

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

Gabriel Soares da Silva

**UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA CARACTERIZAÇÃO  
MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GROTÃO,  
CAPITÓLIO – MINAS GERAIS**

Piumhi – Minas Gerais

2021

Gabriel Soares da Silva

**UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA CARACTERIZAÇÃO  
MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GROTÃO,  
CAPITÓLIO – MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo

Coorientador: Professor Dr. Felipe da Silva Alves

Piumhi – Minas Gerais

2021

---

S586u Silva, Gabriel Soares.

Utilização de sensoriamento remoto para caracterização morfológica da bacia hidrográfica do córrego do Grotão, Capitólio - MG [manuscrito] / Gabriel Soares Silva. – 2021. 95 f.

Orientador: Pedro Luiz Teixeira de Carmargo.

Coorientador: Felipe da Silva Alves.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2021.

1. Sensoriamento remoto. 2. Solo - uso. 3. Recursos hídricos. 4. Modelo Digital de Elevação. I. Carmargo, Pedro Luiz Teixeira de. II. Alves, Felipe da Silva. III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi. IV. Título.

CDD 621.3678

---

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974

Gabriel Soares da Silva

**UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA CARACTERIZAÇÃO  
MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GROTÃO,  
CAPITÓLIO – MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Instituto Federal de Ciência e  
Tecnologia de Minas Gerais como requisito  
parcial para a obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Aprovado em: 05 / 11 / 2021 pela banca examinadora:

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Me. Thiago Pastre Pereira – IFMG

Prof. Me. Stella Maria Gomes Tomé – IFMG

Prof. Dr. Felipe da Silva Alves – IFMG (Coorientador)

Prof. Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo - IFMG (Orientador)

Piumhi, 09 de novembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Luiz Teixeira de Camargo, Professor**, em 09/11/2021, às 16:23, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Felipe da Silva Alves, Professor**, em 09/11/2021, às 16:24, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Pastre Pereira, Professor**, em 09/11/2021, às 16:44, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Stella Maria Gomes Tome, Professora**, em 11/11/2021, às 15:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1002985** e o código CRC **436C8E10**.

Dedico esta dissertação a minha família, que possibilitou toda essa experiência em vivenciar um universo acadêmico.

## AGRADECIMENTOS

A vivência dentro do *campus* trouxe de volta o anseio de um futuro melhor, retomando a autoestima e fazendo da escuridão um brilho à luz. Este trabalho não teria sua execução sem o apoio dos meus professores orientadores, que abraçaram a ideia e propósito desse estudo. A estes dedico meus sinceros sentimentos de gratidão: ao Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo, ao Dr. Felipe da Silva Alves e ao Me. Germano de Oliveira Mattosinho.

Aos meus pais, agradeço por toda uma vida, pois, apesar de todos os obstáculos, são eles que me fortalecem nos momentos de maior indecisão e incerteza, e sem seu apoio eu não poderia estar escrevendo minha história de vida de forma tão auspiciosa. A eles se torna até trivial dizer o quão sou grato.

Outros grandes colaboradores para minha formação e moldagem do meu caráter foram todos os docentes do curso que puderam passar visões de vida ao longo da jornada acadêmica.

Agradeço também ao IFMG pelo amparo dado e pelo apoio financeiro dado através de bolsas de pesquisas contempladas durante a graduação. Ademais, não poderia deixar de citar o infindável suporte fornecido pelo Grupo de Pesquisa em Ciências Ambientais, Econômicas Sustentabilidade, do qual faço parte e fortaleceu ainda mais nosso núcleo de ciência.

Os moradores da Bacia do Córrego do Grotão e a Prefeitura Municipal de Capitólio, gratulo pela assistência prestada – sem eles, o trabalho tornar-se-ia inconsistente.

*É isso aí, você não pode parar  
Esperar o tempo ruim vir te abraçar  
Acreditar que sonhar sempre é preciso  
É o que nos mantém vivos  
(Racionais MC's)*

## RESUMO

A relação homem *versus* meio ambiente se entrelaça ao longo de toda sua evolução, e essa junção permeia os embates sociais pelo fato de nossa sobrevivência estar atrelada à conservação do ecossistema. Diante de tal problemática, buscou-se, através de investigação científica, realizar uma análise minuciosa de uma microbiota. Assim, o trabalho aqui apresentado propôs-se a elaborar um estudo de Sensoriamento Remoto (SR), por meio de uma caracterização morfométrica, com elaboração cartográfica de mapas georreferenciados de uma sub-bacia do Lago de Furnas, responsável pelo abastecimento hidrelétrico da Usina a jusante, pertencente à bacia do rio Grande/Paraná. O local de estudo, situado no município de Capitólio, Sudoeste do Estado de Minas Gerais, possui como denominação Córrego do Grotão. O trabalho apresenta uma aplicação em Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se, como proposta, de um *software* livre e delimitando o espaço territorial bem como: suas redes de drenagem da bacia, topografia e solo. Um fator observado foi o índice de mau uso e ocupação do solo, motivado em especial pelo intermédio de ações antrópicas voltadas para a exploração dos recursos naturais para as práticas de cultura agrícola e pecuária (em geral bovina). Entre outras prerrogativas, o local de estudo possui valor ímpar devido à sua localização geográfica, o que coloca a região como um dos polos do turismo ecológico, não à toa, pertencente à Unidade de Conservação do Parque Nacional da Serra da Canastra. Partindo-se dessa premissa, utilizou-se o *software* QGIS na versão 3.10.4, com foco na utilização de dados públicos, o que evidencia a aplicabilidade da metodologia utilizada. A proposta implantada consiste em um estudo técnico-científico, com uso de imagens de satélites e cartas topográficas realizando os Modelos Digitais de Elevação (MDE) dos limites geográficos do entorno da bacia do Córrego do Grotão. Por meio de tais elaborações, identificaram-se zonas com elevado grau de degradação e construíram-se os mapas de uso e ocupação do solo dentro de um intervalo temporal de 30 anos, concluindo-se que o estudo elaborado fomenta uma série de informações cartográficas georreferenciadas, que buscam trazer como resultado dados cruciais para uma aplicação de projetos de cunho ambiental que possam mitigar os efeitos de degradação presentes nos trechos indicados, onde, em geral, incidem sobre uma geologia de solo frágil próximo as cabeceiras do manancial, o que inspira cautela para quaisquer tipo de intervenção. Ademais, o trabalho apresentado abrange todos os recursos para uma gestão ambiental responsável.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto (SR), Uso e Ocupação do Solo, Recursos Hídricos, Modelos Digitais de Elevação (MDE) da bacia do Grotão.

## RESUMEN

La relación entre el hombre y el medio se entrelaza a lo largo de su evolución, esta unión permea los choques sociales porque nuestra supervivencia está ligada a la conservación del ecosistema, ante tales problemas, se busca a través de la investigación científica, realizar un análisis profundo de una microbiota. Así, el trabajo aquí presentado propone elaborar un estudio de Detección Remota (DR), a través de una caracterización morfométrica, con elaboración cartográfica de mapas georreferenciados de una subcuenca del Lago de Furnas, responsable del suministro hidroeléctrico de la Central hacia aguas abajo. perteneciente a la cuenca del Río Grande/Paraná. El sitio de estudio se llama Córrego do Grotão, ubicado en el municipio de Capitólio, al suroeste del estado de Minas Gerais. El trabajo presenta una aplicación en Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando como propuesta el uso de software libre, delimitando el espacio territorial, así como: sus redes de drenaje de la cuenca, topografía y suelo. Un factor observado fue el índice de mal uso y ocupación del suelo, motivado en particular mediante acciones antrópicas dirigidas a la explotación de los recursos naturales para prácticas agrícolas y ganaderas (en general bovino). Entre otras prerrogativas, el sitio de estudio tiene un valor único por su ubicación geográfica, que coloca a la región como uno de los polos del turismo ecológico, no en vano perteneciente a la Unidad de Conservación del Parque Nacional Serra da Canastra. Partiendo de esta premisa, el trabajo utilizó el software QGIS en la versión 3.10.4, enfocándose en el uso de datos públicos, lo que muestra la aplicabilidad de la metodología utilizada. La propuesta implementada consiste en un estudio técnico-científico, utilizando imágenes satelitales y mapas topográficos, realizando los Modelos Digitales de Elevación (DEM) de los límites geográficos que rodean la cuenca del arroyo Grotão. Mediante tales elaboraciones se espera identificar áreas con alto grado de degradación, para tal fin se construyeron los mapas de uso y ocupación del suelo en un intervalo de tiempo de 30 años, se concluye que el estudio realizado brinda una serie de información Mapas cartográficos georreferenciados, que buscan traer como resultado datos cruciales para una aplicación de proyectos ambientales que puedan mitigar los efectos de degradación presentes en los tramos indicados, donde los mismos puntos caen sobre suelos frágiles cerca de las cabeceras de la fuente lo que inspira cautela para cualquier tipo de intervención, además el trabajo presentado cubre todos los recursos para la gestión ambiental.

Palabras-Claves: Detección Remota (SR), Uso y Ocupación del Suelo, Recursos Hídricos, Modelos Digitales de Elevación (DEM) de la cuenca del Grotão

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Mapa referente à localização do Município de Capitólio – MG.....	19
Figura 3.2: Até 1963 o rio Piumhi pertencia à bacia do rio Grande.....	20
Figura 3.3: Dique utilizado para divisão das bacias. ....	21
Figura 3.4: Visualização cartográfica da topografia do dique. ....	22
Figura 3.5: Imagem projetada próximo ao exutório da bacia de estudo.....	23
Figura 3.6: Ponto <i>in loco</i> do trecho final do exutório do manancial. ....	23
Figura 3.7: Vista do pasto verdejante e montanha que circunda o Grotão.....	24
Figura 3.8: Parque Nacional Serra da Canastra.....	25
Figura 3.9: Presença de fogo nos trechos próximos às cabeceiras dos rios. ....	28
Figura 3.10: O excesso de pastagem nos topos de morros contrapondo-se com a Mata-Ciliar.....	29
Figura 3.11: Gráfico de vazão do afluente. ....	30
Figura 3.12: Geração de Energia Média.....	31
Figura 4.1: Exemplo de Bacia Hidrográfica.....	34
Figura 4.2: Mapa do Cerrado brasileiro.....	35
Figura 4.3: Forma da Bacia .....	40
Figura 4.4: Distância axial da Bacia do Córrego do Grotão.....	43
Figura 4.5: Hidrografia da bacia de estudo.....	46
Figura 4.6: Aplicação de medida de vazão.....	48
Figura 5.1: Curva de nível da bacia do Grotão.....	56
Figura 5.2: Altimetria da bacia do Grotão.....	58
Figura 5.3: Declividade do Córrego do Grotão .....	60
Figura 6.1: Um mapa geológico simplificado do Cráton de São Francisco. ....	65
Figura 6.2: Mapa geológico da bacia do Córrego do Grotão. ....	70
Figura 6.3: Mapa geomorfológico da bacia do Córrego do Grotão.....	72
Figura 6.4: Mapa pedológico da bacia do Córrego do Grotão. ....	74
Figura 7.1: Etapas de levantamento e classificação da cobertura e do uso da terra. ....	82
Figura 7.2: Uso e Ocupação do Solo temporal da bacia do Grotão.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de áreas, perímetros e comprimentos da bacia do Córrego do Grotão.....	43
Tabela 2: Dados obtidos em aferições de cálculo de vazão .....	47
Tabela 3: Classe de declividade. ....	61
Tabela 4: Uso e Ocupação do Solo ao longo de 30 anos.....	84
Tabela 5: Aumento de rebanhos na bacia. ....	85

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
APP – Área de Preservação Permanente  
BDiA – Banco de Dados de Informações Ambientais  
CBERS – *China-Brazil Earth-Resources Satellite*  
CXbd – Cambissolo Háplico Tb Distrófico  
DSG – Diretoria de Serviço Geográfico  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
FNMA - Fundo Nacional de Meio Ambiente  
GIS – *Geographic Information System*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IEDE – Interdisciplinaridade e Evidências no Debate Educacional  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
MDE – Modelo Digital de Elevação  
MDT – Modelos Numéricos de Terreno  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MUX – Multiespectral  
PAN – Pancromático  
RGB – *Red, Green e Blue*  
RLd – Neossolo Litólico Distrófico  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
SEMA/DF – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, Distrito Federal  
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*  
sn – Sem Numeração  
TI – Tecnologia de Informação  
TOPODATA – Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
USGS – *United States Geological Survey*  
m.a. – Mega Annum

## LISTA DE SÍMBOLOS

- Sequência (próximo passo)
- + Mais

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	ORGANIZAÇÃO DO PRESENTE ESTUDO.....	15
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I – ABORDAGEM DOS ASPECTOS GERAIS – ANTROPIZAÇÃO DO AMBIENTE.....</b>	<b>18</b>
3.1	INSERÇÃO AO CONTEÚDO.....	18
3.1.1	<i>Ribeirão do Grotão – Capitólio, Minas Gerais.....</i>	18
3.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.2.1	<i>Cerrado.....</i>	25
3.3	METODOLOGIA.....	29
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
3.5	CONCLUSÃO.....	31
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO II – DELIMITAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA COM O USO DO GEOPROCESSAMENTO.....</b>	<b>33</b>
4.1	INSERÇÃO AO CONTEÚDO.....	33
4.1.1	<i>Bacia hidrográfica.....</i>	33
4.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	36
4.2.1	<i>Geoprocessamento no Software Open Source (QGIS).....</i>	36
4.3	METODOLOGIA.....	36
4.3.1	<i>Processo científico para a coleta dos dados.....</i>	36
4.3.2	<i>Delimitação da Bacia.....</i>	37
4.3.3	<i>Forma da Bacia Hidrográfica.....</i>	38
4.4.5	<i>Índice de Circularidade.....</i>	40
4.4.6	<i>Densidade de Drenagem.....</i>	40
4.4.7	<i>Coefficiente de Compacidade (CC).....</i>	41
4.4.8	<i>Medida de vazão.....</i>	41
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.5	CONCLUSÃO.....	48
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO III – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE).....</b>	<b>50</b>
5.1	INSERÇÃO AO CONTEÚDO.....	50

5.1.1	<i>Uso da tecnologia</i> .....	50
5.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	51
5.2.1	<i>Sistema de Informação Geográfica (SIG)</i> .....	51
5.2.2	<i>Modelo Digital de Elevação (MDE)</i> .....	52
5.3	METODOLOGIA .....	53
5.3.1	<i>Processo científico apenas para a coleta dos dados</i> .....	53
3.4.2	<i>Dados topográficos através do MDE</i> .....	53
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	54
5.5	CONCLUSÃO .....	61
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO IV – GEOLOGIA, PEDOLOGIA E GEOMORFORLOGIA</b> .....	<b>62</b>
6.1	INSERÇÃO AO CONTEÚDO .....	62
6.1.1	<i>Geotecnologia do Cerrado</i> .....	62
6.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	62
6.2.1	<i>Geologia</i> .....	62
6.2.2	<i>Geomorfologia</i> .....	66
6.2.3	<i>Pedologia</i> .....	67
6.3	METODOLOGIA .....	68
6.3.1	<i>Processo científico apenas para a coleta dos dados</i> .....	68
6.3.2	<i>Geomorfometria</i> .....	68
6.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	69
6.5	CONCLUSÃO .....	75
<b>7</b>	<b>CAPÍTULO V – SENSORIAMENTO REMOTO PARA CÁLCULO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO USANDO SÁTELITES CBERS E LANDSAT</b> ....	<b>76</b>
7.1	INSERÇÃO AO CONTEÚDO .....	76
7.1.1	<i>Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo Brasileiro</i> .....	76
7.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	77
7.2.1	<i>Sensoriamento Remoto</i> .....	77
7.3	METODOLOGIA .....	79
7.3.1	<i>Uso e Ocupação do Solo</i> .....	79
7.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	81
7.5	CONCLUSÃO .....	85
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>88</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente estudo mostra uma visão ampla de um projeto geomorfológico realizado em uma bacia hidrográfica situada no município de Capitólio, Sudoeste do Estado de Minas Gerais, buscando fazer uma análise cartográfica minuciosa dos seus aspectos físicos. A relevância primordial está vinculada às perspectivas socioambiental e infraestrutural, dado que a utilização dos recursos naturais segue embasada pela lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, por meio da qual se criou o Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA), que promoveu diversas agendas nacionais na pauta governamental no âmbito da conservação ambiental.

De acordo com a lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989:

“Art. 1º Fica instituído o Fundo Nacional de Meio Ambiente, com o objetivo de desenvolver os projetos que visem ao uso racional e sustentável de recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental no sentido de elevar a qualidade de vida da população brasileira” (BRASIL, 1989, p.01).

Segundo o FNMA (2020), já foram contemplados 1.446 projetos socioambientais, com verbas investidas em iniciativas de conservação e de uso sustentável dos recursos naturais em um valor próximo a R\$ 270 milhões. Essas ações nacionais ocorrem pelo fato de o Brasil ser responsável por grande parte da biodiversidade mundial (AGOSTINHO *et al.*, 2005), o que garante um excelente desenvolvimento no setor primário (no qual se produzem as matérias-primas), mas também inspira importantes cuidados, em especial quando os recursos naturais não são aproveitados de forma consciente e sustentável.

Com isso, buscam-se, neste trabalho, trazer à tona fatores geocientíficos, respeitando o desenvolvimento econômico e o meio ambiente.

### 1.1 Organização do presente estudo

O presente trabalho está pautado em uma apresentação de cinco parâmetros de estudo, sendo eles:

- 1 – Abordagem geral e conceitual do tema principal: Córrego do Grotão - MG;
- 2 – Estudo hidrográfico por meio de mapeamento sensorial e trabalho de campo;
- 3 – Utilização de sistema *open Source* para elaboração de cartografia hidrográfica georreferenciada em Modelos Digitais de Elevação (MDE);
- 4 – Aspectos geográficos e concepções do solo, buscando apresentar relevância de conservação;
- 5 – Aplicação de Sensoriamento Remoto (SR) com foco central em produção de mapas de Uso e Ocupação do Solo dentro de um determinado período.

Esses tópicos estão designados em apresentação menos densa, em formato de capítulos, seguindo a respectiva ordem.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos Gerais

Utilização de Sensoriamento Remoto para caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Grotão, município de Capitólio – Minas Gerais.

### 2.2 Objetivos Específicos

A arquitetura dos dados GIS é montada no *software* QGIS de acordo com a necessidade e possui os seguintes objetivos gerais:

1° Apresentar revisão bibliográfica que comprove que a área de estudo passa por um processo de degradação devido à ação antrópica descontrolada;

2° Realizar uma aplicação do *software* QGIS, determinando os limites geográficos da bacia de estudo por meio de um mapa hidrográfico capaz de definir as características locais;

3° Elaborar o Modelo Digital de Elevação (MDE) da zona estudada, buscando uma interpretação topográfica de causas e efeitos das condições naturais;

4° Mapear e determinar os aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e de uso e ocupação do solo da bacia do Grotão;

5° Aplicar métodos de sensoriamento remoto utilizando imagens georreferenciadas disponíveis por satélites internacionais.

### **3 CAPÍTULO I – ABORDAGEM DOS ASPECTOS GERAIS – ANTROPIZAÇÃO DO AMBIENTE**

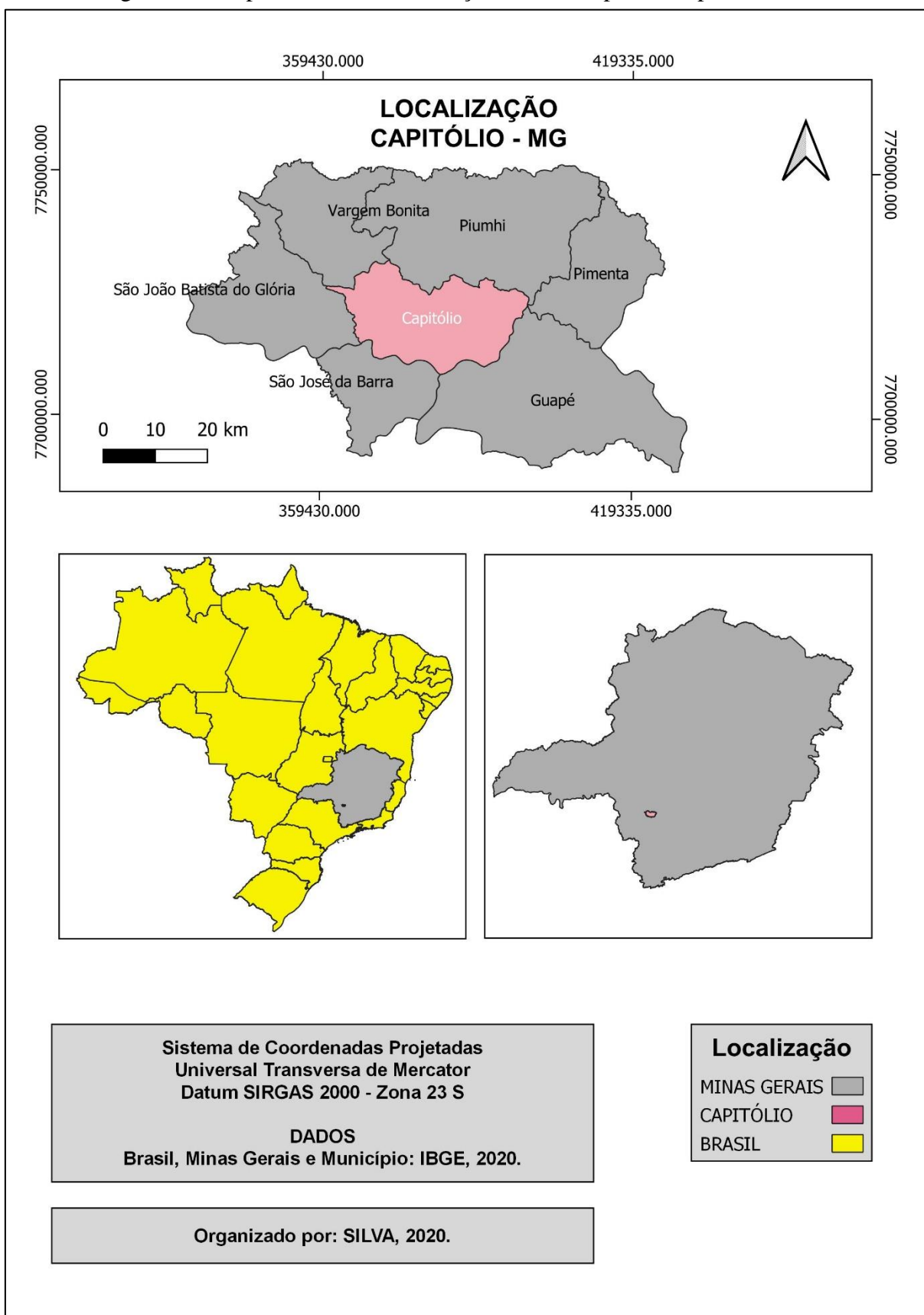
#### **3.1 Inserção ao conteúdo**

A relação humana com o meio em que se vive ocorre de forma dependente. Nesse equacionamento, é evidente que para a sobrevivência da nossa espécie o meio ambiente é peça-chave. De acordo com Silva e Drummond (2005) é preciso quebrar o paradigma do estoque fixo, entendendo-se que os recursos naturais são finitos e isso exige maior responsabilidade, “pois embora aceite a hipótese de substituição do capital natural, questiona-se até que ponto essa substituição pode continuar indefinidamente” (SILVA; DRUMMOND, 2005, p.04).

##### **3.1.1 Ribeirão do Grotão – Capitólio, Minas Gerais**

O local deste estudo é conhecido por Ribeirão do Grotão, situado no município de Capitólio, Sudoeste do estado de Minas Gerais (Figura 3.1). Segundo dados do IBGE (2019), o município de Capitólio possui uma população de aproximadamente 8.600 habitantes.

Figura 3.1: Mapa referente à localização do Município de Capitólio – MG.



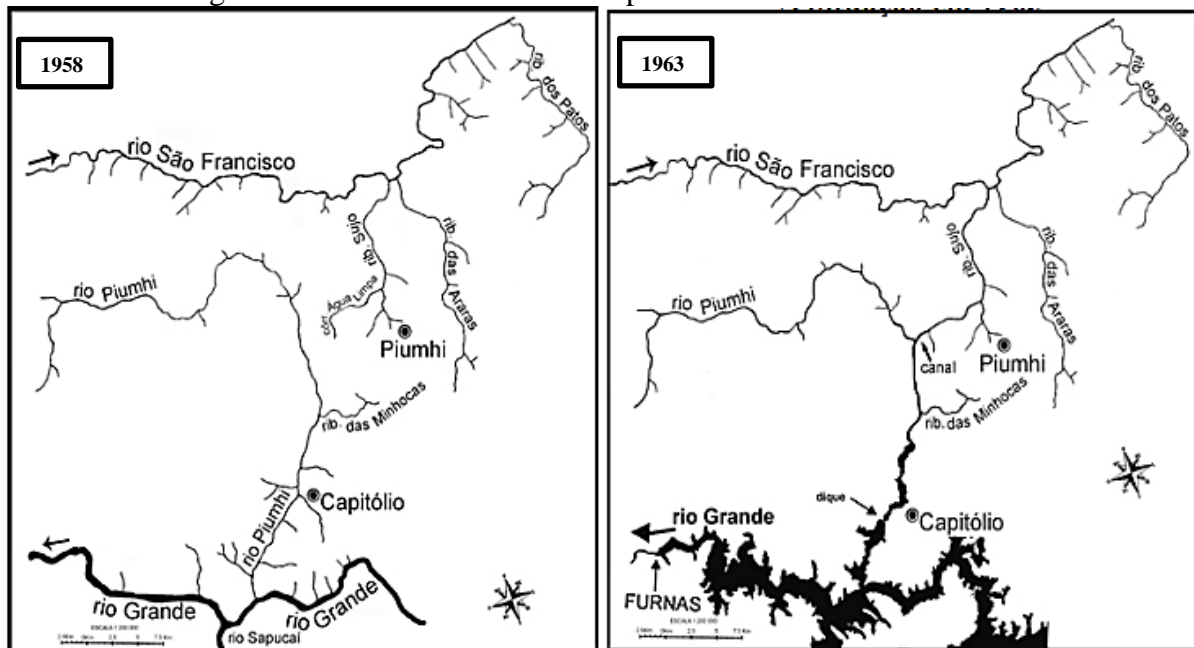
Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Capitólio, atualmente, ganhou destaque a nível nacional devido à exposição turística, em especial por suas paisagens e recursos naturais (compostos por cachoeiras, poços naturais e ribeirões).

Kurimori (2018) apresenta que o município não pratica um turismo sustentável, sendo o principal fator a falta de cuidados com o meio ambiente e a preservação da natureza. As práticas de ecoturismo voltadas ao setor são escassas, levando-se em conta tal importância no desenvolvimento local, com o envolvimento social, pelo fato de a cidade possuir belezas únicas e estar inserida em uma Área de Proteção Ambiental (APA) (KURIMORI, 2018).

A região onde se localiza o perímetro urbano tem por característica a divisa do dique, que parte duas bacias hidrográficas, e sua execução fez parte do plano de projeto da construção da usina hidrelétrica de Furnas que transpôs o rio Piumhi – realizado na década de 1960. A Figura 3.2 apresenta o antes e o depois da intervenção antrópica com a criação do dique, que tinha como curso natural a bacia do rio Grande para o rio São Francisco.

Figura 3.2: Até 1963 o rio Piumhi pertencia à bacia do rio Grande



Fonte: MOREIRA-FILHO, 2006.

De acordo com Moreira-Filho (2006), a construção da usina hidrelétrica de Furnas só ocorre com a presença do dique para não inundar parte da cidade de Capitólio, conectando o rio Piumhi ao rio São Francisco. Portanto, ao não inundar a cidade, ou seja, com a construção do dique, a usina seria beneficiada com o aumento de capacidade de armazenamento da represa (MOREIRA-FILHO, 2006).

A Figura 3.3 apresenta, no lado esquerdo, a bacia do Rio São Francisco e, na direita, a bacia do lago de Furnas pertencente ao rio Grande, local onde a ação humana é visível na intervenção ambiental.

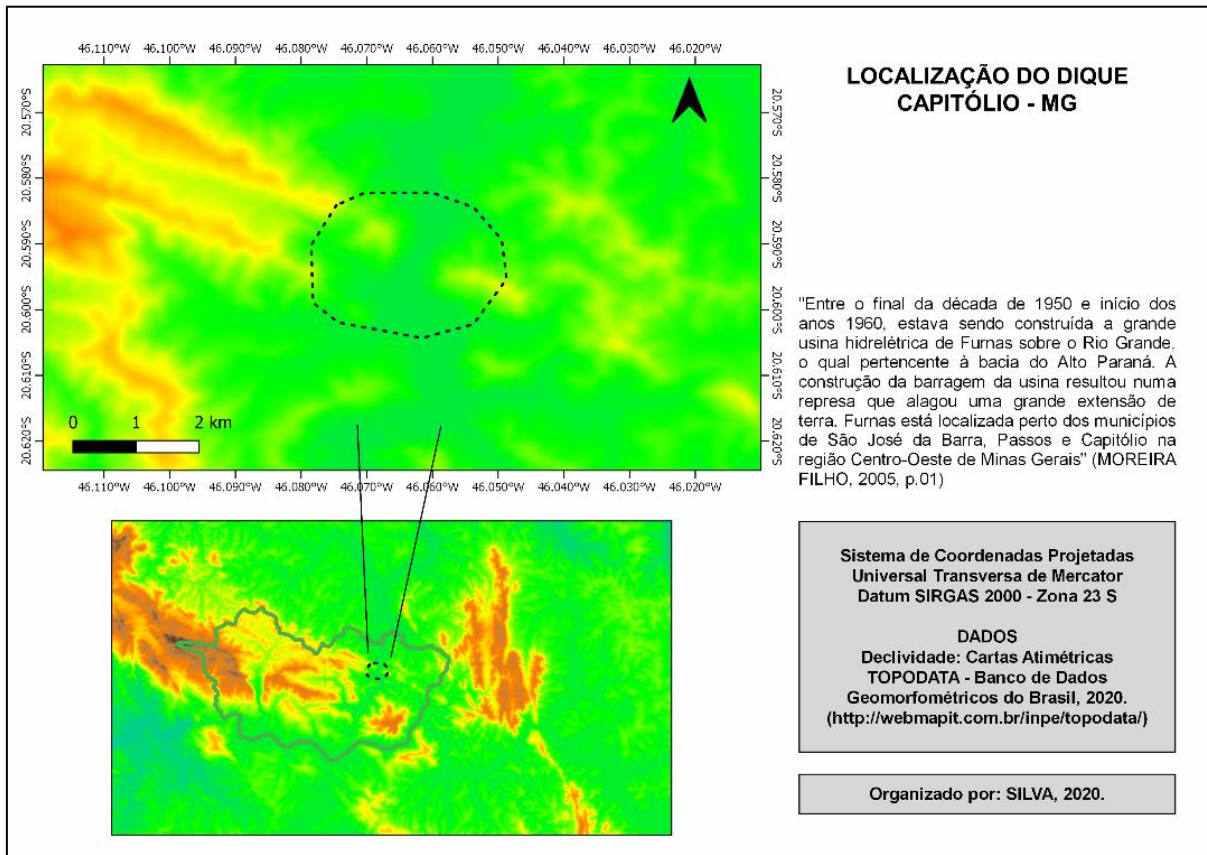
Figura 3.3: Dique criado artificialmente, utilizado para divisão física das bacias



Fonte: Arquivo Próprio, 2020.

Dentro desse contexto, observa-se que o exutório do Ribeirão do Grotão deságua na Represa de Furnas e, conseqüentemente, na bacia do rio Grande. O potencial hidráulico do represamento da água configurou condições favoráveis para produção energética (limpa) da usina, como é possível ver na Figura 3.4.

Figura 3.4: Visualização cartográfica da topografia do dique



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Com essa intervenção antrópica, o Grotão alterou-se, deixando de ser cabeceira do rio São Francisco para tornar-se a da bacia do rio Grande, a montante da hidrelétrica. Moreira-Filho (2006) apresenta que os efeitos gerados pela transposição do rio Piumhi, do Pantanal e de seus 22 afluentes acarretaram diversas alterações ambientais. O referido autor ainda cita:

- a) A formação de um conjunto de lagos no antigo leito do rio Piumhi, na região do município de Capitólio;
- b) A construção do canal, por onde corre atualmente o rio Piumhi, sem a presença de Mata Ciliar;
- c) A drenagem do Pantanal, com mais de 10 km de extensão;
- d) A alteração dos leitos dos córregos e ribeirões.

Segundo Moreira-Filho (2006, p.3): “No álveo abandonado do rio Piumhi, a Mata Ciliar foi derrubada e substituída por pastagem, o mesmo aconteceu em toda a extensão do Pantanal”. Todavia, o que se observa dentro de um perfil longitudinal da bacia, partindo dos

“supostos” pontos de nascentes<sup>1</sup> até sua foz, é a utilização de toda a região para pastagem, bem como os mananciais para atividades ligadas à agropecuária. A Figura 3.5 e a Figura 3.6 apresentam o trecho final do manancial.

Figura 3.5: Imagem projetada próximo ao exutório da bacia de estudo



Fonte: Image Landsat/Copernicus, Google Earth, 27 mai, 2020.

Figura 3.6: Ponto *in loco* do trecho final do exutório do manancial



Fonte: arquivo pessoal, 2020.

Outro fator dessa rede de drenagem é a proximidade da captação de água para o abastecimento urbano do município, o que implica em sua qualidade, fazendo com que se tenha como um dos fatores de alerta o uso de agrotóxicos para fertilização do solo, pelo fato da baixa

---

<sup>1</sup> A identificação dos pontos de nascentes por intermédio de sensoriamento remoto é apenas uma indicação por meio de dados governamentais de que o afluente se deriva de algum olho d'água.

qualidade nutritiva da região (tópico também explorado neste trabalho), o que implica profundamente na questão socioambiental do município.

A bacia do córrego do Grotão possui extensão de 4.388,52 hectares (43,8852 km<sup>2</sup>, de acordo com o cálculo feito através da delimitação geográfica), sendo banhada pelos ribeirões da Grota Feia e Grotão. A Figura 3.7 apresenta um longo trecho de pastagem dentro dos seus limites.

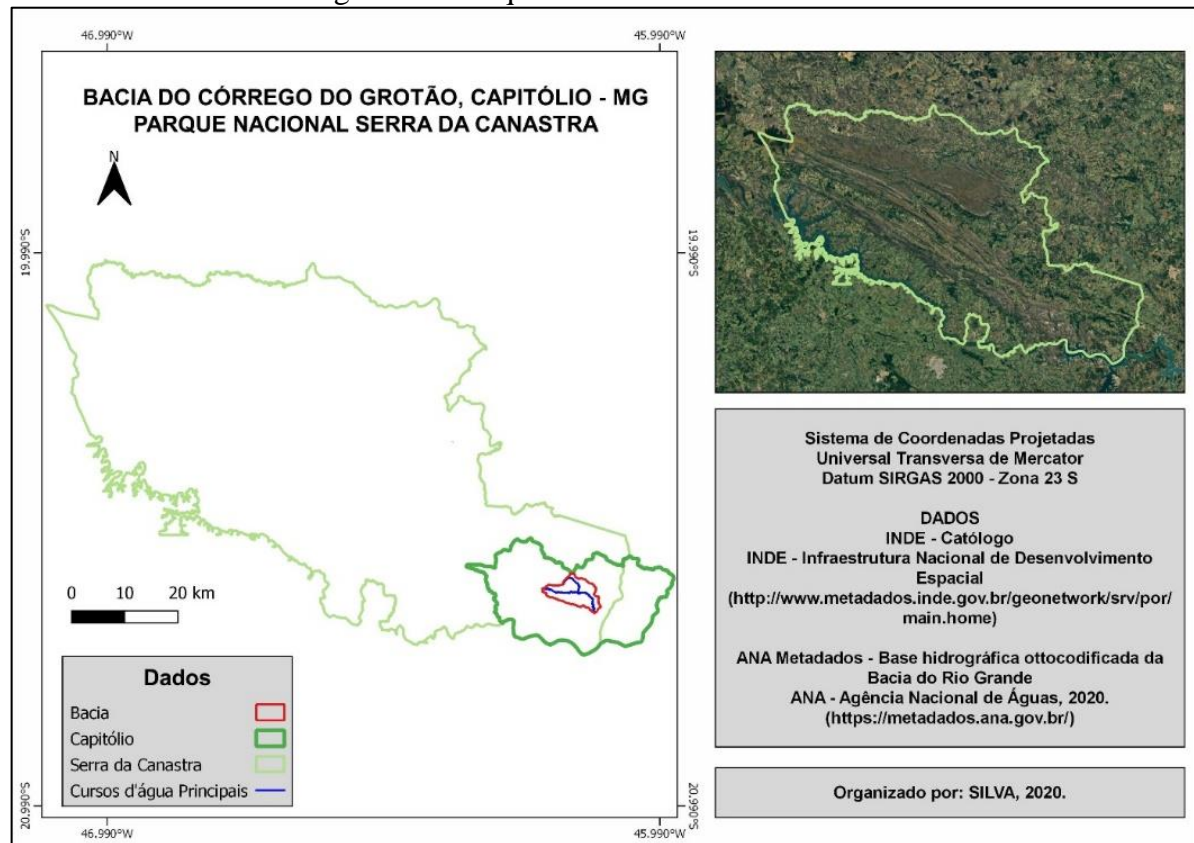
Figura 3.7: Vista do pasto verdejante e montanha que circunda o Grotão



Fonte: arquivo pessoal, 2020.

Os afluentes têm seus olhos d'água nas zonas mais íngremes e próximas aos topos de morro, evidenciando a importância da preservação da região. Portanto, os resultados deste estudo revelaram um ambiente degradado, a longo prazo, que irá impactar diretamente na saúde, economia, desenvolvimento social e no índice do volume do reservatório da Represa de Furnas. Outro fator relevante é a localização da bacia de estudo em relação ao Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC). De acordo com Kurimori (2018), Capitólio possui parte do município dentro da área de proteção do parque, o que inclusive incide na bacia do córrego do Grotão, no PNSC (Figura 3.8).

Figura 3.8: Parque Nacional Serra da Canastra



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Observa-se que, dentro do conjunto Parque Serra da Canastra, segundo o IBAMA (2005), existe uma Zona de Amortecimento (ZA), sendo essa uma região na qual são descritas diretrizes próprias em relação ao desenvolvimento urbano. Estabelecida ao redor de uma Unidade de Conservação (UC), a ZA tem o objetivo de filtrar os impactos gerados ao seu redor. Assim:

“No sentido de garantir uma maior eficácia na proteção dos recursos naturais e culturais das UC, através da minimização dos impactos negativos ocorridos no entorno dela, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) estabelece a determinação da ZA, onde as atividades humanas estão sujeitas às normas e restrições específicas” (IBAMA, 2005, p.16).

## 3.2 Revisão Bibliográfica

### 3.2.1 Cerrado

Amorim e Cordeiro (2004) citam que as ações antrópicas de extração de recursos naturais são realizadas desde o início da colonização do Brasil, momento em que se estabeleceu a extração de minerais no estado de Minas Gerais, um modelo de desenvolvimento econômico (extrativista) que se perpetua até hoje.

No Sudoeste do estado de Minas Gerais, esse modelo econômico convergiu para a prática agropecuária, o que contribui para outra condição de degradação atual. Souza (2014), Amorim e Cordeiro (2004) citam que tal ocupação desordenada do solo gera uma sequência de impactos ambientais, o que quase sempre não recebe as devidas atenções sobre suas futuras consequências, como é o caso da falta de tratos conservacionistas, como a rotação do solo entre períodos para recuperação do ambiente.

As ações antrópicas impróprias provocam alterações na qualidade da água local e induzem à poluição dos recursos hídricos com seus insumos (SOUZA, 2014), o que leva a alterações topográficas devido à impermeabilização do solo, gerando, como consequência, um aumento de erosão e assoreamento dos cursos d'água, muito pelo fato de carreamento de sedimentos e insumos junto ao corpo hídrico (AMORIM; CORDEIRO, 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2007), esses efeitos têm por explicação o ponto de vista geomorfológico, pois, nas superfícies (em geral nos planaltos e regiões montanhosas), o que se apresenta é um solo raso sobreposto identificado em algumas regiões do Cerrado. Dessa forma, os autores Amorim e Cordeiro concluem que, para tais tipos de solos, a fragilidade é o fator característico devido à sua fragmentação.

Levando em consideração a relevância do Bioma no qual está inserida a zona de estudo, a SEMA/DF – Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (2017) – apresenta que o Cerrado, a nível nacional, é o segundo maior bioma brasileiro, possuindo em sua extensão cerca de 204 milhões de hectares, o que representa aproximadamente 25% do todo território nacional. Desse modo, a preocupação com a preservação da fauna e da flora está fazendo parte do cotidiano das agroindústrias, que buscam por técnicas e meios de preservação da biodiversidade (MESAVILLA, 2017).

Amorim e Cordeiro (2004) definem uma bacia hidrográfica como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e serve de captação natural da água de precipitação através do favorecimento topográfico. As práticas que geram impactos ambientais, em grande parte, atingem as bacias hidrográficas – elementos vitais de um ciclo hidrológico –, englobando a infiltração e o escoamento superficial (AMORIM; CORDEIRO, 2004).

Com isso, esse sistema de drenagem natural por meio de uma rede de captação, que é formada por cursos d'água (afluentes), converge os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (AMORIM; CORDEIRO, 2004). Nesse cenário, uma das maiores redes

de bacia hidrográficas está localizada no bioma Cerrado, que possui uma grande relevância tanto pela sua importância geográfica como ambiental (LIMA, 2011).

Fatidicamente, o bioma Cerrado é o que mais se alterou ao longo dos anos. Klink e Machado (2005) apresentam que o Cerrado é um “*hotspot*”, ou seja, um local de grande riqueza natural para a conservação da biodiversidade mundial. Entretanto, esse título causa uma certa preocupação, pois só são considerados ‘*hotspots*’ os que têm índices preocupantes quanto à perda de biodiversidade (KLINK; MACHADO, 2005).

De acordo com Klink e Machado (2005) e Venturoli *et al.* (2012), o Cerrado, nos últimos 35 anos, enfrentou um acelerado processo de conversão da vegetação nativa, no qual mais da metade dos 2 milhões de km<sup>2</sup> originais, aproximadamente, foi convertida em zonas de pastagens plantadas e culturas anuais, o que reflete numa área de 15 estados brasileiros, que possuem Cerrado, atingindo desde uma porção da Amazônia até uma parte do Paraná (Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2020). Além de sua vasta extensão, o bioma ainda contempla as três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica, São Francisco e Prata) e abriga por volta de 11 mil espécies de plantas nativas catalogadas (MMA, 2020).

Do ponto de vista geológico e morfológico, o solo do Cerrado desenvolveu-se há milhões de anos, através de processos intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes (KLINK; MACHADO, 2005). O que preocupa, da antropização aos órgãos ambientais, é o fato de que o Cerrado possui uma grande riqueza de biodiversidade, além de ser fonte de sustento e sobrevivência humana e animal, o que continuamente vem sendo alterado para monocultura e prática de pastagem extensiva (LIMA, 2011; KLINK; MACHADO, 2005).

Para Klink e Machado (2005) e Resende e Rosolen (2013), os elevados índices de concentração de alumínio presentes nos solos, arbustos e árvores nativos do Cerrado não foram um problema para a agricultura, já que, para torná-los produtivos, aplicam-se fertilizantes e calcário. Resende e Rosolen (2013) concluem que tal prática de agentes químicos causa desequilíbrio no solo, o que, em grande parte, é ignorado na agricultura moderna de caráter extensivo, focada no lucro e não na sustentabilidade.

Uma característica do solo do Cerrado é a sua baixa qualidade de nutrientes. Assim, esse ecossistema possui como natureza uma vegetação arbustiva, possivelmente pelo fato de possuir poucos nutrientes no solo e conviver com a presença natural do fogo (COUTINHO, 2000). Ocorre que, com a presença do fogo, acelera-se a remineralização da biomassa por meio de carbonização dos galhos secos, gerando um ambiente favorável para o florescimento de outras espécies e manutenção das sobreviventes, fazendo com que o Cerrado seja um bioma seletor de suas espécies (COUTINHO, 2020). Em contrapartida, como apresentado pela SEMA

(2017), uma das grandes ameaças à conservação desse bioma é a presença de fogo proveniente de ação humana, seja para abrir novas regiões de pastagens ou para agricultura, que ocorre principalmente durante a estação seca.

Assim:

“Por ocupar as partes mais altas das bacias hidrográficas do rio São Francisco que compõem outras regiões, impactos sobre as águas do Cerrado podem ser propagados por grandes porções do território brasileiro em águas superficiais e subterrâneas” (SEMA, 2017, p 12).

A seguir, a Figura 3.9 mostra a ocorrência de incêndios na bacia de estudo, revelando um dos problemas mais recorrentes no local. A imagem apresentada é de agosto de 2020.

Figura 3.9: Presença de fogo nos trechos próximos às cabeceiras dos rios



Fonte: arquivo pessoal, 2020.

Diante de tais níveis de degradação desse bioma, o que se destaca, efetivamente, são as práticas, técnicas e projetos voltados à recuperação, manutenção e regeneração da biodiversidade (VENTUROLI *et al.*, 2012). Uma das práticas mais aplicadas é a de reflorestamento, que diz respeito, de acordo com Venturoli *et al.* (2012), ao recobrimento do solo exposto com vegetação nativa, no qual se aproveita a topografia da forma associada à terraplenagem, dentro das curvas de níveis, e se estabiliza, em níveis, o terreno, para evitar processos erosivos.

### 3.3 Metodologia

Tendo em vista ser este um capítulo teórico, de revisão bibliográfica, a metodologia deu-se com base em levantamento bibliográfico acerca do tema, seu respectivo fichamento e consequente obtenção de resultados acerca da temática apresentada.

### 3.4 Resultados e Discussão

As observações realizadas acerca do Córrego do Grotão corroboram o entendimento dos efeitos gerados pela degradação que ocorrem dentro do Cerrado. O principal agente maléfico refere-se ao uso e ocupação do solo, de interferência antrópica, que pode acarretar ações erosivas, promovendo grande espaços de solo exposto (Figura 3.10).

Figura 3.10: O excesso de pastagem nos topos de morros contrapondo-se com a Mata-Ciliar



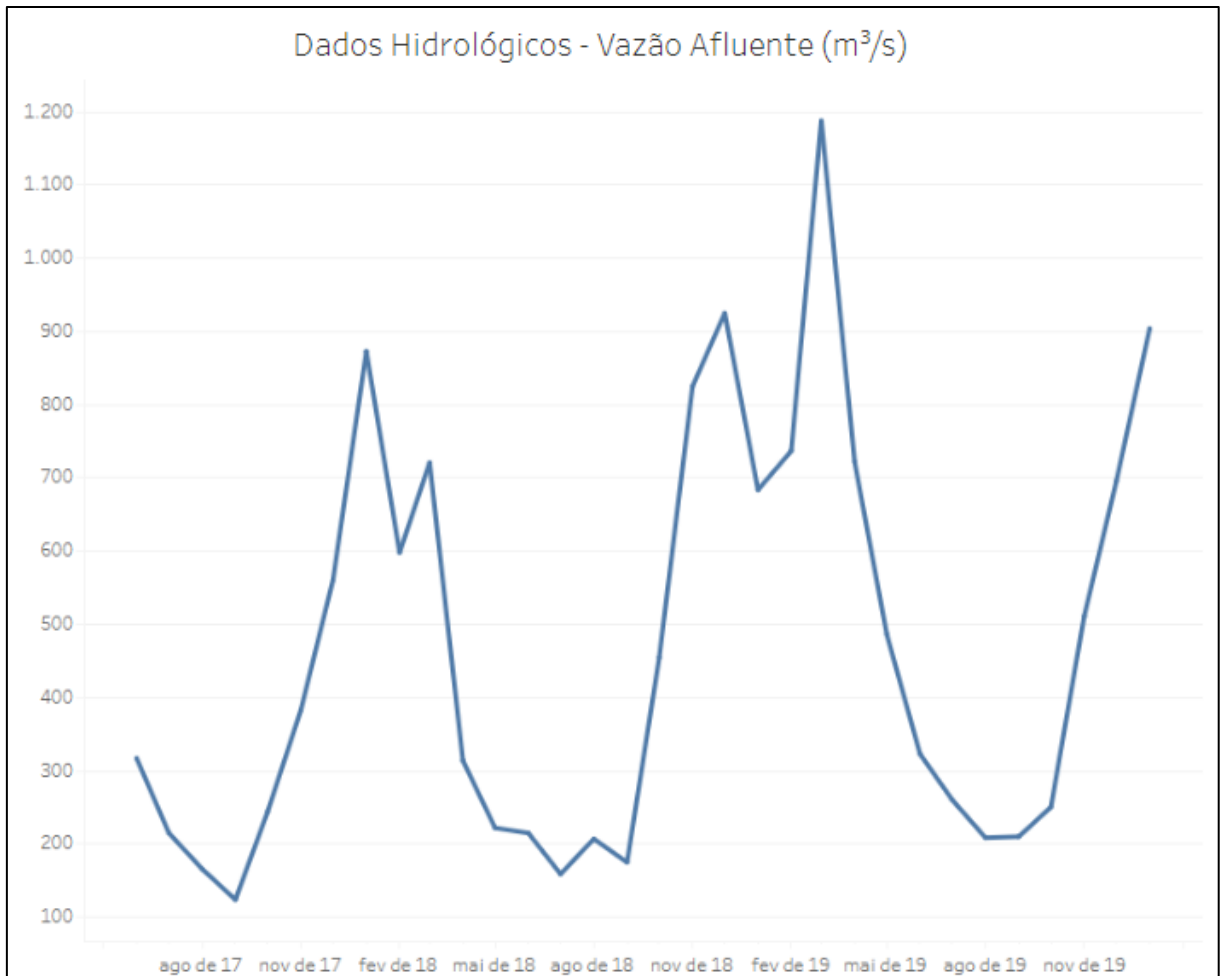
Fonte: arquivo pessoal, 2020.

A conservação desse ecossistema é de fato evidenciada pela sua importância regional muito peculiar, que se encontra em um processo massivo de ações antrópicas para a exploração de seus recursos. Observa-se também o aspecto do déficit hídrico, o qual convergiu para condições desfavoráveis ao abastecimento elétrico. Os gráficos disponibilizados pelo

Operador Nacional de Sistema Elétrico (ONS) (2020) permitiram analisar o quão a antropização vem afetando o entorno da bacia, como se observa a seguir.

No período de julho de 2018, o sistema Furnas atingiu o pior índice de vazão em comparação ao ano anterior. Na Figura 3.11, apresentam-se os dados hidrológicos de vazão da hidrelétrica entre julho de 2018 e janeiro de 2020.

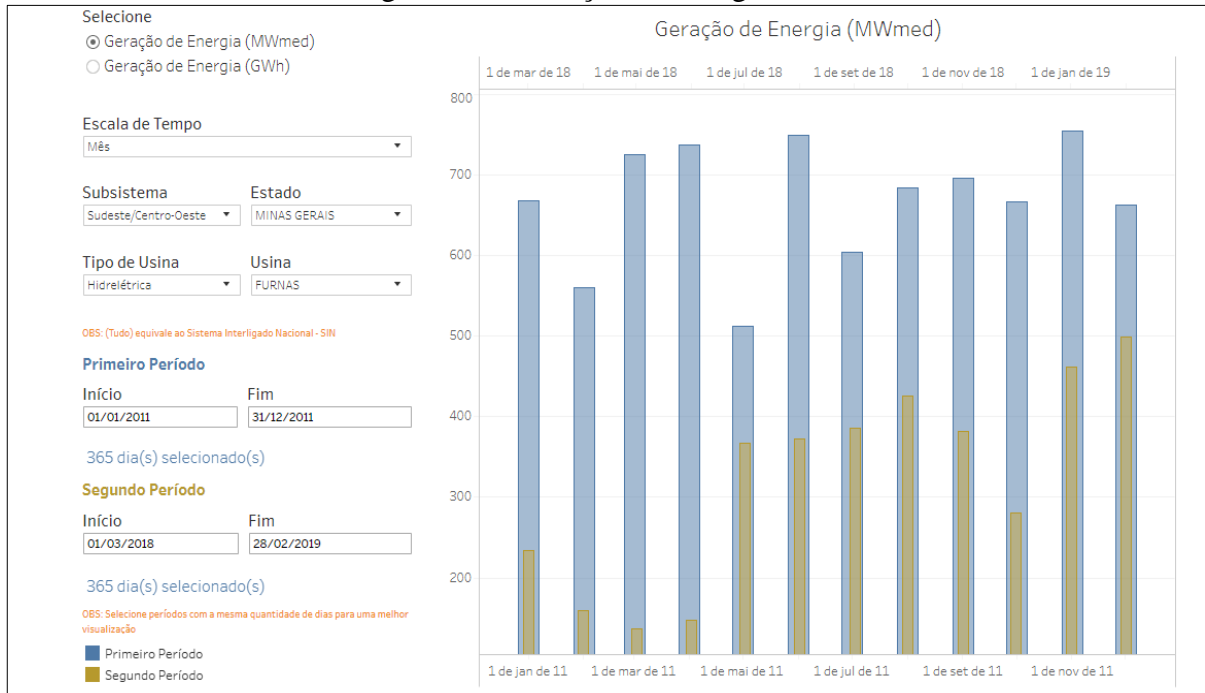
Figura 3.11: Gráfico de vazão do afluente



Fonte: ONS, 2020.

No ano de 2011, a geração média de energia concentrou-se em 706 megawatts por mês (Figura 3.12). Já em 2018, a produção energética caiu para uma média de 280 megawatts, aproximadamente 60% menos. No entanto, mesmo com a queda na produção de energia, o nível do represamento não subiu, ou seja, a abertura das comportas se manteve para geração de energia e abastecimento de outras hidrelétricas a jusante (EPTV SUL DE MINAS, 2019).

Figura 3.12: Geração de Energia Média



Fonte: ONS, 2020.

Como apresenta Brochado (2014, p.665):

“A redução da lâmina de água no lago foi ocasionada devido à necessidade da hidrelétrica de gerar energia elétrica e, para tal, foram abastecidos outros reservatórios a jusante da barragem”.

Assim, “nota-se que a situação foi muito grave em toda extensão do lago de Furnas, porém foi mais agravante próximo as nascentes” (BROCHADO, 2014, p.674).

Nesse contexto, entende-se que o papel da bacia hidrográfica, foco principal deste estudo, é vital para a conservação de toda biodiversidade local. Outrossim, ela corrobora com o fator energético brasileiro, motivando ainda mais a prática regional focada no turismo ecológico, elevando ainda mais o *status* do trabalho em questão.

### 3.5 Conclusão

Diante do exposto, pode-se perceber que a bacia do Córrego do Grotão possui uma relevância no contexto socioeconômico para o município de Capitólio. Sua localização privilegiada (Parque Nacional da Serra da Canastra, Lago de Furnas) e o fato de compor um polo turístico ecológico revelam o quão são vitais, para a sua manutenção, as práticas conservacionistas.

Pode-se destacar aqui que a interferência humana é presenciada no Córrego do Grotão, e, por isso, ao longo deste estudo, buscaram-se comprovar os efeitos gerados por tal antropização.

## 4 CAPÍTULO II – DELIMITAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA COM O USO DO GEOPROCESSAMENTO

### 4.1 Inserção ao conteúdo

As laudas a seguir dedicam-se a explorar conceitos de hidrografia a fim de se realizar a delimitação da zona de estudo, o que pode ser executado com o auxílio de um *software* de Geoprocessamento. Tendo concluído a regionalização da zona a ser analisada, é possível a elaboração de mapas georreferenciados da região.

Este trabalho pauta-se no conceito de utilização de *software open source*, que facilita o acesso a recursos infindáveis. Para realizar o processamento dos dados, utilizou-se o *software* QGIS.

#### 4.1.1 Bacia hidrográfica

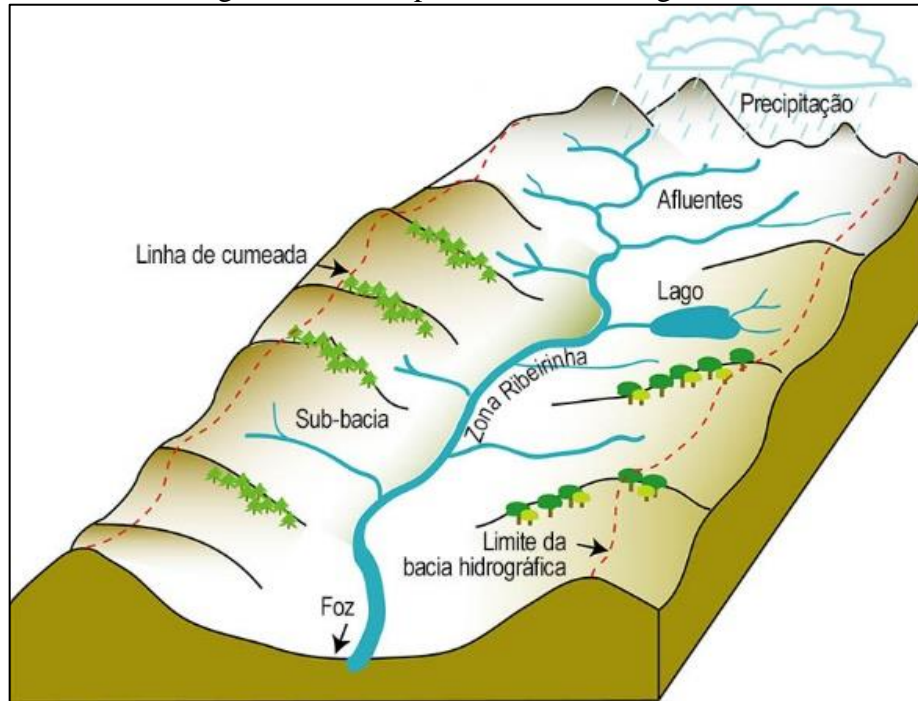
Uma rede de drenagem pluvial de escoamento superficial conhecida por bacias hidrográficas é caracterizada por regiões de captação natural de água precipitada, cujo escoamento converge para um exutório (único ponto de saída) (TUCCI, 1997). A composição das redes de drenagem possui um balanço hídrico, ou seja, o que entra e sai, e é quem dará a sua capacidade de escoamento. Portanto esse volume é o que irá compor uma bacia a jusante (de proporção maior), determinando a totalidade de um rio.

Os afloramentos são o ponto vital para o desenvolvimento do escoamento superficial. Eles possuem um mecanismo crucial através de grandes bacias subterrâneas (os aquíferos), que, ao ascender, promovem o desenvolvimento de córregos, ribeirões e rios. Com base nisso, pode-se definir o que vem a ser balanço hídrico. Segundo Tucci *et al.*, (2001), essas redes de drenagens subterrâneas possuem uma capacidade de armazenar e regular os períodos de estiagem dos rios.

Esse sistema, unido à Mata Ciliar que margeia uma bacia, forma o percurso dos corpos hídricos superficiais, abastecendo os reservatórios de águas de pequenos e grandes centros urbanos, além de possuir um enorme potencial energético, aproveitado pelas usinas, que usam esse recurso como força motriz.

Qualquer forma de intervenção nesse conjunto que compõe uma bacia irá interferir na condição natural do ecossistema, desequilibrando o balanço hídrico. Portanto, a conservação desse conjunto é o que garante a manutenção de todo o sistema terrestre. A Figura 4.1 expõe o esboço de uma bacia, apresentando todo o seu conjunto hídrico.

Figura 4.1: Exemplo de Bacia Hidrográfica



Fonte: SOS RIO PAIVA, 2019.

Tucci *et al.*, (2001) colocam que o uso das bacias hidrográficas tem sido intenso devido às suas aplicações, como abastecimento de água, irrigação, controle ambiental de despejos e conservação hídrica.

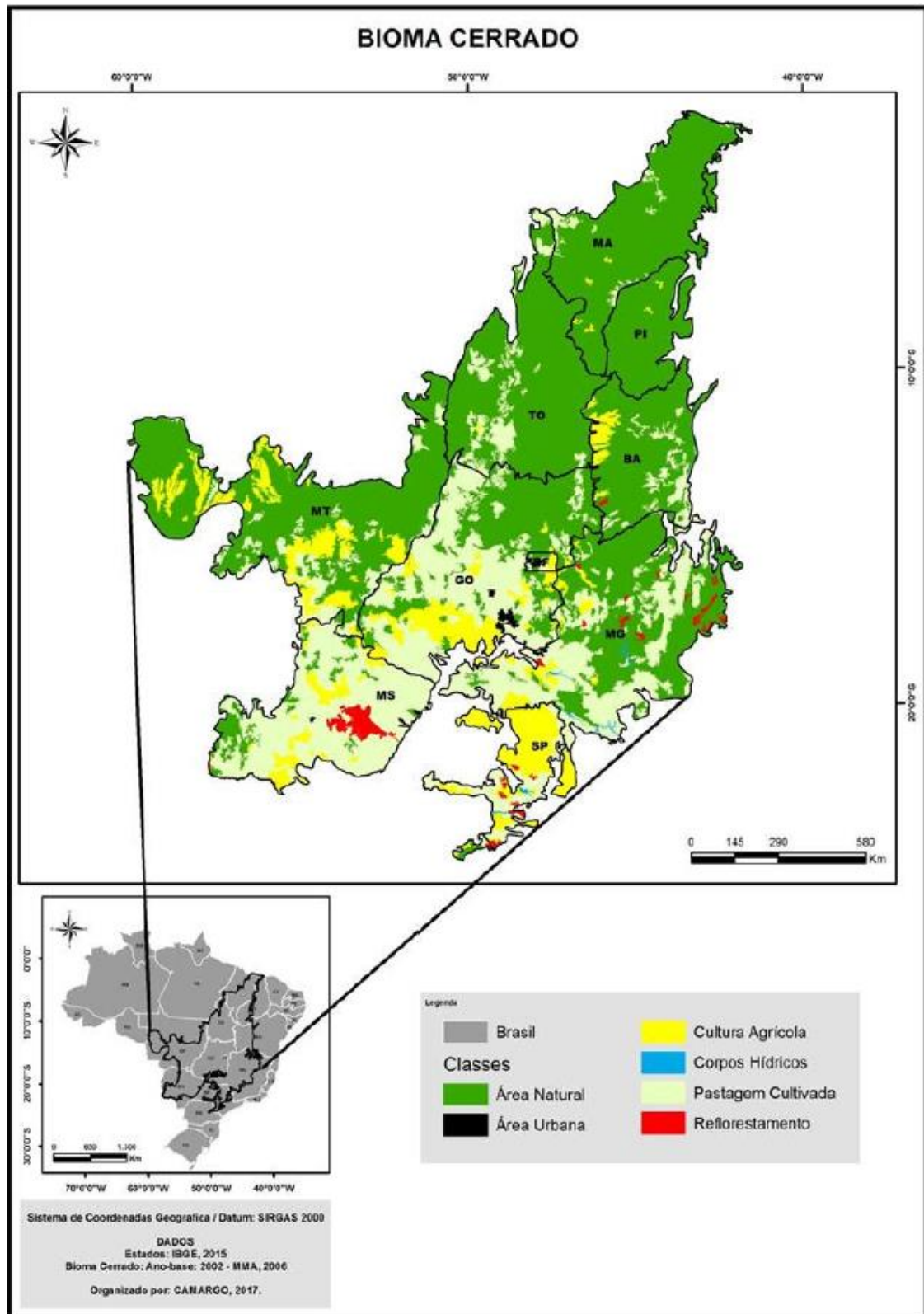
O conjunto de sucessões de bacias (córregos e ribeirões) compõe um grande leito aquático, chamado de rios, que estão sob a custódia da Agência Nacional de Águas (ANA). Tal autarquia possui como missão: “garantir a segurança hídrica para o desenvolvimento sustentável do Brasil” (ANA, 2019, p.5).

Quando as características físicas, químicas e biológicas de todo esse conjunto de bacias hidrográficas apresentam semelhanças, são chamados de biomas (COUTINHO, 2006). Essas uniformidades fitofisionômicas e climáticas caracterizam essas unidades biológicas.

Fazendo uma “engenharia reversa”, o principal meio para o controle ambiental de um bioma é a preservação de suas bacias. Destaca-se que isso implica muito para unidades biológicas que são consideradas ‘*hotspots*’, pois a proteção hidrográfica é o que garantirá o retorno da biodiversidade.

Lima (2011) coloca que um dos biomas de maior destaque em biodiversidade e extensão é o Cerrado (Figura 4.2), pelo fato de ser inóspito para aquilo que não é endêmico, ou seja, somente sobrevive quem se adapta, criando-se uma condição própria de seleção da vida e da biodiversidade do bioma.

Figura 4.2: Mapa do Cerrado brasileiro



Fonte: CAMARGO, 2018 p.80.

De acordo com Camargo (2018), o que auxilia os métodos ambientais de preservação do Cerrado é uma boa gestão ambiental, que conseqüentemente vai culminar na

conservação dos corpos d'água, ou seja, partindo do início das cabeceiras de bacias hidrográficas até sua foz.

## 4.2 Revisão Bibliográfica

### 4.2.1 Geoprocessamento no *software open source* (QGIS)

O *Quantum GIS* (QGIS) é um *software* pautado no conceito *open source*, ou seja, livre e de código aberto em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Seus desenvolvedores são voluntários espalhados em vários países, um deles o Brasil, e esse apoio ajuda na tradução de suas funções, além do desenvolvimento junto a outras instituições de alguns *plugins* que aperfeiçoam o *software*, facilitando funções que ainda não foram incrementadas. Acerca dos *plug-ins*:

“Plugin são extensões que se encaixam em outro programa principal para adicionar mais funções e recursos a ele. O QGIS é um software totalmente extensível por meio de plugins. Isso permite que sejam executadas tarefas através do QGIS que na versão original não seriam possíveis” (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2017, p.sn).

De acordo com o Exército Brasileiro (2017), a experiência acumulada pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) permitiu identificar o QGIS como a ferramenta livre capaz de atender às necessidades das Seções de Operações e Inteligência dos Comandos Militares, constituindo-se em uma ferramenta que potencializa o uso das infraestruturas, bem como, a baixo custo, facilita o uso da geoinformação no planejamento e condução das operações militares.

## 4.3 Metodologia

### 4.3.1 Processo científico para a coleta dos dados

Uma das etapas mais importantes deste trabalho diz respeito ao local onde foram obtidos os dados. Esses tipos de arquivos não podem correr riscos de divergências. Para isso, é fundamental que sejam obtidos em sítios de órgãos governamentais e agências oficiais. Desse modo, a disponibilidade de dados públicos corrobora uma comprovação maior da hipótese elaborada. Por conseguinte, cada autarquia dispõe esses arquivos no sistema SIG.

*A priori*, deve-se saber qual a região de estudo, tal como município e localização da região de interesse (no caso a bacia hidrográfica). Assim, o primeiro passo é a importação de dados no Catálogo de Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE). Essa plataforma fornece dados importantes para esse tipo de estudo, tendo como última atualização do limite geográfico do município no mês de novembro de 2019. Dentro dessa

opção, pode-se acessar o tópico MG – Município Novembro 2019. Ao selecionar essa opção, abre-se uma aba para as opções de visualizar ou realizar o *download shapefile*<sup>2</sup>.

A sequência dessas coletas de informações divide-se em dados: hidrográficos, topográficos, geomorfológicos e sensoriais para análise visual dos avanços degradativos. A importação dos arquivos hidrográficos é realizada no órgão federal competente, no caso a Agência Nacional de Águas (ANA), cuja base de dados é chamada de Metadados ANA. Por meio da plataforma GeoNetwork, na barra de pesquisa, descrita como: o quê?, pode-se digitar Base hidrográfica otocodificada da bacia do rio Grande. Nessa busca feita, seleciona-se *Download* e importam-se os arquivos compactados no formato .zip, sendo eles: Áreas de Contribuição Hidrográfica (shp) e Cursos d'água (shp). Esses arquivos terão de ser descompactados de forma individual, mantendo-se todas as suas informações juntas em suas respectivas pastas.

#### 4.3.2 Delimitação da Bacia

Em posse dos dados coletados, abre-se no QGIS o arquivo AutoCAD Shape, tanto para a área de contribuição quanto para o curso d'água. Para tal, basta manter o botão clicado e arrastar o arquivo para o *software*. Com isso, serão carregados os arquivos da bacia de toda sua extensão. Para reduzir essa quantidade de dados, deve-se trabalhar com um outro arquivo, chamado MG – Municípios Novembro 2019.

Nesse arquivo (repetindo o processo de abrir o AutoCAD Shape), excluem-se as cidades que não compreendem a bacia de interesse, ou seja, pela análise prévia, somente se mantém o município de Capitólio. Os passos para a função seguem adiante: clicar com botão direito em cima da camada Municípios; clicar em Tabela atributos; alternar modo de edição (Ctrl + E); procurar pelo município de Capitólio; na 11ª opção da caixa de ferramentas, selecionar Todas (Ctrl + A); depois, somente no município 'Capitólio', clicar sobre a feição junto do comando Ctrl (Ctrl + clique); na 6ª opção, excluir feições selecionadas.

Somente com o município desejado poderá ser feita a redução de toda a bacia hidrográfica baixada. Essa redução primeiro terá de passar por um outro processo de conversão de polígono para linha (do arquivo município). Tal mudança é importante para realizar o recorte dos arquivos importados. Os passos para função são: no QGIS, ao observar as opções na aba

---

<sup>2</sup> Esse formato de arquivo (*shapefile*) é caracterizado de forma vetorial, contendo dados geoespaciais, usando o SIG.

superior, clicar em Processar; clicar em Caixa de Ferramentas (Ctrl + Alt + T); digitar na busca ‘Polígonos para Linhas’; escolher como conversão o arquivo Municípios; clicar em Executar.

A próxima etapa é recortar os arquivos da área de contribuição e curso d’água em relação ao município. Com isso, tem-se uma grande redução dos dados, facilitando a trabalhabilidade do arquivo.

Na interface do *software* QGIS, as opções de recortes estão na aba superior. Deve-se clicar em Vetor; Geoprocessamento; Recortar; Na camada de entrada (Curso d’água ou área de contribuição); Na camada de sobreposição o arquivo Município convertido em Linha; Executar.

Após realizar o processamento das informações para os dois arquivos por meio das mesmas ações, pode-se procurar a área de estudo. Um dos meios de facilitar essa visualização é ativando a imagem do satélite disponível tanto nas configurações básicas quanto como *plugin* (um dos recomendados pelo Exército Brasileiro é o *OpenLayers Plugin v.2.0.0 2018*).

O passo mais importante desse processo de delimitação da zona de estudo é excluir as áreas de contribuições que não pertencem à bacia. Esse processo demanda atenção para não se eliminar uma área que pertença à região, mantendo-se a camada de curso d’água em primeiro plano em relação à área de contribuição, de modo que se possam observar todos os afluentes.

Os passos para delimitação da bacia são: clicar com o botão direito sobre a camada Área de contribuição; Alternar Opção; na 4ª opção, selecionar Feições por uma Área; após ativado, clicar na região que se deseja apagar; apertar a tecla Delete; reduzir até ter somente a área da bacia; Excluir todas as “sobras”; clicar em Alternar edição; Salvar.

Para a camada curso d’água, pode-se adotar o mesmo método anterior ou aplicar o processo de recorte na camada de entrada curso d’água e de sobreposição à área de contribuição. Após finalizar ambos os processos, tem-se a bacia hidrográfica delimitada.

#### 4.3.3 Forma da Bacia Hidrográfica

Executou-se a determinação do formato geográfico da bacia hidrográfica através da confecção da regionalização da zona de drenagem do Grotão, utilizando-se, como base, os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) bem como um trabalho investigativo de campo, no qual se realizou a medida de vazão no período crítico de seca (19 de agosto de 2020) e, posteriormente, no mesmo ponto geográfico, seria feita aferição no

período de cheia<sup>3</sup>. Pode-se ressaltar a importância dessa medição para um acompanhamento sazonal da oscilação hidrológica da Bacia.

Os dados obtidos trouxeram uma percepção do potencial hídrico, que, juntamente com os dados de dimensão da bacia, possibilitaram apontar: tempo de concentração, determinação da forma da bacia, densidade de drenagem.

Após obter os dados processados, puderam-se aplicar os conceitos de hidrologia, o que trouxe uma caracterização morfométrica de parâmetros físicos. De acordo com Tucci (1997), a forma da bacia fornece dados interessantes a respeito da tendência à propensão de ocorrência de enchentes, ou seja, seu formato diz sobre sua condição, mostrando a forma de escoamento superficial. Para Guimarães (2017, p.04) “uma bacia circular e compacta apresenta maior tendência para a ocorrência de cheias do que uma bacia estreita e alongada”.

A contribuição dos afluentes em bacias circulares favorece que atinjam o curso de água principal de forma concentrada em única seção, o que pode levar a uma concentração rápida de escoamento, promovendo cheias (GUIMARÃES, 2017).

Para uma caracterização morfométrica da bacia, são necessários alguns dados de grande importância: áreas, perímetros, comprimentos axiais e de curso d'água. A fim de determiná-los, realizar-se-á uma série de equacionamento dos parâmetros físicos ao longo dos próximos tópicos, buscando-se compreender as características da bacia estudada.

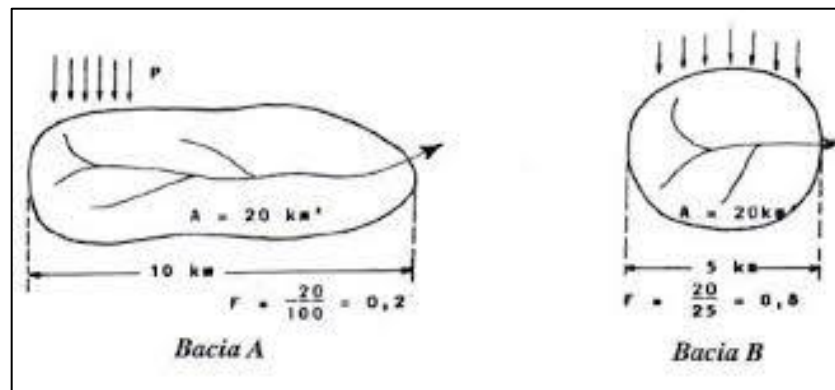
- Fator de forma

Na Figura 4.3, a bacia é evidenciada com A e B de mesma área, entretanto de forma diferente, justificando o que Lima (2001) apresenta como uma não concentração tão rápida devido à circularidade. Portanto, A teria um escoamento menos concentrado do que B, indicando possibilidades ou não de enchentes, ou seja, quando menor que 1, esse valor tende a representar uma bacia mais alongada, já para valores mais próximo a 1, tende a ter o formato circular (LIMA, 2001).

---

<sup>3</sup> Em meio ao agravamento da pandemia não foi possível realizar novas aferições *in loco*.

Figura 4.3: Forma da Bacia



Fonte: Manejo de bacias hidrográficas - análise física da bacia hidrográfica, Engenharia de Biosistemas - USP, 2001, p.58.

Horton (1932) apresenta o fator de forma através da fórmula:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (\text{I})$$

em que:

F – Fator de forma;

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>);

L – Comprimento do eixo da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão (km).

#### 4.4.5 Índice de Circularidade

Proposto por Miller em 1953, o Índice de Circularidade colabora para o entendimento do formato e da tendência circular de uma bacia hidrográfica. Através da equação:

$$IC = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (\text{II})$$

em que:

IC – Índice de circularidade;

A – Área da bacia;

P – Perímetro da bacia.

#### 4.4.6 Densidade de Drenagem

Com o Índice de Drenagem, é possível atribuir conceitos de outras ciências, pois a densidade de uma bacia está associada às influências geológicas, topográficas, bem como à vegetação. Sua equação é dada pela razão de todos os comprimentos dos canais sobre a área da bacia hidrográfica.

Horton (1932) apresenta como sendo:

$$DD = \frac{\sum L}{A} \quad (\text{III})$$

em que:

DD – Densidade de Drenagem;

$\sum L$  – Somatório dos comprimentos de todos os cursos d’água (km);

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>).

sendo:

DD - < 0,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem pobre;

DD - 0,5 ≤ ou < 1,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem regular;

DD - 1,5 ≤ ou < 2,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem boa;

DD - 2,5 ≤ ou < 3,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem muito boa;

DD - ≥ 3,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem bem drenada.

#### 4.4.7 Coeficiente de Compacidade (CC)

Esse coeficiente é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia, proposto por Horton (1932) após um processo algébrico da seguinte forma:

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

em que:

CC – Coeficiente de Compacidade;

P – Perímetro da Bacia (km);

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>).

Segundo Carvalho e Silva (2006, p.06): “O CC é sempre um valor > 1 (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o CC (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor o Tc e maior a tendência de haver picos de enchente”.

#### 4.4.8 Medida de vazão

Palhares *et al.*, (2007) apresentam que vazão é o volume de água que passa entre dois pontos por um dado período. Sua medição no Sistema Internacional (SI) é dada em m<sup>3</sup>/s. Tal aplicabilidade é importante, pois influencia a qualidade de água e todo o ecossistema que ali circunda (PALHARES *et al.*, 2007).

Segundo os mesmos autores (p.01): a “vazão é influenciada pelo clima, aumentando durante os períodos chuvosos e diminuindo durante os períodos secos. Também pode ser influenciada pelas estações do ano, sendo menor quando as taxas de evaporação são maiores”.

$$Q = c * \frac{V}{A} \quad (V)$$

em que:

Q – Vazão (m<sup>3</sup>/s);

V – Velocidade;

A – Área da secção;

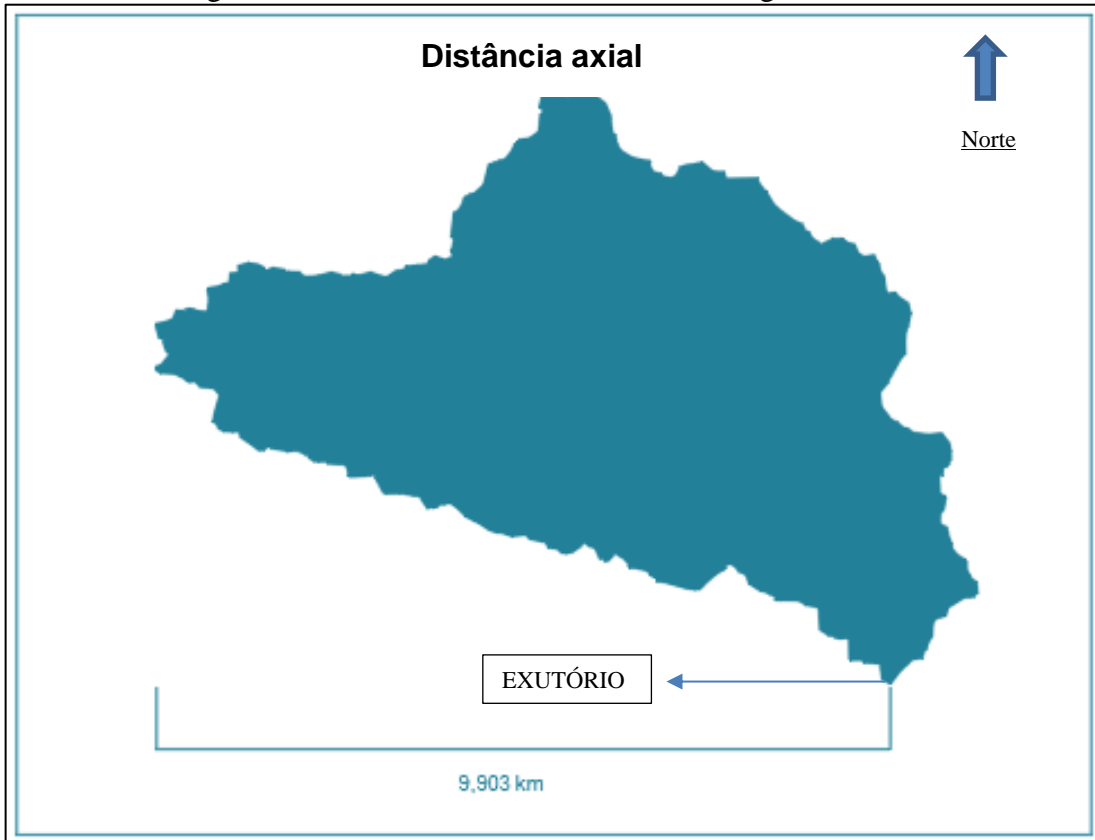
c – Fator de correção para irregularidade do corpo hídrico 0,8.

A aplicação do fator de correção, segundo Palhares *et al.* (2007, p.01), seria de “0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios com fundo barrento. O coeficiente permite a correção devido ao fato de a água se deslocar mais rápido na superfície do que na porção do fundo do rio”.

#### 4.4 Resultados e Discussões

Os primeiros cálculos realizados utilizaram, como base de dados, o mapa esboçado por meio do geoprocessamento, do qual se puderam extrair valores relevantes para a composição deste estudo. O primeiro encontrado diz respeito à dimensão da Bacia, de 4712,28 ha, que possui um perímetro de 36,09 km, com o curso d’água principal (Ribeirão da Grota Feia), medindo 14,556 km de extensão, e o secundário, o Ribeirão do Grotão, possuindo 8,098 km extensão (Tabela 1). A Figura 4.4 é uma representação do comprimento no formato axial da bacia, o que auxilia nos cálculos seguintes.

Figura 4.4: Distância axial da Bacia do Córrego do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Tabela 1: Valores de áreas, perímetros e comprimentos da bacia do Córrego do Grotão.

Característica	Extensão (km)
Curso d'água afluentes (L)	95,956 km
Curso d'água Secundário (L)	8,098 km
Curso d'água Principal (L)	14,556 km
Perímetro (km)	360,09 km
Área (km <sup>2</sup> )	43,8858 km <sup>2</sup>
Comprimento Axial (Lx)	9,903 km

Fonte: arquivo pessoal, 2020.

O primeiro parâmetro a ser calculado, o Fator de Forma da bacia, se dá por meio da equação I.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (I)$$

em que:

F – Fator de forma;

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>);

L – Comprimento do eixo (km).

Portanto, para os dados obtidos, tem-se:

$$F = \frac{43,8858}{9,903^2} \text{ ou seja, } 0,4479$$

De acordo com Lima (2001), essa bacia não se aproxima do conceito de circular, pois seu valor está distante de 1.

Analisando novamente o aspecto da circularidade, calculamos o seu índice, utilizando a equação II.

$$IC = 12,57 \frac{A}{P^2} \text{ (II)}$$

em que:

IC – Índice de circularidade;

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>);

P – Perímetro da bacia (km).

Portanto, para os dados obtidos, tem-se:

$$IC = 12,57 \frac{43,8858}{360,90^2} \text{ ou seja, } 0,004$$

Obteve-se, como resultado do fator, o valor de 0,004, o que, para Lima (2001), indica que essa bacia apresenta um comportamento irregular, pois, quanto mais próximo de 0, mais próximo de uma forma não circular.

Outro parâmetro a ser observado refere-se à densidade de drenagem. Para isso, utilizou-se a equação III:

$$DD = \frac{\sum L}{A} \text{ (III)}$$

em que:

DD – Densidade de Drenagem;

$\sum L$  – Somatório dos comprimentos de todos os cursos d'água (km);

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>).

Portanto, para os dados obtidos, tem-se:

$$DD = \frac{118,61}{43,8858} \text{ ou seja, } 2,702 \text{ km/km}^2$$

sendo:

DD - < 0,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem pobre;

DD - 0,5 ≤ ou < 1,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem regular;

DD - 1,5 ≤ ou < 2,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem boa;

DD - 2,5 ≤ ou < 3,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem muito boa;

DD - ≥ 3,5 km/km<sup>2</sup> Drenagem bem drenada.

De acordo com a classificação citada acima, essa bacia possui uma drenagem muito boa, possuindo alto número de afluentes, que embora seja algo bom é evidenciado uma alta velocidade de escoamento desfavorecendo a drenagem. Esse resultado é explicado por Ferreira *et al.*, (2010) como sendo um índice de densidade de drenagem atrelado ao clima da região, o que pode ser entendido como uma necessidade da construção de açudes e/ou barragens para que a água tenha um tempo de permanência maior no local, o que garantiria uma melhor eficiência na drenagem (FERREIRA *et al.*, 2010).

Por fim, dentro dessas verificações da Forma da Bacia, tem-se o coeficiente de compacidade calculado pela equação IV:

$$CC = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \text{ (IV)}$$

em que:

CC – Coeficiente de Compacidade;

P – Perímetro da Bacia (km);

A – Área da bacia (km<sup>2</sup>).

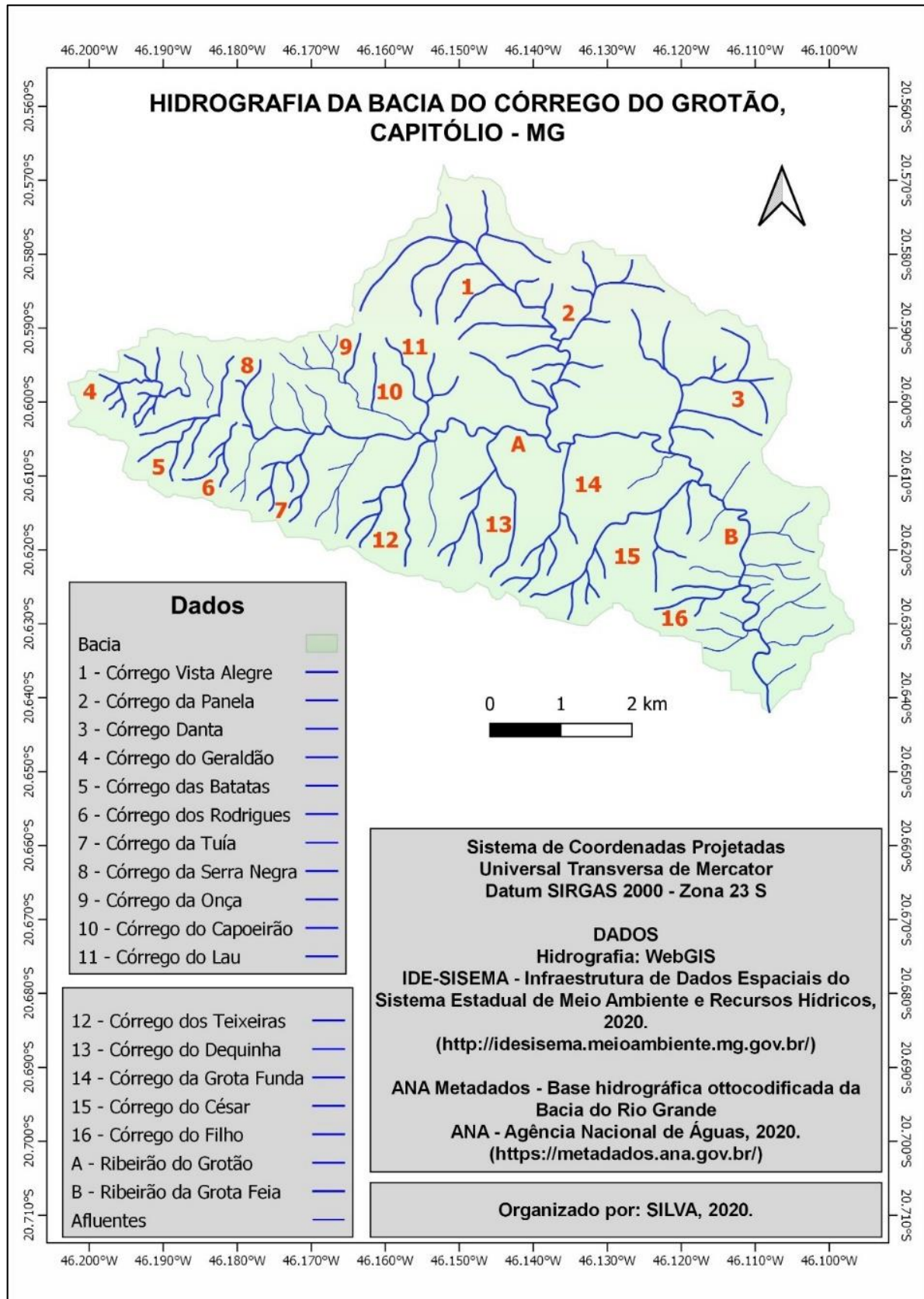
$$CC = 0,28 * \frac{360,90}{\sqrt{43,88582}} \text{ ou seja, } 14,720$$

De acordo com Carvalho e Silva (2006), esse resultado atesta que essa bacia não possui um efeito circular, ou seja, o efeito côncavo determina o direcionamento do escoamento até um dado ponto de saída (exutório). Quando representada em um plano, a região hídrica apresenta geralmente a forma de uma pera. Entretanto, fatores a serem considerados fazem com que esse formato possua variação em relação ao clima-geologia, afetando diretamente a sua concavidade (LIMA, 2001).

Para Lima (2001), a forma é uma das características físicas fundamentais para entender o tempo de concentração bem como todo o balanço hídrico presente, entretanto, neste estudo, não se aprofundará este conceito, pois o interesse está somente em compreender a forma, que, sendo mais alongada e não circular, garante menos picos de vazão.

A Figura 4.5 mostra o mapa hidrográfico da bacia de estudo, apresentando seus cursos d'água principais e sua foz, voltada para o lago de Furnas, pertencente à bacia do rio Grande/Paraná, de enorme potencial hídrico para abastecimento energético.

Figura 4.5: Hidrografia da bacia de estudo



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

A catalogação dos nomes consistiu em um trabalho de campo com produtores rurais nascidos na bacia, que, devido ao seu conhecimento global da zona de estudo, corroboraram o mapeamento, sendo esse um mapa inédito da bacia, visto que, até então, não se tinha nenhum com a nomenclatura de todos seus afluentes, como conferido no setor de Meio Ambiente da Prefeitura de Capitólio. Pode-se afirmar, desse modo, que este é um dos produtos finais mais importantes do estudo aqui apresentado.

Outra ação também realizada em visita à bacia foi a de verificação do potencial de vazão do corpo hídrico do Grotão. Para isso, Palhares *et al.*, (2007) recomendam: realização de cinco medições de profundidade do curso d'água, evidenciando-se uma média desses valores; coleta de medida entre margens e o trecho a ser estudado; análise temporal para o flutuador ao cruzar entre as linhas de referência; aplicação de fator de correção<sup>4</sup> para o tipo de córrego.

Portanto, seguindo esse processo, realizaram-se:

- Medição de 5 pontos de profundidade, com média de 0,29 m;
- Distâncias entre margens (4,3 m);
- Comprimento do curso d'água (5,60 m);
- 5 medidas de tempo para o flutuador cruzar de uma linha a outra com a média de 22,56; e
- Fator de correção de 0,8, pois era um curso d'água pedregoso.

A Tabela 2 transcreve tais dados obtidos em campo:

Tabela 2: Dados obtidos em aferições de cálculo de vazão

Medições	Tempo (s)	Largura (m)	Comprimento (m)	Profundidade (m)	Fator de correção
1	22,56	4,3	5,56	0,12	0,8
2	28,35			0,26	
3	20,02			0,36	
4	20,48			0,29	
5	25,2			0,7	

Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

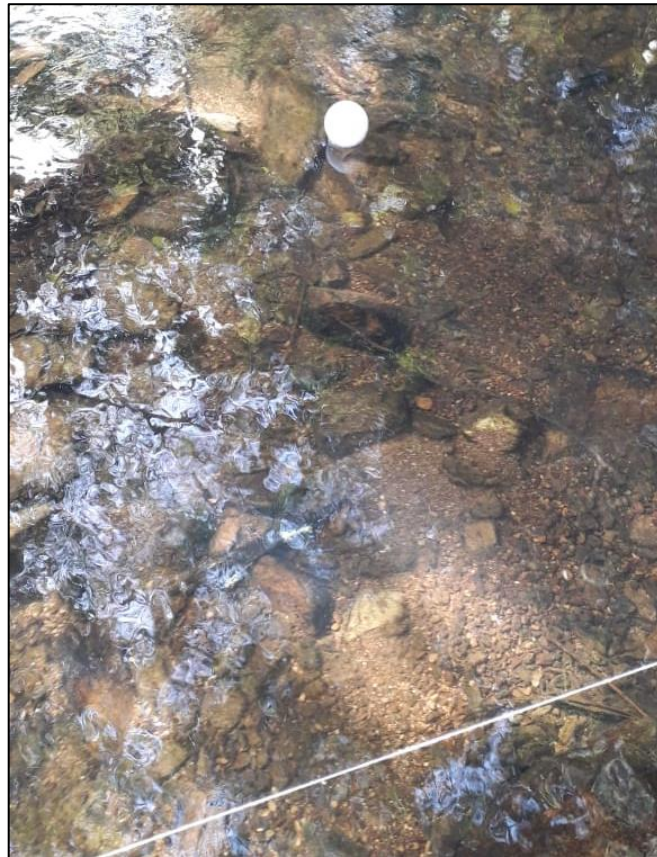
Conforme a Equação V, tem-se:

$$Q = \frac{1,612 * 4,3 * 0,8}{22,56} = 0,246 \text{ m}^3/\text{s}$$

<sup>4</sup>“O coeficiente permite a correção devido ao fato de a água se deslocar mais rápido na superfície do que na porção do fundo do rio” (PALHARES, *et al.*, 2007, p.01).

O resultado de vazão obtida é de  $0,246 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura 4.5), considerando-se o curso do Ribeirão do Grotão, no ponto geodésico SIRGAS 2000 23 S - 381582.01/7721969.27 UTM (Figura 4.6). Em tese, segundo Kirchner (2019), apesar do período de medição (agosto, período de seca), o resultado apresenta bons índices hídricos da vazão nesse trecho. Esse valor calculado será aproveitado futuramente em novas explanações.

Figura 4.6: Aplicação de medida de vazão



Fonte: arquivo pessoal, 2020.

Essa abordagem buscou elencar aspectos hidrológicos, juntamente com a determinação do mapa hidrográfico unido a um trabalho de campo, identificando-se a região de interesse e promovendo-se um estudo de vazão.

#### 4.5 Conclusão

Evidenciam-se, neste tópico, os limites geográficos da bacia, utilizando-se a base de dados governamentais aliada ao trabalho de campo para catalogar os córregos e suas microbacias. O trabalho de campo foi de vital importância para o registro de todos os aspectos

característicos da bacia do Grotão, além da realização de medições de vazões bem como identificação das confrontações geográficas.

A classificação hidrográfica com nomenclatura só foi possível com o apoio de moradores da comunidade, por saberem os nomes dos afluentes pertencentes à bacia. Além disso, a identificação dessas perspectivas pôde ser realizada através da aplicação de *software* de geoprocessamento.

## 5 CAPÍTULO III – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)

### 5.1 Inserção ao conteúdo

Este capítulo apresenta um estudo topográfico das condições naturais do local de interesse, algo vital para uma caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica. Por meio de dados geoprocessados, pôde-se realizar especificação do seu relevo, inclinação e altimetria, o tema desta seção.

#### 5.1.1 Uso da tecnologia

O avanço tecnológico possibilitou a unificação de dados espaciais. Utilizando-se recursos computacionais, pode-se obter, segundo Xavier *et al.*, (2008), um gerenciamento de uma região maior, que veio com o conceito GIS (*Geographic Information System*), uma ferramenta altamente importante, visto que, através desta, podem-se gerar modelos geográficos a partir de uma base de informações.

Para que se possa estimar a correlação espacial do GIS, o estudo da geoestatística e seus conceitos básicos são de extrema importância e envolvem a análise e a inferência de fenômenos espaciais e/ou temporais (STURARO, 2015).

O GIS possibilitou uma nova aplicação de dados espaciais, tornando-a algo praticável a todos. Para Xavier *et al.*, (2008), a caracterização hidrográfica por meio de um MDE de uma bacia é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas, e sua análise topográfica facilita entender o porquê de ocorrer uma série de fatores, seja ele em um solo com pouca capacidade vegetativa ou até mesmo em outro com um nível alto de erosão. Todavia, levando em consideração outros fatores, é possível elucidar as questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental (XAVIER *et al.*, 2008).

Para que essa observação fosse possível, missões espaciais se iniciaram, sendo esse o processo que se tem até hoje, por meio de satélite de observação. Nessa perspectiva, uma das missões de maior relevância no ponto de vista dos MDEs é a chamada *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), realizada pelo governo dos Estados Unidos. Os dados obtidos foram disponibilizados para outras nações. No Brasil, o responsável pela gestão dos MDEs é o TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, no qual, inclusive, se coletaram os dados para elaboração deste estudo. Segundo este (2011, p.5):

“Os dados estão todos estruturados em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1o de latitude por 1,5o de longitude. Na versão atual, os arquivos estão nomeados seguindo-se uma única notação para cada conjunto de uma mesma folha. As folhas estão identificadas seguindo o prefixo de 6 letras LAHLON, em que LA é a latitude do canto superior esquerdo da quadrícula, H refere-se ao hemisfério desta posição (S, Sul, ou N, Norte) e LON sua longitude, na seguinte

notação: nn5 quando longitude for nn graus e 30' e nn\_ quando a coordenada for nn graus inteiros”.

## 5.2 Revisão Bibliográfica

### 5.2.1 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Dentro do conceito GIS (em sua tradução SIG), é possível realizar as atribuições de um determinado local remotamente. O aprimoramento e aperfeiçoamento das técnicas de geoprocessamento levaram à disseminação do conceito Sistema de Informação Geográfica (SIG). Natingue (2014) apresenta que a utilização dos dados do SIG é facilitada pelo uso de novas tecnologias e ferramentas disponíveis no mercado (caso do *software QGIS*).

O desenvolvimento tecnológico é crescente em vários segmentos da sociedade, o que não ocorre de forma igual em todas as áreas, mas há algumas que se destacam pela rapidez, como a da informática, o que possibilita a fácil propagação do conceito (ITO *et al.*, 2016).

O GIS é um sistema formado por um conjunto de programas computacionais que integra dados, equipamentos e pessoas com a finalidade de coletar, armazenar, recuperar, entre outros, e, por finalidade, analisa dados espaciais referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008).

O aumento dos estudos e investimentos nessas vertentes tende a corroborar a melhoria e disseminação do seu conhecimento (ITO *et al.*, 2016). Assim, a atual tecnologia permite criar Modelos Numéricos de Terreno (MNTs) vetorizados, como o MDE, além da confecção de mapas temáticos de vários segmentos.

Do ponto de vista ambiental, esse sistema permite aos usuários ter qualquer bacia delimitada automaticamente por algoritmos, além de possibilitar cálculos de índices morfométricos e geológicos com análises numéricas do terreno (VARGAS *et al.*, 2011).

As técnicas de GIS vêm sendo cada vez mais empregadas no planejamento ambiental, devido a essa eficácia para a produção de diagnósticos (HAAS *et al.*, 2018). Dessa maneira, a caracterização hidrográfica por meio do MDE de uma bacia é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas, tendo como objetivo elucidar as questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental (XAVIER *et al.*, 2008). Os resultados gerados fornecem subsídios para identificação e mensuração da ocorrência de conflito de uso da terra em Áreas de Preservação Permanente (APP) e são de grande utilidade para as ações ambientais de monitoramento e suporte para os instrumentos de controle e fiscalização (HAAS *et al.*, 2018).

Utilizando esse recurso computacional, podem-se obter, segundo Xavier *et al.*, (2008), alguns mapas de relevante importância, tais como: mapa de localização da área de estudo; mapa do limite da bacia em questão e sua hidrografia; mapa das curvas de nível e mapa do MDE. Como complemento desse recurso de utilização de um MDE, o *Quantum GIS* (QGIS) é a ferramenta-chave para essa interação e trabalhabilidade dos dados.

A efetivação de um SIG em um computador está condicionada à qualidade da transposição de formas e objetos do mundo real e suas interações (TORCHETTO *et al.*, 2014). A representação de uma realidade por meio do geoprocessamento pode ser praticada de forma remota. De acordo com Torchetto *et al.*, (2014), a partir do geoprocessamento, tem-se a relação de um dado espacial com o modelo, onde este retrata representações do mundo real em uma determinada escala, e essas representações têm forma, cores e localização. Ainda, para os mesmos autores (2014, p.03):

“Entre as diversas geotecnologias disponíveis no mercado, para manipulação de dados espaciais, uma delas é o software Quantum GIS (QGIS). O QGIS é um software gratuito, licenciado pela GNU (General Public License), baseado em um SIG (Sistema de Informação Geográfica)”.

A forma simplificada da sua interface, com constantes atualizações por meio de colaboradores e programadores, permite que ele (QGIS) se compare a *softwares* com alto custo de aquisição. A interface do *software* é simples e de fácil manuseio. Além disso, o programa oferta várias ferramentas que possibilitam visualizar, gerenciar, editar, analisar os dados e compor mapas impressos, obter impressão com determinadas *screenshots* e uma lista de recursos mais detalhada (TORCHETTO *et al.*, 2014).

Xavier *et al.*, (2008) concluem que as informações geradas em um sistema SIG, como localização da bacia, área, vegetação e o MDE, são instrumentos valiosos para uma posterior gestão dos recursos hídricos, ou seja, partindo-se desses pressupostos, obtém-se uma fonte vital para a geração de mapas e análises morfométricas de uma bacia hidrográfica.

### 5.2.2 Modelo Digital de Elevação (MDE)

Os estudos envolvendo dados topográficos por meio de Modelo Digital de Elevação (MDE) possibilitam uma utilização para aplicação no âmbito ambiental. Isso faz com que ocorra um aumento por demanda em elaboração de MDEs, para subsidiar estudos em várias áreas da pesquisa ambiental, gerando um aumento significativo em sua aplicação, de acordo com Chagas *et al.*, (2010). Além desse uso expressivo, o fator de maior utilização é a disponibilidade desses dados em órgãos públicos, portanto “os dados topográficos são fonte de

muitas variáveis importantes e frequentemente solicitadas nas análises ambientais aplicadas a microbacias” (VALERIANO, 2003 p.1).

Outro ponto importante é que os MDEs, para Chagas *et al.*, (2010), são gerados a partir de pares de imagens estereoscópicas (visões de uma cena de ângulos diferentes) de sensores óticos orbitais (por satélites governamentais). Dentro disso, eles apresentam algumas vantagens significativas, como: a disponibilidade de dados em nível mundial; grande cobertura de área por cena; resolução moderadamente elevada; processamento mais rápido através de *softwares* sofisticados e pouco esforço manual (CHAGAS *et al.*, 2010).

Um dos processos de obtenção dos MDE é o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que foi uma missão espacial para mapeamento terrestre. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2013), o SRTM é o principal na produção de um banco de dados digitais para todo o planeta, necessários na elaboração de um MDE das terras continentais. Tal utilização do SRTM é feita pelo Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. O Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) (2008) apresenta que os dados de MDE estão estruturados em quadrículos, cada um referente a um espaço geográfico do Brasil, compatíveis com a articulação 1:250.000.

### 5.3 Metodologia

#### 5.3.1 Processo científico apenas para a coleta dos dados

O primeiro passo é realizar o *download* do Modelo Digital de Elevação (MDE). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibiliza uma plataforma chamada de Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA). Na *homepage*, na opção Acesso, abre-se o Webmapit. A folha desse MDE que será baixada é a 20\_465. Nela, tem-se por totalidade o município de Capitólio. Na folha em questão, importa-se a imagem *raster*<sup>5</sup> Altitude. Ao descompactar essa imagem, buscam-se salvar em pasta os arquivos da pesquisa.

#### 3.4.2 Dados topográficos através do MDE

Para abrir o arquivo no QGIS, basta arrastar para o *software* o documento descompactado, mas esse arquivo possui dados que não compõem a área de interesse. Portanto, pode-se reduzi-lo. Entretanto, esse arquivo é do tipo *Raster*, e seu processo de recorte é diferente. Os passos são: *Raster*; Extrair; Recortar *raster* pela camada de máscara; na camada

---

<sup>5</sup> São imagens caracterizadas em pixels, compostas por formas matriciais que, reunidas, revelam imagens. No conceito SIG, essas imagens contêm grandes informações e poderão ser convertidas em vetoriais (FERREIRA *et al.*, 2003).

de entrada, coloca-se a folha 20\_465; Camada máscara – ali pode-se colocar Município ou Bacia (essa decisão implica no refinamento dos dados); Executar.

Observa-se que, ao realizar primeiro um recorte em relação ao Município e depois Bacia, geram-se resultados confiáveis. Assim, com os arquivos reduzidos, ter-se-ão duas funções, elaborar mapas com curvas de níveis e as variações altimétricas de declividade em escala colorida. Para ativar a primeira função de curvas de níveis, devem-se seguir os passos a seguir: na opção da aba superior, ir à função *Raster*; dentro dessa aba, clicar em Extrair; depois, em Contorno; após abrir uma nova janela, colocar na Camada de Entrada o arquivo recortado; na seleção Equidistância Entre Contornos, pode-se escolher a variação das curvas de níveis (os utilizados foram de 20 m e 50 m); após escolhido o espaçamento, clicar em Executar.

Para trabalhar essa imagem e gerar uma coloração que facilite a interpretação de sua declividade deve-se: clicar com o botão direito sobre a Camada do arquivo reduzido; ir na opção Propriedades; na 3ª opção, clicar em Simbologia; Tipo de Renderização; escolher Banda Simples Falsa-Cor, determinando o intervalo Máximo e Mínimo topográfico; pode-se determinar Gradiente de cores; Unidade do Sufixo ao Rótulo, colocando a sigla m (metros); Ativar a caixa Recortar fora do intervalo de valores; Reamostragem; Aproximado: em ‘Bilinear’; *Apply*; OK.

Com isso, definem-se os elementos topográficos da bacia hidrográfica.

#### 5.4 Resultados e Discussões

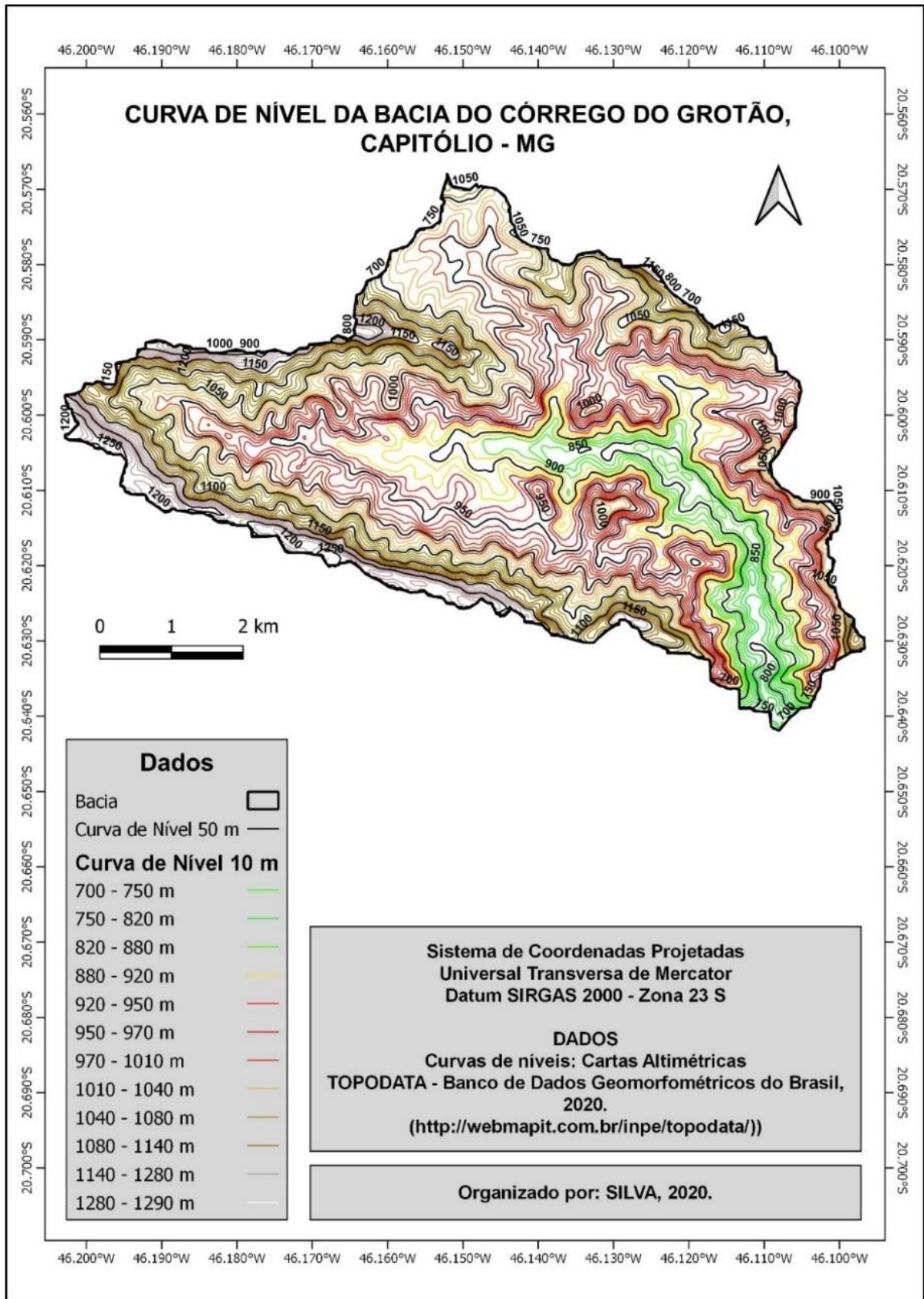
Dentro da elaboração sensorial produzida ao longo do estudo, algumas aferições puderam ser constatadas, e, por meio do *upload* feito de carta topográfica classificada por: 20\_465 (onde incide o Sul/Sudoeste de Minas Gerais), puderam-se extrair as condições topográficas em Altimetria. Com esses dados, *a priori*, é possível identificar o comportamento das curvas de níveis. Essa visualização amplia a observação do quão esse território da bacia do Grotão está situado em uma zona de grandes aclives, possuindo uma variação topográfica de aproximadamente 590 m.

Os trechos de maior cota possuem entorno de 1280–1300 m, sendo um dos pontos mais altos do município de Capitólio. Como já apresentado, a bacia do Grotão abrange uma área de 4388,58 hectares. O córrego principal é chamado Ribeirão do Grotão e tem aproximadamente 14 km de extensão, no vale principal, identificado nos mapas altimétrico e hidrográfico.

A carta topográfica geoprocessada dentro do ambiente GIS oferece a possibilidade de um recorte da folha altimétrica. Trabalhando nesse sentido, a Figura 5.1 apresenta

exatamente o mapa referente à bacia do Grotão, mostrando as curvas de níveis vetorizadas. A interação do mapa de forma colorida foi feita de forma proposital, para melhor entendimento de cada linha, onde as cotas similares circundam ao longo da bacia.

Figura 5.1: Curva de nível da bacia do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Os resultados obtidos colaboram para verificação, justamente, dos trechos onde existe a possibilidade de origem de grotas e ravinas, as quais poderão acarretar processos erosivos, caso a camada vegetativa não seja conservada<sup>6</sup>.

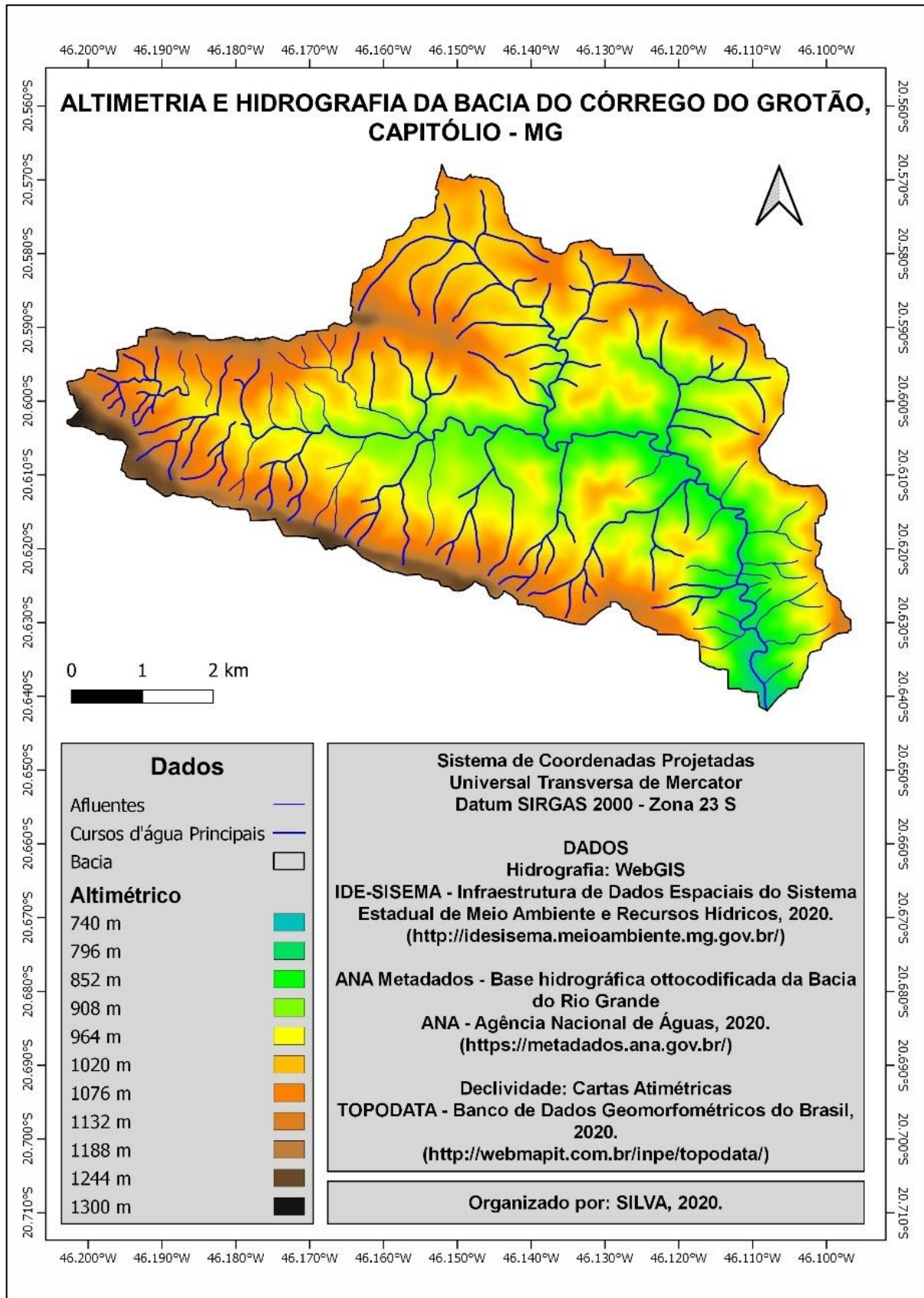
A Figura 5.2 apresenta um ponto de vista diferenciando a altimetria da bacia, tal como a curva de nível. A forma de representação altimétrica significa a variação do relevo do terreno. Como esse arquivo é do tipo *raster* (imagem matricial), pode-se fazer uma classificação colorida na qual a cor mais escura indica regiões altas (aproximadamente 1300 m), variando a partir daí até a menor cota da bacia, na coloração verde azulada.

Adicionando a camada dos corpos hídricos (hidrografia) e sobrepondo a camada altimétrica, identificou-se que a cabeceira de maior cota é aquela onde se situam os principais afloramentos de água (Figura 5.2).

---

<sup>6</sup> Tal paridade poderá ser confrontada com o mapa de uso e ocupação do solo onde se apresentam os trechos com índices de erodibilidade.

Figura 5.2: Altimetria da bacia do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

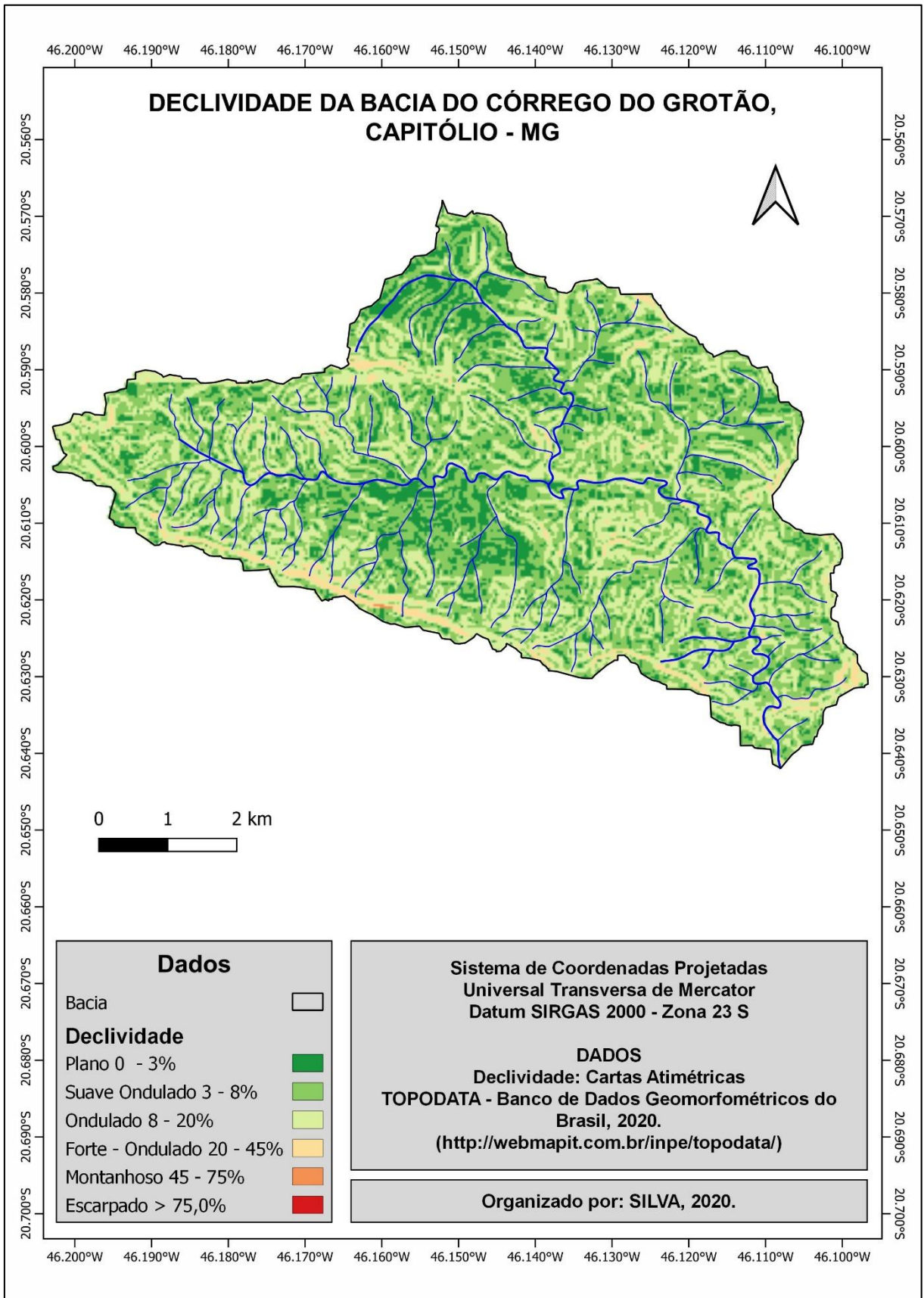
Observa-se que as maiores declividades se concentram nas áreas com altitudes variando entre 1020 a 1244 metros, o que será melhor compreendido com o complemento do Capítulo IV. De antemão, pode-se afirmar que tal trecho declivoso em região escarpada e montanhosa incide na geomorfologia do Planalto Serra da Canastra, com a característica convexa, que, de acordo com IBGE (2009), é descrita por vales bem definidos, com vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem, o que favorece uma alta velocidade de vazão hídrica.

De acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012), obrigatoriamente, deveria haver uma área dentro de Áreas de Preservação Permanente (APP). Messias (2014) relata que os fatores que afetam os processos de erosão promovidos pela água e pelas características morfológicas das encostas são de grande importância onde trechos de altos declives não promovem uma boa infiltração, afetando diretamente o sopé da encosta por não dissipar a energia de escoamento.

Essa característica é observada no entorno do Parque Nacional Serra da Canastra (PNSC), que, segundo Messias (2014), possui uma variação de declividade entre 0 e 77%. “o que contribuem para a ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa” (MESSIAS, 2014, p.99).

Para que se possa ter, como um produto final, uma interpretação mais profunda de todos os parâmetros apresentados, a Figura 5.3 apresenta o mapa georreferenciado de declividade do Grotão.

Figura 5.3: Declividade do Córrego do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Observam-se, na Figura 5.3, os índices de declividade da bacia. Por meio desses dados, pôde-se classificar, na Tabela 3, o quantitativo referente às áreas (em hectares) da bacia do Córrego do Grotão.

Tabela 3: Classe de declividade

Característica	Declividade (graus)	Área (ha)	%
Plano	0 – 3	926,8680	21,12
Suave ondulado	3,01 – 8	1891,9168	43,11
Ondulado	8,01 - 20	1445,5982	32,94
Forte ondulado	20,01 – 45	115,4196	2,63
Montanhoso	45,01 – 75	8,7775	0,2
Escarpado	75,01 >	0	0

Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Outro fator importante acerca de sua declividade é a porcentagem de 45 graus de inclinação (tendo uma representatividade 0,02% ao todo da bacia). No Código (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012), consta, em seu Capítulo 2º art. 4º, a consideração de que são obrigatoriamente áreas de preservação permanentes nas florestas e demais formas de vegetação natural situadas: “nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive” (BRASIL, 2012).

Ressalta-se que as características Suave Ondulado e Ondulado têm uma representatividade de 76,05% da bacia, ou seja, a topografia, em geral, se apresenta em características menos declivosas. Entretanto, as demais inclinações encontram-se na cabeceira dos afluentes, os mesmos locais onde a prática agropecuária é ativa.

## 5.5 Conclusão

O processo de elaboração dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) inicia-se pautado no limite geográfico da bacia do Córrego do Grotão, auxiliado pelas cartas topográficas. Observa-se que a carta topográfica da área de estudo é um ponto peculiar devido às suas variações de cotas de elevação. Todavia, também se verifica que sua declividade em geral encontra-se em terreno de superfície suave ondulada.

## 6 CAPÍTULO IV – GEOLOGIA, PEDOLOGIA E GEOMORFORLOGIA

### 6.1 Inserção ao conteúdo

Este capítulo baseia-se no tempo geológico da Terra, o qual nos favorece entender as formações rochosas contidas no local de estudo, entender esses aspectos característicos do solo consolidado e o porquê da importância da conservação desse ecossistema para um desenvolvimento sustentável.

#### 6.1.1 Geotecnologia do Cerrado

A formação do Cerrado é o resultado de um processo temporal ocorrido durante toda a escala evolutiva terrestre, o que, comparado ao tempo humano, se torna fracionado a segundos (CERVATO; FRODEMAN, 2013).

Nesse contexto, de acordo com Flauziano *et al.*, (2010), um melhor entendimento de uma bacia hidrográfica por meio de um diagnóstico das características físicas torna-se [...] uma ferramenta importante para fornecer subsídios à gestão das bacias e promover intervenções no sentido de se conservar os recursos naturais existentes” (FLAUZIANO *et al.*, 2010, p.76).

Para Flauziano *et al.*, (2010, p.76): “a utilização de tecnologia permite o emprego de diversas ferramentas disponíveis para o conhecimento, gestão e monitoramento das bacias hidrográficas de uma região e o aproveitamento dos recursos naturais ali existentes”.

Pautada nesses parâmetros, uma caracterização feita por sensoriamento fornece, como base, um entendimento amplo das condições gerais da bacia de estudo, o que pode ser incorporado a todos os outros conceitos, possibilitando conceber o mecanismo geomorfológico deste local.

### 6.2 Revisão Bibliográfica

#### 6.2.1 Geologia

Para iniciar o entendimento sobre a Geologia, a primeira concepção que se precisa ter diz respeito ao tempo, ou seja, dentro do estudo geológico são tratados era e período. Cervato e Frodeman (2013) citam que, por meio da descoberta do tempo geológico, possibilitou-se o pensamento científico, o que conduziu ao desenvolvimento das modernas Ciências da Terra. A influência desse entendimento de tempo transcende a Geociência e passa ser a compreensão de toda a humanidade (CERVATO; FRODEMAN, 2013).

Segundo Cervato e Frodeman (2013), o tempo geológico tal qual entendemos e conhecemos atualmente só foi aceito no meio científico a partir do estudo do heliocentrismo de

Copérnico e da descoberta do tempo feita por Hutton e Werner (1785). Essas implicações do tempo huttoniano possuem enorme valor na cultura contemporânea.

Para Cervato e Frodeman (2013), esse papel central do tempo geológico é base de todos os questionamentos quanto à existência e sua evolução no ponto de vista biológico. Ainda que se tenha enorme dificuldade de entender o tempo, essencialmente pelo fato de o tempo humano ser irrisório comparado ao tempo geológico, a sua aceitação passa por valores sociais, políticos e religiosos (CERVATO; FRODEMAN, 2013).

Por mais que tal efeito de concepção da humanidade seja de difícil aceitação, a mudança desse paradigma, a partir dos trabalhos realizados tanto por Copérnico como por Hutton, possibilitou entender quem somos no universo (CERVATO; FRODEMAN, 2013).

Cervato e Frodeman (2013) complementam ainda, sobre o impacto gerado no meio científico, que tal estudo não é uma mera regressão aritmética dos fatos geológicos, e sim o afloramento da consciência de realidade. Ademais, essa tarefa de estudo da Geologia é compreender a Terra como um todo, partindo do seu núcleo, camadas ou estratos e crosta terrestre (POTAPOVA, 2008).

Para Potapova (2008), seria errôneo considerar de forma separada os estratos do núcleo em um processo histórico e evolutivo, entretanto o que possui valor mais significativo em estudos científicos são as camadas mais próximas da superfície, caso da crosta terrestre, onde processos da natureza inorgânica possuem um processo de desenvolvimento devagar comparado ao da vida, que se desenvolve rapidamente. Tal domínio é o da biosfera e da noosfera (POTAPOVA, 2008).

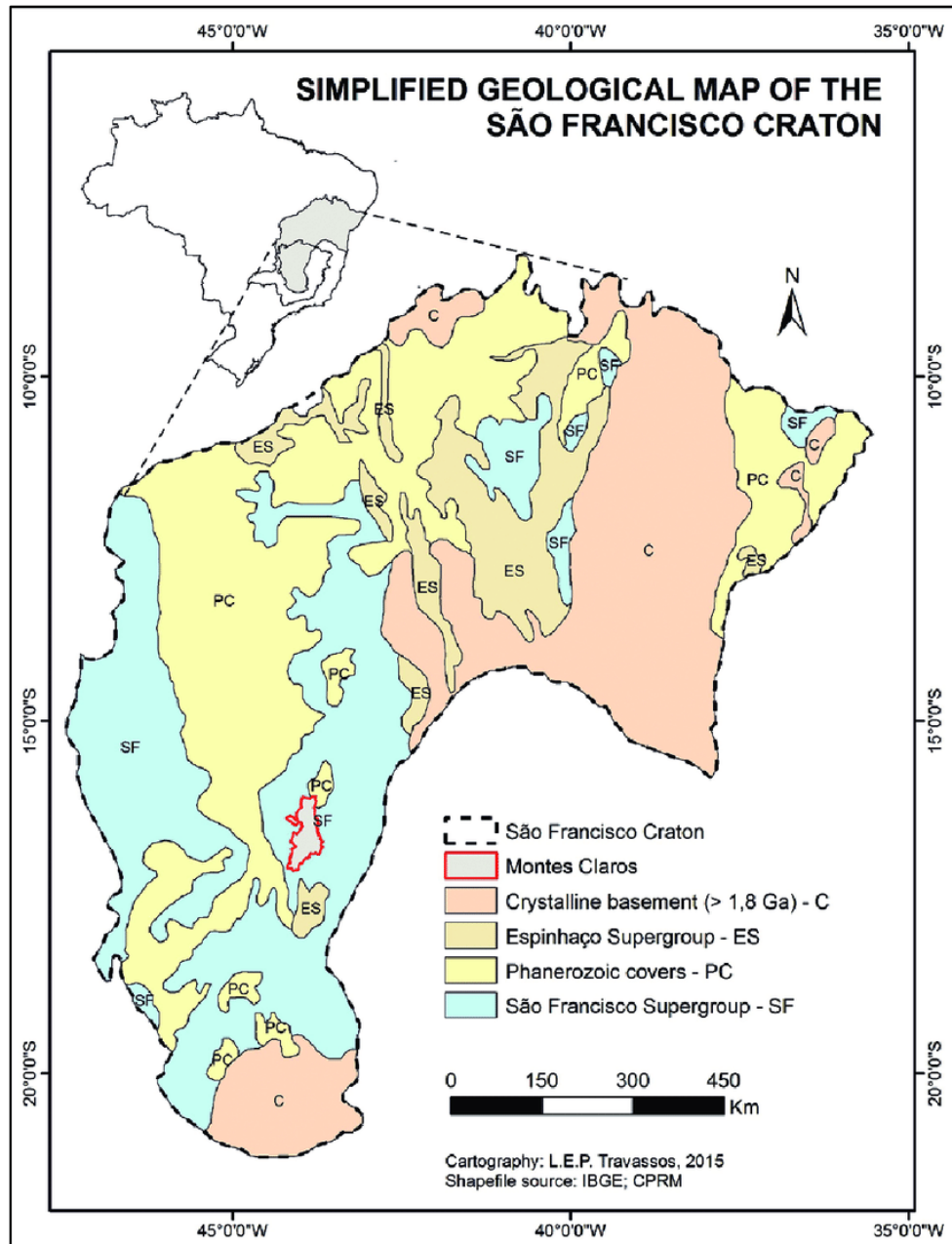
A camada superficial, com a qual estamos familiarizados, é a ocorrência de mudanças entre éons, eras e períodos marcados pelo Pré-Cambriano, onde tudo surgiu (LADEIRA, 2010). A era inicial da Terra, de acordo com Ladeira (2010), é o período marcado pelo comportamento totalmente adverso do atual, principalmente pela ausência de vegetais sobre a superfície terrestre. Ladeira (2010) e Potapova (2008) citam que o Pré-Cambriano na escala evolutiva vai até o éon Proterozóico, no qual surgem os seres pluricelulares, dando início às novas eras e suas subdivisões de períodos.

Um marco, do ponto de vista vegetativo, foi o período Devoniano, no qual plantas arbustivas e arbóreas foram surgindo de acordo com o processo evolutivo terrestre (LADEIRA, 2010). Ladeira (2010) complementa que foram os processos erosivos que antecederam o período Devoniano, o que colaborou para a decomposição e sedimentação de materiais, sucedendo-se, assim, a aparição de vegetais, um incremento na formação de solos com materiais sedimentares mais finos (LADEIRA, 2010).

Analisando o tempo geológico do Sudoeste mineiro, observa-se, segundo o Banco de Dados Informações Ambientais (BDiA) (2020), que a constituição da formação rochosa é por volta do éon Proterozóico (Pré-Cambriano), sendo mais precisamente da era Neoproterozóica entre os períodos Tonaino e Criogeniano. Oliveira (2010) cita que o tipo de estrutura é o Cráton São Francisco (crosta continental e manto superior), que, na evolução geológica, representa as regiões ao Sul da Bahia e parte de Minas Gerais (Centro-Norte).

Oliveira (2010) apresenta que a presença do magmatismo alcalino neoproterozóico nesse Cráton indica que as idades compreendidas da região estão entre 617 m.a. e 739 m.a. Entretanto, observa-se ainda a presença de magmas anorogênicos neoproterozóicos na região Sul do Cráton do São Francisco (Centro-Oeste de Minas Gerais) (OLIVEIRA, 2010). A seguir, a Figura 6.1 apresenta a extensão do Cráton em questão.

Figura 6.1: Um mapa geológico simplificado do Cráton de São Francisco



Fonte: ALKMIM *et al.*, p.87, 1993.

Oliveira (2010) completa que tal formação desenvolve-se por volta do período Toniano e caracteriza-se como representante de magmatismo anorogênico, que antecede aquele do Criogeniano (730-690 m.a.).

O Banco de Dados de Informações Ambientais (2020) define a região do município de Capitólio como pertencente ao grupo de formação Araxá, caracterizado pela predominância de quartzitos micáceos e xistos (NAVARRO *et al.*, 2013). No Grupo Araxá, ocorrem rochas metavulcânicas, indicando seu caráter vulcanossedimentar (FUCK; MARINI 1981 *apud* NAVARRO *et al.*, 2013).

O termo Araxá surgiu com Barbosa (1955 *apud* BDiA, 2020), que distinguiu no Triângulo Mineiro o Planalto Araxaense, por possuir rochas que constituiriam um complexo metamórfico Pré-Cambriano. Neto (2014) conclui que, na região do Sul de Minas, os complexos rupestres da formação de quartzito favorecem alguns impactos devido à sua composição geológica. Portanto:

“As fisionomias rupestres que se estendem nas elevações quartzíticas do Sul de Minas Gerais tem sua ocorrência fortemente atrelada a um conjunto intrincado de fatores ambientais/antrópicos associados a ações transformadoras, que também vem interferindo decisivamente nos padrões físicoquímicos e no grau de conservação ou de degradação destes ecossistemas” (NETO, 2014, p.7).

### 6.2.2 Geomorfologia

A geomorfologia busca, em sua essência, entender a dinâmica de uma região superficial da crosta terrestre em relação ao seu relevo, na sua gênese, composição do tipo de seus materiais e os processos que nelas atuam (FLORENZANO, 2016). O mesmo autor aponta que o relevo da superfície terrestre é o processo de interação da litosfera, hidrosfera, entre outros, e tais trocas de energia favoreceram o desenvolvimento da interface, no tempo e no espaço.

Tal ciência é o ponto de partida para o entendimento de outras ciências de integração entre rochas, solos, vegetação e água (FLORENZANO, 2016).

Em sua explicação, Florenzano (2016, p.12) apresenta quatro aspectos do relevo:

- a) Depressões: terrenos situados abaixo do nível altimétrico das regiões adjacentes ou em relação ao nível do mar.
- b) Planícies: terrenos baixos e planos, que favorecem a origem aluvial ou fluvial, além de ações marinha e glacial eólica, marcados por acúmulo de materiais.
- c) Planaltos: terrenos altos, variando entre regiões planas do tipo chapadas assim como ondulados, colinas e morros; em geral são de formações sedimentares ou basálticas.
- d) Montanhas: terrenos altos e fortemente ondulados; quanto à sua origem podem ser de: dobramentos, dômicas, domos, vulcânicos e blocos falhados.

Analisando somente o planalto, podemos destacar que este tem como característica em sua borda o efeito escarpado (proveniente de graus de inclinação) ou rampas leves, demandando extensas áreas (FLORENZANO, 2016).

No BDIA (2020), a geomorfologia do município de Capitólio – MG é definida por ser originária do planalto Serra da Canastra, o que, através do Projeto RADAMBRASIL<sup>7</sup> (1983), permitiu uma melhor análise local, identificando-se os topos de chapadas com planos em geral, tratando-se de um relevo fortemente controlado por falhas e lineamentos estruturais (BDIA, 2020).

“A evolução da unidade Serra da Canastra está ligada a antigas massas rochosas mesoproterozoicas geradas em cinturões orogênicos, estabilizados após o Ciclo Brasileiro, sofrendo, desde o Mesozoico, rebaixamento erosivo e pulsos de soerguimento que se estendem por todo o Cenozoico” (BDIA, 2020, p.2).

Carvalho *et al.*, (2008), ao citarem a região do Cerrado com alto processo degradativo, apresentam uma expressiva predominância de formas denudacionais, isto é, com elevada perda de solo ocasionada pelos processos erosivos. O que é marcante da região do Cerrado são as remotas regiões com pouca ação antrópica e nas quais as categorias geomorfométricas possuem uma maior conservação com vegetação remanescente (CARVALHO *et al.*, 2008).

### 6.2.3 Pedologia

A etimologia da palavra pedologia vem do grego, na qual *PEDON* é lugar ou solo onde se pisa. Já *LOGOS* tem como significado discurso ou basear em razão, ou seja, estudo/ciência do solo. De acordo com Neto (1984), tal ciência possui significado de discurso do solo, analisando as formas físicas, químicas e biológicas.

Essa Ciência, apesar de existir em dualidade com a geomorfologia, surgiu em épocas distintas, investigando, de formas diferentes, as fases de evolução do relevo (ESPINDOLA, 2010).

Para Souza (1995, p.11):

“Os estudos básicos de solos, caracterizados pelos levantamentos pedológicos, uma vez submetidos a avaliações interpretativas, poderão fornecer subsídios para projetos globais ou específicos, envolvendo o uso agrícola e não-agrícola, conservação e recuperação dos solos, irrigação e drenagem”.

De acordo com o Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA) (2020), o solo da região de Capitólio possui trechos caracterizados por Cambissolo Háptico Tb Distrófico (CXbd) e Neossolo Litólico Distrófico (RLd), onde CXbd, geralmente, localizam-se nas partes menos intemperizadas da paisagem. Em termos de ambiente, eles desenvolvem-se a partir do

---

<sup>7</sup> O Projeto RADAMBRASIL foi um aerolevantamento iniciado pelo governo brasileiro (1970) mapeando o território nacional, originando mosaicos cartográficos sobre recursos minerais, solos, vegetação, uso da terra.

gnaisse, geralmente sob florestas e possuem baixa fertilidade natural (SILVA, 2005). Já o Neossolo Litólico Distrófico (RLd) é um tipo de solo raso sobre a rocha em condições de topografia acidentada, onde há muito afloramento de rochas (SILVA, 2005).

De acordo com Silva (2005), tal tipo de solo CXbd é caracterizado por erosão hídrica de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, de textura argilosa, em topografia forte ondulada. Já RLd é o tipo de solo de textura média e arenosa presente, sendo forte ondulado com uma boa drenagem, o que o leva a se situar no alto da encosta, onde ocorre a transição da floresta para o Cerrado (SILVA, 2005; CARVALHO, 2005).

Para demais análises, segundo Reis (2018), são precisos indicadores geológicos, que podem ser físicos, químicos e ou biológicos, possuindo função de quantificar as alterações ocorridas no solo. Principalmente pelo fato de o Cambissolo e o Neossolo possuírem características químicas que desfavorecem o crescimento vegetativo, pioram-se as condições do terreno ainda mais de acordo com a forma de utilização do solo, em especial pastagem ou práticas agrícolas (REIS, 2018; BRITO, 2018).

### 6.3 Metodologia

#### 6.3.1 Processo científico apenas para a coleta dos dados

Para os dados ambientais, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponibiliza uma plataforma chamada Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA), tendo como objetivo organizar para preservar. No primeiro acesso, têm-se as opções na parte inferior da *homepage*: acessar temas; acessar um deles, por exemplo, Geologia; em Tipo de Recorte; selecionar Municípios; na opção seguinte, colocar em Estado Minas Gerais; e, na opção Municípios, Capitólio; a partir daí, seguir para Exportar e selecionar os arquivos gerais. Para Geomorfologia e Pedologia, basta retornar à página inicial e repetir o processo em Exportar.

#### 6.3.2 Geomorfometria

Os dados geográficos obtidos (Geologia, Pedologia e Geomorfologia) serão executados de forma individual, considerando-se a ordem apresentada. O primeiro arquivo a ser geoprocessado será a Geologia, e, para isso, terá de se realizar, no QGIS, as etapas descritas abaixo.

Arrastando o arquivo AutoCAD Shape para o QGIS, será aberto o documento; o próximo passo é recortá-lo em relação somente à bacia hidrográfica estudada; em opções, na

aba superior, clicar em Vetor; Geoprocessamento; Recortar; colocar na camada de entrada Geologia; na opção de sobreposição o arquivo Bacia Hidrográfica; clicar em Executar.

Antes de realizar as mesmas ações para os outros dois documentos, primeiro escolhe-se o que será exibido de informação quanto à Geologia. Nesse caso, o comando escolhido foi a formação geológica que varia entre quartzito e xisto. Para essa escolha, é preciso alterar, como descrito em seguida.

Clicando com o botão direito sobre a camada Geologia; Propriedades; Simbologia; alterar de Símbolo Simples para Categorizado; na opção Valor, escolher o que remete à formação geológica; escolher uma coloração adequada; *Apply*; OK.

O processo descrito acima é idêntico para a Pedologia e a Geomorfologia, o que se altera é a categorização do documento, pelo fato de cada arquivo remeter a um dado específico. Assim, pode-se definir da seguinte forma: a Pedologia irá se categorizar por tipo de solo (Cambissolo e/ou Neossolo), já a Geomorfologia irá se categorizar pelo seu relevo, em geral Planalto Serra da Canastra.

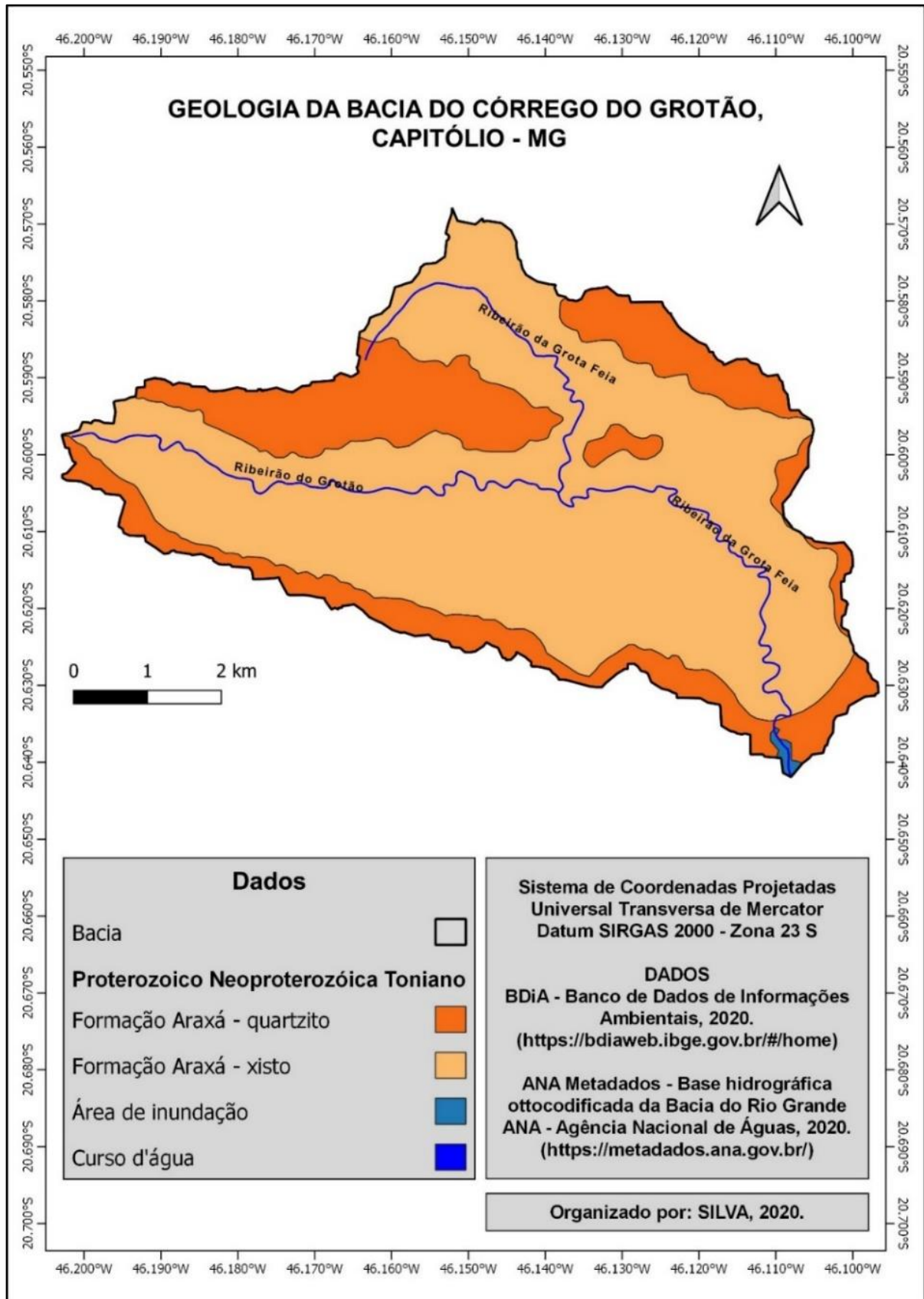
Após realizar essas aplicações, ter-se-ão documentado três grandes dados, que irão gerar mapas para análises futuras, auxiliando, por exemplo, um trabalho de caracterização física do solo no entorno do córrego.

#### 6.4 Resultados e Discussões

Partindo do contexto explanado acima, observa-se, através do mapa de geologia, que a bacia hidrográfica em questão (dentro das classificações geológicas), denominada de Formação Araxá (Figura 6.2), destaca-se nos dados das Folhas SF.23-24 do Projeto RADAMBRASIL (1983, p.143):

“Em 1960 (Lamego, 1961) elevou este conjunto litológico à categoria “Série Canastra”. Posteriormente Barbosa *et al.*, (1967) adotaram a nomenclatura de Grupo Canastra e o consideraram mais novo que o Grupo Araxá. Mais tarde, Ferrari e Brandalise (1971) observaram que existira uma graduação entre os dois grupos e julgaram ser **o Grupo Canastra inferior ao Grupo Araxá** (grifo nosso)”.

Figura 6.2: Mapa geológico da bacia do Córrego do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

A formação supracitada possui uma variação entre quartzito e xisto na região da bacia do Córrego do Grotão. O Projeto RADAMBRASIL (1983) cita que o quartzito desse grupo é, predominantemente, composto por quartzo, em que se incluem pequenas quantidades de muscovita, biotita, turmalina preta e metálicos. Já para os xistos: biotita calcoxistos, lentes de mármore, metarcóseos, metagrauvacas, metacherts, anfibolitos, metabasitos.

Fernandes (2002) aborda que estudos petrográficos<sup>8</sup> mostram as diferenças das composições mineralógicas dessas subdivisões, o que favorece a qualidade do material bem como seu aspecto estético.

Trazendo como informação o entendimento quanto à sua composição, o quartzito da região de Alpinópolis, que engloba Capitólio, possui características apresentadas por Fernandes (2002, p.41):

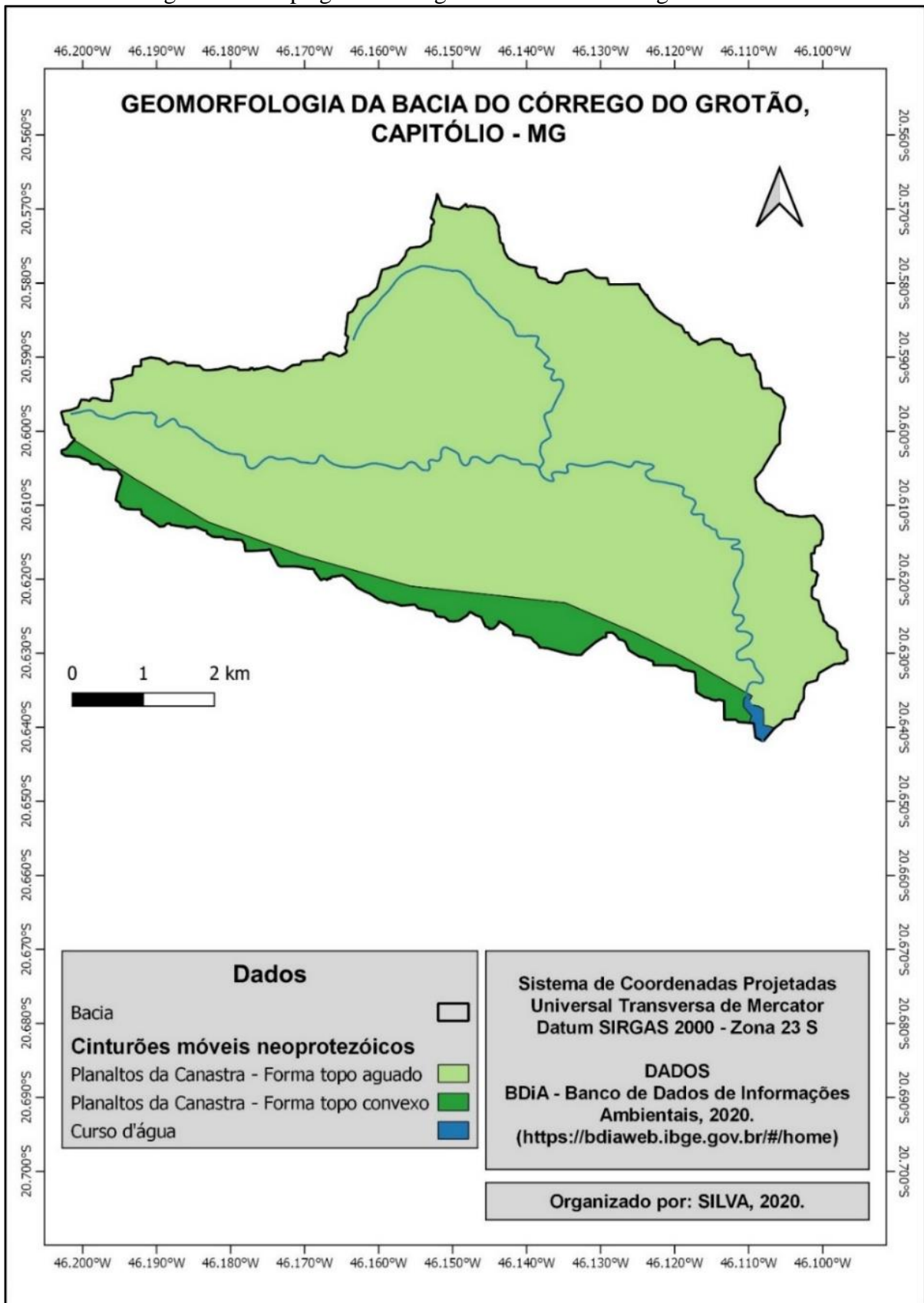
“A coloração destes quartzitos é esbranquiçada a acinzentada. As chapas extraídas podem, no entanto, ser multicores, com tonalidades de cinza, amarelo, marrom e vermelho, conforme a quantidade do grau de oxidação e transformação dos minerais acessórios. Pedras ramadas, com dendritos de manganês, são raras”.

Fazendo uma análise da altimetria (em pontos declivosos) com o mapa geomorfológico (Figura 6.3), pode-se perceber que as regiões mais íngremes caracterizadas pela presença de quartzito situam-se em topo convexo. A formação dessa geomorfologia é do tipo Planalto Canastra, de acordo com MMA/IBAMA (2005). Conforme o aspecto geomorfológico, identificam-se, na região do PNSC, topos dos chapadões, barras e cristas, geralmente mantidas pelos quartzitos, com altitudes em torno dos 1.300 m. Tal trecho é chamado de Patamares Canastra ou Planalto da Canastra.

---

<sup>8</sup> Estudo da petrologia que busca realizar a descrição das rochas e as suas características estruturais, químicas e mineralógicas.

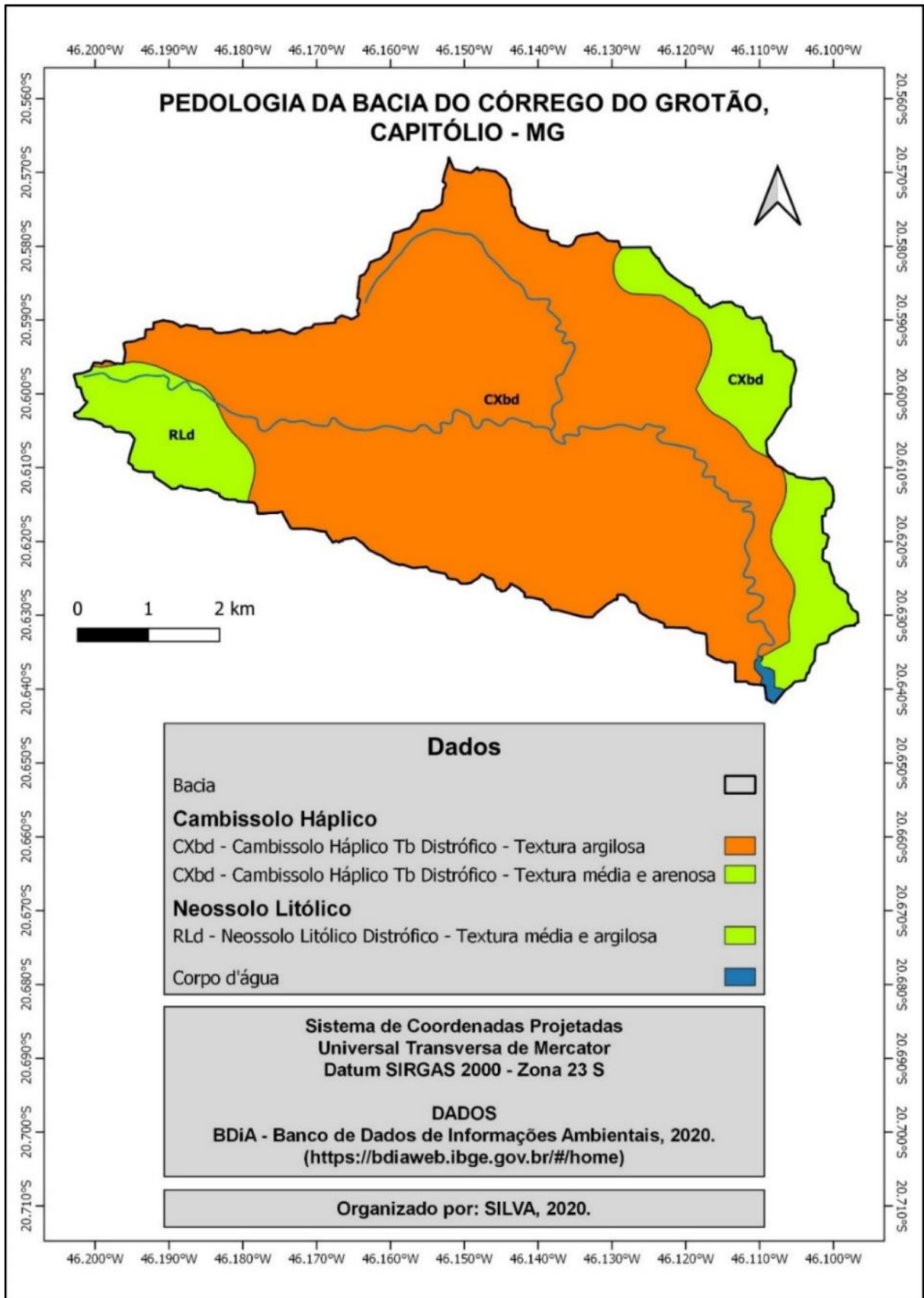
Figura 6.3: Mapa geomorfológico da bacia do Córrego do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Já na transição para o Neossolo combinado com o xisto, mais arenoso, nota-se uma condição para o desenvolvimento do eixo principal do córrego, que recebe a contribuição dos afluentes nas regiões íngremes, concentrando-se nos vales. A Figura 6.4 revela a pedologia local.

Figura 6.4: Mapa pedológico da bacia do Córrego do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Assim:

“Dentre os solos de textura média e arenosa, observou-se baixo estágio de intemperismo e material de origem primário como mica e feldspatos, fontes de silício, pois foi proveniente de material coluvial relacionado a produtos da alteração de gnaisse e micaxistos (grupo Araxá)” (CAMARGO et al., 2007, p.09).

## 6.5 Conclusão

Pode-se concluir acerca das ciências que compõem o estudo de solos, que aqueles apresentados possuem características peculiares que mostram, através do sensoriamento remoto, uma prévia da região em que se situa a bacia hidrográfica em estudo.

Portanto:

“Os solos sob campos, especialmente sobre quartzito, apresentam-se mais pobres em carbono e nutrientes, indicando um processo de degradação por lixiviação. Devido às suas características, os solos sob campos em áreas de rochas ígneas parecem ser uma feição degradada dos solos sob mata, demonstrando o papel desta última nos processos de ciclagem e manutenção da qualidade do solo, e sugerindo uma maior cobertura florestal destas áreas no passado” (BENITES et al., 2003, p.82).

A bibliografia sugere que as condições de intemperismo estão atreladas à quantidade de nutrientes que a compõem. Benites *et al.*, (2003) apresentam que os solos que se desenvolveram em quartzito bem como xisto são, em geral, mais pobres em relação aos nutrientes do solo. Isso mostra feições de maior degradação da microbiota, o que indica uma maior fragilidade dos biomas.

Ademais, identifica-se que algumas zonas, tais como as localizadas a Noroeste e/ou Nordeste da bacia, incidem em topografia elevada. Esse fator corrobora o entendimento cronológico apresentado aqui, verificando-se que certos trechos do Córrego do Grotão necessitam de um estudo *in loco*, com realização de testes com amostragens do solo, a fim de confirmação das suas características: físicas, químicas e biológicas, para sua conservação ou manutenção do ambiente.

## 7 CAPÍTULO V – SENSORIAMENTO REMOTO PARA CÁLCULO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO USANDO SÁTELITES CBERS E LANDSAT

### 7.1 Inserção ao conteúdo

Este tópico é fundamental para o entendimento das práticas de utilização do solo promovidas pela ação antrópica frente às condições naturais do ecossistema, ou seja, o mapeamento realizado busca parcelar o território de estudo em classes temáticas.

Dessa forma, poderá ser observado, dentro de uma análise temporal, o quão a biodiversidade foi afetada e quais regiões sofreram com esse impacto, buscando-se efetivar a aplicação de um *software open source*, detalhando tais processos para que possa ser replicada a mesma metodologia em mais áreas.

#### 7.1.1 Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo Brasileiro

As mudanças do cenário referentes ao uso massivo do solo provocadas pelas ações antrópicas convertem os aspectos naturais da bacia. De acordo com Coelho *et al.*, (2013), os efeitos gerados se dão pela exploração sem estudo prévio, o que fragiliza o solo quanto à sua gênese.

A construção econômica que permeia o Brasil desde seus primeiros exploradores estabeleceu-se fundamentalmente no meio rural, e isso se dá por um processo replicado sistematicamente ao longo de todo o país. Navarro (2001) cita que, com a disseminação de tal padrão extrativista do solo na agricultura, focou-se no abastecimento (nacionais ou internacionais) dos centros urbanos. Dessa forma, as zonas rurais caracterizaram para o cultivo do setor primário cada vez mais voltado ao consumismo. Navarro (2001) continua abordando que a atividade rural passou a subordinar-se, como mera peça dependente de novos interesses, classes, formas de vida e consumo, caracterizada para as metrópoles e que a expansão econômica do período ensejou, em graus variados, nos diferentes países.

No Brasil, esse modelo de processo econômico trouxe novos horizontes frente à exportação, buscando atender a necessidades do capital. Assim, em grande parte, as atividades têm o foco ligado à agropecuária (pastoreio ou agricultura), necessitando de uma utilização massiva do terreno. Tal estruturação apresenta-se como uma decorrência de má utilização do solo, que apresenta efeitos negativos correlacionados ao estado de degradação, deteriorando o ambiente natural e implicando um aumento com o solo exposto (PERON; EVANGELISTA, 2003).

A utilização de pastoreio, em geral, é um dos fatores de grande relevância, graças ao pisoteio do gado, que, devido ao seu peso, compacta o solo, reduzindo a drenagem da água,

onde, ao invés de infiltrar, acaba desenvolvendo um comportamento de escoamento superficial, que favorece o carreamento de sedimentos, levando partículas sólidas da camada do solo e depositando-as em mananciais que o permeiam.

Peron e Evangelista (2003) abordam que os pastos de gramíneas no Brasil têm sofrido um forte impacto devido ao uso massivo da pecuária, principalmente pela forma arcaica de manejo dessa atividade, afetando diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo. Já na agricultura, alguns dos fatores que geram maior degradação são a baixa rotatividade e um mau preparo do solo para a próxima cultura.

Em contrapartida a esses efeitos maléficos ao solo, os processos de conservação ou manutenção de um ecossistema iniciam-se com o mapeamento dessas regiões, identificadas por meio do uso e ocupação do solo e das culturas praticadas. Ademais, com uso de satélites, pode-se realizar uma análise retroativa no intervalo de 30 anos da variação da condição natural dessa biosfera.

## 7.2 Revisão Bibliográfica

### 7.2.1 Sensoriamento Remoto

Steffen (2011) define que o sensor remoto é um sistema opto-eletrônico (aparelho capaz de fornecer, detectar e controlar luz) utilizado para registrar imagens ou tipo de informações sobre objetos. A sistematização do geoprocessamento dentro do universo SIG elevou a qualidade e interação dos dados de um sensoriamento remoto. Nesse sentido, os estudos dessa natureza, além de fornecerem informações científicas sobre a constituição, característica e dinâmica do sistema ambiental, subsidiam atividades socioeconômicas das quais o ser humano depende (RIBEIRO; ALBUQUERQUE, 2017).

De acordo com Davis e Câmara (2000), na cartografia, a fotogrametria foi durante muitos anos a única forma de mapeamento. Atualmente, muito por conta dos avanços tecnológicos, inseriu-se a fotogrametria digital, por meio da qual emergiu o sensoriamento remoto, oferecendo uma enorme gama de possibilidades de extração de informações (DAVIS; CÂMARA, 2000).

Os satélites que orbitam o globo terrestre realizam mapeamentos periódicos, e a extração de informação territorial é essencial para o controle temporal dos dados (DAVIS; CÂMARA, 2000). A finalidade do satélite depende do interesse em irradiar, ou seja, existem satélites climáticos, térmicos, vegetativos e hídricos. As composições de bandas representam as faixas do espectro que, irradiadas, revelam o solo, usando a luz solar, eletromagnetismo e receptores (STEFFEN, 2011). Em relação ao acesso desses dados, grande parte é livre e

disponível em órgãos governamentais. Usando um *software* GIS, é possível mesclar tais bandas irradiadas e, com isso, é possível realizar mapeamento das formas de uso da Terra no referido setor espacial em análise (RIBEIRO; ALBUQUERQUE, 2017).

Segundo Steffen (2011), a imagem registra uma forma matricial, ou seja, quando um computador lê o arquivo da imagem digital, ela é exibida no monitor como um conjunto de células. Como cada célula possui um valor, tal formato é chamado de pixel.

Com a obtenção desses dados, assim como afirma Ribeiro e Albuquerque (2017), o tratamento se dá com a identificação e classificação da Terra, em um sistema GIS, sendo essa classificação relevante para o conhecimento do ambiente, de forma a se utilizarem práticas mais sustentáveis, que minimizem os impactos ambientais, sobretudo os de natureza negativa, caso sejam presentes (RIBEIRO; ALBUQUERQUE, 2017).

Assim:

“As fitas magnéticas contendo a gravação das linhas de varredura produzidas pelo imageador orbital são então processadas nos computadores das estações terrenas, para gerar as cenas correspondentes a cada banda” (STEFFEN, 2011, p. 01).

A composição de banda das folhas de imagens obtidas do sistema Norte Americano USGS (tradução: Serviço Geológico dos Estados Unidos) pode ser realizada, de acordo com Guimarães e Jiménez-Rueda (2016), em um processo de mapeamento, utilizando-se composição colorida RGB (tradução: vermelho, verde, azul), bandas<sup>9</sup> 3,4,5, em que cada banda é representada por uma composição diferente R3G4B5.

Considerando os fatores interpretativos de cor e forma, foi realizada a interpretação dessas características com base no que Rosa *et al.*, (2011) apresentam. No tratamento da área pela composição RGB/5-4-3, é possível uma observação de água, vegetação e solo exposto. Assim, “podemos relacionar as bandas 4 e 3 por diferenciarem as feições do solo exposto e água e principalmente da biomassa de vegetação presente na cena” (ROSA *et al.*, 2011, p. 03).

Por fim, Roseback *et al.*, (2017) citam que, com o processamento digital de imagens orbitais, é possível extrair informações de ocupação do solo através da categorização dos pixels (composições de bandas).

Ribeiro e Albuquerque (2017) concluem que os recortes espaciais realizados, com os objetivos traçados, congregam procedimentos de análise bibliográfica e interpretação de produtos de sensoriamento remoto. As miscelâneas de composição das bandas têm como

---

<sup>9</sup> Bandas – Denominações relacionadas com a forma com que as radiações podem ser produzidas ou detectadas.

resultado uma ferramenta para o planejamento, seja ambiental, urbano ou explorativo (ROSA *et al.*, 2011).

### 7.3 Metodologia

#### 7.3.1 Uso e Ocupação do Solo

Nesta etapa, o entendimento de composição de bandas espectrais é importante para a tomada de decisões adequadas ao projeto. O *software* QGIS realiza uma mesclagem dessas composições. Assim, para tal aplicação: *Raster*; Miscelânea; Mesclar; nas Camadas de Entrada, abrir a Seleção Múltipla; Adicionar Arquivo(s); procurar a pasta na qual se descarregaram os dados importados tanto pelo INPE como USGS; em posse das bandas, selecionar em ordem: 5-4-3; Abrir; OK; ativar a opção: Coloque cada arquivo de entrada em uma banda separada; Executar.

Esse primeiro passo levará um tempo na execução. Após a sua finalização, é possível observar que áreas de pastagem, agricultura e vegetação nativa possuem contrastes em sua cor.

A classificação desses conjuntos terá de utilizar um complemento (*plug-in*) que irá associar as verossimilhanças. Nessa etapa: Complementos; Gerenciar e instalar complementos; na barra de pesquisa, procurar pelo nome do complemento desejado, no caso *Dzetsaka: classification tool*; Instalar complemento; *Close*.

Para Freitas e Pancher (2011), os tipos de classificações demandam o conhecimento prévio de alguns aspectos da área. Essa classificação subdivide-se em supervisionada e não-supervisionada, dependendo do algoritmo que será aplicado, sempre partindo de dois passos, um de treinamento e o outro de classificação (FREITAS; PANCHER, 2011).

O complemento instalado é pautado na classificação não-supervisionada, ou seja, quando o usuário se utiliza dos algoritmos do *software* para que ele reconheça as classes presentes na imagem (FREITAS; PANCHER, 2011).

Para o reconhecimento dessas áreas, será necessário criar uma camada *shapefile* do tipo polígono, para se obter a indicação dos locais que possuem características parecidas. Todo esse processo é feito da seguinte forma: no QGIS, na opção aba superior clicar em Camada; Criar nova camada; Nova camada *shapefile*; Nome do Arquivo clicar em “...” para salvar o arquivo de amostra; Tipo de geometria; Polígono; Novo Campo: digitar Numeração; Tipo: número Inteiro; Adicionar campos à lista; OK.

Com o arquivo do polígono criado, o próximo passo é indicar regiões que têm coloração semelhante (é muito importante ter o conhecimento da área para não gerar

divergências). A escolha das regiões será feita da seguinte forma: Alternar edição; Adicionar polígono; Criar o polígono na região; clicar com o botão direito para encerrar a primeira coleta, digitar um código de classificação, por exemplo: 1 Agricultura, 2 Pasto (o número exato de coleta não existe, entretanto quanto mais classificações presentes, menor serão as disparidades). Neste trabalho, utilizaram-se 20 coletas de cada uma das regiões de análise possíveis (Agricultura, Pasto, Solo Exposto e Cerrado).

Após concluir as coletas das amostras, primeiro reprojeta-se as coordenadas (opção encontrada em *Raster*; Projeções; Reprojetar as coordenadas) e, depois, usando o *plug-in* instalado, aponta-se o que se quer classificar.

Com o *plug-in Dzetsaka: classification tool* ativado, colocar *The image classify* como a imagem da composição RGB/5-4-3 e, em *Your ROI*, a amostra coletada; na opção abaixo, escolher o parâmetro (esse dado é atrelado ao código de classificação colocado, neste caso, recebeu um nome de numeração); em seguida, clicar em *Perform the classification*.

Assim que concluído o geoprocessamento, a imagem do satélite terá sido classificada, podendo-se alterar a simbologia para melhor entendimento do documento quando se realizar a confecção do mapa.

Para os dados em porcentagem dessa classificação, é necessário converter o valor de resultado em vetor, ou seja, transformar pixel em dados vetoriais para estes serem quantificados. Para essa atribuição: *Raster*; Converter; *Raster* para Polígono (poligonizar); Camada de entrada, colocar Imagem Classificada; Executar.

Com a imagem vetorizada, podemos quantificar seus diversos polígonos criados, inserindo uma função algorítmica para isso, como descrito a seguir. Primeiro passo: clicar com botão direito sobre a camada vetorizada; abrir a tabela de atributos; Alternar edição; Calculadora de Campo (Ctrl + I); ativar a opção Criar um novo campo; Nome do novo campo 'área'; Tipo do novo campo, trocar para número decimal; em *row number*, ir na opção geometria; selecionar \$área; na calculadora \$área/10000 para que o resultado saia em hectares. O último passo desse processo é realizar o somatório desses valores, e nesse momento o uso de uma planilha eletrônica é indicado.

A coleta dos dados é feita da seguinte forma: Mostrar resumo estatístico (essa opção se apresenta pelo símbolo somatório); abrindo essa opção, colocar a classificação vetorizada, clicando novamente no somatório que aparece na função; abrir a Caixa de diálogo expressão; nela, é necessário criar uma expressão para realizar a soma; a expressão é: CASE WHEN DN = 1 THEN área END; para inserir, clicar em Condicionais; CASE; onde estiver escrito *condition*, apagar e seguir para Campo e Valores; Adicionar no lugar DN; colocar o sinal de

‘=’; na opção “único”, escolher o valor de classificação: 1, 2, 3, ou 4; no caso, substituir *result* por Campo e Valores Área; OK. Nesse momento, irá aparecer, nas estatísticas, o valor dessa soma. Para todos os casos de classificação, basta trocar a numeração da expressão criada, substituindo 1 por 2, 3 ou 4. Assim, ter-se-ão os dados estatísticos relativos ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica.

Esse processo (feito remotamente) auxilia na agilidade de um estudo prévio, ou seja, a confecção de mapas dentro do *software* utilizado possibilita identificar as zonas de maior interesse (dependendo da observação).

#### 7.4 Resultados e Discussões

O uso e ocupação do solo da bacia foram realizados por meio de um sistema não supervisionado, ou seja, apenas utilizando-se imagens de satélites e fazendo uma caracterização das regiões de igual cultura, o que se difere do supervisionado, em que em trabalho de campo afere *in loco*, quantificam-se os mais diversos tipos de cultura presente, tendo como grande exemplo o cultivo de café, que, por meio da classificação não supervisionada, caracteriza-se como cultura genérica sem sua discriminação por classe.

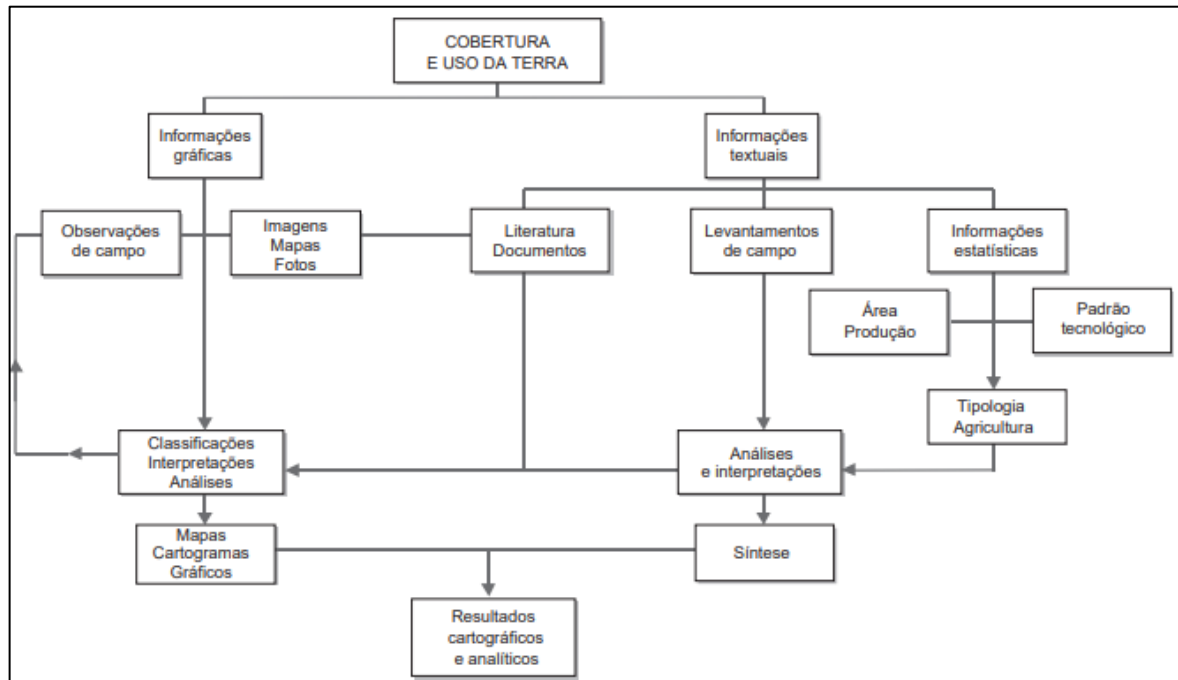
Para realizar modelagem do uso e ocupação do solo da bacia do Grotão, utilizaram-se as imagens dos satélites Landsat<sup>10</sup>, realizando-se uma análise temporal, variando ao longo de 30 anos, identificando os efeitos erosivos no solo dentro de determinadas classes temáticas, tais como: Agricultura; Pasto; Solo exposto; Cerrado; Corpo hídrico.

A escolha das classes temáticas utilizadas passou pelo processo de trabalho de campo, onde se observaram as culturas de maior predominância dentro da bacia. Junto a essa visita *in loco*, a determinação do geoprocessamento contou com resoluções definidas por meio de manuais estabelecidos pelo IBGE (Figura 7.1).

---

<sup>10</sup> Equipamento da Missão Espacial iniciada pelo Governo Norte-Americano, datada dos anos 1975 (EMBRAPA, 2020).

Figura 7.1: Etapas de levantamento e classificação da cobertura e do uso da terra

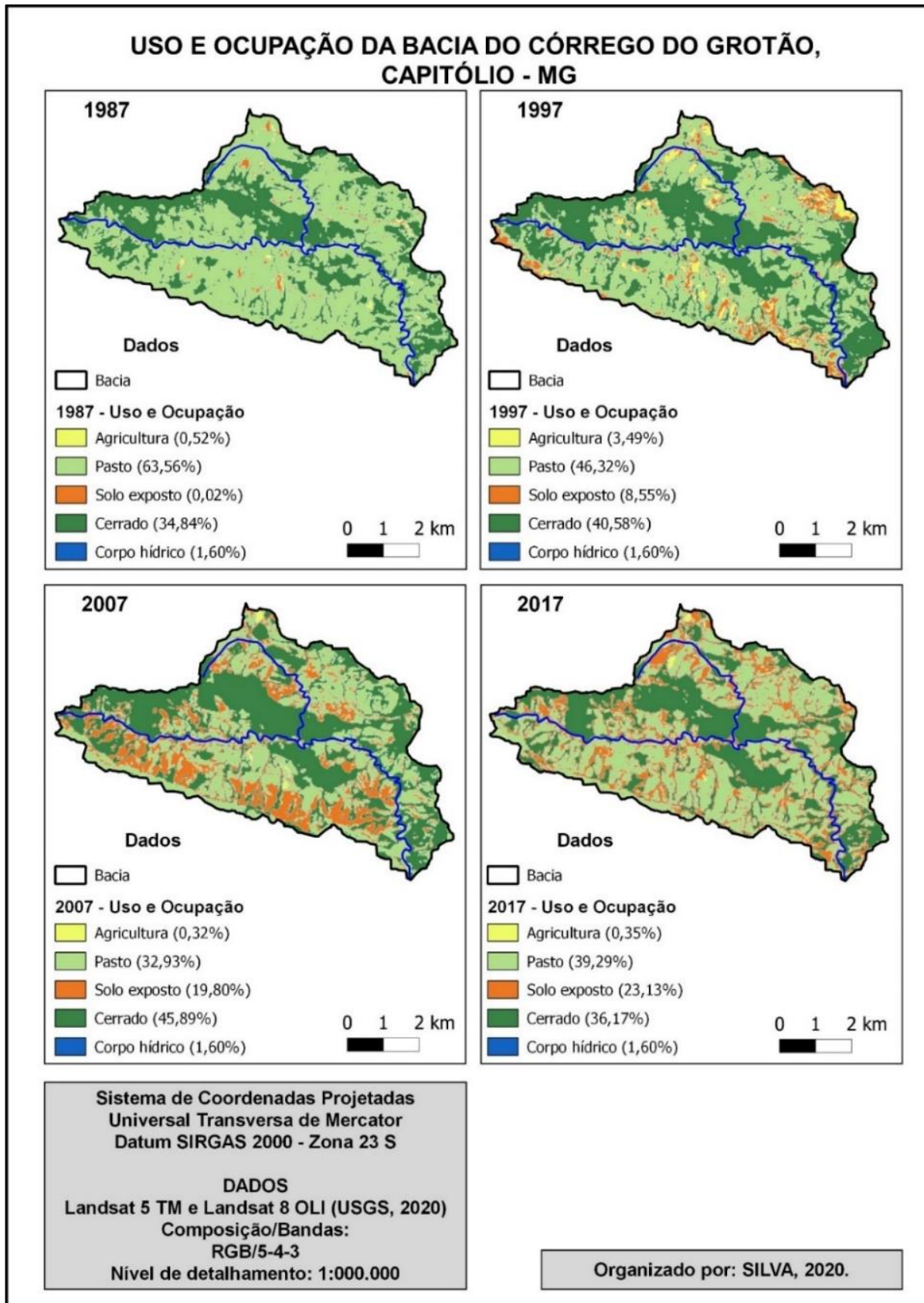


Fonte: Manual técnico de Uso da Terra - IBGE, 2013, p.124.

Nesse sentido, observou-se uma dominância na prática da pecuária. Dessa forma, definiu-se o pasto como a classe temática de maior relevância na análise. Verificou-se também um pequeno (mas também relevante) aparecimento do item práticas agrícolas, que se englobam independentemente da sua cultura para facilitar a discriminação cartográfica neste estudo. Em seguida, têm-se os dados de solo exposto e as condições do bioma característico, no caso o Cerrado.

A seguir, a Figura 7.2 traz o mapa de maior significância, apresentando os dados do solo entre 1987 – 2017.

Figura 7.2: Uso e Ocupação do Solo temporal da bacia do Grotão



Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

Para facilitar a interpretação dos dados percentuais obtidos, fez-se necessário expressá-los em tabela, demonstrando, assim, as suas variações temporais (Tabela 4).

Tabela 4: Uso e Ocupação do Solo ao longo de 30 anos

<b>Uso e Ocupação do Solo (em %)</b>				
<b>Cultura/ano</b>	<b>1987</b>	<b>1997</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Agricultura	0,52	3,49	0,32	0,35
Pasto	63,56	46,32	32,93	39,29
Solo Exposto	0,02	8,55	19,8	23,13
Cerrado	34,84	40,58	45,89	36,17
Corpo hídrico	1,6	1,6	1,6	1,6

Fonte: elaborado pelo autor, 2020.

A primeira abordagem da leitura do mapa refere-se ao solo exposto, portanto este apresenta uma singularidade com a questão do pasto. Na Figura 7.2, é possível interpretar a questão do avanço do solo exposto (ou seja, perda vegetativa) justamente nas regiões de pastagem, o que indica a não recuperação da vegetação.

Observou-se que a pecuária extensiva (prática comum de deixar o gado livre no pasto) é a forma mais comum aplicada na bacia de estudo. Essa metodologia aplicada amplia as zonas de exposição do solo ao pisoteio e os efeitos gerados a médio e longo prazo, o que interfere na recuperação desses pontos degradados, ou seja, o solo não tem tempo necessário para se recuperar (VALENTIM; DE ANDRADE, 2005).

Pode-se observar que, nos anos de 1997 a 2017, o descanso para o solo não foi suficiente para a sua regeneração, havendo um leve aumento do pasto em comparativo aos anos de 2007 a 2017, o que dá a entender que este é um caso de perda vegetativa, portanto uma degradação sofrida e não regenerada.

De fato, ao analisar, em um espectro geral, a vegetação natural (Cerrado), esta teve um aumento, inexpressivo, mas existente, de 1,33%. Entende-se que este aumento ocorre pelas práticas modernas adotadas quanto ao manejo da terra, o que promoveu uma menor interferência mecânica no solo, haja vista que antigamente se utilizavam técnicas rudimentares como carro de boi para arar a terra, o que ampliava a degradação do ambiente natural.

Gerhardt (2016) aborda que o fator tecnológico nas zonas de pastagem tem gerado resultados benéficos em relação ao controle de degradação, o que favoreceu momentaneamente um crescimento na agricultura e uma recuperação do Cerrado até 2007. Em contrapartida, pôde-se observar que, nos anos seguintes, o nível de degradação se intensificou, algo que se

correlaciona com o aumento expressivo (2006-2016) de rebanho na bacia, como é possível perceber observando-se a Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Aumento de rebanhos na bacia

<b>Variável - Efetivo dos rebanhos (Cabeças)</b>						
Nível	Cód.	Município	Ano x Tipo de rebanho			
			1986	1996	2006	2016
			Bovino	Bovino	Bovino	Bovino
Municipal	3112802	Capitólio (MG)	15600	15500	17904	24728

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal (Adaptado pelo autor, 2020).

Com base nesses números, justifica-se a variação comportamental entre pastagem, solo exposto e Cerrado. No município, o aumento de cabeças de gado em 2016 foi de 6.824 animais, sendo essa uma das possíveis causas dos efeitos degradativos do solo, visto esta ser a atividade econômica predominante no local.

## 7.5 Conclusão

Pode-se concluir deste capítulo que os fatores antrópicos são efetivamente influenciadores no ecossistema. O principal ponto de destaque é a prática da pecuária, em que o crescente número de rebanhos se encontra no mesmo período de crescimento das pastagens.

De acordo com o mapa de uso e ocupação do solo, também interfere em tais regiões a volatilidade do pasto, que causa degradação do ambiente com o surgimento do solo exposto, pois é capaz de ocasionar erosões irreversíveis, seja por interferência direta ou indireta do ser humano. A presença de outras culturas não foi um fator preponderante a ponto de se observarem certos impactos.

Por intermédio do sensoriamento remoto por meio do *software* livre, foi possível gerar um mapeamento temporal utilizando-se apenas de dados públicos, cuja replicação se torna tangível a qualquer ecossistema de estudo a fim de verificar suas condições morfométricas e de uso e ocupação do solo, sendo indicado para utilização em estudos com objetivos similares.

## 8 CONCLUSÃO GERAL

No âmbito topográfico, identificaram-se os trechos que, cartograficamente apresentados, mostram ocorrências contínuas de variação das condições do solo (entre pastagem e solo exposto). Esses pontos incidem na declividade classificada por: suave ondulado e ondulado, com inclinações de 6 a 20%, com o tipo de solo em quartzito (de acordo com mapa geológico), tornando-o ainda mais fragilizado quanto à sua perda de biodiversidade, devido a fatores apresentados anteriormente. Tais locais de precaução têm por ocorrência afloramentos de água (córregos classificados por: 1, 2, 5, 6, 7, 12 e 13), os quais representam boa parte de todo o manancial do Grotão. Para a sua conservação, sugere-se atuação imediata do poder público nos afluentes a montante dos córregos principais.

A prática de manejo de pastagem deve ser repensada, com aplicações mais efetivas de rotatividade do pastoreio, permitindo-se uma regeneração da camada vegetativa, corroborando a não exposição do solo e suavizando o carreamento de sedimentos para os cursos d'águas.

O diagnóstico ambiental apresentado aponta os processos erosivos que incluem prejuízos ambientais e à matriz energética do Brasil. As intervenções mitigadoras são de práticas: mecânicas e de manejos, ou seja, recomenda-se recuperação e/ou conservação das Áreas de Proteções Permanentes (APP), sendo elas: topo de morro, cursos d'águas, nascentes. Para tais casos, devem-se adotar o cercamento e plantio de vegetação nativa, evitando, para as condições citadas, ações mecânicas, devido à sensibilidade da superfície.

Para uma conservação do solo nas estradas e áreas de pastagens, podem ser aplicadas as ações mecânicas, desde que se realize um estudo prévio da zona de intervenção, tais como: barraginhas, terraços, cordão em contorno.

Aplicando uma metodologia similar do Programa Produtor de Águas, implementado pela Agência Nacional de Águas (ANA), é possível produzir melhorias ambientais a médio e longo prazo, com envolvimento comunitário, utilizando-se desse levantamento geomorfométrico como orientação.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado pautou-se em uma série de parâmetros morfométricos e teve como principal motivação fornecer, aos setores públicos, informações pertinentes do seu território, viabilizando, ao gestor municipal, tomadas de decisão com vistas a uma recuperação, conservação ou manutenção da bacia hidrográfica estudada.

O Córrego do Grotão tem uma representatividade relevante para o município de Capitólio, bem como para o Parque Serra da Canastra. Essas condições peculiares geram desafios para uma análise hidrológica a fim de caracterizar a morfometria das suas bacias hidrográficas e de suas redes de drenagens associadas. Ocorreram na cartografia dos corpos hídricos alguns percalços devidos às limitações dadas pela pandemia (2020-2021), para a realização da identificação hidrográfica com as nomenclaturas dos afluentes. Para mitigar os referidos obstáculos, houve o apoio do Departamento de Meio Ambiente do Município de Capitólio e de moradores da comunidade do Grotão. Adicionalmente, a visita em campo apresentada ao longo do texto ocorreu seguindo todos os protocolos de segurança, sendo feita apenas pelo autor, evitando-se, assim, aglomeração.

Como grande parte deste estudo concentra-se em um sensoriamento remoto (SR), após as atividades *in loco* e a coleta das informações pertinentes, todo o processo restante foi realizado de forma remota.

Os produtos gerados neste trabalho resultaram em informações de alta importância regional, com dados que auxiliam novas pesquisas que, porventura, possam ocorrer no local, bem como subsidiam estudos ambientais que possam contemplar a bacia com projetos governamentais.

A viabilidade da pesquisa é fundamentada pela sua metodologia aplicável, pois as técnicas utilizadas de geoprocessamento foram arquitetadas em ambiente SIG, que não possui nenhum custeio em sua utilização, favorecendo uma melhor sistematização dos dados e facilitando o cálculo e a comparação dos parâmetros morfométricos e suas derivantes.

Destaca-se essencialmente a metodologia apresentada e utilizada ao longo de todo estudo. A trabalhabilidade colocada à prova ao longo do estudo mostrou-se eficaz, e a replicação dessa pesquisa é possível para qualquer bacia hidrográfica.

Ademais, concluiu-se com êxito o que foi proposto. Os objetivos definidos foram satisfatoriamente atingidos, sugerindo-se aqui o uso desse diagnóstico básico para aplicações de projetos com planos de ações visando recuperação e/ou conservação desse sistema de drenagem. Assim, será possível gerar melhorias qualitativas e quantitativas nas águas da Sub-bacia do Córrego do Grotão, bem como uma expansão do ecoturismo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Ângelo A.; THOMAZ, SIDINEI M.; GOMES, LUIZ C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 70-78, 2005.

ALHO, D. R.; JÚNIOR, J. M.; CAMPOS, M. C. C. **Caracterização física, química e mineralógica de Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 2, n. 2, p.117-122, abr./jun., 2007.

AMORIM, L. M.; CORDEIRO, J. S. **Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale.** *Saneamento ambiental*, 111: 40-46, jan./fev. 2004.

BARROS, N. H.; CAPPONI, N. F.; GRISA, K. **Oficinas pedagógicas: construindo cidadania a partir do desenvolvimento rural sustentável.** *Revista de Pesquisa Interdisciplinar*, v. 3, n. 2, 2019.

BDiA. Banco de Informações Ambientais, **Geologia, Pedologia e Geomorfologia.** 2020. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> Acesso em: 03 jun. 2020.

BIZZI L. A., SCHOBENHAUS C., VIDOTTI R. M., GONÇALVES J. H. (Eds.) 2003. **Geologia tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG.** CPRM, Brasília, 673 p.

BRITO, M. R.; TONANI, F. S.; SOUSA, I. J. A.; SOUSA, R. N. **Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de cerrado.** *DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 5, n. Especial, p. 114-124, 2018.

CAMARGO, P. L. T. **Soluções biogeográficas de geoconservação com ênfase nas relações entre solo, água e planta na bacia do Rio Pardo e suas adjacências, São Francisco, norte de Minas Gerais.** 2018. 404 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018a.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2001.

CARVALHO, T. M.; FERREIRA, M. E.; BAYER, M. **Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma cerrado: um estudo de caso para Goiás.** *Revista Brasileira de Geografia Física Recife*. V. 01 n. 01, p. 62-72.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; BERG, E. V. D.; FONTES, M. A. L.; BOTEZELLI, L. **Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São**

**Francisco em Três Marias, MG, Brasil.** Brazilian Journal of Botany, v. 28, n. 2, p. 329-345, 2005.

CAVALIERI, K. M. V.; SILVA, A P.; ARVIDSSON, J.; TORMENA, C. A. **Influência da carga mecânica de máquina sobre propriedades físicas de um Cambissolo Háplico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:477-485. 2009.

CERVATO, C.; FRODEMAN, R. **A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos.** Terræ Didática, v. 10, n. 1, p. 67-79, 2014.

CHAGAS, C. S.; FILHO, E. L. F.; ROCHA, M. F.; JUNIOR, W. C.; NETO, N. C. S. **Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.2, p.218–226, 2010.

COUTINHO, L. M. **O bioma do cerrado. Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois.** São Paulo: Unesp, p. 77-91, 2000.

D'ALGE, J. C. L. **Cartografia para geoprocessamento.** Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, p. 32, 2001.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. **Fundamentos de Geoprocessamento.** Belo Horizonte, UFMG, Especialização em Geoprocessamento, 2000.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; VIANNA, L. F. N.; GONZÁLEZ, A. P. **Horizontes diagnósticos superficiais de Cambissolos e uso de  $\delta^{13}\text{C}$  como atributo complementar na classificação de solos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1339-1348, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Árvore do Conhecimento: Solos Tropicais, Neossolos Litólicos.** 2020. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html) Acesso em: 15 jun, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado,** 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/territorial/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado> Acesso em: 16 jun, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite.** 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat#:~:text=A%20s%C3%A9rie%20LANDSAT%20teve%20in%C3%ADcio,passou%20a%20se%20chamar%20Landsat>. Acesso em: 02 abr, 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **SRTM - Shuttle Radar Topography Mission**, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/srtm>. Acesso em: 04 abr, 2020.

ESPINDOLA, C. R. **A pedologia e a evolução das paisagens**. Revista do Instituto Geológico, v. 31, n. 1-2, p. 67-92, 2010.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Plugins de Interesse - Geoportal do Exército - Exército Brasileiro**. 2020. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/sigfter/qgispluginsdeinteresse> Acesso em: 18 jun, 2020.

GERHARDT, M. **Uma história ambiental da modernização da agricultura: o norte do Rio Grande do Sul**. Revista História: Debates e Tendências, v. 16, n. 1, p. 166-180, 2016.

GUIMARÃES, S. C. P.; JUMÉNEZ-RUEDA, J. R. **Uso do sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento de subzonas geoambientais das terras do município de Cujubim (RO), como subsídio a avaliação da aptidão agrícola**. Confins revista Franco-Brasileira de Geografia 29|2016: número 29.

FERREIRA, K. R.; PAIVA, J. A. C.; CÂMARA, G. **Interface para Operações Espaciais em Banco de Dados Geográficos**. In: GeoInfo. 2003.

FERNANDES, T. M. G. **Caracterização petrográfica, química e tecnológica dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras no sudoeste do estado de Minas Gerais**. Tese (Doutorado) em Geociências (Geologia Regional), UNESP, Rio Claro, 2002, 141p.

FERNANDEZ, X. S.; DOLORES, D. G. **Desenvolvimento rural sustentável: uma perspectiva agroecológica**. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 2, n. 2, p. 17-26. 2001.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**, São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2008a.

FITZ, P.R. **Cartografia básica**. (Nova edição), Ed. Oficina de Textos, 2008b.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2016.

FREITAS, M. I. C.; PANCHER, A. M. **Classificação de Imagens SIG**. 2011. 33 slides. Disponível em: [http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/sist\\_inf\\_geografica/Aula%2011/classificacao\\_imagens.pdf](http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/sist_inf_geografica/Aula%2011/classificacao_imagens.pdf). Acesso em: 18 jul, 2020.

HASS, A.; CONCEIÇÃO, S. R.; FILHO, L. D.; HENKES, J. A. **Delimitação e caracterização de app através do uso de um sistema de informação geográfica (SIG): o caso das APP's nos cursos de água da sub-bacia do lajeado pardo, noroeste do RS.** Revista gestão sustentável ambiental, Florianópolis, v. 7, n. 3, p.640-649, jul/set. 2018.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra.** Brasília: IBAMA/Terra Brasilis, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992. 92 p. (Série: Manuais técnicos em geociências n.1).

ITO, M. H.; FILHO, H. F.; CONTI, L. **Uso do software livre QGIS (Quantum GIS) para ensino de Geoprocessamento em nível superior.** Revista Cartográfica 94 janeiro-junho 2017: 127-148.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A Conservação do Cerrado brasileiro.** MEGADIVERSIDADE | Volume 1 | Nº 1 | Julho 2005.

LADEIRA, F. S. B. **Solos do passado: origem e identificação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 6, p. 1773-1786, 2010.

LIMA, J. E. F. W. **Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado.** Ciência e cultura, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011.

MARTINELLI, M. **Cartografia ambiental: Um mapa de síntese.** Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia, n. 35, 2018.

MARTINS, A. C. R. **A Pintura Rupestre do Centro de Portugal. Antropização simbólica da paisagem pelas primeiras sociedades agro-pastoris.** Orientador: António Faustino de Carvalho e Mauro Hernández Pérez [Tese de Doutorado]. Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade do Algarve. 2014. 2vols. 552p.

MESAVILLA, D. T. **O que é e porque realizar o PRAD?** MBGeologia, 2017. Disponível em: <https://mbgeologia.com.br/index.php/novidades/detalhe/33/o-que-e-e-porque-realizar-o-prad> Acesso em: 21 fev. 2020.

MESSIAS, C. G. **Mapeamento das áreas suscetíveis à fragilidade ambiental na alta bacia do Rio São Francisco, Parque Nacional da Serra da Canastra-MG.** 2014.

MICELI, P. **A história da cartografia e a importância dos mapas.** TEIXEIRA, M. UNIVESP. 2015, disponível em: <https://univesp.br/noticias/a-historia-da-cartografia-e-a-importancia-dos-mapas#.XsXD0ZWg-Uk> Acesso em: 20 mai, 2020.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, **O Bioma Cerrado 2020**. Disponível em: <https://mma.gov.br/biomas/cerrado> Acesso em: 03 jun, 2020.

MOREIRA-FILHO O. **Uma transposição de rio esquecida**. Revista UFG, 8(2), 77-82. 2006.

NATINGUE, G. R. **Proposta de simbologia para as cartas na escala 1:5.000 no contexto de mapeamento topográfico do estado do paraná. Orientador: Luciene S. Delazari. Disserta o em Ciências Geodésicas, 2014, UFPR – Curitiba.**

NETO, R. M. **Biogeografia dos complexos rupestres de altitude em quartzito no sul de Minas Gerais**. Geografia, v. 39, n. 3, p. 511-523, 2014.

NETO, J. P. Q. **Pedologia: conceito, método e aplica es**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.3, p.95-102. 1984.

OLIVEIRA, R. C. L. M. **Idade, petrografia e geoquímica do magmatismo anorogênico criogeniano e toniano no sul do estado da Bahia. 2010**. Orientador: Hebert Concei o. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010.

PALHARES, J. C. P. RAMOS, C. KLEIN, J. B. LIMA, J. M. M. MULLER, S. CESTONARO, T. **Medi o da vazão em rios pelo método do flutuador. Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico**. EMBRAPA - (INFOTECA-E), 2007.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. **Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 249-258, 2008.

POTAPOVA, M. S. **Geologia como uma ciência histórica da natureza**. Terrae Didactica, v. 3, n. 1, p. 86-90, 2008.

PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegeta o**. (Levantamento de recursos naturais, v. 32). Rio de Janeiro, 1983.

REIS, A. S. **Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de manejo em áreas de ecótono Cerrado–Amazônia**. 2018.61f.Disserta o (Mestrado em Produ o Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Gradua o em Produ o Vegetal, Gurupi, 2018.

RESENDE, T. M.; ROSOLEN, V. **Impactos da conversão de uso e manejo do solo do cerrado utilizando dados de carbono total e isot pico**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), [S. l.], v. 17, n. 1, p. 39-52, 2013. DOI: 10.11606/issn.2179-

0892.geosp.2013.74300. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/74300>. Acesso em: 25 mar. 2021.

RIBEIRO A, TROUW R. A. J, ANDREIS R. R, PACIULLO F. V. P, VALENÇA J. G. **Evolução das Bacias Proterozóicas e o Termo-Tectonismo Brasileiro na Margem Sul do Cráton do São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências, 25(4):235-248, 1995.

RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. **Caracterização do uso da terra no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Poti (Ceará) através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto**. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.03 (2017) 650-665.

ROSA, L.; ALVES, M. C.; SANCHES, L. **Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal Mato-Grossense**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5299.

ROSARIO, D. N. **Balanco hídrico da soja no Cerrado mineiro**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2019.

ROSEMBACK, R. G.; RIGOTTI, J. I. R.; FEITOSA, F. F.; MONTEIRO, A. M. V. **Aplicação de geoprocessamento e sensoriamento remoto no refinamento de análises espaço demográficas: a situação habitacional do Litoral Norte Paulista**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR ISBN:978-85-17-00088-1.

ROSS, J. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados**. Revista Do Departamento De Geografia, 8, 63-74. (2011).

SEMA/DF - Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal. **Plano Recupera Cerrado, uma avaliação das oportunidades de recomposição para o Distrito Federal, 2017**. Aliança Cerrado 99 p, 2017.

SILVA, C. M. **A face infértil do Brasil: ciência, recursos hídricos e o debate sobre (in)fertilidade dos solos do cerrado brasileiro**. 1892-1942 História, Ciências, Saúde-Manguinhos, vol. 26, núm. 2, Abril-Junho, 2019, pp. 483-500 Casa de Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M M. **Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, 2005.

SILVA, M. A. R.; DRUMMOND, J. A. **Certificações socioambientais: desenvolvimento sustentável e competitividade da indústria mineira na Amazônia**. Cadernos EBAPE. BR, v. 3, n. 3, p. 01-21, 2005.

- SOUZA, A. S. S.; FURRIER, M. (2020). **Estudo da Escala do Tempo Geológico em livros didáticos de Geografia do Ensino Médio**. Terræ Didatica, 16, 1 15, e020010. doi: 10.20396/td.v16i0.8656709.
- SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. **Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos**. Engenharia Sanitária Ambiental | v.19 n.3 | jul/set 2014 | 263-274.
- STEFFEN, C. A. Solar, radiação. **Introdução ao sensoriamento remoto. INPE. Divisão de Sensoriamento Remoto. v. 6, 2011**. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm> Acesso em: 22/05/2020.
- STURARO, J. R. **Apostila de geoestatística básica**. Rio Claro, UNESP, IGCE, 34p, 2015.
- TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, 2008**. Disponível em: [www.dsr.inpe.br/topodata/](http://www.dsr.inpe.br/topodata/) Acesso em: 04 Jun, 2020.
- TORCHETTO, N. L. T., QUEIROZ, R.; PEYROT, C.; PATATT, E. R.; LANGNER, C. H.; OCHOA, L.; KOPPE, E. **O uso do Quantum GIS (QGIS) para caracterização e delimitação de área degradada por atividade de mineração de basalto no município de Tenente Portela (RS)**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria REGET e-ISSN 2236 1170 - V. 18 n. 2, Mai-Ago 2014, p.719-726.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4). 1997.
- TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Estudos Hidrológicos - Hidrodinâmicos do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. 2 volumes. Curitiba: Prosan-Suceam, 1996. Gestão da Água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001; 2003. 156p.
- VALERIANO, M. M. **Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 3, p. 539-546, 2003.
- VALENTIM, J. F.; DE ANDRADE, C. M. S. **O desafio da pecuária extensiva sustentada**. Embrapa Acre-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2005.
- VARGAS, T. D.; GOMES, M. A.; LANI, J. L.; PIMENTA, D. F. N.; NOGUEIRA, R. S.; SOUZA, R. M. **Sistema de Informações Geográficas como ferramenta para o manejo de bacias hidrográficas. Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 32, n. 263, p. 12-20, 2011.
- VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J. D.; CASTRO, D. S., MONTEIRO, D. M. S.; MONTEIRO, M. M.; CALIL, F. N. **Incremento de espécies arbóreas em plantio de**

**recuperação de área degradada em solo de Cerrado no Distrito Federal.** Biosci. J., Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 143-151, Jan./Feb. 2013.

XAVIER, F. V.; ANDRADE, N. L. R.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. **Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso - MT.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.