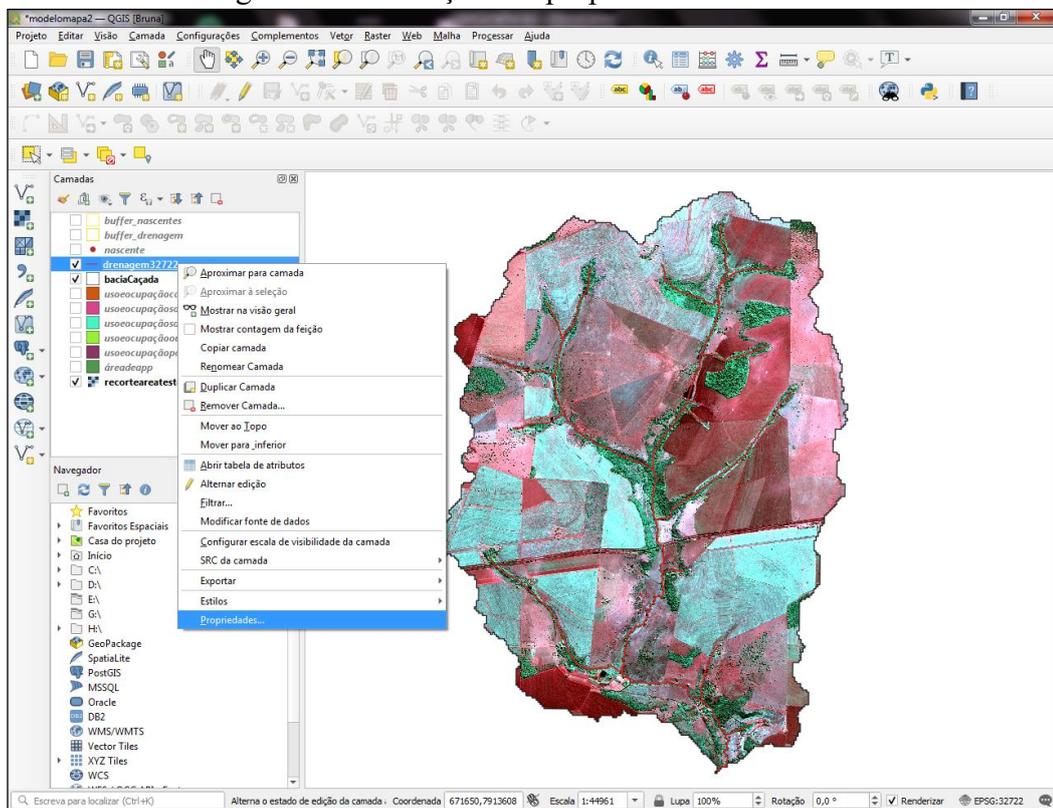
Org.: Castellan (2021)

Figura 24 – Criação dos pontos que formaram o arquivo (shp.)



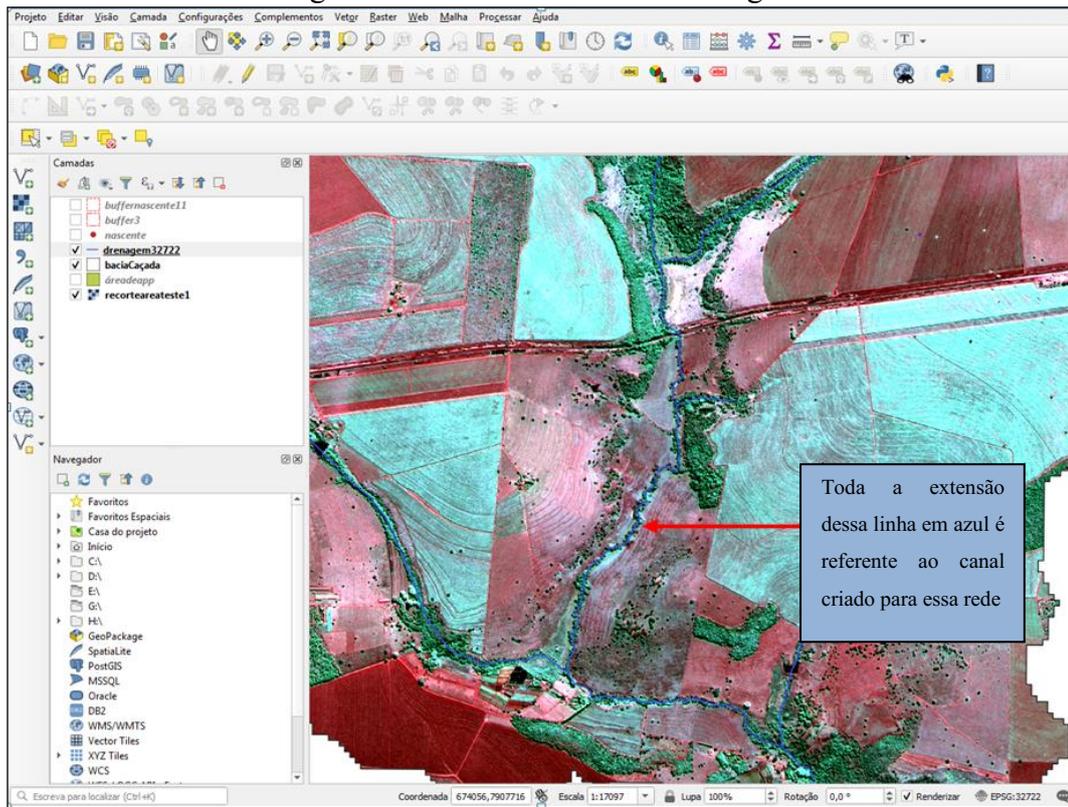
Org.: Castellan (2021)

Figura 25 - Definição das propriedades da camada



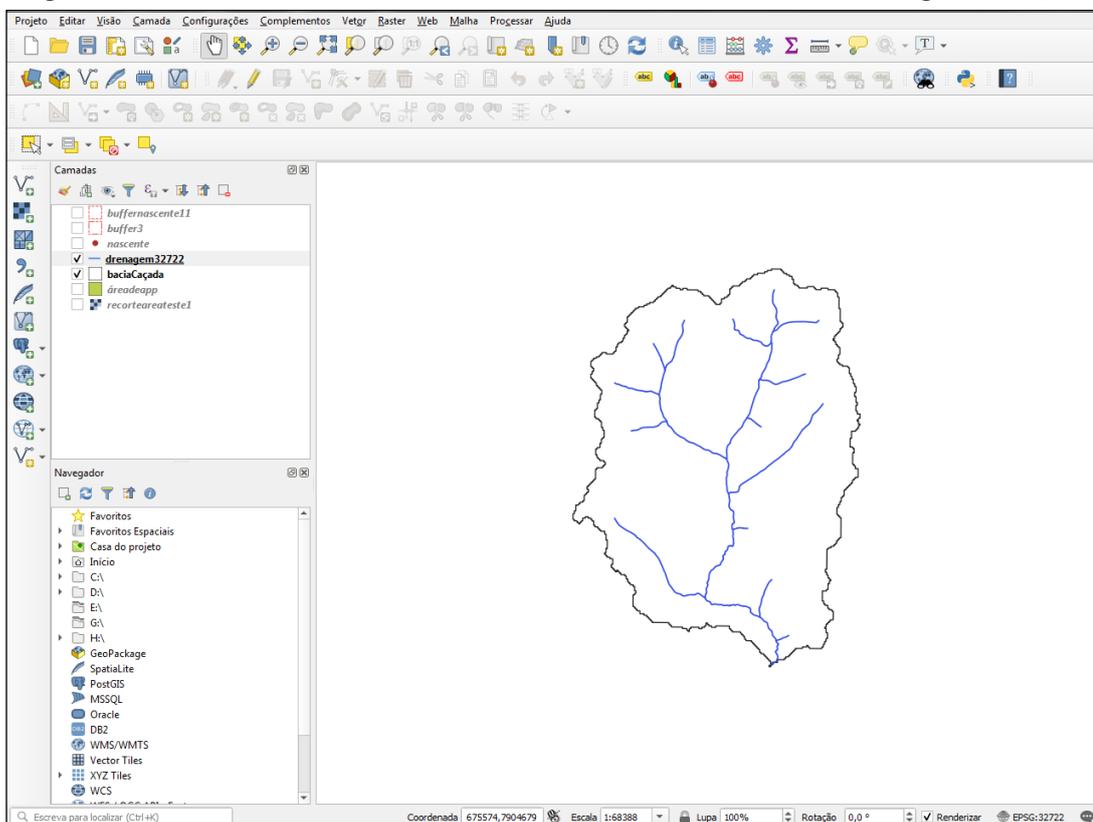
Org.: Castellan (2021)

Figura 26 – Canais da rede de drenagem



Org.: Castellan (2021)

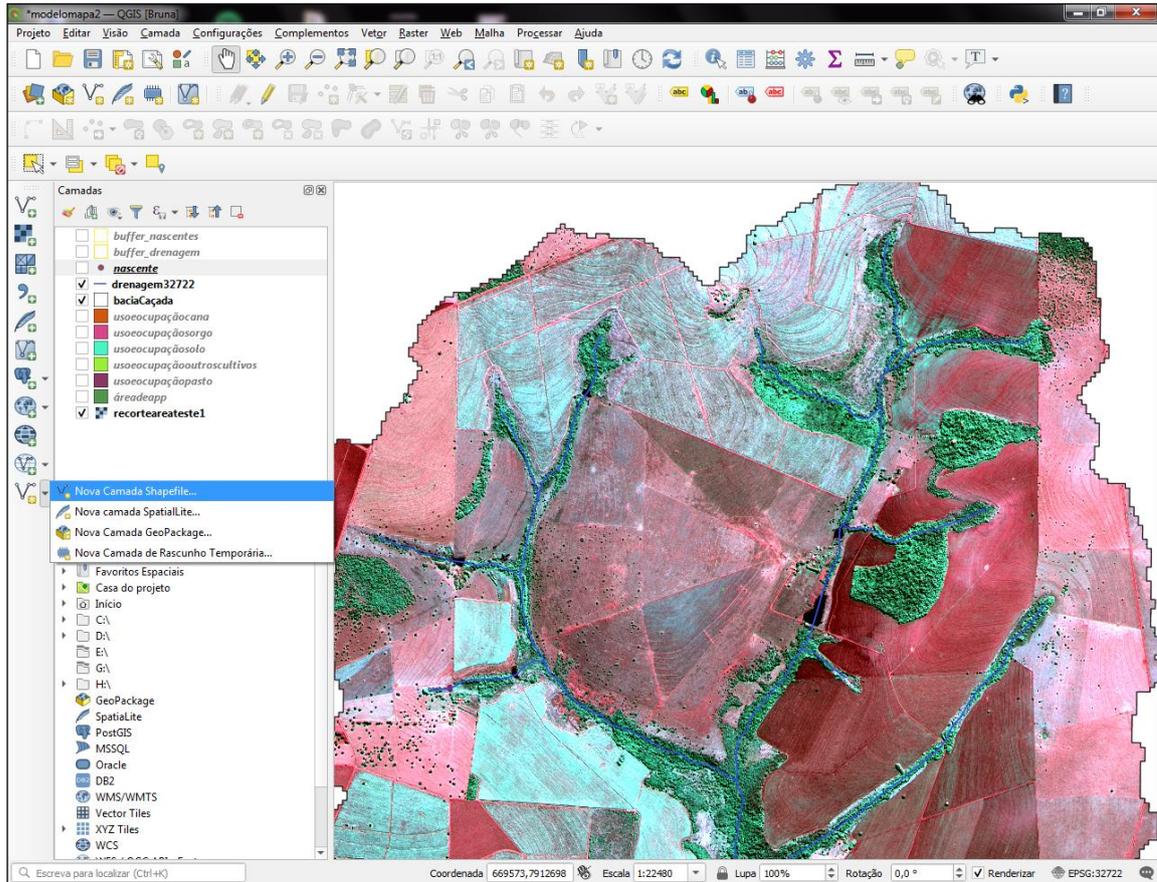
Figura 27 – Resultado final dos canais existentes na Microbacia Córrego da Caçada



Org.: Castellan (2021)

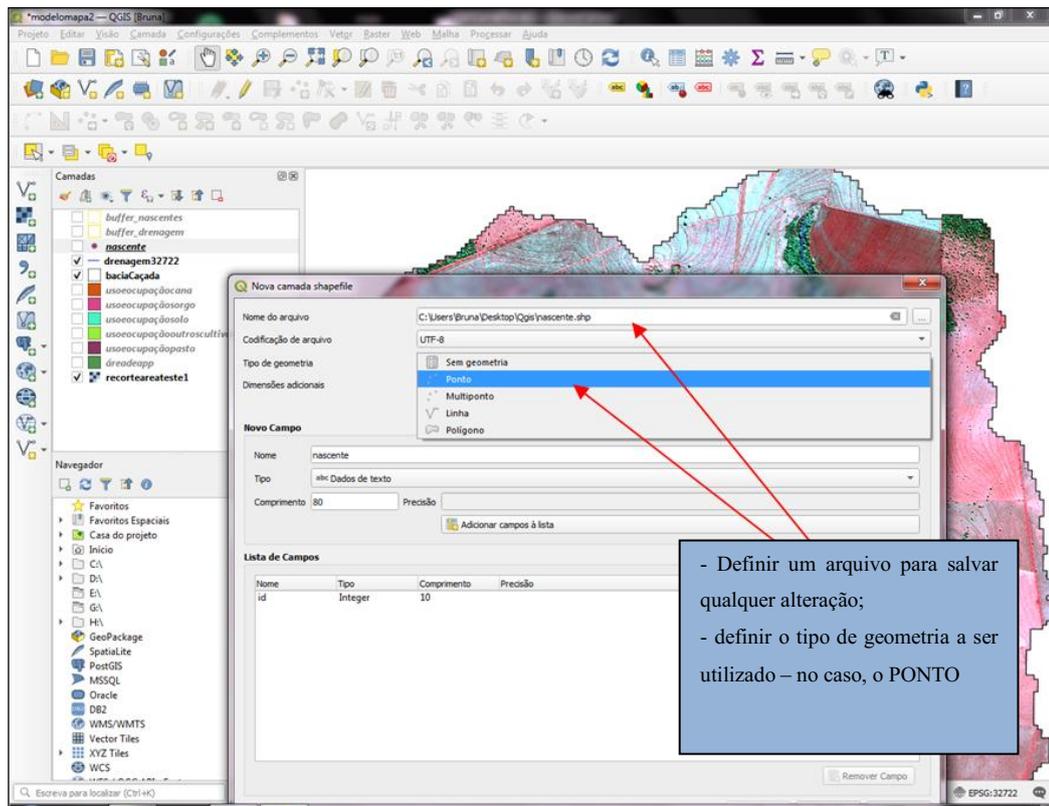
Com os canais dos cursos d'água delineados, foi possível em seguida, a criação dos pontos das nascentes. Para isso, uma nova camada *shapefile* (shp.) foi criada (figuras 28, 29, 30 e 31) uma vez que nos processos seguintes, no momento de utilização da ferramenta *buffer*, há parâmetros diferentes no regimento imposto pelo Código florestal quanto à metragem dos canais e nascentes.

Figura 28 - Criação das nascentes dos canais da rede de drenagem



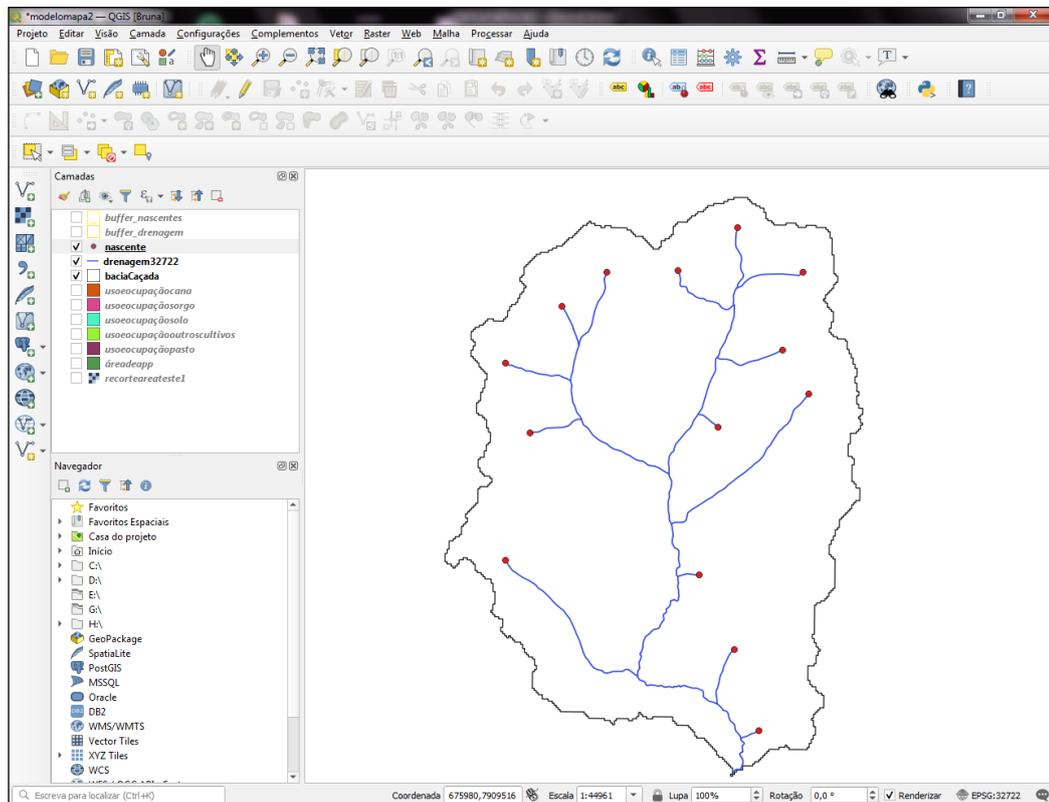
Org.: Castellan (2021)

Figura 29 - Elaboração das propriedades da camada (shp.) das nascentes



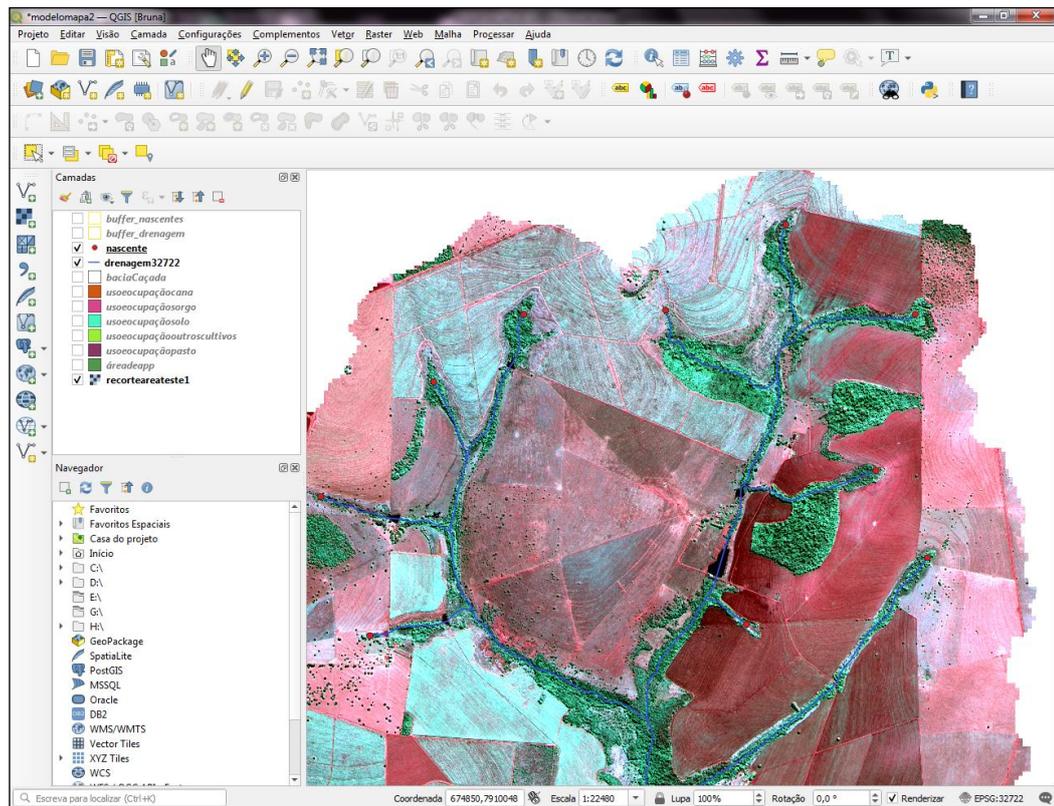
Org.: Castellan (2021)

Figura 30 - Resultado final da criação das nascentes



Org.: Castellan (2021)

Figura 31 - Nascentes inseridas no conjunto total

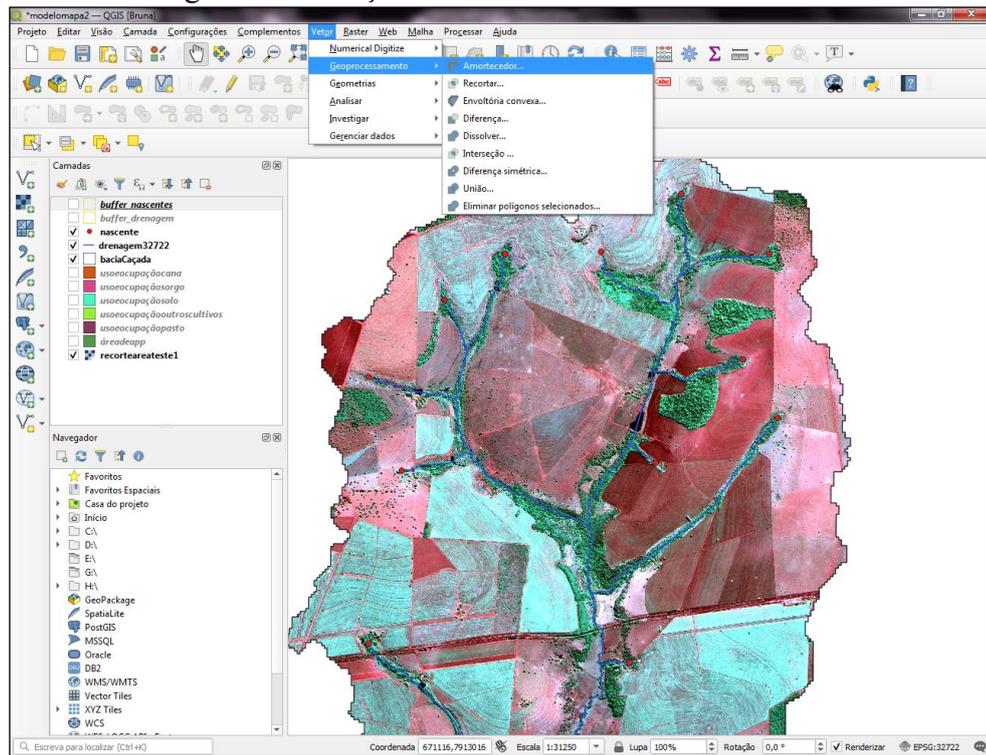


Org.: Castellan (2021)

Findo a caracterização da rede de drenagem e com todas as bases de dados inseridas no programa, foi possível iniciar de fato, os procedimentos referentes aos objetivos propostos nessa investigação. Dessa maneira, foi realizado um mapeamento da área de preservação permanente da área de estudo, considerando a faixa marginal das nascentes e cursos d'água da microbacia do Córrego da Caçada baseando-se nos critérios estabelecidos pela legislação do Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012. As redes hídricas existentes nas áreas de preservação permanente foram desenhadas no mapa utilizando-se a ferramenta delimitação de área equidistante (*buffer*), que construiu um polígono ao redor dos elementos geométricos representantes dos corpos d'água com a largura que havia sido especificada no banco de dados.

Para a elaboração desse perfil foi utilizado o recurso vetor que disponibiliza no geoprocessamento a função amortecedor, correspondente ao *buffer* (figura 32).

Figura 32 - Criação do comando buffer nas nascentes



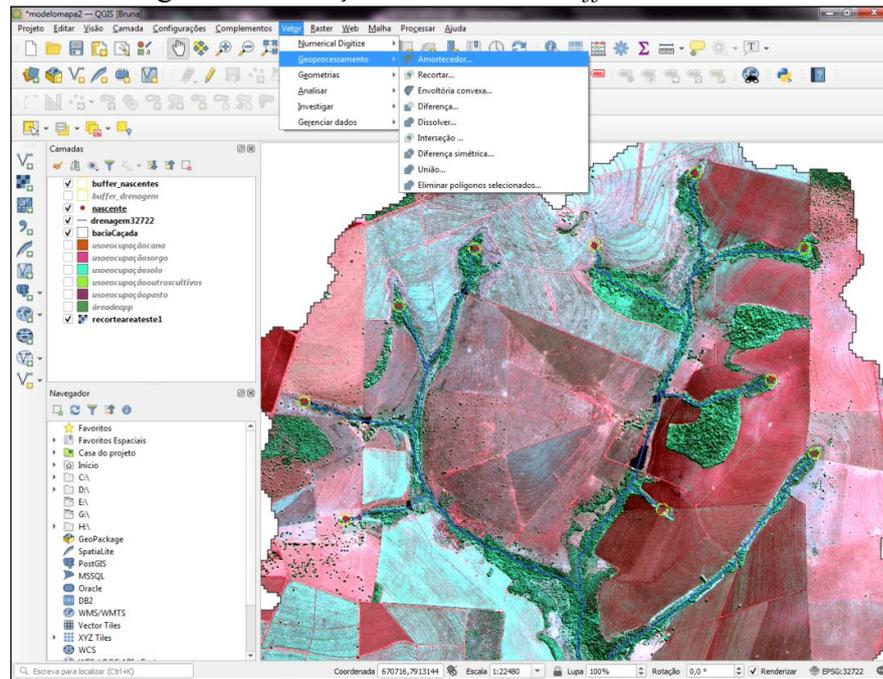
Org.: Castellan (2021)

Para delimitar esse perímetro com o comando *buffer*, determinando uma área de preservação ao longo dos rios com distância específica, foi determinada uma metragem proporcional à largura aproximada dos mesmos, sendo equivalente a 30 metros para cursos d'água inferiores a 10 metros de largura; 50 metros para cursos d'água com largura entre 10 e 50 metros; e um raio de no mínimo 50 metros quando em áreas no entorno de nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica. Tais procedimentos estão representados nas figuras 33 e 34.



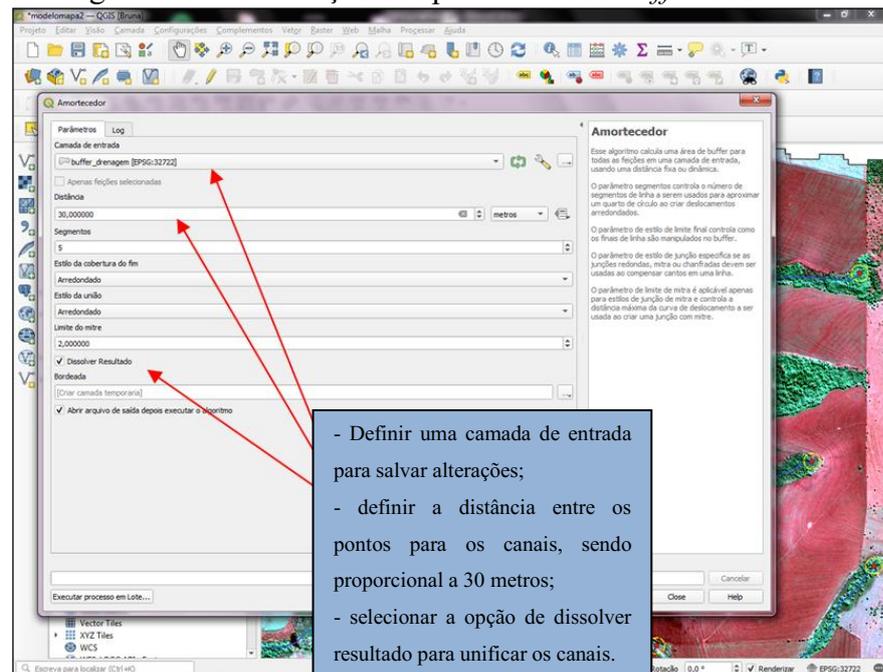
O mesmo processo utilizado para realizar o buffer das nascentes, foi definido para executar nos canais existentes na rede de drenagem, sendo através do recurso vetor que disponibiliza no geoprocessamento a função amortecedor, conforme a sequência de figuras 35, 36, 37, 38, 39 e 40.

Figura 35 - Criação do comando *buffer* nos canais



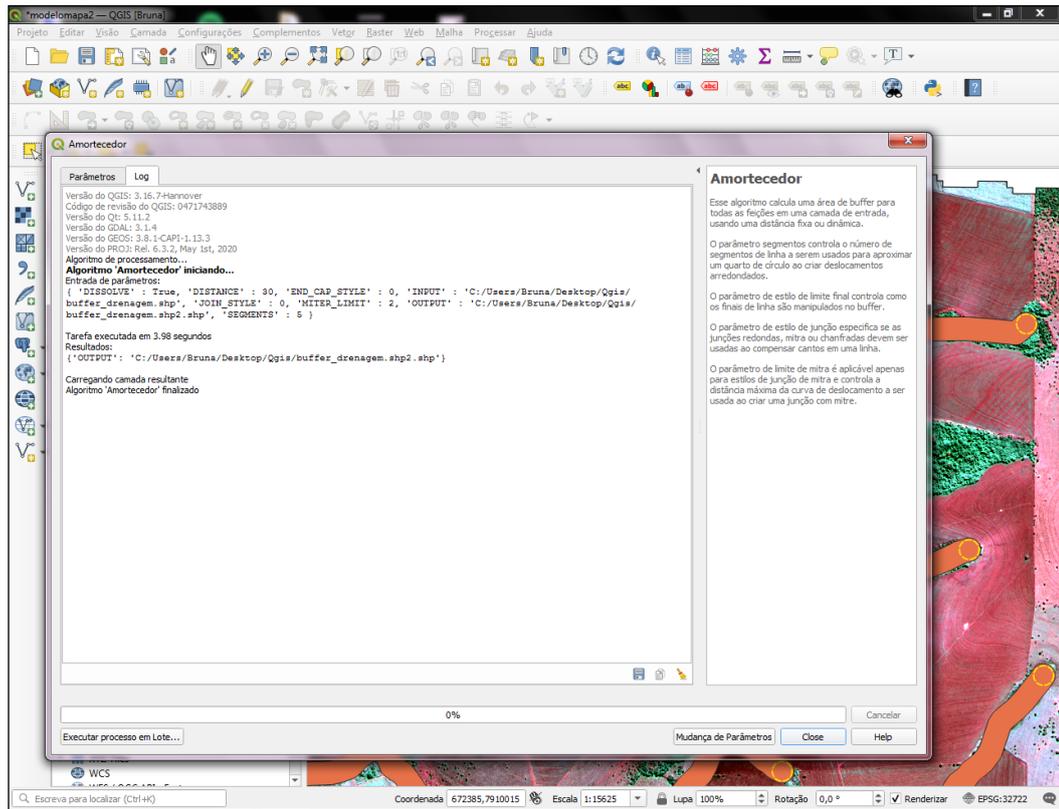
Org.: Castellan (2021)

Figura 36 - Delimitação dos parâmetros do *buffer* dos canais



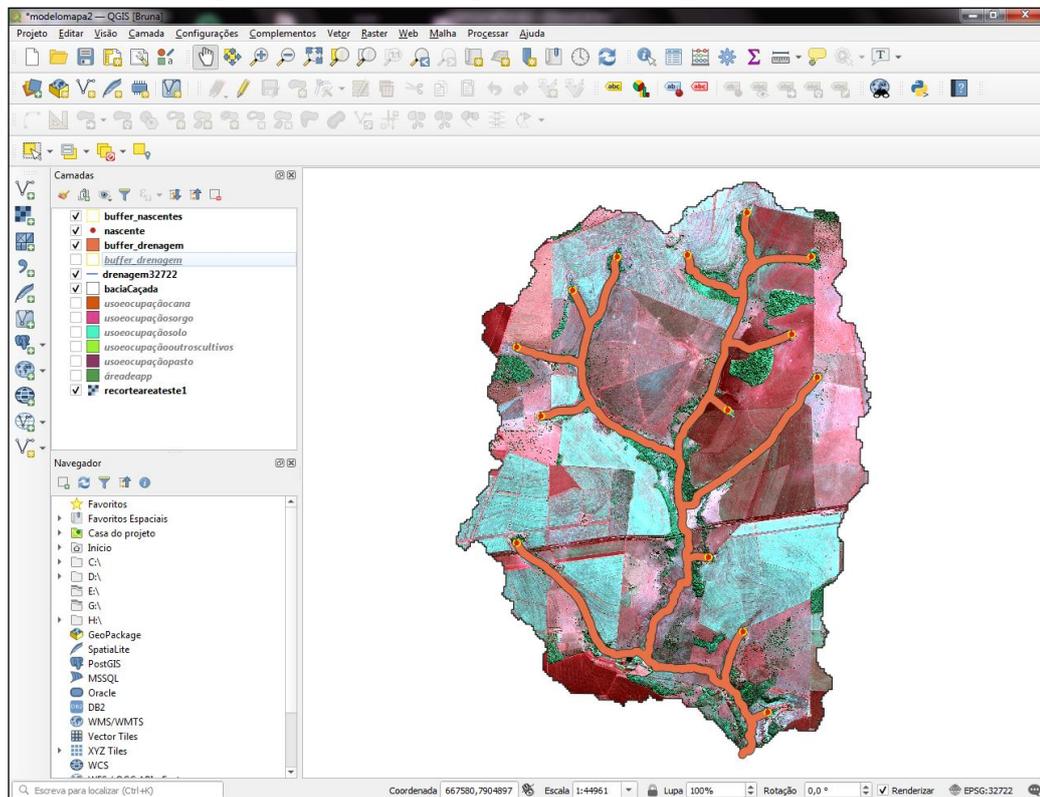
Org.: Castellan (2021)

Figura 37 - Processamento da criação do *buffer* dos canais



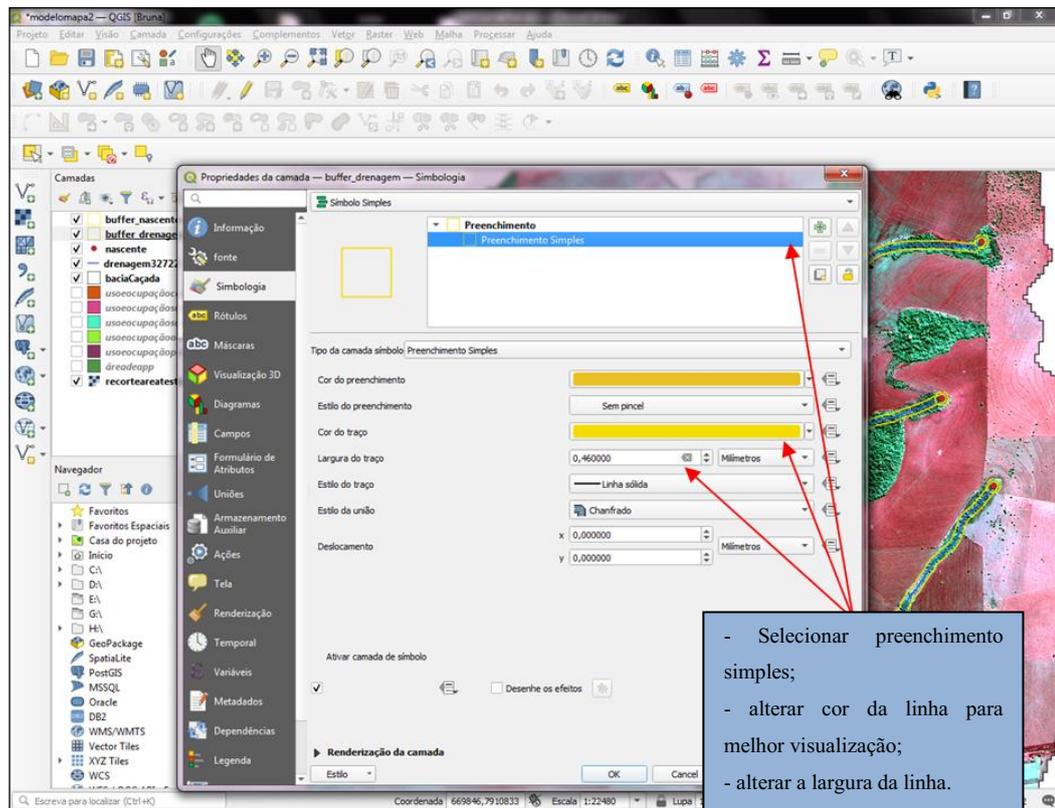
Org.: Castellan (2021)

Figura 38 - Resultado preliminar do *buffer* dos canais



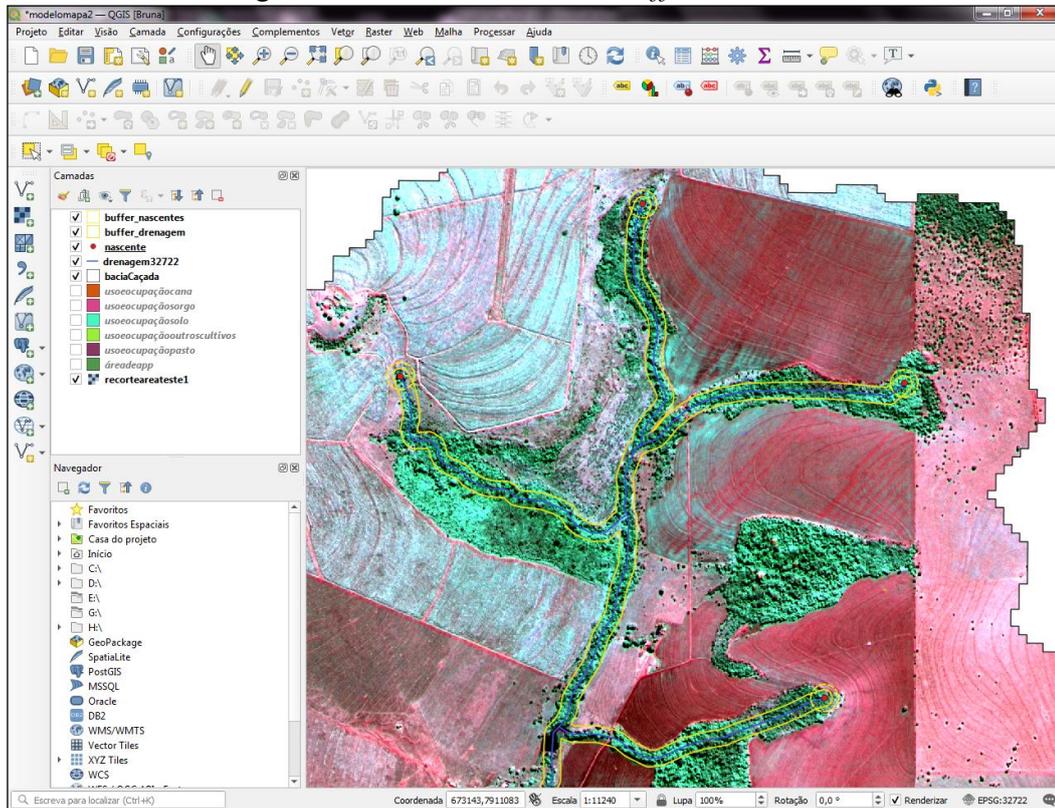
Org.: Castellan (2021)

Figura 39 - Alteração das propriedades do *buffer* dos canais



Org.: Castellan (2021)

Figura 40 - Resultado final do *buffer* dos canais



Org.: Castellan (2021)

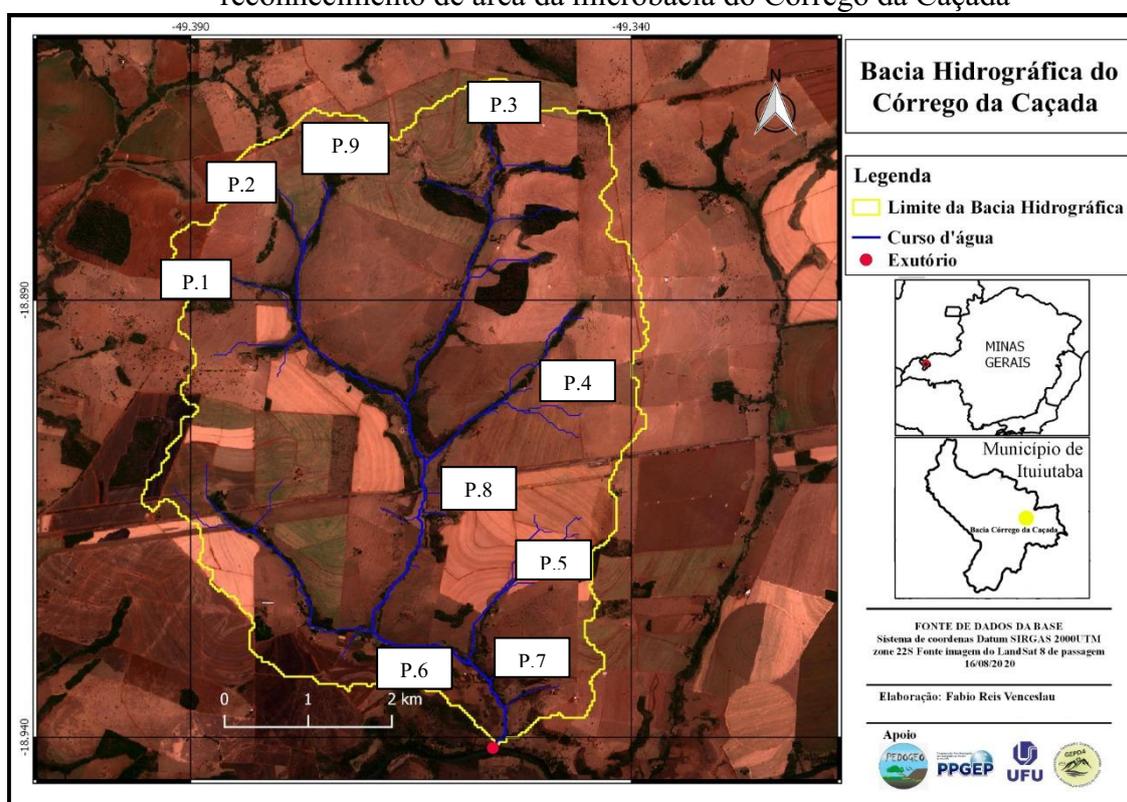
Após essa etapa de georreferenciamento, os mapas temáticos das áreas de preservação permanente, rede de drenagem e uso e ocupação do solo foram gerados e através das imagens de satélite foram averiguados e comparados com o Código Florestal Brasileiro, a fim de determinar se estão em conformidade ou não, com as normas estabelecidas. Dessa forma, com todos os dados necessários para essa investigação houve a etapa de tabulação dos dados que consistiu em analisar as imagens resultantes desses processos, a fim de averiguar o cumprimento ou não a legislação atual. Assim, por meio das informações adquiridas e vetorizadas pelo *software* foi possível traçar um diagnóstico, responsável por proporcionar uma análise detalhada da eficácia da utilização e precisão de imagens e *softwares* livres em estudos ambientais.

Por fim, foi realizada a redação da dissertação que norteada pelos objetivos propostos respondeu a todos os requisitos iniciais, assim como a problemática envolvida.

## 6. Análises dos dados obtidos

Como mencionado nos procedimentos metodológico, foram realizados dois trabalhos de campo para reconhecimento da área e comparação das informações observadas com os dados obtidos através do satélite. Assim sendo, esses campos foram realizados no dia 03/06/2021 e outro dia 11/07/2021 e os pontos de visita estão indicados na figura 41.

Figura 41 - Ituiutaba (MG): Localização dos pontos de observação do trabalho de campo para reconhecimento de área da microbacia do Córrego da Caçada



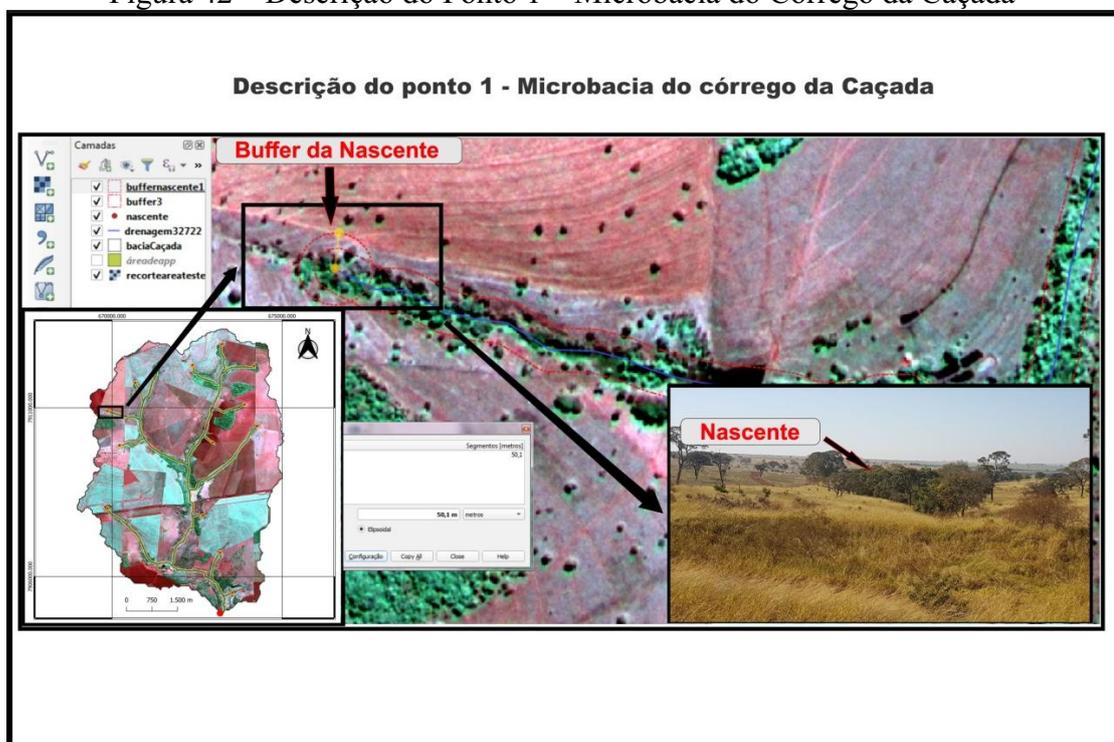
Autor: Venceslau, 2020

A seguir é detalhada a descrição de cada um dos pontos visitados e suas principais características relevantes para a composição dessa investigação. Para um melhor entendimento e visualização, foram esquematizadas imagens nas quais contém: a indicação no mapa temático dos pontos a serem detalhados; registros fotográficos dos mesmos pontos visitados em campo; as imagens disponibilizadas pelo satélite e manipuladas no *software* QGIS; o buffer dos mesmos; e por fim, a metragem delimitada pelos parâmetros estabelecidos nas normas do código florestal de 2012.

É fundamental frisar que todas as imagens utilizadas para a análise desse trabalho foram disponibilizadas pelo satélite Cbers-4a através do sensor WPM que proporciona uma resolução espacial diferenciada (mais alta), correspondente a 2 metros. Tal característica se revela crucial para a análise e definição do grau de eficácia com que essas imagens são obtidas e manipuladas para esses tipos de estudos voltados a questões ambientais.

Seguindo essa premissa, o primeiro local de análise é referido como ponto 1 e se apresenta na parte superior esquerda do mapa da microbacia do Córrego da Caçada. Sua localização está situada nas coordenadas geográficas 18°53'13.0"S, 49°23'14.7"W e pode ser visualizada através do esquema da figura 42.

Figura 42 – Descrição do Ponto 1 – Microbacia do Córrego da Caçada



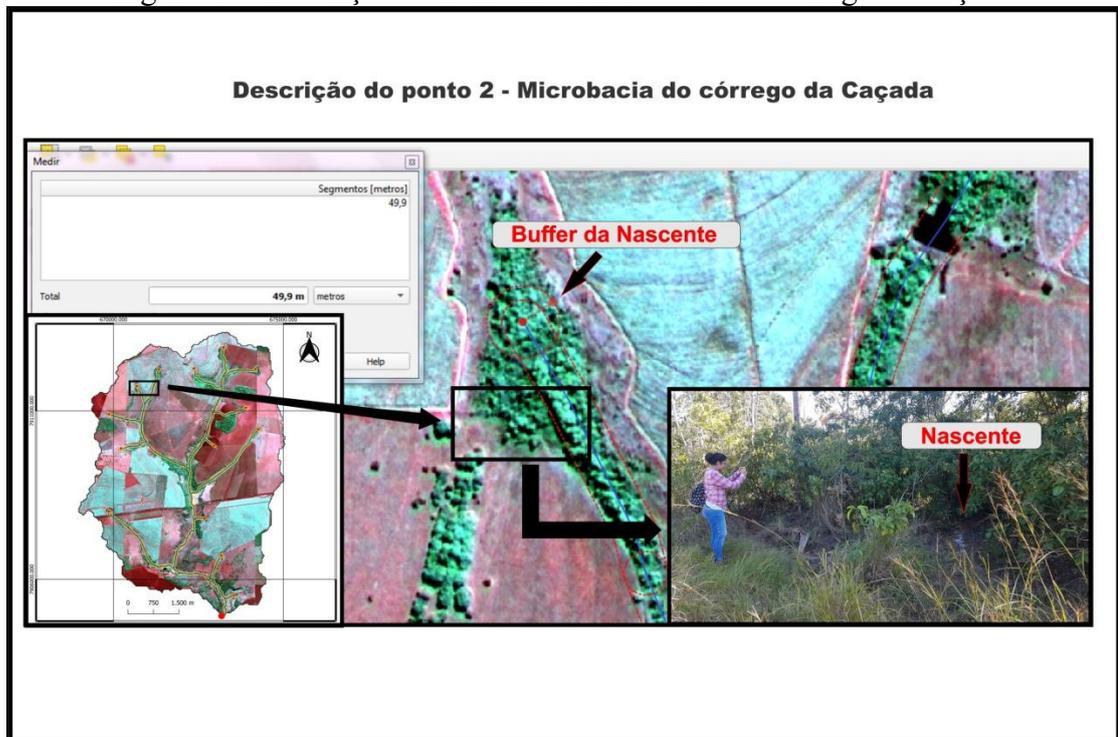
Org.: Venceslau, 2021; Castellán, 2021.

Nesse primeiro local de parada não foi possível o acesso, por não haver um local próximo viável para estacionar o veículo utilizado para a execução desse campo, visto que a única estrada de acesso era de mão única. Dessa forma, só foi possível analisar essa primeira área a uma distância de aproximadamente 200 metros, o que dificultou uma análise precisa quanto à metragem real da vegetação. Entretanto, conforme pode ser analisado pelo *buffer* do mapa, a área em questão visivelmente não segue as medidas estabelecidas pelo código Florestal Brasileiro vigente (Lei nº 12.651/2012), uma vez que sua nascente deveria possuir um raio de no mínimo 50 metros, como descrito no Art. 4, no qual Considera-se Área de

Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

A próxima área a ser visitada foi o Ponto 2 e esta se refere a uma porção ainda localizada na parte superior do mapa da microbacia, logo acima do ponto citado anteriormente, nas coordenadas geográficas 18°52'42.1"S, 49°22'46.9"W. Nesse local, diferentemente do ponto anterior houve a possibilidade de acesso à área de preservação permanente e mata ciliar, e o detalhamento da mesma é inicialmente ilustrado na figura 43.

Figura 43 - Descrição do Ponto 2 – Microbacia do Córrego da Caçada



Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

Nessa porção da microbacia foi possível aferir duas medições, uma na região próxima a nascente (conforme ilustrado na figura 43) e outra no decorrer do curso d'água.

De acordo com as imagens de satélite dessa área e com o *buffer* elaborado no *software* QGIS, pode-se afirmar que o mesmo se encontra dentro dos parâmetros. Mas para que fosse possível realmente afirmar, o trabalho de campo se tornou necessário, visto que, o mesmo detém o propósito de analisar e constatar informações previamente visualizadas nas imagens, corroborando para uma comparação do real encontrado e das imagens manipuladas no *software*.

No local, houve certa dificuldade em adentrar na vegetação ciliar para chegar ao ponto exato da nascente, por isso, a medição precisou ser realizada numa região transitável um pouco mais abaixo do esperado. No ponto escolhido para a medição foi possível observar que a nascente apresentava uma ramificação, conforme figura 44A.

Deste modo, dois pontos foram aferidos nessa extensão, sendo um na parte mais alta, localizado bem próximo a nascente (figura 44B) e outro mais abaixo, já situado ao longo do canal (figura 44C). A partir das medições em campo, com o auxílio de uma trena, foi constatado que nenhum dos dois pontos sequer chegou à marcação de 10 metros de área preservada.

Essa informação está na contramão dos dados obtidos através das imagens de satélite e também ao regimento estabelecido no código florestal de 2012, que considera área de preservação permanente: as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura, que é o caso deste canal. Além da delimitação das áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

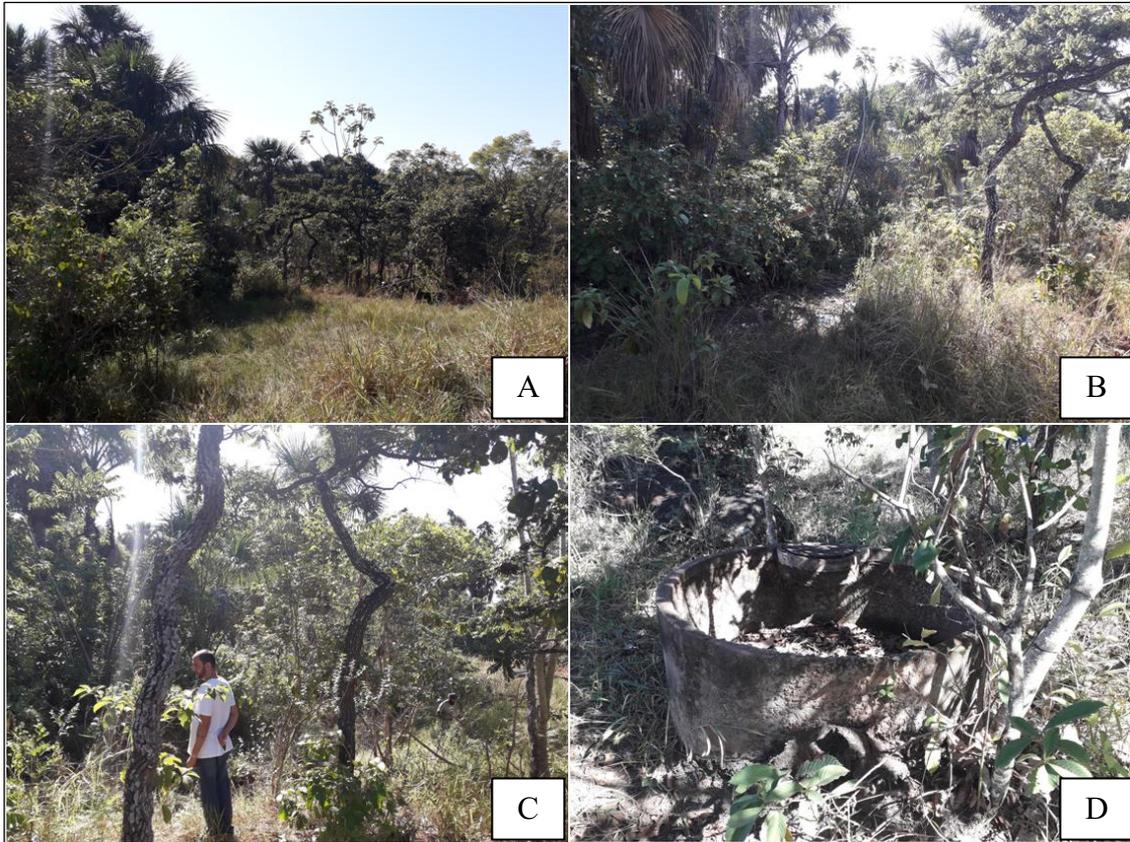
Figura 44 – Aferição da mata ciliar no ponto 2. A – Ramificação da nascente. B – Aferição do ponto mais alto, próximo a nascente. C – Aferição do ponto mais abaixo, ao longo do canal do curso d'água.



Fonte: Castellán, 2021.

Nas figuras a seguir (45 e 46) é apresentada a composição vegetacional da área de preservação permanente encontrada nesse ponto e junto a ela, a descrição e características gerais que a compõem.

Figura 45 – Composição da vegetação da mata ciliar do ponto 2. A – Vista parcial do corredor formado pela vegetação de mata ciliar. B – Estratos vegetacionais com um centro demarcado pela passagem da água da nascente. C – Vegetação típica de cerrado. D – Poço desativado encontrado no local.



Fonte: Castellán, 2021.

Como pôde ser observado na figura 45, a vegetação dessa área é composta por árvores de aparência retorcida (tortuosas), fissuradas e cascalhentas, o que provavelmente é consequência das características de um solo típico de cerrado, os quais apresentam características que revelam altas concentrações de alumínio, baixo teor de pH e baixas concentrações de macronutrientes resultando em acidez edáfica. Esses fatores influem na densidade arbórea, bem como na estrutura e distribuição espacial dos indivíduos na composição florística. Além disso, os solos que suportam o cerrado no Brasil são considerados antigos ou envelhecidos, profundos, decompostos, lixiviados e provavelmente com uma reserva mineral utilizável muito reduzida (ARENS, 1958).

Em termos fisionômicos, o Cerrado é caracterizado por vegetação tipicamente savânica, apresentando menor ocorrência de formações florestais e campestres (RIBEIRO e WALTER 1998). Entre as fitofisionômias savânicas, destaca-se o cerrado sentido restrito, que possui cobertura arbórea variando de 10 a 60% (EITEN 1979).

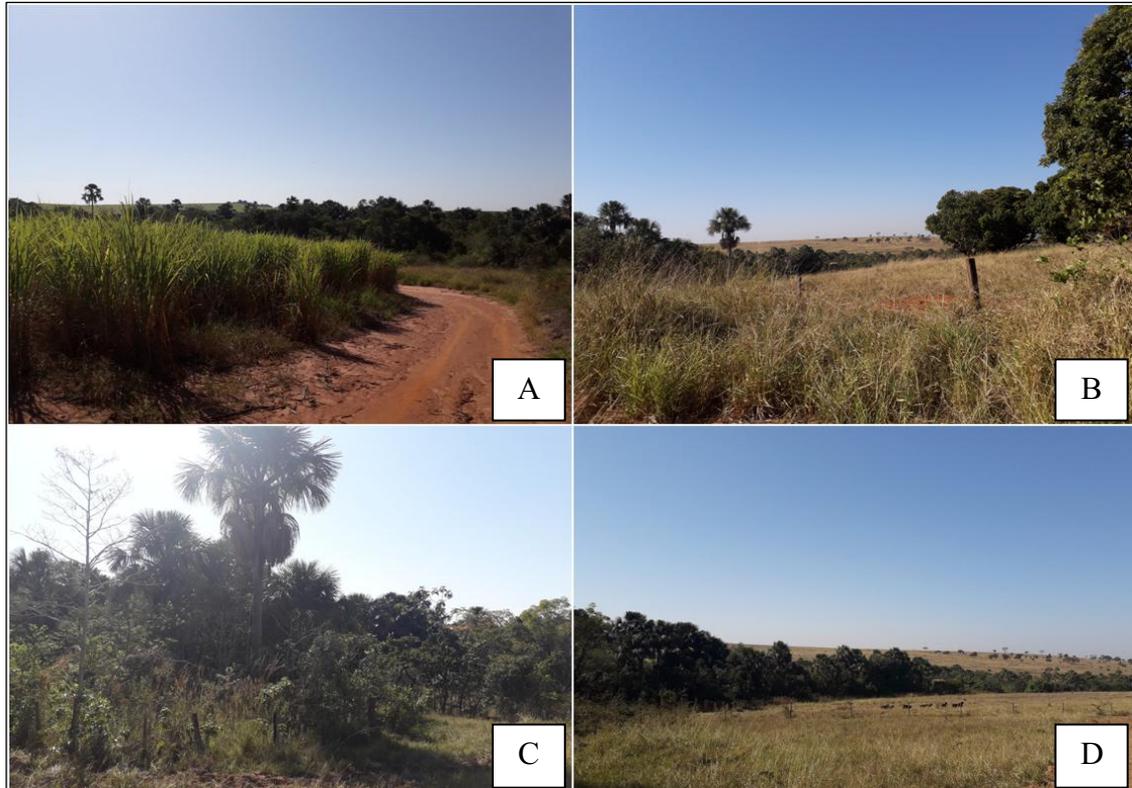
Sem uma análise criteriosa da estrutura florística é complexo e incerto afirmar qual realmente é a fitossociologia do local, entretanto é possível perceber um aspecto fisionômico de vegetação de cerrado arborizado constituído por dois estratos (arbustivo e arbóreo), além de apresentar também uma vegetação com dominância de gramíneas. É possível identificar nessa vegetação a presença de árvores do tipo buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.), classificada dentro das classes e relações do bioma cerrado, como plantas do gênero *Mauritia*, da família *Arecaceae*. Essa espécie pode ser encontrada em diferentes regiões que vão da Floresta Amazônica ao Cerrado, em vários estados brasileiros.

O Brasil se destaca por sua biodiversidade frutífera e o buriti é uma palmeira que possui capacidade de se adaptar e desenvolver em diferentes tipos de habitat, sendo considerada uma das palmeiras mais abundante no território brasileiro. Além disso, essa espécie também tem papel importante como estratégia de preservação de fauna, uma vez que seus frutos são fontes essenciais da base alimentar de várias espécies de aves e mamíferos.

Quanto à composição da paisagem, em uma observação geral, a área tem seu solo predominantemente destinado à pastagem, no qual se encontra uma pequena criação de gado. Margeando essa área de pastagem há uma estrada que divide a propriedade e uma vasta plantação de cana-de-açúcar, cultura esta que permeia praticamente toda a extensão da microbacia (figura 46).

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene, pertencente à família *Poaceae*, largamente cultivada no Brasil, devido ao sua alta vantagem na geração de diversos produtos. O município de Ituiutaba se destaca na região no desenvolvimento dessa cultura pelo setor sucroalcooleiro.

Figura 46 - Vista da área de preservação permanente do ponto 2. A – Vista da margem externa da área de preservação permanente B – Delimitação da estrada com a propriedade da área de preservação. C – Vista parcial da composição da vegetação de mata ciliar. D - Corredor de vegetação formado pela mata ciliar.



Fonte: Castellan, 2021.

Durante o percurso até a próxima área, estipulada como ponto 3, foi identificada a presença de uma espécie de ave terrestre típica de paisagens do Cerrado, a Seriema (figura 47), de nome científico *Cariama cristata* pertencente a família *Cariamidae*.

Essa espécie pode atingir até 90 cm de comprimento, não apresenta dimorfismo sexual e possui uma plumagem cinza-amarelada, patas e bico avermelhados e abdômen mais claro que o dorso. Suas principais características são suas pernas alongadas que lhe proporcionam agilidade e permitem que as mesmas percorram através da vegetação; e também sua peculiar sonorização, uma das características marcantes do Cerrado, consideradas como uma atração para o ecoturismo.

A seriema é uma ave que possui hábitos alimentares preferencialmente carnívoros, mas que também podem se apresentar como onívoras. Esta não é uma espécie em risco de extinção, mas como todas as espécies existentes, podem oscilar em números de acordo com que seu habitat sofre alterações.

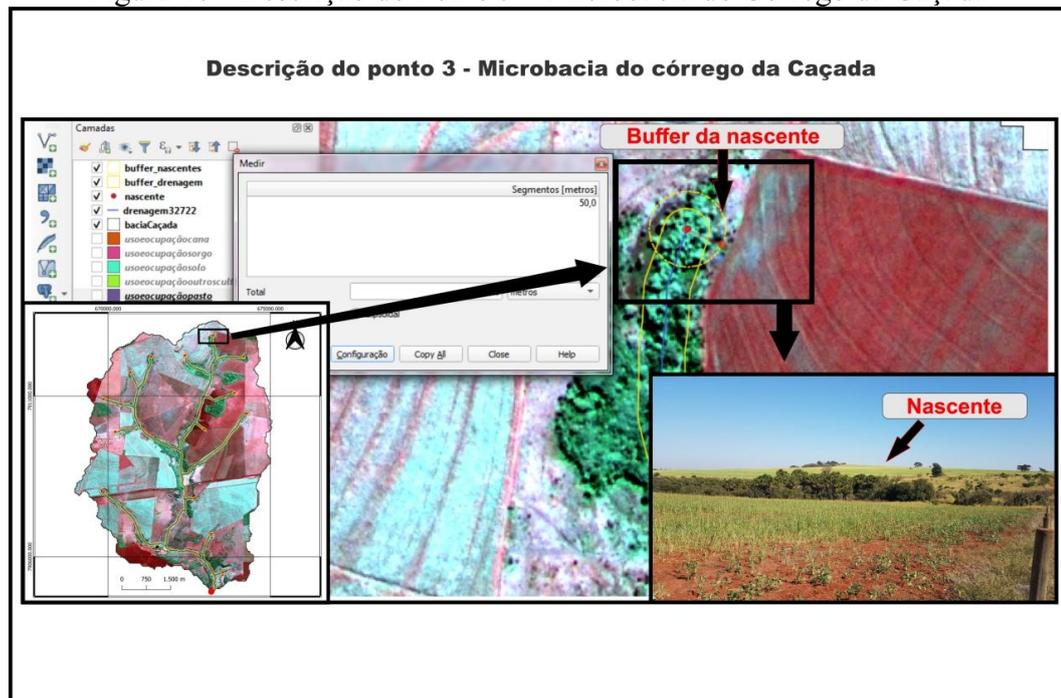
Figura 47 - Seriema - ave terrestre típica de Cerrado.



Fonte: Castellan, 2021.

O próximo ponto visitado se localiza na parte superior direita do mapa da microbacia, lado oposto aos outros pontos descritos até aqui, nas coordenadas geográficas  $18^{\circ}52'06.7''S$ ,  $49^{\circ}21'18.5''W$ . Conforme pode ser visto no esquema da figura 48, foi possível o acesso a uma parte próxima a nascente, bem como em duas porções da extensão de seu canal.

Figura 48 - Descrição do Ponto 3 – Microbacia do Córrego da Caçada



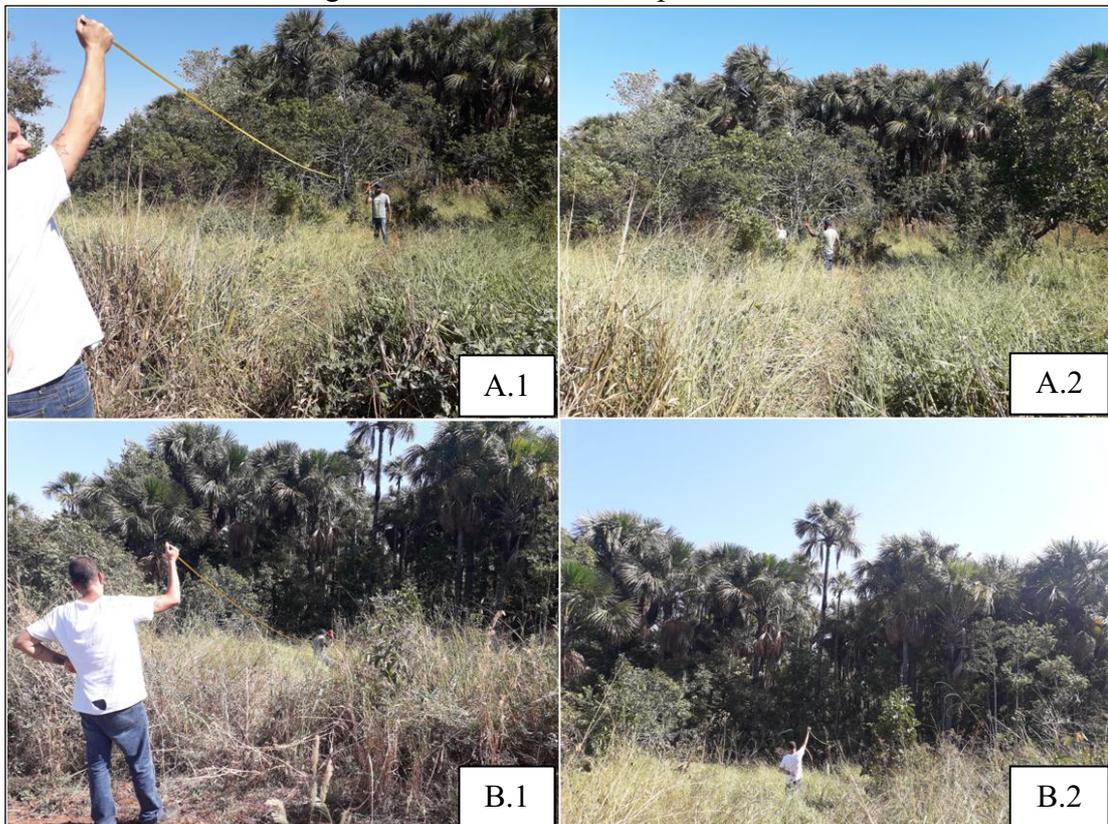
Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

Mais uma vez, a zona da nascente se revelou inacessível, dificultando a comparação dos valores reais com os resultados obtidos através do *software* QGIS. Entretanto, foi perceptível no campo que não há o cumprimento dos 50 metros de raio de mata ciliar preservada previsto em norma.

Através do *buffer* realizado pelo *software* QGIS na nascente, observa-se que a metragem se enquadra nas normas devido à concentração de massa verde na imagem, porém, ao analisar criteriosamente, percebe-se que na verdade as laterais são atribuídas às sombras das copas das árvores componentes da mata ciliar. Logo, ao comparar as observações do real e as imagens do satélite percebe-se uma coerência das informações obtidas.

Para a medição da mata ciliar existente ao longo do curso d'água foi utilizada uma trena de 10 metros. Devido ao limite de metragem da trena (10m), foi necessário que em cada um dos pontos definidos houvesse a marcação de dois transectos. Tais aferições podem ser visualizadas na figura 49, no qual a letra A se refere à parte superior do curso d'água e a letra B a parte inferior.

Figura 49 - Aferição da mata ciliar no ponto 3. A.1 – Transecto 1 da parte superior do curso d'água. A.2 – Transecto 2 da parte superior. B.1 - Transecto 1 da parte inferior do curso d'água. B.2 - Transecto 1 da parte inferior.



Fonte: Castellán, 2021.

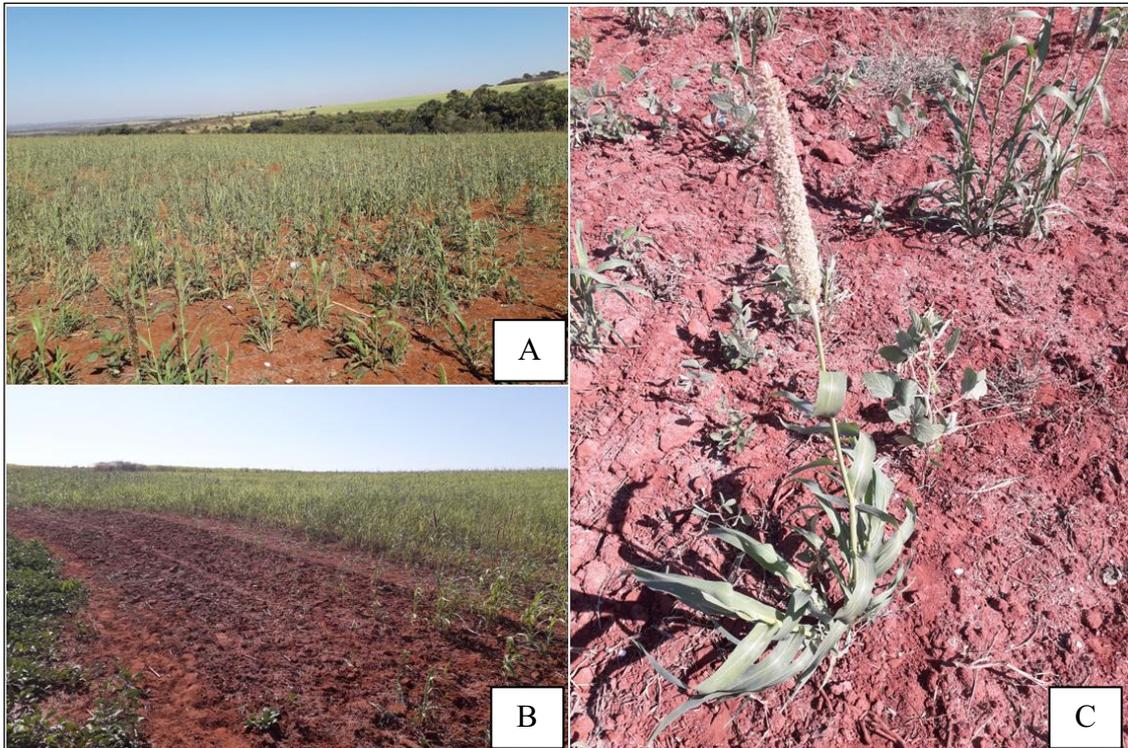
As medições realizadas ao longo do curso d'água mostraram que a parte superior dispõe de uma área de preservação dentro dos parâmetros, ou seja, respeita a norma dos 30 metros para cursos d'água de até 10 metros de largura. Todavia, é necessário salientar que a área de preservação é respeitada sem nenhum tipo de cultivo ou uso do solo, mas, não há presença de mata ciliar nativa situada em toda a extensão dos 30 metros.

Tais informações só puderam ser constatadas em campo, uma vez que, por meio das imagens manipuladas do satélite não foi possível uma distinção exata desse tipo de destino do solo. Não há uma precisão, um detalhamento minucioso o suficiente da área preservada, capaz de distinguir o limite da vegetação nativa do mato.

Já a parte inferior localizada no mesmo curso não apresenta o cumprimento à lei, expressando um valor de 23 metros.

Diferentemente da maioria das áreas dessa microbacia, que são voltadas ao plantio de cana de açúcar e pastagem, essa porção é destinada ao cultivo de sorgo, *Sorghum bicolor* spp bicolor (L.) Moench, uma espécie de planta com flor pertencente à família Poaceae, conhecida anteriormente como gramíneas. Na figura 50 é ilustrada a plantação destinada ao sorgo presente na área.

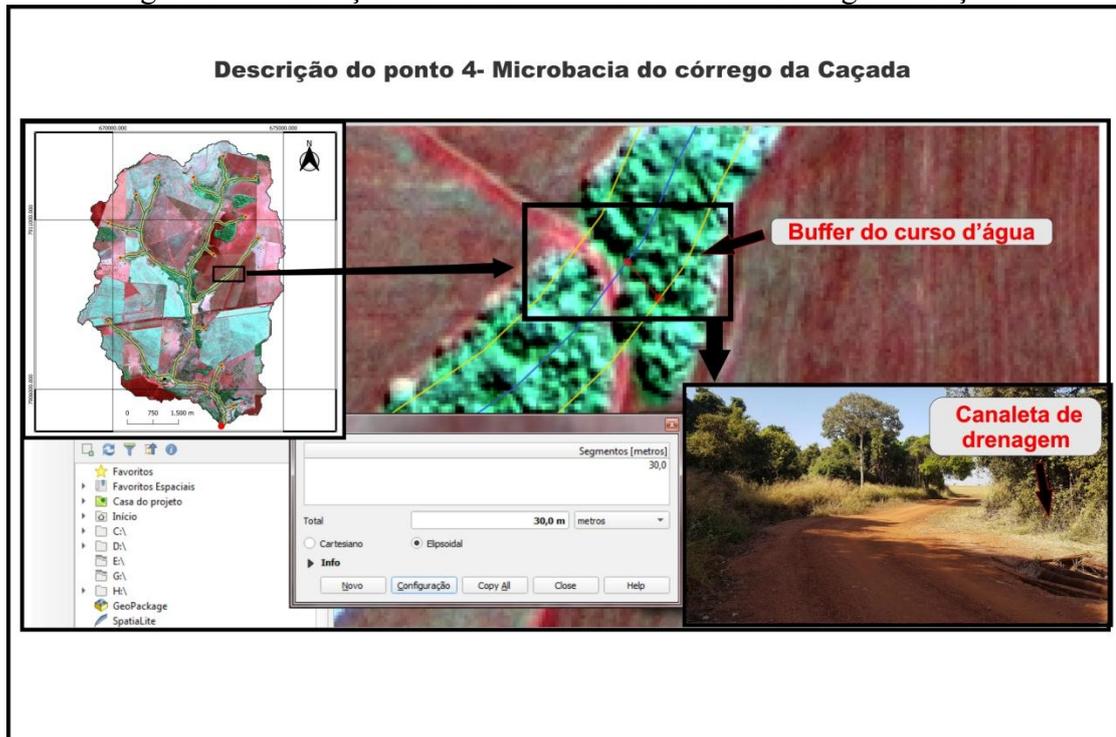
Figura 50 - Plantação de sorgo no ponto 3. A - Vista de cima da plantação de sorgo até a mata ciliar. B – Vista de baixo da plantação de sorgo para toda sua extensão. C – Sorgo.



Fonte: Castellán, 2021.

A área seguinte é situada próxima ao centro do mapa da microbacia e possui a maior extensão de curso desde sua nascente até o canal principal. Sua localização está nas coordenadas geográficas 18°53'58.0"S, 49°21'06.4"W e a seguir é ilustrado (figura 51) o esquema e descrição deste ponto.

Figura 51 - Descrição do Ponto 4 – Microbacia do Córrego da Caçada

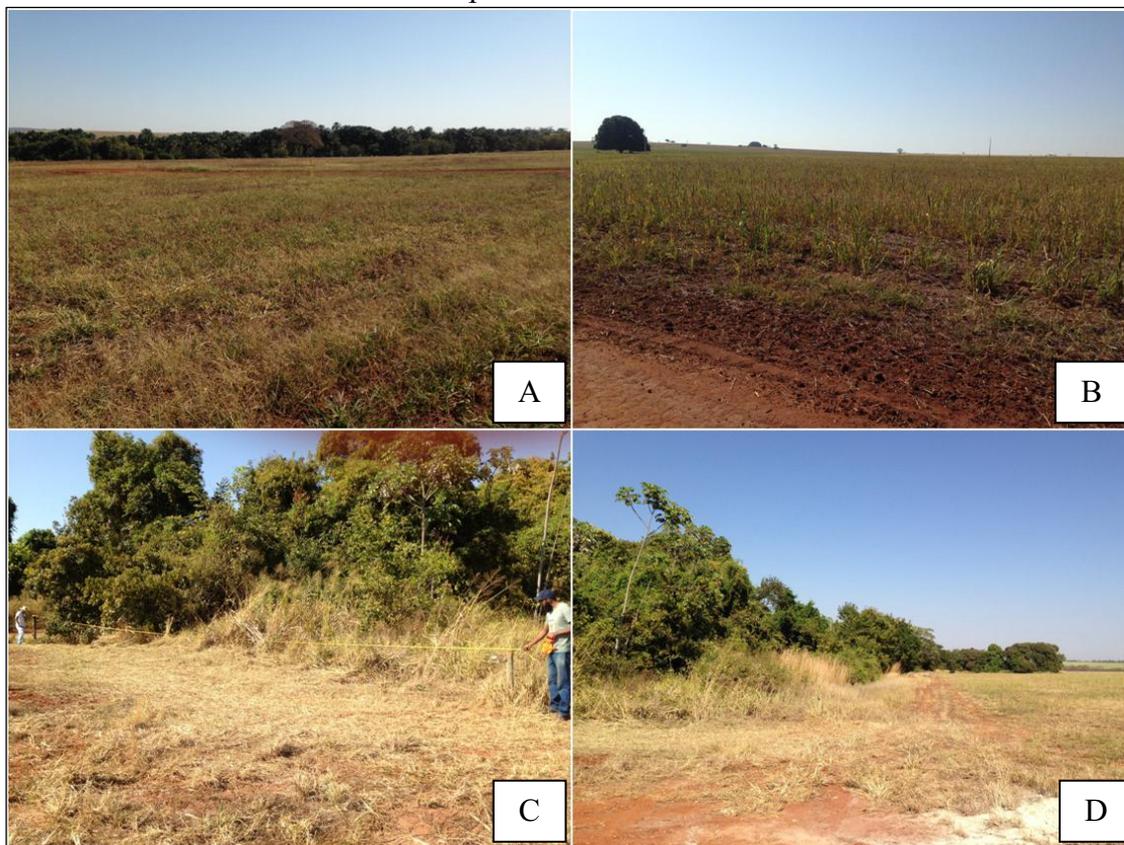


Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

Para o acesso ao curso d'água e a nascente deste ponto, foi necessário percorrer por dentro de uma propriedade que tem seu uso e ocupação do solo destinado ao cultivo de sorgo.

Na porção esquerda da área é perceptível que o solo passa por um momento de entressafra, visto que há uma cobertura da superfície majoritariamente formada por braquiárias, mas com a presença de alguns sorgos remanescentes (figura 52A). Esse tipo alteração de cultivos geralmente tem como objetivo a cobertura do solo e a ciclagem de nutrientes. Já na porção direita da área, há um extenso trecho utilizado para o cultivo de sorgo (figura 52B).

Figura 52 – Paisagem e aferição do ponto 4. A – Vista da lateral esquerda da propriedade, solo ocupado por braquiárias. B – Vista da lateral direita da propriedade, solo destinado ao cultivo de sorgo. C – Medição da mata ciliar do ponto 4. D – Corredor formado pela mata ciliar.



Fonte: Castellán, 2021.

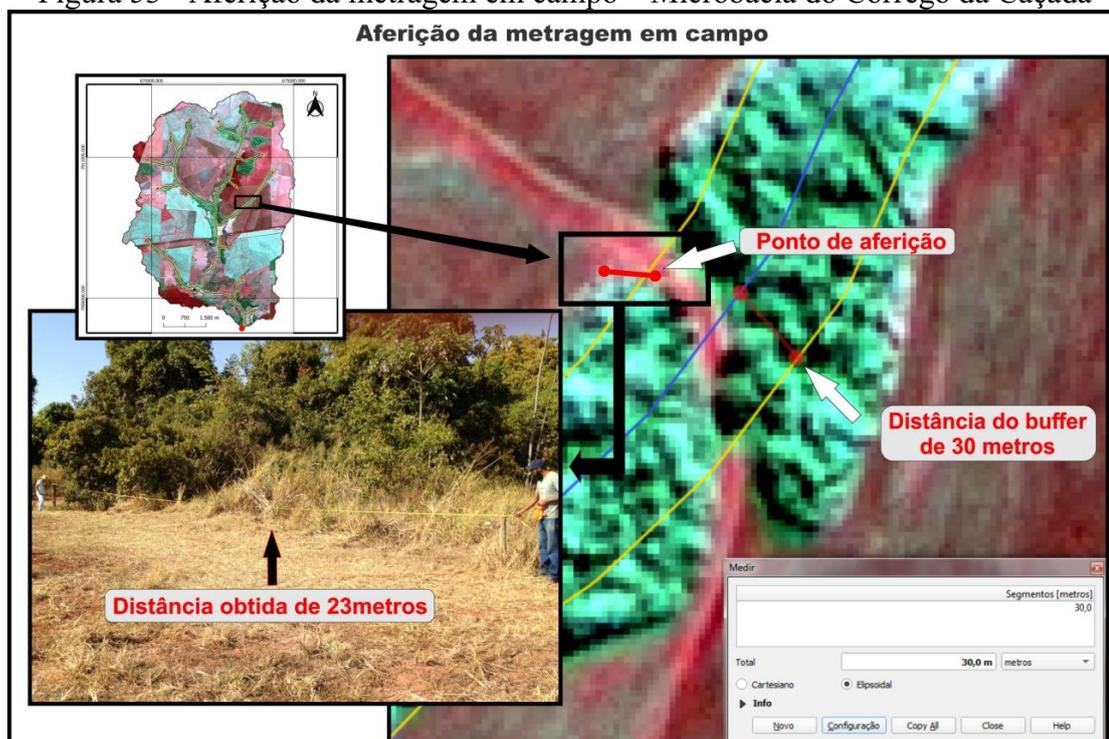
Nesse ponto da microbacia foi possível constatar que não há a existência de um curso d'água na área de preservação permanente, entretanto, há indícios na vegetação de que se trate de um curso d'água efêmero, ou seja, que só aparece quando ocorre chuva intensa.

Quanto à área de preservação permanente da propriedade, foi observado que a mesma se encontra restringida por uma cerca eletrificada, o que impossibilitou o acesso a zona da mata ciliar.

Contudo, mesmo com a restrição por conta da cerca, foi possível medir a área da mata ciliar pela parte externa, obtendo-se uma metragem de 23 metros. Essa área de preservação permanente se destaca das demais por apresentar um curso d'água do tipo efêmero. Logo, de acordo com o Código florestal brasileiro (Lei nº 12.651/2012) as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluindo os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, devem seguir os parâmetros de mata ciliar preservada dentro da metragem estipulada.

Mas independentemente do tipo de canal, uma vez que presente no local, a aferição foi realizada e comparada com os resultados alcançados através do *buffer*. Assim, foi possível constatar através da sobreposição da medida do ponto de aferição com a distância gerada pelo *buffer*, que a borda da mata ciliar está dentro dos parâmetros (figura 53).

Figura 53 - Aferição da metragem em campo – Microbacia do Córrego da Caçada

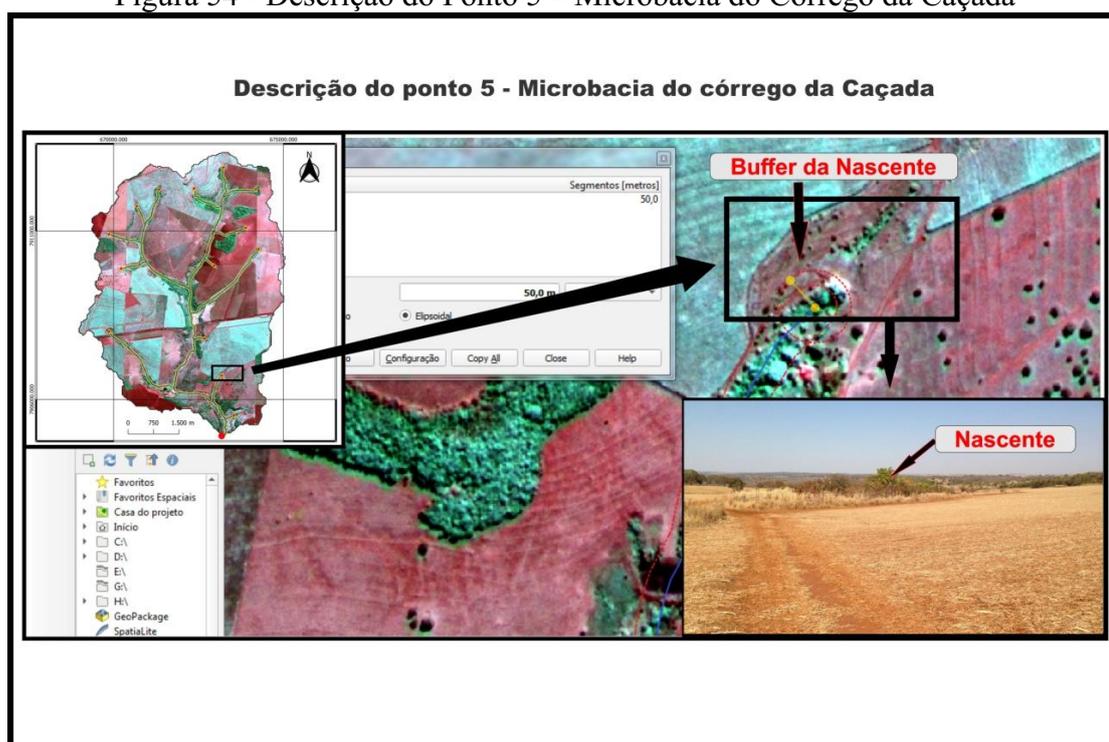


Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

A parada seguinte é referente ao ponto descrito como 5, localizado na porção inferior do mapa da microbacia, nas coordenadas  $18^{\circ}55'21.5''S$ ,  $49^{\circ}21'14.4''W$ , abaixo da rodovia BR-365 que a transpassa.

Na figura 54 a seguir, é demonstrado o esquema da área, no qual é apresentado nitidamente uma falta de cumprimento às exigências impostas quanto a áreas preservadas e suas matas ciliares em sua região de nascente. Por se tratar de uma propriedade privada, com residência a vista, não foi possível o acesso a nascente, bem como o curso d'água para aferição e comprovação de informações previamente visualizadas no *software*.

Figura 54 - Descrição do Ponto 5 – Microbacia do Córrego da Caçada



Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

Mesmo se tratando de uma análise superficial, por conta da distância até a área da nascente, foi observado em campo, assim como no *buffer* uma desobediência quanto às normas impostas, considerando o raio mínimo de 50 (cinquenta) metros para a nascente e 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura.

Apesar do contratempo quanto à aferição da mata ciliar, nessa área pôde ser observada uma vasta produção de cana de açúcar, no qual toda a extensão do solo da propriedade é reservada para esse tipo de cultivo. No período de visita ao campo, toda a produção de cana já havia sido colheita, revelando um solo exposto, conforme pode ser observado por meio das imagens componentes da figura 55.

Na figura 55 é possível verificar uma área de recarga, ou seja, uma área onde a água pluvial recarrega o nível freático, logo, é o ponto culminante das fontes pluviais para reabastecimento do nível freático. Nesse mesmo local, foi possível detectar uma criação composta por no máximo 12 aves da espécie Ema (*Rhea americana*), uma ave sul-americana do grupo das ratitas, da ordem Rheiforme, família Rheidae.

Figura 55 – Paisagem do ponto 5 - Vista da área de recarga.



Fonte: Castellán, 2021.

Na sequência, foi realizada a visita a uma das áreas mais conhecidas dessa microbacia, denominada de Cachoeira do Córrego da Caçada, ou comumente conhecida como Cachoeira da Venda Amarela. Essa cachoeira se localiza a aproximadamente 15 km de distância da cidade de Ituiutaba.

Para a chegada à cachoeira, é necessário o acesso pela rodovia BR-365 sentido Uberlândia, até o ponto do local de um restaurante chamado “venda amarela” (figura 56). Exatamente nesse ponto há uma entrada a direita com um trecho de estrada de terra que leva até a cachoeira. Com o passar do tempo, este restaurante se tornou o ponto principal de referência para a queda d’água, fazendo com que a mesma ficasse popularmente conhecida como Cachoeira da Venda Amarela. Devido a isso, apresentam um exuberante vista do local tornando-o referência no ecoturismo regional.

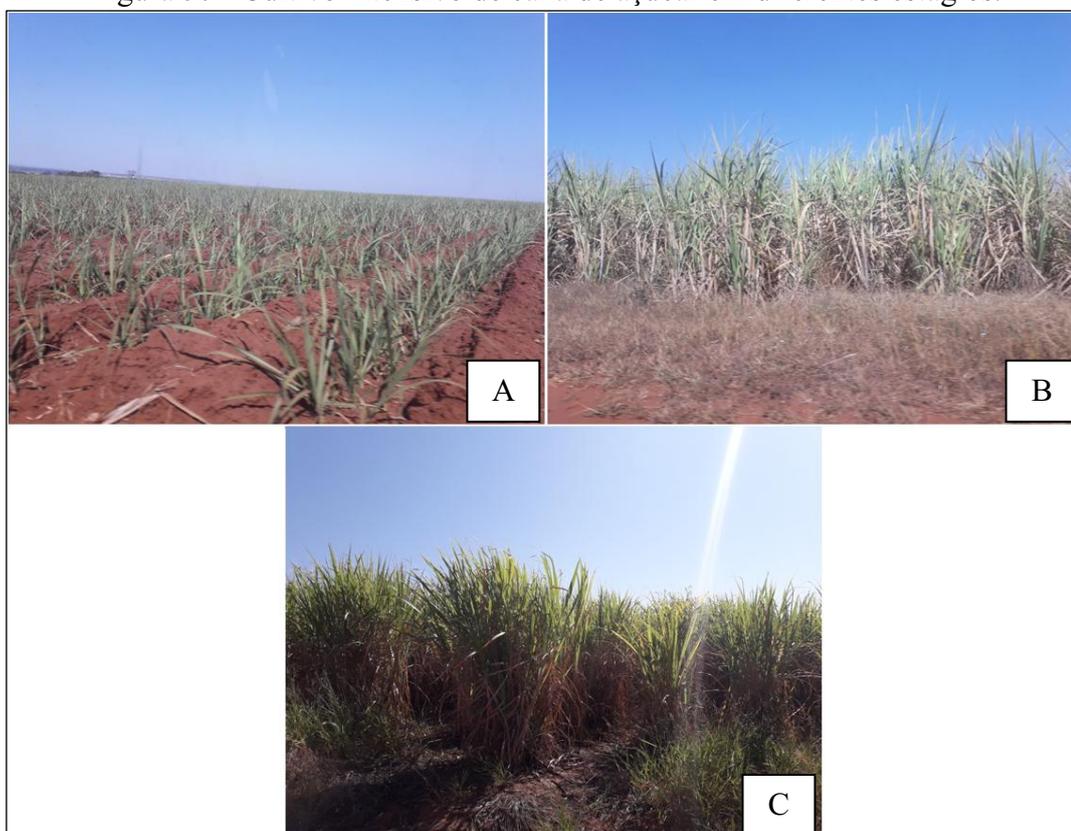
Figura 56 - Restaurante Venda amarela.



Fonte: Castellán, 2021.

Durante todo o percurso da estrada de terra até o ponto da cachoeira, pode-se afirmar que o solo majoritariamente é ocupado pela presença do cultivo de cana de açúcar, em diferentes estágios (figura 57).

Figura 57 - Cultivo intensivo de cana de açúcar em diferentes estágios.

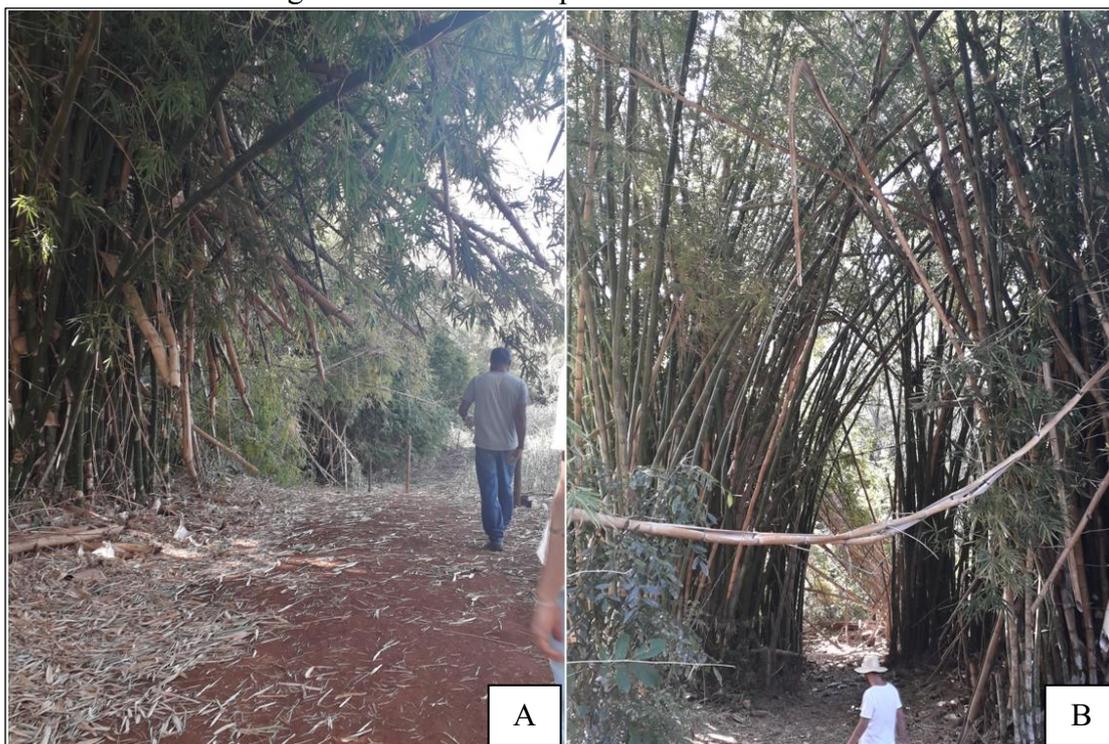


Fonte: Castellán, 2021.

A Cachoeira em si, está situada porção mais baixa do mapa da microbacia, na propriedade privada Fazenda Três Irmãos. Logo na entrada do local há uma placa, fixada na cerca com o aviso de cobrança para o acesso a queda d'água. Para banhistas e admiradores da natureza é cobrada uma taxa simbólica de R\$5,00 por pessoa/o dia e para ensaios fotográficos é cobrada uma taxa de R\$30,00. O caminho até a queda d'água é percorrido pelo meio da fazenda, até uma parte mais baixa cercada por um bambuzal (figura 58).

Nas áreas designadas como cerrado e cerradão é habitual deparar-se com um cenário de adensamentos naturais de bambu da espécie *Actinocladum verticillatum*. Essa espécie apresenta características que a permitem se adaptar e sobreviver nesse bioma, como a presença de rizomas cobertos por duras escamas protetoras contra o dessecamento e o fogo, capazes de promover a reprodução vegetativa e garantir a produção de novos caules aéreos mesmo após a ocorrência de episódios de queimadas (SODERSTROM, 1981).

Figura 58 - Bambuzal que circunda a cachoeira



Fonte: Castellan, 2021.

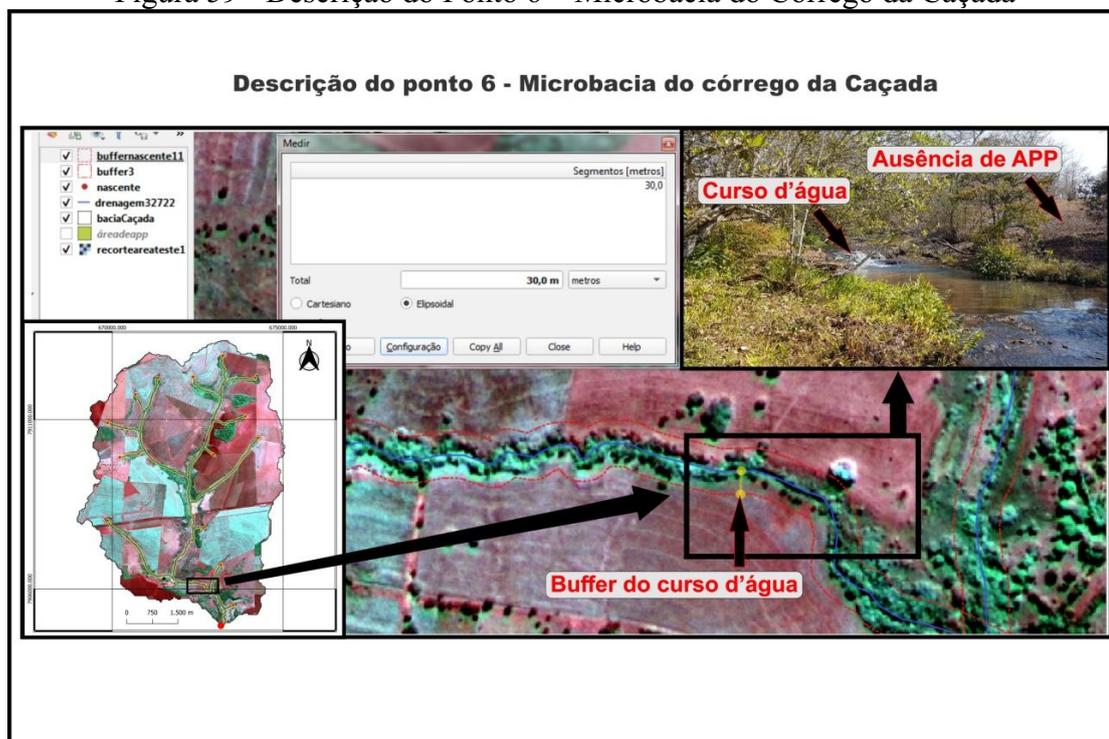
A cachoeira, assim como o seu corpo d'água apresentam uma largura de 3 a 5 metros no máximo de largura e sua queda possui aproximadamente 15 metros de altura.

Segundo Christofletti (1980), de uma maneira mais totalizante, as quedas d'água são porções ou pontos do curso fluvial onde as águas tendem a cair de forma vertical transpondo a

rocha do leito, o que frequentemente é resultado de um degrau ou uma falha, no perfil longitudinal do mesmo.

Por se tratar de um curso d'água de fácil acesso, foi possível percorrer uma boa parte de sua extensão, no qual dois pontos foram estipulados para aferição. O primeiro ponto na parte superior (figura 59), que apresenta um encontro de dois cursos de nascentes diferentes, localizada nas coordenadas geográficas 18°55'55.1"S, 49°21'28.0"W e outro ponto na própria cachoeira (figura 60).

Figura 59 - Descrição do Ponto 6 – Microbacia do Córrego da Caçada

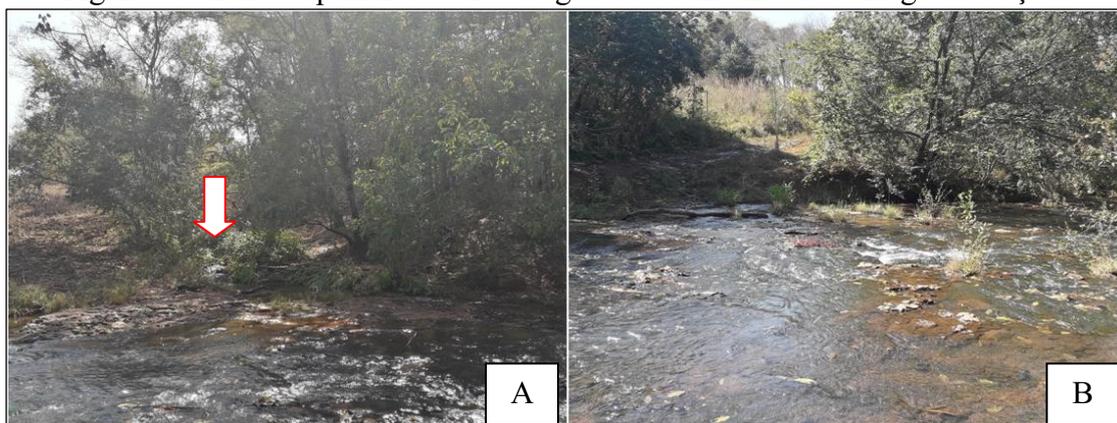


Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

Como pode ser percebido através dos dados obtidos pelo *buffer*, não há uma congruência com as legislações ambientais vigentes, e esse fato pôde ser comprovado em campo. O registro fotográfico capturado e utilizado no esquema da figura 68 expressa exatamente essa ausência de mata ciliar presente no curso d'água, que por lei deveria apresentar faixas marginais desde a borda da calha do leito regular, uma largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura.

Seguindo essa premissa, a figura 60A exibe outro curso d'água que converge no mesmo ponto com o canal principal e a 60B mostra o curso d'água sob outro ângulo evidenciando mais uma vez sua escassa e espaçada vegetação ciliar.

Figura 60 - Parte superior do curso d'água da Cachoeira do Córrego da Caçada



Fonte: Castellán, 2021.

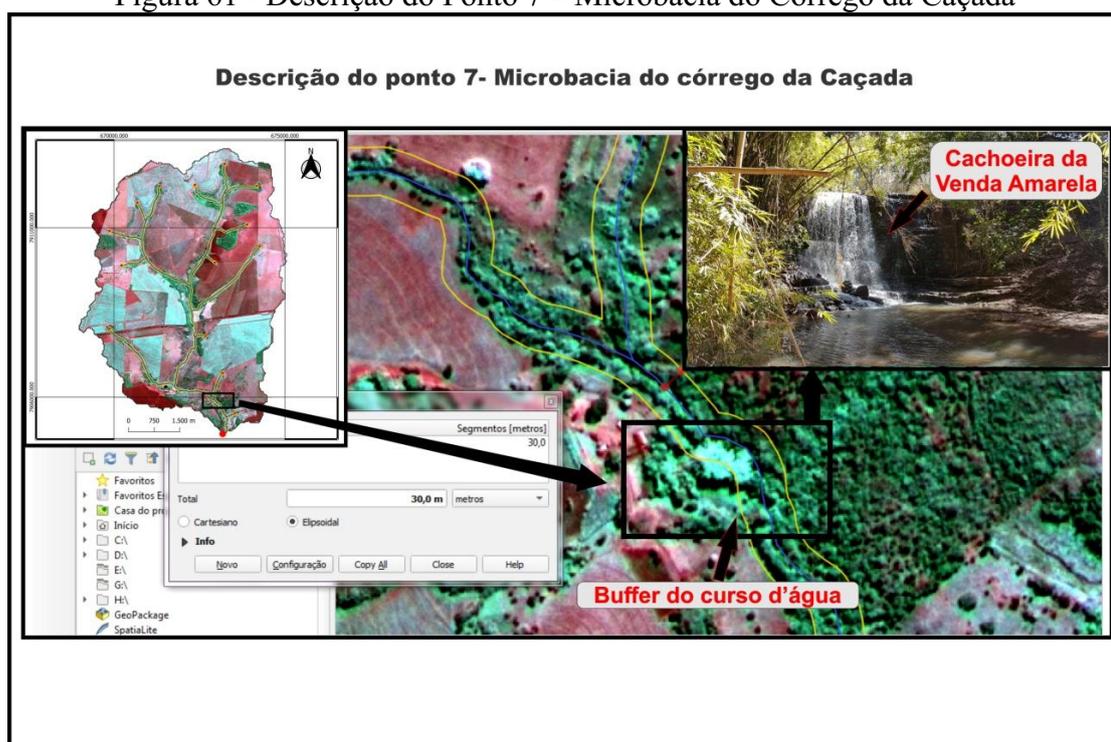
A vegetação encontrada nesse local é esparsa e composta por uma formação natural ou antropizada que se caracteriza pela fisionomia de dois estratos, sendo eles o arbustivo-arbóreo e o estrato graminóide.

Poucos metros abaixo dessa área representada pela figura 61 se dá a queda d'água formada por esse canal, localizada nas coordenadas 18°55'59.0"S, 49°21'24.3"W.

As imagens captadas e manipuladas para o *buffer* dessa área demonstram dentro da vegetação um sombreado mais claro que é referente ao bambuzal, localizado às margens da Cachoeira. Embora tenha sido possível adentrar nesse ponto, não foi possibilitado à passagem para a margem do outro lado do curso d'água, impossibilitando assim, a aferição da presença de mata ciliar.

Embora não haja dados substanciais da visita ao campo desse ponto quanto a sua composição vegetal, por meio do *buffer* e sua ampla área verde (figura 61), pode-se afirmar que o mesmo encontra-se dentro dos parâmetros.

Figura 61 - Descrição do Ponto 7 – Microbacia do Córrego da Caçada



Org: Venceslau, 2021; Castellan, 2021.

A figura 62A exibe de forma ampliada a cachoeira do Córrego da Caçada, a 62B é referente a uma parte logo abaixo da queda d'água, na qual é perceptível uma barreira no curso d'água feita por fragmentos do próprio local. Já na figura 62C é a área resultante dessa interferência do canal.

Figura 62 - Cachoeira da venda amarela



Fonte: Castellán, 2021.

Na rodovia que corta a microbacia do Córrego da Caçada ao meio, encontra-se mais um ponto, referenciado como 8, que se destaca dos demais por suas características fitossociológicas e fisionômicas. Diferentemente das demais localidades, esta apresenta remanescentes de Mata Atlântica, sendo uma transição entre Cerrado e Mata Atlântica.

Os processos de ocupação e exploração do Cerrado em vários estados brasileiros, assim como esse deixaram a cobertura vegetal primitiva reduzida a pequenos remanescentes, comprometendo a integridade da fauna e flora presentes no bioma (KLINK e MACHADO, 2005).

Na figura 63A fica evidente a estrutura da vegetação bem diferente da encontrada no Cerrado até então predominante na microbacia. A vegetação dessa porção é composta por um estrato arbóreo, configurada por uma vegetação mais fechada, com árvores acima de 10 metros.

Este local situa-se na ponte sobre o Córrego da Caçada (figura 63) nas coordenadas geográficas 18°54'41.3"S, 49°21'48.5"W.

Figura 63 – Ponte sobre o Córrego da Caçada no ponto 8. A – Vista da área do ponto 8. B - Vegetação componente do local. C Placa indicando a ponte sobre o Córrego. D – Área de transição na vegetação.

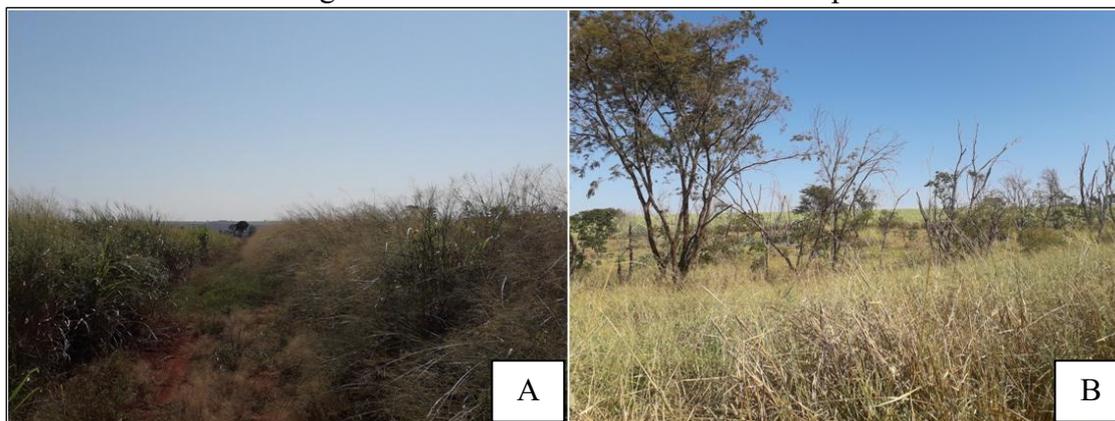


Fonte: Castellan, 2021.

Na tentativa de permear por todas as nascentes existentes na microbacia, o ponto 9 localizado na parte superior esquerda do mapa da microbacia, se revelou inacessível ao nível

de não ser possível identificar ao menos a presença de qualquer indício de mata ciliar, uma vez que todos os supostos acessos são barrados por pasto e cultivo de cana de açúcar. A localização mais próxima possível de ser adentrada foi marcada na coordenada 18°52'20.2"S, 49°22'21.3"W. Dessa forma, a figura 64 demonstra o suposto caminho para a nascente do ponto 9.

Figura 64 - Fotos da estrada de acesso do ponto 9



Fonte: Castellán, 2021.

Analisando os dados obtidos através das imagens do Satélite Cbers-4a e dos registros fotográficos capturados em campo foi possível perceber uma intensa degradação do bioma Cerrado, seja pela agricultura canavieira (cultura mais representativa em toda a microbacia), pela pecuária extensiva, ou até mesmo pelo uso do solo destinado a culturas de subsistência.

Foi possível averiguar ao longo da microbacia do Córrego da Caçada e de seus tributários, a presença de fragmentos da vegetação nativa representada pelos bosques de Cerrado e pelas matas ciliares, e diante disso, foi necessário a verificação quanto a conformidade da extensão das áreas compreendidas por essa vegetação.

### 6.1. Interpretação dos mapas temáticos

Os recursos biológicos há tempos, passam por um processo contínuo de perda que são reflexo das prioridades e necessidades dos seres humanos. As ações antrópicas com a finalidade de expansão agrícola, pecuária e econômica de forma geral, acarretam em uma demanda e extração de recursos naturais, superior do que a capacidade biológica que esses ambientes possuem de se regenerar. Dessa forma, nota-se uma transição do ecossistema

natural para um ambiente modificado e conseqüentemente desequilibrado por razões das ocupações antrópicas.

Essa transição da composição vegetal nativa para outros tipos de destinos de uso e ocupação do solo causam impactos que interferem na estabilidade do ecossistema como um todo, visto que, as matas ciliares são habitat de inúmeras espécies da fauna e flora. Além disso, essas modificações influenciam diretamente na qualidade e quantidade dos recursos hídricos, alterando assim toda a dinâmica componente das áreas de preservação permanente.

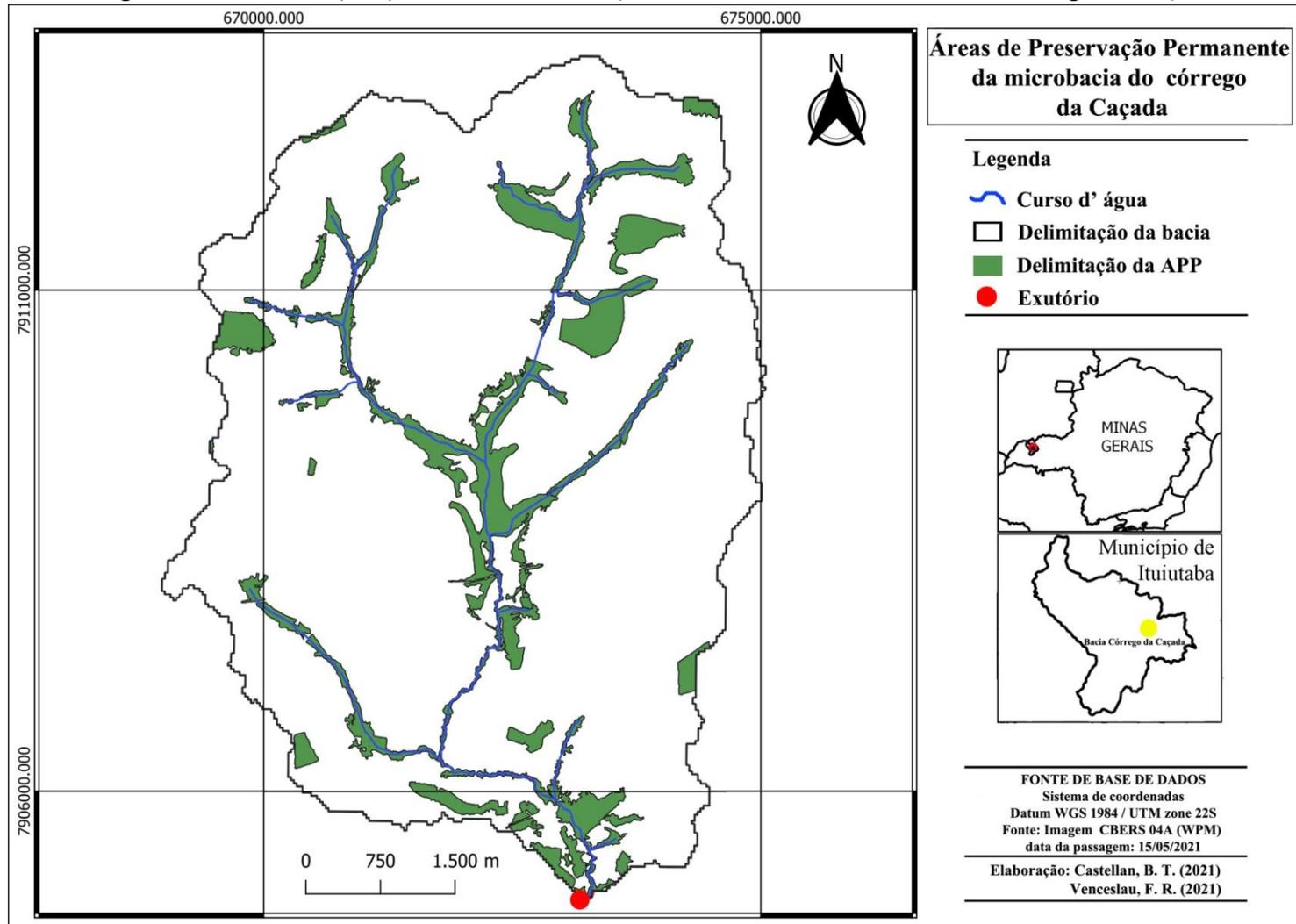
Essas áreas de preservação permanente são, como mencionado ao longo desse trabalho, áreas legalmente delimitadas e protegidas por leis e normas, todavia, como foi perceptível também através dessa investigação, a maioria de sua extensão sofre com interferências humanas, ocasionando uma alteração da paisagem.

Assim, por meio das investigações dessa pesquisa foi possível constatar mediante o mapa temático produzido através do *software* QGIs (figura 65) e pelas observações em campo, que há uma supressão da mata ciliar em praticamente todas as áreas de nascente, em vários trechos nos entornos dos rios e em outros locais que deveriam apresentar mata preservada na microbacia do Córrego da Caçada. Nessa perspectiva, nota-se uma retirada da vegetação remanescente presente as bordas dos corpos d'água caracterizando degradação/crime ambiental previsto por lei no Código Florestal Brasileiro de 2012.

Em certos pontos visitados durante o campo, foi observado que em determinadas áreas destinadas à delimitação de preservação permanente, apresentavam uma consonância quanto ao limite a ser respeitado, entretanto, foi averiguado que não há o acatamento quanto à mensuração prevista na legislação para mata nativa presente.

Com essas informações fica evidente a ausência de um instrumento fiscalizador e regulador eficaz para esses fins ambientais no território brasileiro. Contudo, uma alternativa para essa verificação quanto à compatibilidade com as normas, é a utilização desse tipo de geotecnologias que disponibilizam imagens orbitais e *softwares* capacitados como ferramenta de análise e tomada de decisões. Uma vez que o usuário tenha a facilidade de acompanhar remotamente determinada área, torna-se mais eficiente o monitoramento, gestão e conservação das áreas consideradas prioritárias de preservação, além de proporcionar seu uso como objeto auxiliador para órgãos públicos.

Figura 65 - Ituiutaba (MG): Áreas de Preservação Permanente da Microbacia do Córrego da Caçada



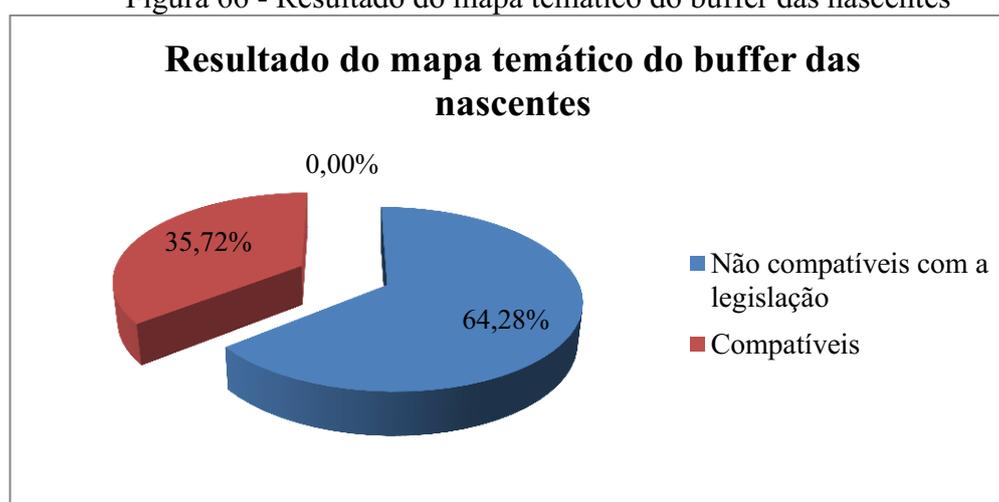
Org.: Castellan, 2021; Venceslau, 2021

Tendo como base as áreas de preservação permanente e os canais existentes na microbacia hidrográfica do Córrego da Caçada, foi possível através de ferramentas disponíveis no *software* QGIS, traçar a função *buffer* capaz de delimitar a área mínima a ser preservada segundo o Código Florestal Brasileiro, possibilitando conseqüentemente uma análise dos possíveis conflitos do uso do solo.

Como visto na figura anterior, é perceptível, em mais da metade dos pontos e lugares visitados, a discrepância quanto ao cumprimento às normas brasileiras, impostas as áreas de preservação permanente. Com isso, através do mapa temático oriundo da distância de medidas, que é conhecido como uma das técnicas do geoprocessamento foi possível confirmar o que o mapa das áreas verde de preservação já indicava preliminarmente.

Com o resultado desse mapa temático elaborado através de ferramentas disponibilizadas pelo software QGIS, foi possível averiguar e indicar que das 14 nascentes pertencentes a essa microbacia, apenas 4 estão dentro dos limites estabelecidos, enquanto as 9 restantes apresentam divergências quanto a sua metragem. Ou seja, mais de 60% (figura 66) das nascentes não apresentam compatibilidade com as delimitações de preservação, que estabelece um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros para áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, independente de qualquer que seja sua situação topográfica, como também pode ser visualizado na figura 76.

Figura 66 - Resultado do mapa temático do buffer das nascentes



Org.: Castellan, 2021.

Quanto à delimitação dos canais ao longo da microbacia, é possível afirmar que a porção superior do mapa temático apresenta uma conformidade maior que a inferior, quanto às leis vigentes. Mesmo que a parte superior do mapa seja mais representativa é necessário

ressaltar que ainda assim, em vários trechos não há o respeito das medidas mínimas para esse tipo de corpos d'água.

Através desse mapa que consta o *buffer* é perceptível que nos canais d'água localizados na parte inferior, próximos à rodovia que corta a microbacia, a delimitação traçada (que corresponde às normas estipuladas pelo Código Florestal Brasileiro) contém parâmetros de medidas que excedem a real presença da vegetação ciliar. Em outras palavras, a mata ciliar presente nesses locais corresponde a valores muito menores do que o traçado, deixando a impressão no mapa, de que não há a existência de uma vegetação nesses locais, uma vez que a linha amarela sobressai à área verde demarcada pela vegetação.

Em determinados pontos, a metragem que deveria ser de no mínimo 30 metros para curso d'água de até 10 metros, apresentam valores que não chegam nem a 20 metros e essa situação na porção inferior só piora ao levar em consideração o valor mínimo aferido de 15 metros.

Além das informações quanto à aferição da vegetação e sua compatibilidade com os critérios especificados no Código Florestal Brasileiro, por meio desse mapa têm-se a possibilidade de examinar o tipo de uso e ocupação do solo levando em consideração a interpretação dos aspectos espectrais exibidos.

Para a interpretação visual da imagem, o usuário primeiramente precisa passar pela fase de identificação (ou foto-identificação), no qual faz uma leitura da imagem e somente depois disso, é possível a interpretação (ou fotointerpretação), onde o usuário correlaciona os elementos da imagem para criar suas próprias interpretações.

Uma das formas mais utilizadas e recomendadas para se organizar as informações e auxiliar na interpretação das feições existentes em uma imagem é a chave de interpretação. Com o auxílio dessa chave é possível realizar uma análise visual dos elementos na imagem através da tonalidade, cor, textura, forma, padrão e outros aspectos. Assim, esse recurso se manifesta como ferramenta essencial para determinar certos tipos de categorias temáticas presentes na imagem, como vegetação, cultura, pastagem, solo exposto e corpo d'água (ROSA, 2009).

Dessa forma, os principais parâmetros considerados na interpretação desse mapa foram interpretação visual em campo, cor, textura, forma.

Dentro dos parâmetros espectrais há uma diferença quanto ao tipo de vegetação, tendo sua textura e tonalidade definida principalmente pela presença de clorofila nas folhas e concentração do dossel.

As diferentes apresentações de superfícies vegetais, suas condições de crescimento e ciclos fenológicos, interferem diretamente na variação da reflectância das diferentes bandas espectrais. Isso se deve a particularidade de tempo de ciclo de cada espécie de planta, os quais podem ser identificados com as assinaturas temporais das reflectâncias obtidas através de satélites. Quando a reflectância das folhas é baixa na região do visível, é devido à absorção da radiação solar pelos pigmentos, quando a reflectância é alta na região do infravermelho próximo deve-se ao espalhamento da radiação no interior das folhas em função da estrutura celular. Logo, o comportamento espectral das folhas está diretamente ligado ao seu processo de absorção, sua composição química e estrutura interna (SHIMABUKURO et al., 1998).

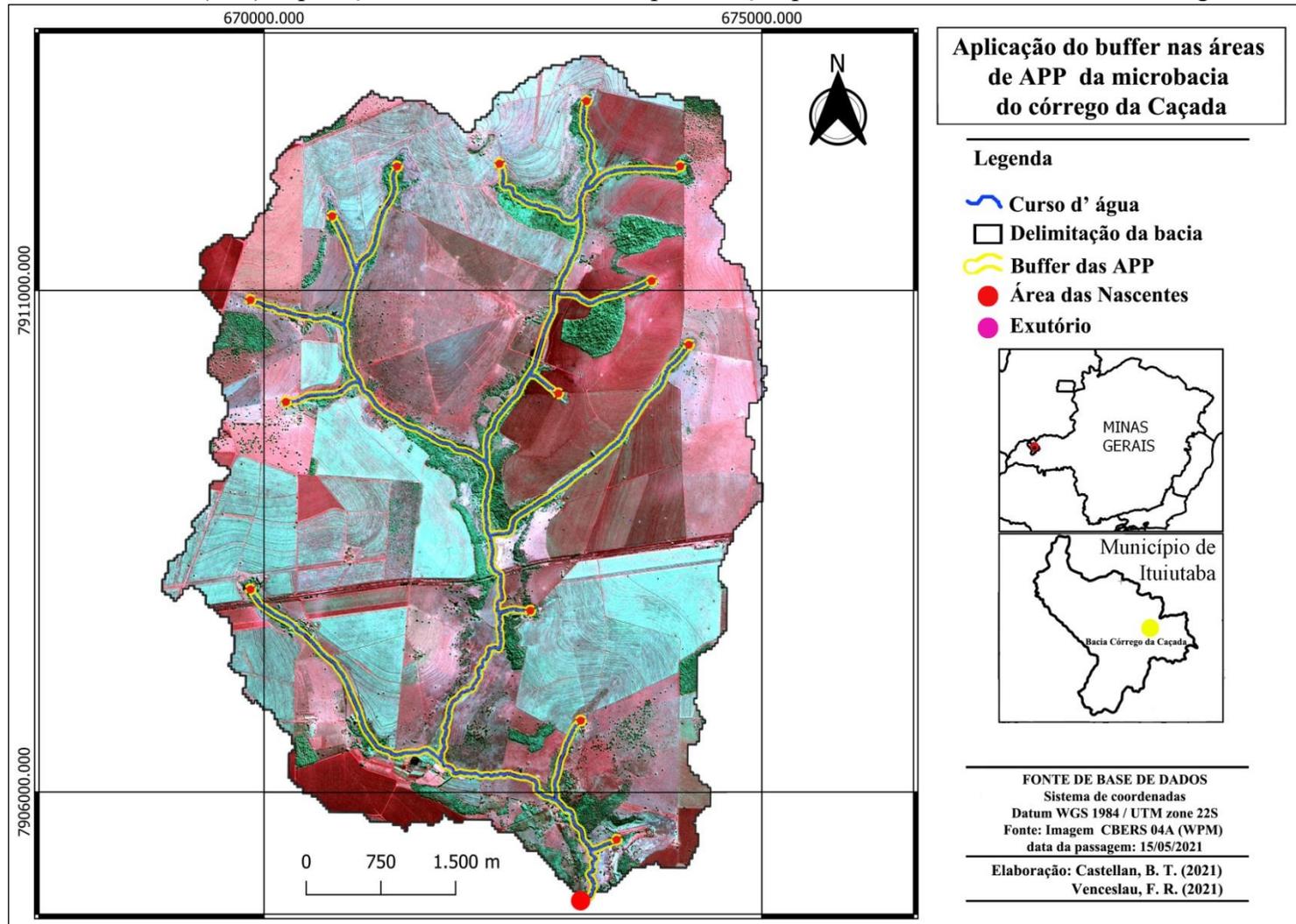
Com isso, sem o estudo detalhado dessas características básicas, torna-se mais trabalhoso e complicado a distinção de certos tipos de comunidades vegetais, uma vez que, a tonalidade do verde pode sofrer uma variação quase imperceptível. Entretanto, é notória a diferença quanto às tonalidades de verde ao comparar a reflectância quando diz respeito à formação vegetal componente de dossel e quando destinada a gramínea ou algum tipo de plantação, como por exemplo, cana de açúcar.

Isso pode ser observado no mapa da figura 67, aonde as áreas verdes de tons mais escuros e de textura rugosa são destinadas a vegetação presente nas áreas de preservação permanente, enquanto os verdes de tons saturados, textura lisa e presença de formas geométricas são referentes ao solo antropizado, caracterizado pelo cultivo de cana de açúcar.

A forma geométrica também pode se expressar na presença de estradas e caminhos, além de outras áreas destinadas a outros tipos de culturas agrícolas e florestais, sendo que nesse caso, há uma mudança no padrão de cor e textura.

As áreas antropizadas, onde o solo tem forte influência na resposta, se revela na cor magenta, pouco saturada ou bem claras, com pouca contribuição da cor verde, e textura média ou fina (PEREIRA JR., 1992).

Figura 67 - Ituiutaba (MG): Aplicação do buffer nas áreas de preservação permanente na Microbacia do Córrego da Caçada.



Org.: Castellán 2021; Venceslau, 2021

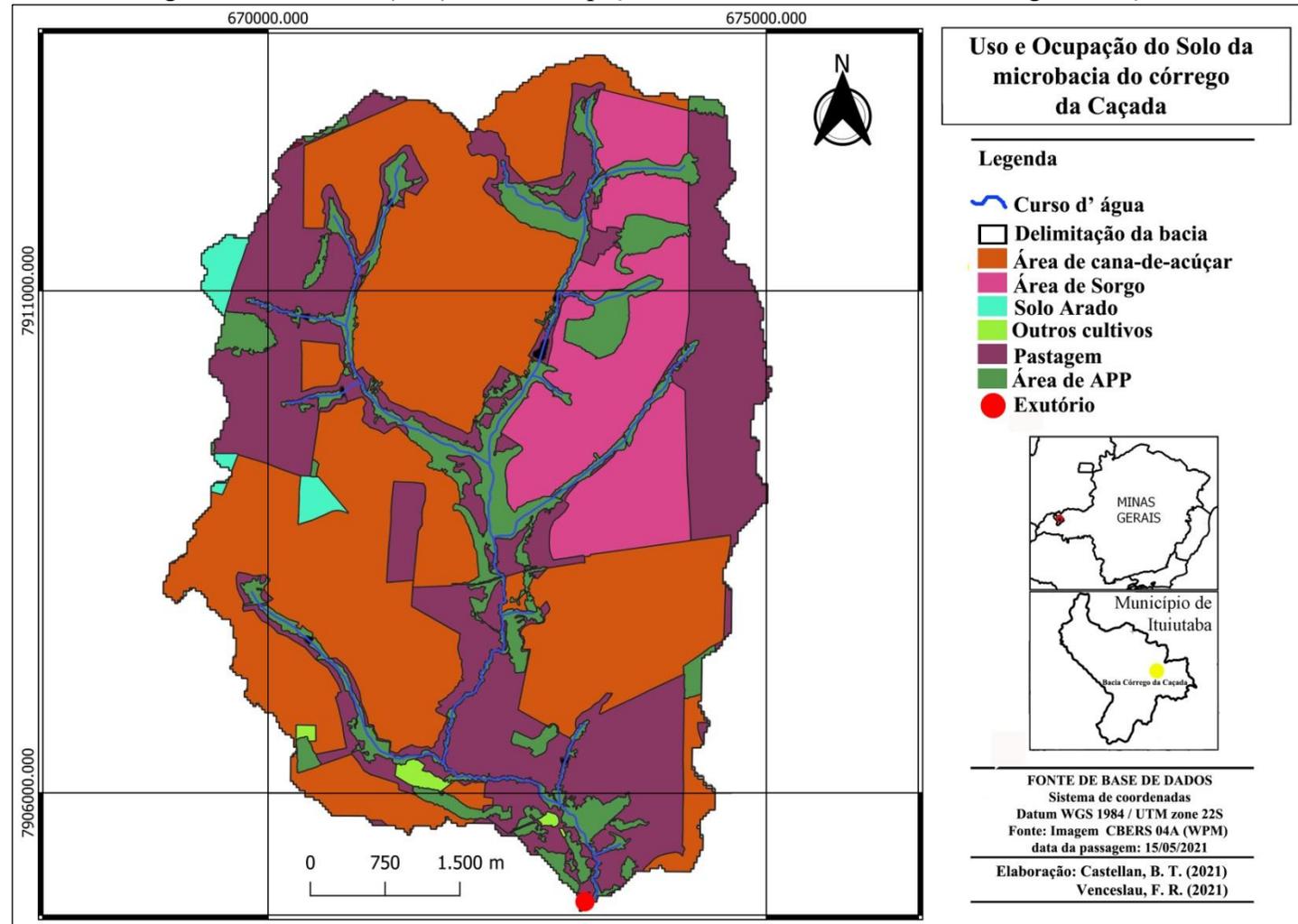
A caracterização quanto ao uso e ocupação do solo não se revela nesse trabalho como objeto principal de análise, mas para que fosse possível quantificar as áreas de preservação permanente, que é a referência base, fez-se necessário catalogar de forma genérica as classes dos tipos de cultivo existentes na Microbacia do Córrego da Caçada. Tais informações foram identificadas através das características espectrais das feições apresentadas no mapa temático e comparadas as observações e análises obtidas a partir das visitas ao campo.

Seguindo essa premissa, foram criadas diferentes classes, como a de área de preservação permanente que engloba as vegetações nativas componentes deste Cerrado, através das formações descritas como savana arborizada, savana gramíneo lenhosa e mata ciliar. Além dessa classe, foram criadas ainda as classes destinadas à cultura de cana de açúcar, de sorgo, quando a outros tipos de agriculturas de subsistência houve o agrupamento em outros cultivos, solo arado (exposto), e pastagem.

Para a interpretação das imagens, utiliza-se a técnica de realce, a fim de melhorar a qualidade visual das imagens e facilitar a interpretação das mesmas. A geração de composições coloridas, empregadas para a visualização dos diferentes tipos de classes, pode ser considerada uma técnica de realce. As imagens obtidas pelos sensores dos satélites são originalmente visualizadas no tom preto e branco, mas por meio da inserção das bandas de cores primárias vermelho, verde e azul (RGB) é possível gerar uma composição colorida para a imagem.

Levando em consideração elementos descritos por alguns autores como Rosa (2009), Florenzano (2007) e Novo (1989), é possível afirmar que através da interpretação do mapeamento da cobertura e destino do solo pode-se relacionar às seguintes classificações (figura 68).

Figura 68 - Ituiutaba (MG): Uso e Ocupação do solo da Microbacia do Córrego da Caçada



Org.: Castellan, 2021; Venceslau, 2021

Mediante as informações obtidas no mapeamento de uso e ocupação do solo é possível afirmar através das análises descritas na tabela 2, que a maioria dos cultivos presentes nessa Microbacia são destinados ao cultivo intensivo de cana-de-açúcar, pastagem, sorgo e, em quantidades bem menores, a outros tipos de culturas consideradas de subsistência.

Vale ressaltar que o cultivo de sorgo presente na microbacia advém de um período de entressafra da cana de açúcar. Portanto, nesse momento pode ser contabilizado como outro tipo de cultivo, embora a finalidade do uso desse solo seja oficialmente destinada ao cultivo de cana de açúcar.

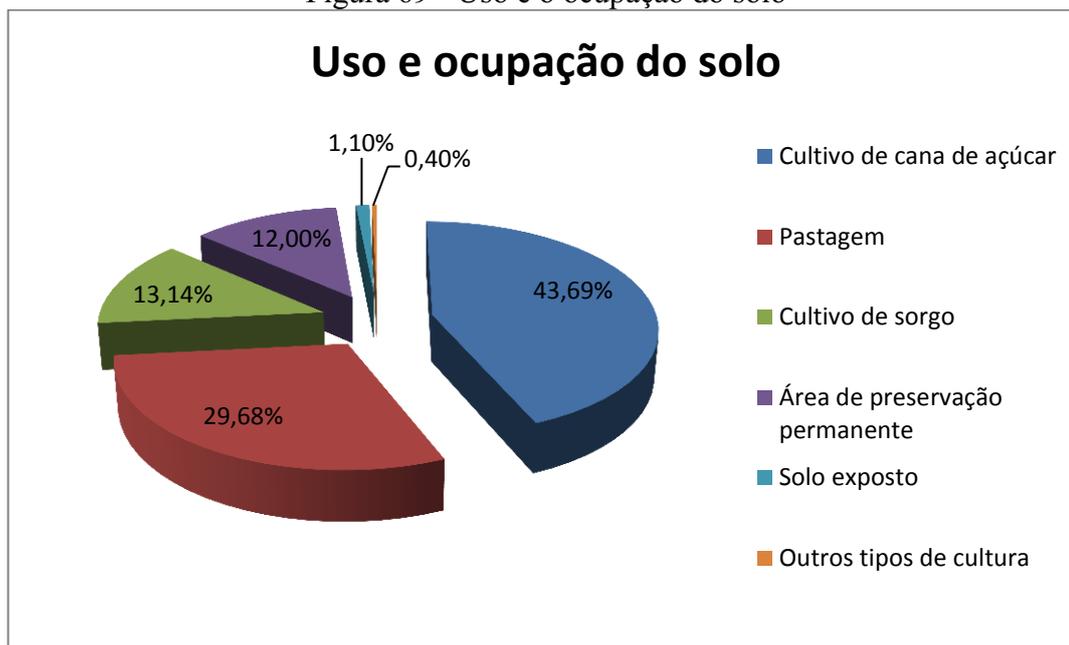
Tabela 2 - Caracterização do uso e ocupação do solo

Classe de uso e ocupação	Área	
	(ha)	%
Cultivo de cana de açúcar	1.588,082	43,69%
Pastagem	1.078,837	29,68%
Cultivo de sorgo	477,683	13,14%
Área de preservação permanente	436,175	12%
Solo exposto	40,018	1,10%
Outros tipos de cultura	14,469	0,40%
<b>Total</b>	<b>3.635,264</b>	<b>100%</b>

Org: Castellan, 2021

Para uma melhor visualização das proporções do uso e ocupação do solo nessa microbacia, foi elaborado o gráfico da figura 69.

Figura 69 - Uso e o ocupação do solo



Org.: Castellan, 2021.

Com base nos dados desse trabalho, observa-se que a degradação do Cerrado e de outras áreas remanescentes é um fator visível de preocupação, visto que grande parte da microbacia perdeu sua configuração original para modelos produtivos advindos dos anseios do ser humano.

Através do mapa de uso e ocupação do solo foi possível identificar que os valores mais expressivos são representados pelo cultivo de cana de açúcar caracterizado por ocupar 43% e pela pastagem com 29%. As áreas de preservação permanente representam um valor de 12% de toda a área delimitada da microbacia, revelando um valor inferior ao esperado, frente sua importância para a manutenção dos ciclos naturais que envolvem todo o ecossistema da região.

As áreas designadas ao cultivo intensivo de cana de açúcar são as mais expressivas nessa investigação, as quais se estendem por quilômetros e configuram praticamente toda a paisagem. Esse modelo de produção intensivo é caracterizado pela utilização de um grande número de insumos, defensivos agrícolas e aplicação de técnicas e tecnologias a fim de aumentar a produtividade.

Logo, esse sistema acarreta em vários impactos negativos para o ambiente, interferindo diretamente no solo e conseqüentemente nos recursos hídricos, causando danos muitas vezes irreparáveis como exaustão e empobrecimento do solo; assoreamento dos cursos d'água;

diminuição da biodiversidade por uso em larga escala e constante de agrotóxicos; erosão provocada pela irrigação e manejo inadequado do solo, dentre outros fatores.

## 7. Considerações Finais

---

O ambiente, bem como seu ecossistema e todos os elementos que o compõem, são determinantes na composição de uma paisagem. Assim, a paisagem de uma bacia hidrográfica apresenta características que possibilitam a interpretação daquele meio.

A problemática em torno do modo de produção atual e a ocupação irregular de áreas das bacias hidrográficas interfere diretamente nas características da paisagem e fluxo de processos naturais. Essa intervenção humana pode acarretar em sérios problemas para a dinâmica ambiental do espaço, uma vez que, seus processos naturais podem ser alterados e até mesmo comprometidos, ocasionando assim uma possível modificação na paisagem.

A cobertura vegetal de determinado lugar é considerado elemento primordial para a manutenção e equilíbrio do ambiente, uma vez que desempenha funções de proteção do solo, bem como de bacias hidrográficas.

A conservação e presença da cobertura vegetal nativa, evita que o solo fique exposto mantendo as ações dos processos hídricos, evitando a desagregação, remoção e transporte de partículas. Além disso, a conservação dos recursos naturais presentes, garante a funcionalidade do fluxo gênico, o equilíbrio do ecossistema e suas funções de regulação.

Diante disso, esse trabalho teve como objetivo analisar a conservação das áreas de preservação de nascentes e curso d' água na microbacia Córrego da Caçada e comparar com o disposto no Código Florestal Brasileiro.

Nesse sentido, ao longo dessa investigação foi possível perceber a intensa degradação do cerrado advindo de práticas voltadas à agricultura, principalmente a canavieira e pecuária, que em determinados locais cedem espaço para plantios de subsistência.

Ao longo da extensão da microbacia, é possível afirmar que há fragmentos de vegetação nativa, representada por matas ciliares nas áreas de preservação permanente. Embora em alguns locais haja a conformidade com as normas estabelecidas na Lei 12.651/2012, na maioria dos pontos, os parâmetros sofrem alterações, apresentando valores inferiores ou, até mesmo delimitações que podem até ser respeitadas sem que haja um cultivo, mas a vegetação nativa não é preservada nesse espaço.

Através das análises dos dados foi possível constatar que das 14 nascentes pertencentes a essa microbacia, apenas 4 estão dentro dos limites estabelecidos, enquanto as 9 restantes apresentam divergências quanto a sua metragem.

Conclui-se então, a partir dos mapas apresentados, que mais da metade das áreas estudadas estão em uso conflitante com as áreas de preservação permanente. Portanto, em sua maioria, as áreas de APP da região não estão em conformidade com a lei 12.651/2012 devido à alteração de uso e destino daquele solo.

As áreas que se apresentam como remanescentes de APP necessitam prioritariamente de preservação adequada, visando à diminuição de impactos que possam modificar recursos naturais que são cruciais para o funcionamento adequado do ecossistema, ressalta-se que através da análise da composição vegetal de mata ciliar é possível identificar alterações dos demais componentes formadores de paisagem.

Por fim, o uso das geotecnologias na delimitação de áreas de preservação permanente e interpretação do seu estado de conservação se manifestam como uma ferramenta eficiente e viável na delimitação e interpretação de dados. O QGis utilizado nessa pesquisa, mesmo por se tratar de um software livre, apresentou resultados muito satisfatórios, evidenciando assim a ótima alternativa de se monitorar espaços como este. Todos os dados obtidos através desse recurso foram comparados com os observados em campo possibilitando assim a interpretação real do estado em que encontram-se essas áreas.

A imagem utilizada pelo satélite CBERS 4a, também disponibilizada gratuitamente pelo site do catálogo do INPE, permitiu a identificação da presença ou não de vegetação nas áreas de preservação permanente, contribuindo para a verificação do estado de preservação das APP. Além disso, os aspectos relacionados ao uso e cobertura do solo foram significativos para caracterizar a composição da paisagem da microbacia. Uma vez que, as imagens revelam padrões e características que possibilitam a identificação do uso e destino do solo que atreladas às informações obtidas em campo possibilitaram a identificação da cobertura do solo. Assim, os dados obtidos através da pesquisa podem auxiliar na tomada de decisão e vir conseqüentemente a auxiliar na proteção dos recursos hídricos.

## 8. Referencias

---

AHRENS, S. O novo código florestal brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais. In: Congresso Florestal Brasileiro, 8, **Anais do VIII Congresso Florestal Brasileiro**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2003. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/306898/1/SP4708.pdf>>

ANDRADE, E. M. de. *et al.* Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007. Disponível em:<<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n3/a11v27n3.pdf>>  
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000400011>

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2 - Março/Abril. 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200014>

ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica**, p. 57-77, 1958.  
<https://doi.org/10.11606/issn.2318-5988.v15i0p59-77>

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: DL Publications, 1989.  
<https://doi.org/10.1080/10106048909354237>

ARRAYA, K. C.; KOGLIN, N. S. **Aplicação do geoprocessamento como ferramenta para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente**: Estudo de caso da sub-bacia do Córrego d'Antas (RJ). Projeto de graduação da Escola Politécnica – Curso de Engenharia Ambiental – UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.

BALBINOT, R. *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.

BARCELLOS, C. *et al.* **Georreferenciamento de dados de saúde na escala submunicipal: algumas experiências no Brasil**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, v. 17, n. 1, p. 59-70, 2008. Disponível em:<[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11481/1/ARTIGO\\_GeorreferenciamentoDadosSaude.PDF](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11481/1/ARTIGO_GeorreferenciamentoDadosSaude.PDF)>  
<https://doi.org/10.5123/S1679-49742008000100006>

BARTOLINI, S. *et al.* QVAST: a new Quantum GIS plugin for estimating volcanic susceptibility. **Nat. Hazards and Earth Syst. Sci**, v. 13, n. 11, p. 3031-3042, 2013. Disponível em:<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.800.554&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 5 jun 2020.  
<https://doi.org/10.5194/nhess-13-3031-2013>

BELLON, E. **Planejamento de recursos hídricos de áreas rurais degradadas**: aplicação do modelo SWAT em bacia hidrográfica experimental na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento ambiental: controle da poluição urbana e industrial) UERJ - Universidade Estadual do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BERTOL, I. et al. Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo Háplico. **Rev. Bras. de Ciência do solo**, vol. 34, n. 1, p. 245-252, 2010. Disponível em < <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n1/a25v34n1.pdf>>. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000100025>

BIELLA, C. A.; COSTA, R. A. Análise da qualidade ambiental das nascentes urbanas de Caldas Novas-GO. **Simpósio Nacional de Geomorfologia**, v. 6, 2006.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, cap. 6, p. 153-192, 2004. 280p.

BRASIL. **Decreto nº 23.793**, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/116688/decreto-23793-34>>.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p. 9529, 16 set 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm)>.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 73.030**, de 30 de Outubro de 1973. Dispõe sobre a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, seção 1, p. 11024-30, out 1973.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 3 fev 2021.

\_\_\_\_\_. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, Senado Federal, 1988. 135p.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 4 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei 9605**, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. Presidência da República do Brasil, 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)>. Acesso em: 4 fev 2021.

\_\_\_\_\_. **Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA**. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, 2002.

\_\_\_\_\_. **Plano nacional de recursos hídricos**: iniciando um processo de debate nacional. Brasília: MMA/SRH, 52 p. 2004.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, n. 102, 2012a. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.830**, de 17 de outubro de 2012. Instituiu o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental. Brasília. 2012b.

BROWN, G.W. **Forestry and water quality**. 2 ed. Oregon, 1983. 142p.

BURROUGH, P.A. **Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment**, Oxford, Oxford University Press, 1986.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CARVALHO, V. M. S. G. **A Importância do geoprocessamento na gestão de unidades de conservação e na análise ambiental, em geral**. Exame de Qualificação (Doutorado) - IGEO/PPGG/UERJ - Universidade Estadual do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003, 36p.

CASTELO, T. B. Legislação florestal brasileira e políticas do governo de combate ao desmatamento na Amazônia legal. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 221-242, dez. 2015.  
<https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1216V1842015>

CENTENO, J. A. S. Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais. **Curitiba: UFPR**, 2003. 210p.

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

CHRISTOFOLETTI, A. et al (Org.) **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo - Rio de Janeiro: Hucitec, 1995. 397p.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. IPH/UFRGS, 2011. Disponível em: <[http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila\\_hidrologia/cap%201%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/cap%201%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf)> Acesso em: 07 fev 2020.

COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, p.17-23, 1978. Disponível em  
<<http://files.pedroeisenlohr.webnode.com.br/200000479d64cfd7473/Coutinho%201978.pdf>>

COUTINHO, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: J.G. Goldammer. **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**. Berlin, Springer-Verlag, Cap. 6, p. 82-103. 1990.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_6)

COUTINHO, L. M.; KLEIN, A. L (Org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois**. São Paulo: Unesp, Imprensa Oficial do Estado, p.77-91, 2002.

COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 11, p. 1551-1555, 1988.

DA SILVA, M. A. **Mapeamento digital de atributos do solo e vulnerabilidade ao escoamento superficial, baseado no conhecimento de campo, na sub-bacia das Posses, Extrema, MG**. 2003. 109 p. Dissertação (mestrado) - Lavras: UFLA, 2013.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE. São José dos Campos, 2001.

DEDECEK, R.A.; RESK, D.V.S. & FREITAS JÚNIOR, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Rev. Bras. Ciências do solo**, v. 10, n. 3, p. 265-272, 1986.

DEMO, P. Pesquisa qualitativa: em busca de equilíbrio entre formas e conteúdo. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 6, n. 2, p. 88-104, abr.1998. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/25471/1/13912.pdf>>. Acesso em: 3 out 2020.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-11691998000200013>

DIAS, D. V da S et al. **Geotecnologias para o planejamento da transição agroecológica: estudo de caso na Microbacia Hidrográfica de Barracão dos Mendes, Nova Friburgo, RJ**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2017.

EITEN, G. Formas fisionômicas do Cerrado. **Revista brasileira de Botânica**, v. 2, n. 2, p. 139-148, 1979.

ELLIS, E. PONTIUS, R. Uso da terra e mudanças na cobertura da terra. In: **Enciclopédia da Terra**. Eds. Cutler Cleveland J. 2009.

ELMORE, W.; BESCHTA, R. L. Riparian areas: perceptions in management. **Rangelands Archives**, Journals at the University of Arizona, v. 9, n. 6, p. 260-265, 1987.

EMBRAPA TERRITORIAL. Satélites de Monitoramento. Campinas, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>>. Acesso em: 24 mar. 2021

EMBRAPA. Agencia de informação- Bioma Cerrado. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_14\\_911200585231.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html)>. Acesso em: 23 jun. 2021. 2007.

ESRI. Shapefile Technical Description. Environmental Systems Resource Institute, Redlands, California, 1998. Disponível em: <<http://support.esri.com/white-paper/279>>.

FAO. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin 32, FAO, Rome, 79p. 1976. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1996. 90p.

FERREIRA, M. B. M.; SALLES, A. O. T. Política ambiental brasileira: análise histórico institucionalista das principais abordagens estratégicas. **Revista de Economia**, v. 43, n. 2, 2016.

<https://doi.org/10.5380/re.v42i2.54001>

FERRIER, R. C. *et al.* Water quality of scottish rivers: spatial and temporal trends, **Science of the Total Environment**, v. 265, n.1-3, p. 327-342, 2001.

[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00674-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00674-4)

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2002. 97p.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2005.

<https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 128p. 2007.

FINKLER, R.. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Elaboração de conteúdo). 2012.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2018.

FROTA, P. V. Processo erosivo e a retirada da vegetação na bacia hidrográfica do Açude Orós–CE. **Revista geonorte**, v. 3, n. 6, p. 1472–1481, 2012.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1959.

FURTADO, D.A.; KONIG A. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 115p.

GIL, J et al. The space syntax toolkit: Integrating depthmapX and exploratory spatial analysis workflows in QGIS. In: **SSS 2015-10th International Space Syntax Symposium**. Space Syntax Laboratory, The Bartlett School of Architecture, UCL (University College London), 2015.

GOMES, D. D. M. **Geoprocessamento Aplicado à Análise da Vulnerabilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do rio Jaibaras – Ceará**. 2011. 138f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

GREGORY, S.V. *et al.* An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water. **BioScience**, v. 41, n. 8, p.540-551, 1991.

<https://doi.org/10.2307/1311607>

GUERMOND, Y. **Géomatique**. In: LÉVY, Jacques; LUSSAULT, Michel (Org.). Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. Paris: Belin, 2003, 402p.

GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, p. 32–37, 2005.  
<https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0003>

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

HICKIN, Edward J. Vegetation and river channel dynamics. **Canadian Geographer/Le Géographe canadien**, v. 28, n. 2, p. 111-126, 1984.  
<https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1984.tb00779.x>

HOLLAND, M.M. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries; report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones. **Biology International** p. 47-106,1988.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.  
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

HUPP, C.R.; OSTERKAMP, W.R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. **Geomorphology**, Amsterdam, v.14, p.277-295, 1996.  
[https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00042-4](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00042-4)

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS)**. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2ª. edição, 2006.

\_\_\_\_\_. **Área da unidade territorial: área territorial brasileira**. Rio de Janeiro, 2018.

JUNIOR, J. J.; ANDREOLI, C. V. Uso de dados climáticos e hidrológicos como subsídio na determinação do regime de fluxo de canais de drenagem. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 1, 2015.  
<https://doi.org/10.20502/rbg.v16i1.422>

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.  
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

LIKENS, G. E. The ecosystem approach: its use and abuse. **Excellence in Ecology**. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany, v.3, 1992. 167p.

LIMA, W. de P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976, 143p.

- LIMA, W. de P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, Campinas. **Anais do simpósio sobre mata ciliar**. Campinas: Fundação Cargil, v.1, p. 25-42, 1989.
- LIMA, W. de P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, p.33-43, 2000.
- LINDNER, E. A.; SILVEIRA, N. de F. Q. da. A legislação ambiental e as áreas Ripárias. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: zonas RIPÁRIAS, 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais...** Santa Catarina: UFSC, p. 49, 2003.
- LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2015.
- LÖWENBERG-NETO, P. Neotropical region: A shapefile of Morrone's (2014) biogeographical regionalization. **Zootaxa**, v. 3802, n. 2, p. 300, 2014.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3802.2.12>
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**, Viçosa: 2002.
- MARTINS, F. B. et al. Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, 2005. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/744/74411310.pdf>>. Acesso em: 20 out 2020.
- MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset. **Landscape and Urban Planning**, v.78, p.241-250, 2006.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.08.003>
- MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v.9, n.1, p. 41-64, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v9n1/a03v9n1.pdf>>. Acesso em 18 fev. 2021.  
<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2006000100003>
- MEDEIROS, F. S de. **Geotecnologias aplicadas ao uso e cobertura dos solos da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Espinharas-PB/RN/PE com ênfase em áreas de preservação permanente e de uso restrito**. 2018. 98f. (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais), Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande – Patos – Paraíba Brasil, 2018.
- MELO, H. A.; CUNHA, J. B. L.; NÓBREGA, R. L. B.; RUFINO, I. A. A.; e Galvão, C. O. Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG): Integração possível. **IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2008.
- MENDES, P. C; QUEIROZ, A. T. Caracterização climática do município de Ituiutaba-MG. In\_ PORTUGUÊS, A. P.; MOURA, G.; COSTA, R. A. (Org.) **Geografia do Brasil central**. Uberlândia: Assis, 2011, p. 333-353.
- MILARÉ, G.; DA SILVA, N. M.; PARANHOS FILHO, A. C. Cenário do uso de software livre em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 39, n. 3, p. 111-115, 2016.

[https://doi.org/10.11137/2016\\_3\\_111\\_115](https://doi.org/10.11137/2016_3_111_115)

MONICO, J. F.G. **Posicionamento pelo Navstar-GPS**. Unesp, 2000.

MORAES, I. S.; FERREIRA, H. S.; OLIVEIRA, S. F. C. A utilização do sig como ferramenta para indicação de áreas possíveis a implantação de aterro sanitário na região metropolitana de Belém - PA. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, Recife. p. 27-30, 2010.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**, 4 ed. atualizada e ampliada. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 422p.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Da autora, 2003.

MOURA, A. C. M. Escolhas conscientes em tecnologias de geoinformação para representação, análise, simulação e proposição para um território: suporte ao geodesign. In: SUTIL, T.; PEREIRA, J. R.; LADWIG, N. I.; ZOCHE, J. J.; PEREIRA, J. L (Org.). **Geoprocessamento na análise ambiental**. Criciúma, SC: UNESC, 2020. p.11-68, 2020. 339p.

<https://doi.org/10.18616/geop01>

NC Division of Water Quality. **Identification Methods for the Origins of Intermittent and Perennial streams**, Version 3.1. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Division of Water Quality. Raleigh, NC. 2005.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

NUNES, A. N.; ALMEIDA, A. C.; COELHO, C. O. A. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Applied Geography*, v.31. p. 687-699, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.12.006>

OLIVEIRA, J. B. de. Bacias hidrográficas: aspectos conceituais, uso manejo e planejamento. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos. – (Série: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido - v.1), 2010. 267p.

ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS), Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. Estocolmo, 1972.

PAZ, S.M.; CUGNASCA, C. E.; SARAIVA, A. M. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas aplicações. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP-Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais**, 1997.

PEQUENO, P. L de L. et al. Importância das matas ciliares. **Embrapa Rondônia- Documentos (INFOTECA-E)**, Porto Velho, jul 2002.

PEREIRA JR., A.C. **Monitoramento de queimadas na região dos cerrados utilizando dados AVHRR/NOAA corrigidos por dados TM/Landsat**. São José dos Campos, INPE. Dissertação de Mestrado. 1992. (INPE-TDI/507)

PIMENTEL DA SILVA, L.; EWEN, J. Modelagem hidrológica para grandes bacias hidrográficas: a necessidade de novas metodologias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, 2000.

<https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n4.p81-92>

PINESE JUNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n.2, p. 157-17, 2008.

<https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000200010>

PINTO, N. L. de S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

PONTES, P. R. B. **Gis e geoprocessamento**. Sorocaba: Facens, 2002.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. **Cerrado: ambiente e flora**, Embrapa. 1998.

REZENDE, M. de L. F.; GUIMARÃES, L de L. **Inventários da Biodiversidade do Bioma Cerrado**: Biogeografia de Plantas. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado.. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora** Planaltina, Embrapa-CPAC. p. 89-166, 1998.

RICHTER, M.; CRUZ, C. B. M.; VALENTIM, L. Análise do uso e ocupação do solo no Parque Nacional do Itatiaia a partir de produtos de sensoriamento remoto. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Curitiba, p. 481-490, 2004.

RIGOTTO, R. Mecanismos regulatórios da relação indústria e meio ambiente. **Revista eletrônica da Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Lideranças**, 2002.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. **VENTURI, LAB Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RODRIGUES, M. T. et al . Comportamento do software terraview na classificação supervisionada em diferentes bacias. **Energia na agricultura** (cd rom), v. 31, p. 282-289, 2017.

<https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n3p282-290>

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

<https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed. Uberlândia: Ed. UFU, 2009. 262p.

<https://doi.org/10.14393/EDUFU-978-85-7078-219-9>

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2005. 85p.

SALGADO, M. P. G. et al. Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, Anais**, p. 25-30, 2009.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTILLI, J. **Socioambientalismo e novos direitos**. IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil e ISA – Instituto Socioambiental: São Paulo, 2005.

SANTOS, L.; BACCARO, C. A. D. Caracterização geomorfológica da bacia do rio Tijuco. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 1, p. 1-22, 2004. Disponível em: <[http://www.ig.ufu.br/revista/volume11/artigo01\\_vol11.pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume11/artigo01_vol11.pdf)>. Acesso em: 10 Nov. 2020.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Departamento de Proteção da Biodiversidade. **Cadernos da Mata Ciliar**. 2009. Disponível em <<http://ambiente.sp.gov.br/mataciliar>>. Acesso em: 3 mar. 2021.

SAQUET, D. B.; MELLO FILHO, J. A. O uso de geotecnologias na análise ambiental da microbacia do rio Faca, São Jorge d'Oeste – Paraná, BR. **Anais do XII Encontro de Geógrafos da América Latina**. Montevideu, 2009.

SCHÄFFER, W. B. et al. **Áreas de preservação permanente e unidades de conservação x áreas de risco: o que uma coisa tem a ver com a outra?** Relatório de inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011. 96p.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; DE BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 2, p. 287-291, 1997.

SHAHIDIAN, S.; GUIMARÃES, R.; RODRIGUES, C. **Hidrologia agrícola**. 2012.

SHIMABUKURO, Y. E., NOVO, E. M., & PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1998.

SILVA, J. X. da; **Geoprocessamento para a Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. Disponível em: <<http://www.lageop.ufrj.br/>>.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003.

SILVA, A. M.; ALVARES, C. A. Erodibilidade dos solos paulistas: levantamento de informações e estruturação de um banco de dados. **Geociências**, v. 24, n. 1, p. 33-42, 2005.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 659p.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S.S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.2, p.409-419, 2005.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000200014>

SILVA, A. M et al. Código Florestal: implicações do PL 1876/99 nas áreas de reserva legal. 2011.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da Cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período de 2000-2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.2, p. 202-209, 2014.  
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000200011>

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4 ed, Porto Alegre: Ed. da UFRGS, p. 35-51, 2007.

SMITH, T.R.; PEUQUET, D.J.; MENON, S.; AGARWAL, P. KBGIS-II: a knowledge-based geographic information system. *International Journal of Geographic Information Systems*, v. 1, n. 2, p. 149-172, 1987.  
<https://doi.org/10.1080/02693798708927801>

SODERSTROM, T. R. Observations on a fire-adapted bamboo of the Brazilian cerrado, *Actinocladum verticillatum* (Poaceae: Bambusoideae). **American Journal of Botany**, v. 68, n. 9, p. 1200-1211, 1981.  
<https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1981.tb07826.x>

SOUZA, B.; PORTUGUEZ, A. Usos e Potencialidades da Cachoeira do Córrego da Caçada (Ituiutaba, MG) para o Lazer e o Turismo da Natureza. **Revista Geografares**, Ituiutaba, n. 13, p. 192-223, 2012. Disponível em:  
<<https://www.periodicos.ufes.br/geografares/article/view/3418>>. Acesso em: 10 nov 2020.  
<https://doi.org/10.7147/GEO13.3418>

SOUZA. C.G. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: Emater, 2002, 124 p.

SOUZA, R.R de.; COSTA, R.A et al. Variações pluviométricas no Triângulo Mineiro-MG. **Revista GeoNordeste**, Sergipe, n. 2, 2009. Disponível em:  
<<https://seer.ufs.br/index.php/geonordeste/article/view/2462>>. Acesso em: 7 maio 2020.

STEFFEN, C. A. Introdução ao sensoriamento remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **INPE. Divisão de Sensoriamento Remoto**. v. 6, p. 35, 2011. Disponível em:<[www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/index.htm](http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/index.htm)>

STEINIGER, S.; HAY, G. J. Free and open source geographic information tools for landscape ecology. **Ecological Informatics**, v. 4, n. 4, p. 183-195, 2009.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2009.07.004>

TEIXEIRA, A. L. A.; CHRISTOFOLETTI A. **Sistema de informações geográficas:** dicionário ilustrado. São Paulo: Editora Hucitec, 1997.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. Disponível em: <<https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>>. Acesso em: 2 jun 2020. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

TOMMASELLI, A. Fotogrametria básica. **Presidente Prudente: UNESP**. p. 5-18, 2009.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. Introdução à hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. FIBGE – SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2 ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade. 2000. 943p.

TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, L. F. **Infiltração e armazenamento no solo:** In: Tucci, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação, 2ª Ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade, p.335-372, 2000.

TUCCI C.; MENDES, A. C. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, Governo Federal, 2006. 311p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400010>

TURNER, II. B. L. MEYER, B. L.. Global land-use and land-cover change: an overview. **Changes in land use and land cover: a global perspective**, v.4, n. 3, 1994.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de topografia. **Universidade Federal do Paraná**, 2012.

VENCESLAU, F. R. **Caracterização dos meios morfodinâmicos na bacia hidrográfica do córrego São José - Ituiutaba/MG. 2020**. 220f. (Dissertação de Mestrado em Geografia), Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas do Pontal, da Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2020.

VETTORAZZI, C. A. Técnica de Geoprocessamento no Monitoramento de Áreas Florestadas. **Série Técnica IPEF**, USP. v.10, n.29, p.45-51, 1996.

VINHAS, L.; FERREIRA, K. R. Descrição da TerraLib. Bancos de Dados Geográficos. **Curitiba: MundoGEO**, 2005.

VOGEL, H. F.; ZAWADZKI, C. H.; METRI, R. Florestas ripárias: importância e principais ameaças. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em:

<<http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/143/234>>. Acesso em: 25 out 2020.

WINGE, M. et. al. **Glossário Geológico Ilustrado**. 2001. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>>. Acesso em: 20 jan 2020.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Brazilian Journal of Public Administration**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: edição do autor, 2001. 227p.