



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo/UFU



ANNA CAROLINA BARCELOS

ESTUDO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA TOPOGRÁFICA VARGEM BONITA - MG:  
A aplicação de geotecnologias na elaboração da cartografia do relevo

UBERLÂNDIA  
2020

ANNA CAROLINA BARCELOS

ESTUDO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA TOPOGRÁFICA VARGEM BONITA - MG:  
A aplicação de geotecnologias na elaboração da cartografia do relevo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues

UBERLÂNDIA  
2020

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

B242 Barcelos, Anna Carolina, 1995-  
2020 Estudo geomorfológico da folha topográfica Vargem Bonita - MG  
[recurso eletrônico] : a aplicação de geotecnologias na elaboração  
da cartografia do relevo / Anna Carolina Barcelos. - 2020.

Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Pós-graduação em Geografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.144>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Geografia. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1965-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Geografia.  
III. Título.

CDU: 910.1

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
Programa de Pós-Graduação em Geografia



ANNA CAROLINA BARCELOS

**ESTUDO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA TOPOGRÁFICA  
VARGEM BONITA – MG: A aplicação de geotecnologias na  
elaboração da cartografia do relevo**

Professor Dr. Sílvio Carlos Rodrigues - UFU

Professor Dr. Jorge Luis Silva Brito – UFU

Professora Drª. Leda Correia Pedro Miyazaki – FACIP - PONTAL

Data: 27, 01 de 2020

Resultado: Aprovada

Dedico este trabalho ao meu grande amor Jean R.  
B. Danelon e aos meus pais Cristiane e Clayton  
Barcelos, por todo apoio, carinho e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

A caminhada até aqui não se encerra, novos capítulos de uma vida acadêmica continuarão a se construir, o caminho é longo e é por isso que não posso deixar de agradecer e reconhecer as pessoas que caminharam ao meu lado até aqui. Hoje agradeço primeiramente a Deus, que em todos os momentos da minha vida esteve presente, abençoando e iluminando meus passos, sendo para mim o maior mestre que alguém pode ter.

Agradeço ao meu orientador Silvio Carlos Rodrigues que há exatamente 6 anos atrás abriu edital para novos estagiários, e confiou na minha capacidade, de ir aos trabalhos de campo semanais na Fazenda Experimental do Glória, que foi apenas o começo de uma parceria que vêm frutificando até hoje, com boas conversas, ensinamentos e é claro orientações, que abriam minha mente para um mundo chamado “ser pesquisador”, onde existem dias bons e dias ruins, mas que ao final, tudo se resolve e continuamos a acreditar que tudo vale a pena.

Aos meu pais Cristiane e Clayton Barcelos, ao meu irmão Vinícius Barcelos, que são a minha base, e que acreditam e me incentivam todos os dias para ir atrás dos meus sonhos, o apoio e amor de vocês foi essencial para a conclusão de mais uma etapa, vocês me ensinam a cada dia ser uma pessoa melhor.

Aos amigos de LAGES, Thallita Nazar, Juliana Sousa, Renato Emanuel, Carlos Nardin, Giliander Silva, Jefferson Confessor, Lara Luíza, Vinícius Maruschi, agradeço por todas as contribuições, conversas, risadas, conselhos, saibam que cada um de vocês contribui ou contribuiu para o crescimento desse laboratório. Aos outros colegas de laboratório meu agradecimento, por fazerem do LAGES um lugar melhor, por serem uma equipe unida, uma das melhores da UFU.

Agradeço também ao Professor Jorge Brito, por fazer parte desde o início desta pesquisa, com suas contribuições na defesa de projeto e qualificação, elas foram essenciais para a finalização desta dissertação, a Professora Leda Miyazaki, pela disposição em participar da banca e enriquecer o trabalho com suas contribuições.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, agradeço pelo apoio à pesquisa, através da concessão da bolsa de Mestrado e pelo projeto CRA APQ-00231/2016.

Agradeço também a Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Ao Jean Roger Bombonato Danelon, meu amor e amigo, por fazer parte de mais uma etapa da minha vida, com todos seus elogios, apoio, incentivo, conversas inspiradoras, você torna tudo mais leve e interessante, você sempre se orgulha de tudo que faço, sendo minha base e colocando meus pés no chão, quando sinto que as coisas não estão indo na direção que eu gostaria, obrigada por ser essa pessoa em minha vida.

“Se você tem conhecimento, deixe os outros  
acenderem as suas velas nele.”  
(Margaret Fuller)

## RESUMO

O estudo do relevo é de grande valor não só para a Geomorfologia, mas da mesma forma para outras Ciências da Terra que aliam seus estudos com os componentes da superfície terrestre. O emprego de estudos geomorfológicos se torna de grande valor para o planejamento físico-territorial, sendo aptos na geração de dados relacionados as formas de relevo e as características morfodinâmicas das regiões onde são desenvolvidos. A Folha Topográfica Vargem Bonita (SF- 23-V-B-I-3) localizada na região oeste de Minas Gerais, trata-se de uma região de grande interesse geográfico, tanto do ponto de vista científico e acadêmico como econômico, devido, principalmente, à presença das feições geomorfológicas mais relevantes da área, a Serra da Canastra e o Chapadão da Babilônia, ambos possuindo grande beleza cênica. A área em questão possui grande relevância no quadro geológico da região, pois abrange o limite entre a Faixa de Dobramentos Brasília e o Cráton São Francisco, registra a presença de vários domínios tectônicos resultantes da complexa história deformacional da região, além disso, a diversidade paisagística e morfológica da Folha Vargem Bonita é notória, abrigando grande diversidade e expressão das feições geomorfológicas e riqueza dos aspectos fisiográficos. Neste sentido, este trabalho objetivou-se pela necessidade de caracterizar a compartimentação das unidades do relevo local, tal como a identificação, classificação dos distintos padrões de formas nelas encontradas e paralelamente, utilizar de meios da geotecnologia, como exemplo, o uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas na identificação de áreas pontuais de grande interesse e com características específicas de cada padrão de relevo encontradas na área de estudo. A metodologia baseou-se na abordagem dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, passando pela hierarquização do relevo proposta por Ross (1992), foram mapeados quatro Unidades Morfoestruturais, compreendendo: Faixa Canastra, Bacia Bambuí, Sistema de Intrusão Piumhi e Coberturas Cenozóicas. As Unidades Morfoesculturais, foram classificadas em Escarpas e Residuais, Planalto Dissecado, Superfície Cimeira, Planalto do Rio São Francisco, Residuais Dissecados e Superfícies Residuais Planas. Diante disso, a elaboração do mapa geomorfológico da Folha Vargem Bonita disponibiliza um material dotado de grande valor geográfico, sendo um documento inédito, tendo em vista a quantidade de trabalhos existentes, porém em outras áreas do conhecimento.

**Palavras – chave:** Cartografia Geomorfológica. Modelo Tridimensional. Vargem Bonita.

## ABSTRACT

The relief study is of great value not only for Geomorphology but in the same way for other Earth Sciences that combine their studies with the components of the terrestrial surface. The use of geomorphological studies becomes of great value for physical-territorial planning being able in the generation of data related the forms of relief and the morphodynamic characteristics of the regions where they are developed. The Vargem Bonita Topographical Map (SF- 23-V-B-I-3) located in the western region of Minas Gerais, it is a region of great geographical interest, both scientifically and academically and economically, due mainly to the presence of the most relevant geomorphological features of the area, in the Serra da Canasta and the Chapadão da Babilonia, both possessing great scenic beauty. The area in question has great relevance in the regional geological framework, because covers the boundary between the Brasilia Orogenetic Sash and the São Francisco Craton, It records the presence of several tectonic domains resulting from the complex deformational history of the region, besides the landscape diversity and morphological characteristics of Vargem Bonita map are notorious, sheltering great diversity and expression of geomorphological features and richness of physiographic aspects. In this sense, this work aimed to characterize the compartmentalization of local relief units such as identification, classification of the different patterns of shapes found in them and, in parallel, using geotechnology, as an example, the use of Remotely Piloted Aircraft in the identification of point areas of great interest and with specific characteristics of each relief pattern found in the study area. The methodology is based on the approach of the concepts of morphostructure and morphosculpture, passing through the hierarchization of relief proposed by Ross (1992). Four Morphostructural Units were mapped, comprising: Canastra Sash, Bambuí Basin, Piumhi Intrusion System and Cenozoic Covers. With respect to morphosculptural units, they were classified into Scarps and Residual, Dissected Plateau, Summit Surface, Plateau of the São Francisco River, Dissected Residual and Flat Residual Surfaces. Thus, the elaboration of the geomorphological map of Vargem Bonita Topographic map provides a material with great geographical value, being an unprecedented document, considering the amount of existing work, but in other areas of knowledge.

**Keywords:** Geomorphological Cartography. Three-dimensional model. Vargem Bonita.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferença entre Modelo Digital de Superfície e Modelo Digital do Terreno .....	34
Figura 2 – Fluxograma metodológico da dissertação.....	42
Figura 3 – Plano de voo no programa Pix4Dcapture.....	46
Figura 4 – Fluxograma síntese dos procedimentos para construção do mapa geomorfológico .....	48
Figura 5 – Perfil Unidade Morfoestrutural Faixa Canastra .....	59
Figura 6 – Escarpa rochosa do Chapadão do Diamante .....	61
Figura 7 – Escarpa festona ou alcantilada, no município de São Roque.....	62
Figura 8 – Face norte da escarpa .....	62
Figura 9 – Paredão rochoso da escarpa .....	63
Figura 10 – Afloramento de Filito na área de estudo .....	64
Figura 11 – Padrão de Colina .....	65
Figura 12 – Padrão de Morros .....	65
Figura 13 – Chapadão do Diamante, Parque Nacional da Serra da Canastra.....	66
Figura 14 – Serra da Babilônia.....	67
Figura 15 – Rio São Francisco, município de Vargem Bonita – MG .....	68
Figura 16 – Gruta, município de Vargem Bonita – MG.....	69
Figura 17 – Dolinas na área de estudo.....	69
Figura 18 – Morro residual da canastra .....	70
Figura 19 – Perfil na área do morro residual da Canastra .....	71
Figura 20 – Relevo Dissecado, Município de Vargem Bonita .....	72
Figura 21 – Formas Onduladas e declives moderados .....	72
Figura 22 – Coberturas Residuais Planas .....	73
Figura 23 – Modelo Tridimensional.....	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Apresentação das características dos níveis taxonômicos de Ross (1992).....	31
Quadro 2 - Classificação dos ARPs.....	36
Quadro 3 – Classes do relevo de acordo com a variação da declividade .....	45
Quadro 4 – Características do ARP DJI Phantom 3 Standard.....	46
Quadro 5 – Análise dos elementos para elaboração da legenda.....	49
Quadro 6 – Classes hipsométricas representadas em área (%).....	51
Quadro 7 – Classes de Declividade representadas em área (%).....	54
Quadro 8 – Síntese das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais .....	57

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Área de estudo, Folha Vargem Bonita 1:50.000 (IBGE) .....	23
Mapa 2 – Mapa hipsométrico da Folha Vargem Bonita.....	52
Mapa 3 – Mapa de declividade da Folha Vargem Bonita .....	53
Mapa 4 – Mapa geológico .....	58
Mapa 5 – Esboço Geomorfológico da Folha Vargem Bonita .....	60
Mapa 6 – Mapa Geomorfológico da Folha Vargem Bonita .....	74

## **SIGLAS E ABREVIACÕES**

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil;

ARP – Aeronave Remotamente Pilotada;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas;

MMA/IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis;

PARNA Serra da Canastra – Parque Nacional da Serra da Canastra

UGI – União Geográfica Internacional;

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	17
<b>1.1. Introdução</b> .....	17
<b>1.2. Justificativa</b> .....	18
<b>1.3. Objetivo</b> .....	20
<i>1.3.1. Objetivo Geral</i> .....	20
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i> .....	20
<b>1.4. A área de estudo</b> .....	21
<b>CAPÍTULO II</b> .....	25
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO-CONCEITUAL</b> .....	26
<b>2.1. Ciência geomorfológica</b> .....	26
<b>2.2. Mapeamento geomorfológico</b> .....	28
<b>2.3. As geotecnologias e a geomorfologia</b> .....	32
<b>2.4. Aplicação e Utilização de ARPs em Mapeamentos</b> .....	35
<b>CAPÍTULO III</b> .....	38
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS OPERACIONAIS</b> .....	39
<b>3.1. Materiais</b> .....	39
<b>3.2. Pesquisa Bibliográfica</b> .....	40
<i>3.2.1. Banco de Dados</i> .....	40
<b>3.3. Pesquisa de campo</b> .....	43
<b>3.4. Procedimentos operacionais – diagnóstico do relevo</b> .....	43
<b>3.5. Planejamento de voo</b> .....	45
<i>3.5.1. Aquisição de dados e imagens através do ARP</i> .....	46
<i>3.5.2. Processamento das fotografias</i> .....	47
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	50
<b>4. RESULTADOS</b> .....	51
<b>4.1. Mapeamento geomorfológico</b> .....	51
<b>4.2. Compartimentação Morfoestrutural e Morfoescultural</b> .....	55
<b>4.3. Unidade Faixa Canastra</b> .....	61

4.3.1. Escarpas e Residuais .....	61
4.3.2. Planalto Dissecado .....	64
4.3.3. Superfície Cimeira .....	66
<b>4.4. Unidade Bacia Bambuí .....</b>	<b>67</b>
4.4.1. Planalto do Rio São Francisco .....	67
4.4.2. Residuais Dissecados .....	70
<b>4.5. Sistema de Intrusão Piumhi .....</b>	<b>71</b>
4.5.1. Planalto Dissecado .....	71
<b>4.6. Coberturas Cenozóicas .....</b>	<b>73</b>
4.6.1. Coberturas Residuais Planas .....	73
<b>4.7. Mapa Geomorfológico.....</b>	<b>73</b>
<b>4.8. Modelo Tridimensional.....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>77</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>

# CAPÍTULO I

## APRESENTAÇÃO



*“Our greatest weakness lies in giving up. The most certain way to succeed is always to try just one more time.”*

(Thomas A. Edison)

# **1. APRESENTAÇÃO**

## **1.1. Introdução**

O estudo do relevo é de grande valor não só para a geomorfologia, mas da mesma forma para outras ciências da terra que aliam seus estudos com os componentes da superfície terrestre. A geomorfologia, ciência responsável pela investigação dos processos formadores do relevo, fundamentados nas características climáticas, hidrológicas, litológicas, pedológicas e tectônicas, apresenta-se como um instrumento essencial para análises em diversos segmentos, como no caso dos estudos ambientais e sociais, no que se diz respeito ao planejamento e gestão do território. O vínculo entre o meio físico e o homem, revela-se cada vez mais atrelado se observado através do estudo do relevo terrestre, pois este elemento é qualificado para conduzir, oferecer e condicionar as atividades do homem (FLORENZANO, 2008; SILVA; RODRIGUES, 2009).

De acordo com Martins (2013) os condicionamentos da dinâmica interna e externa do planeta terra refletem-se todos no relevo, pode ser compreendida através de pontos de vistas distintos, podendo delimitar diferentes comportamentos morfodinâmicos e na compreensão do desempenho da dinâmica da paisagem através de suas características. Ademais, pode-se elucidar a atuação biológica, com atenção especial para as atividades humanas, que desempenham seu papel de modificadores de diversas formas e possui diferentes maneiras de controlar os processos, além disso, na elaboração e destruição das formas de relevo.

Dessa forma, o emprego de estudos geomorfológicos se torna de grande valor para o planejamento físico-territorial, sendo aptos na geração de dados relacionados as formas de relevo e as características morfodinâmicas das regiões onde são desenvolvidos. Isto posto, o estudo geomorfológico no contexto da Folha Vargem Bonita SF- 23-V-B-I-3 localizada na região oeste de Minas Gerais, se objetiva pela necessidade de caracterizar a compartimentação das unidades do relevo local, tal como a identificação, classificação dos distintos padrões de formas nelas encontradas e paralelamente, utilizar de meios da geotecnologia, como exemplo, o uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) na identificação de áreas pontuais de grande interesse e com características específicas de cada padrão de relevo encontradas na área de estudo.

A obtenção de informações a partir de imagens capturadas por Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) se apresenta atualmente como uma das alternativas promissoras no mercado, sendo considerada uma tendência por muitos profissionais, oferecendo uma gama de informações para a atualização de bases cartográficas existentes, com um custo inferior se comparadas aos métodos tradicionais. Segundo Longhitano et al (2016), afirmam que a execução de estudos ambientais por meio da tecnologia de ARPs, confirma cada vez mais a aceitação desta nova tecnologia de mapeamento no mercado de trabalho e em pesquisas acadêmicas, pois fornece resultados precisos e satisfatórios em tempo e custo reduzido, em contrapartida apontam também o maior custo e riscos que se tem em campo e a menor precisão dos resultados por meio do uso das metodologias convencionais.

O objetivo de utilização de um sistema de classificação é a aquisição do mapa geomorfológico, o qual reflete a realidade do relevo de uma área ou região. Este mapeamento deve transparecer a realidade do relevo por meio de uma classificação que permita o diagnóstico da gênese das formas, bem como suas características morfológicas e morfométricas (MARTINS, 2013).

Portanto, a proposição apresentada está apoiada no uso de geotecnologias com destaque ao mapeamento da multiplicidade geomorfológica e suas dinâmicas, visto que são de grande competência na caracterização ambiental e morfológica de várias regiões geográficas, dado que conciliam a pesquisa, análise e gestão das informações necessárias para sua execução.

## **1.2. Justificativa**

A área adotada como objeto de estudo é provida de grande interesse geográfico, tanto do ponto de vista científico e acadêmico como econômico, devido, principalmente, à presença das feições geomorfológicas mais relevantes da área, a Serra da Canastra e o Chapadão da Babilônia, ambos possuindo grande beleza cênica. Predominando no topo da Serra da Canastra um relevo de colinas suaves e mais raras cristas protuberantes de quartzito, além disso são estimados 30 metros de espessura de um moderado horizonte de laterização. O Chapadão da Babilônia também apresenta topo aplainado, mas o que predomina em parte da unidade apresenta grande variação de camadas de vários tipos de quartzito e xistos (CODEMIG,2015).

No que diz respeito sobre a presença do Parque Nacional da Serra da Canastra na área de estudo, tem-se a compartimentação realizada pelo plano de manejo do parque para a área da unidade de conservação, compreendendo cinco unidades do relevo, estas apresentando distintas características morfológicas, topográficas e pedológicas a citar:

- Compartimento das chapadas;
- Compartimento dos morros alongados elevados;
- Compartimento das depressões intermontanas;
- Compartimento das colinas amplas, suavemente onduladas;
- Compartimento dos morros alongados e colinas com vertentes convexas (MMA/IBAMA, 2005).

A Folha em questão possui grande relevância no quadro geológico da região, pois abrange o limite entre a Faixa de Dobramentos Brasília e o Cráton São Francisco, registra a presença de vários domínios tectônicos resultantes da complexa história deformacional da região, além disso, a diversidade paisagística e morfológica da Folha Vargem Bonita é notória, abrigando grande diversidade e expressão das feições geomorfológicas e riqueza dos aspectos fisiográficos que proporcionam à região grande beleza natural e abundância em recursos hídricos, vegetais e ambientais como um todo.

Ademais, outro ponto que merece notoriedade é a quantidade de trabalhos existentes sobre a região com enfoque especialmente aos domínios geológicos, tendo em conta seu amplo potencial para recursos minerais diversos (Turfa, Fosfato, Bauxita, Minério de Ferro, Filito, Cascvalho, Areia, Ouro, Argilito, Caulim, Calcário e Diamante) (CODEMIG, 2015).

Alguns trabalhos de cunho geomorfológico foram desenvolvidos na área do Parque Nacional da Serra da Canastra e região, Nazar (2018) com a compartimentação do topo da Serra da Canastra em escala de 1:50.000, Souza e Rodrigues (2014) com os aspectos Morfoestruturais e Morfoesculturais da Serra da Canastra e entorno na escala 1:250.000. Entretanto, independentemente de avançados os estudos nesse contexto, verifica-se a necessidade de mais trabalhos de caráter geomorfológico, com enfoque em seus processos e evolução, tal como, a cartografia geomorfológica. Isto posto, evidencia-se a contribuição deste trabalho para o avanço dos estudos geomorfológicos na região, com destaque à utilização de modernos equipamentos e metodologia avançada para a pesquisa do relevo.

A realização do mapeamento geomorfológico em escala de semidetalhe (1:50.000) para a região da Folha Vargem Bonita expressa grande importância, uma vez que ao espacializar as distintas fisionomias do relevo, quanto à sua forma, gênese, idade e processos, será possível identificar a evolução de tais formas de relevo e sugerir características de manejo que estejam em conformidade com a dinâmica ambiental, minimizando os impactos analisados acerca do relevo e de outros aspectos ambientais. Contribuindo com a comunidade acadêmica e gestora a partir da disponibilização de documento cartográfico.

Dessa forma torna-se necessário valer-se de uma série de análises geomorfológicas específicas, a partir da análise detalhada da dinâmica ambiental, análise dos processos morfogenéticos naturais e os gerados pela ação humana, análise do material superficial e não menos importante o estudo do relevo regional. Entretanto, é fundamental a articulação de tais preceitos com o uso das geotecnologias, estas que se encontram em progressivo crescimento e altamente em evidência, seja através da facilidade de manejo e gerenciamento de dados geográficos e/ou pela possibilidade de correlação entre os diversos aspectos ambientais.

### **1.3. Objetivo**

#### *1.3.1. Objetivo Geral*

O objetivo deste trabalho é produzir o mapa geomorfológico da folha topográfica Vargem Bonita – MG na escala de 1:50.000, caracterizando as formas de relevo e buscando evidenciar a dinâmica geomorfológica da região, com o suporte de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) para auxiliar na caracterização das áreas pontuais de grande interesse de acordo com cada padrão de relevo.

#### *1.3.2. Objetivos específicos*

- Elaborar banco de dados georreferenciado do relevo da área de interesse;
- Realizar o mapeamento geomorfológico de semidetalhe (Escala: 1:50.000) da Folha Vargem Bonita - MG;
- Analisar os processos morfodinâmicos e morfogenéticos presentes no relevo;

- Elaboração de Modelo Tridimensional do terreno para área de interesse de grande representatividade do relevo local – Área Pontual;
- Disponibilizar os produtos cartográficos resultantes para serem aproveitados em planos de gestão da região.

#### **1.4. A área de estudo**

A área de estudo está situada no centro-oeste de Minas Gerais, mais precisamente à Folha Vargem Bonita do IBGE (1:50.000). Está situada entre coordenadas geográficas, de 46° 15' e 20° 15' de longitude a oeste do meridiano de Greenwich e de 46° 30' a 20° 30' de latitude ao Sul do Equador, no Estado de Minas Gerais, contém as sedes dos municípios de Vargem Bonita, da qual leva o nome e de São Roque de Minas, também engloba áreas dos municípios de Piumhi, São João Batista do Glória e Delfinópolis. O acesso principal é feito pela rodovia MG 050, que liga os municípios de Passos a Belo Horizonte, dando continuidade na estrada pavimentada MG 341 na altura do município de Piumhi, cruzando toda a folha desde seu limite leste até o encontro com a cidade de São Roque de Minas, na porção oeste (Mapa 1).

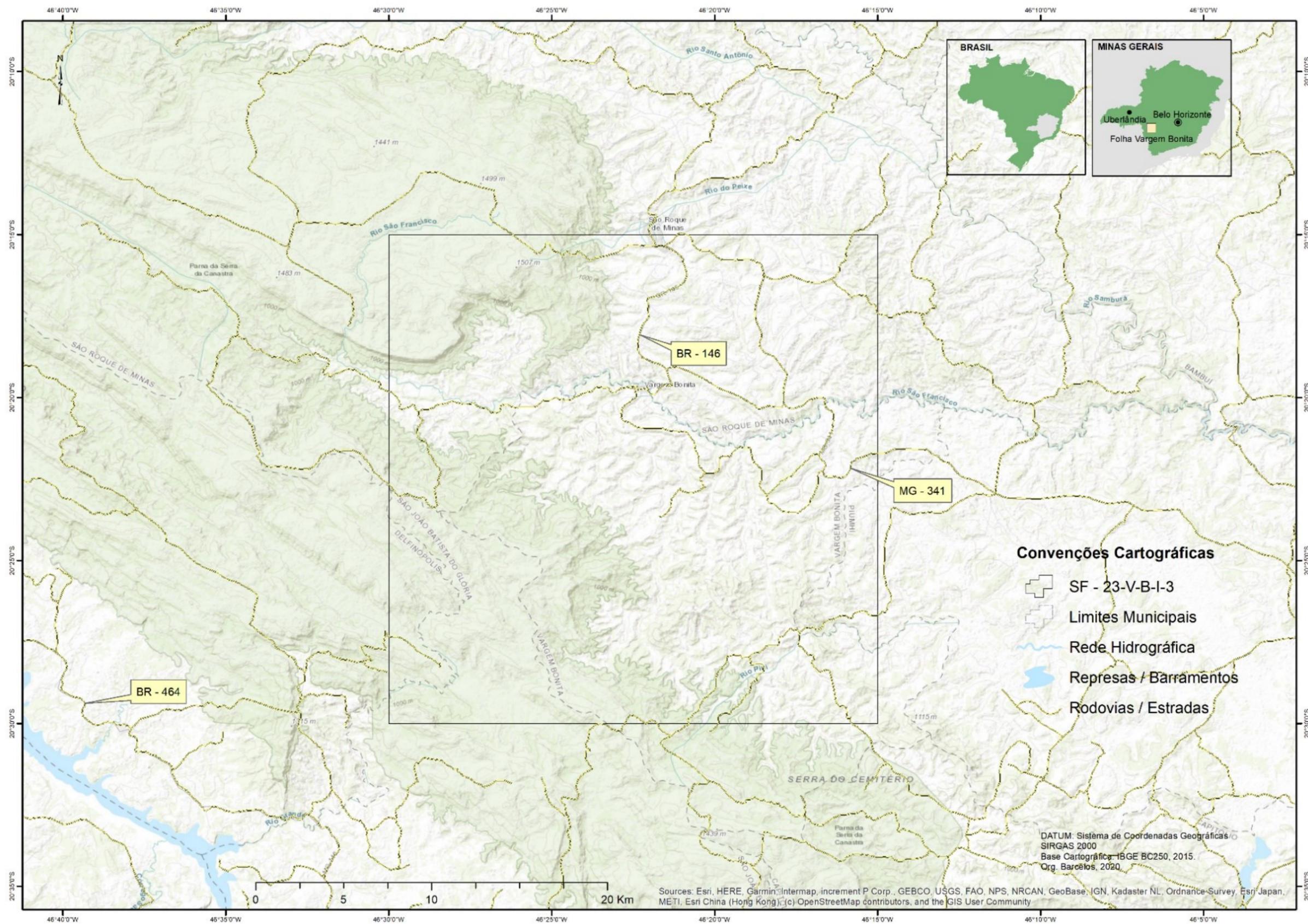
Os principais cursos d'água presentes na área da carta são os Rios São Francisco e seus afluentes Rio Piumhi e Rio das Capivaras, o Rio Piumhi fazia parte da Bacia Hidrográfica do Paraná, mas teve seu curso transposto com a construção da Barragem de Furnas, sendo hoje tributário do São Francisco (CODEMIG, 2015).

O clima da região que abrange a área de estudo é o tropical típico, ocorrendo duas estações bem definidas, no trimestre de dezembro a fevereiro a estação úmida, concentrando o excedente hídrico e o escoamento superficial, já na estação mais seca entre os meses de junho a agosto, os meses mais frios. A temperatura média varia entre 18° C nos meses mais frios e 22 ° nos meses mais quentes, a pluviosidade varia entre 1000mm e 1500mm (NOVAIS, 2011).

A geologia da área da carta está localizada sobre duas grandes estruturas geológicas, o Cratón do São Francisco datado no período Arqueano e a Faixa Brasília datada no final do Proterozóico Superior. A primeira estrutura é predominantemente composta por rochas granito-gnáissicas do período arqueano, são encontradas em grande parte capeada por coberturas sedimentares e Vulcano-sedimentares do Proterozóico Superior ou do Fanerozóico, a segunda estrutura foi constituída por sedimentos e rochas vulcânicas entre os Crátons Amazônico e São Francisco e posteriormente ocorreu uma

compressão entre os crátons, sendo completamente dobradas e passando por metamorfismo originando rochas do tipo xisto ou filito, predominando nas faixas de dobramentos (SOUZA & RODRIGUES, 2014; TOMAZZOLI, 1990).

Mapa 1 – Área de estudo, Folha Vargem Bonita 1:50.000 (IBGE)



Fonte: A autora.

As unidades geológicas presentes nas duas estruturas e na carta são, Grupo Araxá e Grupo Canastra Indiviso, localizados na Faixa de Dobramento Brasília, e os Depósitos Aluvionares e Formação Paraopeba, localizados no Cráton do São Francisco.

A Folha Vargem Bonita é caracterizada pela justaposição de diversas escamas tectônicas relacionadas ao longo processo de encurtamento crustal, consequência da evolução Neoproterozoica. Foram identificadas nove escamas principais formadas por rochas dos Grupos Araxá, Bambuí e Canastra. Os registros de rochas fanerozoicas são poucos, constituindo-se a coberturas sedimentares do quaternário (CODEMIG, 2015)

As rochas do Grupo Bambuí são entendidas com uma bacia de antepaís estabelecida à leste da frente de empurrões, sendo os depósitos das formações Lagoa Formosa e Samburá diretamente associadas aos fluxos de detritos provenientes das áreas soerguidas no decorrer das fases de cavalgamento. Com exceção da porção basal da Formação Sete Lagoas, dados isotópicos U-Pb de zircões detríticos do Grupo Bambuí indicam máxima de deposição em torno de 610 Ma (RODRIGUES, 2008).

As rochas do Grupo Canastra apresentam sedimentos de plataforma continental depositados entre 09 e 1.0 Ga, em margem passiva estabelecida na borda ocidental do Cráton São Francisco. As rochas do Grupo Araxá incluem em sua porção basal sequências plataformais de margem passiva, com grande quantidade de metapsamitos, com idade semelhante às do Grupo Canastra. O auge do metamorfismo para essa unidade é datado em aproximadamente 630 Ma, na Folha Vargem Bonita, ocorrem apenas rochas da porção basal do Grupo Araxá. Para o tipo essas rochas dão lugar a metassedimentos imaturos (xistos e gnaisses), com maior frequência de metabásicas, que são entendidos como depósitos de talude continental (CODEMIG, 2015; VALERIANO *et al.*, 2004).

Essa área insere-se no contexto tectônico da porção meridional da Faixa de Dobramentos Brasília. É representada por diversas camadas de empurrão, compreendendo sucessões essencialmente metassedimentares, advindas dos processos orogênicos determinados na borda ocidental do Cráton São Francisco durante o Neoproterozoico (VALERIANO *et al.*, 2004; UHLEIN *et al.*, 2013).

Possuindo um amplo potencial para recursos minerais diversos, a área da Folha Vargem Bonita é considerada um atrativo para possíveis empreendimentos em sua área de mineração. No entanto, deve-se evidenciar que existem na folha áreas destinadas a preservação ambiental permanente, devido aos limites do Parque Nacional da Serra da Canastra e da zona de amortecimento estarem dentro dessa área, onde abrigam grande riqueza vegetal e animal (CODEMIG, 2015).

## CAPÍTULO II

### Referencial Teórico-Metodológico-Conceitual



*“You cannot teach a man anything, you can only help him find it within himself.”*

(Galileu Galilei)

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO-CONCEITUAL**

A seguir serão apresentados os principais pontos que conduziram para a construção do referencial teórico-metodológico desta dissertação, desde os princípios da ciência geomorfológica, o desenvolvimento do mapeamento geomorfológico e as geotecnologias aplicadas nos estudos geomorfológicos.

### **2.1. Ciência geomorfológica**

Em meados do século XVIII inicia-se a partir dos estudos geológicos da crosta terrestre, o desenvolvimento da Ciência Geomorfológica, vinculada à Geografia e à Geologia, de tendência naturalista. Nesse mesmo período, pesquisadores desenvolviam a ideia da esculturação do relevo a partir da ação dos rios, mas no início, o conceito de que os vales fluviais fossem o resultado de uma ação catastrófica persistia, ou seja, os rios teriam começado a drenar os vales anteriormente formados. Desta forma, ao final desse mesmo século, esse conceito passa a ser preterido, implementando-se o princípio de que os vales dos rios são formados a partir de sua própria erosão (FONTES, 2010).

A partir da teoria do ciclo geográfico de William Morris Davis (1899) o pensamento geomorfológico ganhou grande impulso. Representando a primeira idealização desenvolvida de forma mais completa. Este modelo evolutivo de elucidção das formas de relevo adotava um paradigma metodológico de possível aplicação às formas encontradas em campo (CHRISTOFOLETTI, 1980). Segundo Souza (2008), não obstante, o ordenamento das circunstâncias dos eventos naturais - tectônica, soerguimento, erosão - além da hipótese dos longos períodos de estabilidade tectônica, ocorriam de forma sistemática, previsível e em uma escala temporal de complexa confirmação. Dessa maneira, este modelo foi sendo progressivamente preterido, dando margem a partir das transformações técnicas da ciência a um novo paradigma geomorfológico.

O relevo na qualidade de um elemento de união com outros elementos na formação da superfície da terra tem sua sistematização clássica com Penck (1984) e W. Penck (1910). A relação relevo – clima – vegetação evolui na escola Alemã a partir da relação dos processos internos e externos na constituição do relevo com Passarge (1926), mediante os estudos de fisiologia da paisagem com Troll (1950) chegou-se na concepção de Paisagem (MENDOZA *et. all*, 1982; SUERTEGARAY, 2018).

Até o início dos anos de 1950, a função da Ciência Geomorfológica restringia-se à descrição e categorização das formas, sem uma preocupação no conhecimento do caráter ambiental que intervém de modo direto sobre intervenções da sociedade. A tranquilidade com o quadro sociedade/natureza era, ainda, resultado de um grupamento de trabalhos acadêmicos voltados para a percepção dos processos morfogenéticos e pedogênicos, destituído da análise da fisiologia da paisagem, no intuito de pormenorizar a relação entre uso/ocupação acerca da gênese dos modelados (SOUZA, 2008).

Na segunda metade do século XX, a geomorfologia ganha outros panoramas, o progresso científico e tecnológico proporcionou o emprego de novos recursos, com os mapas topográficos mais precisos, instrumentos, fotografias aéreas e equipamentos mais refinados para realização de trabalhos de campo e laboratório (MARQUES, 2007).

Os estudos de Horton (1932), Strahler (1954) e Gregory e Walling (1973) envolvendo a temática de bacia de drenagem ganham destaque das décadas de 1940 a 1960, marcando os estudos geomorfológicos, com a abordagem quantitativa, a teoria dos sistemas e com os fluxos e o uso da computação. Além destes, a escola francesa, ganha destaque com Emmanuel de Martonne (1964) e Tricart (1977), escola que influenciou no desenvolvimento da Geografia e da Geomorfologia no Brasil.

Isto posto, no Brasil, com influência germânica temos os estudos de AB'Saber (1969), sendo considerado a maior contribuição à teoria geomorfológica. Em relação a compartimentação do relevo Ross (1992), sua proposta baseia-se na classificação do relevo em seis diferentes níveis taxonômicos, onde a mesma pode ser adaptada para diferentes escalas, de acordo com a representação dos fatos geomórficos, sem perder sua funcionalidade e originalidade para os mapeamentos (FERREIRA, SOUZA & RODRIGUES, 2007; FLORENZANO, 2008).

Segundo Silva e Rodrigues (2009):

“A geomorfologia é um campo específico da Geografia Física, que faz parte do rol de disciplinas que compõe as Ciências da Terra. Trata-se de uma ciência integradora, pois deve refletir o estudo dos processos formadores do relevo, passando pela abordagem das características litológicas, tectônicas, climáticas, hidrológicas e pedológicas.”

Assim sendo, a preocupação dos estudos geomorfológicos não está especificamente na forma que se encontra o globo terrestre, mas com as formas que são identificadas em sua superfície, podendo ser uma subárea ou submarina, das crateras modeladas pelas gotas de chuva às placas litosféricas, podendo ser as que existem a milhões

de anos ou as que duram menos de um segundo. Com isso, sabe-se que o estudo da geomorfologia se preocupa com as formas da superfície terrestre, como se dá sua distribuição, sua origem, suas relações bilaterais e sua evolução (COLTRINARI, 2011).

## **2.2. Mapeamento geomorfológico**

Considerando que o surgimento dos mapas é antecessor a origem da escrita, compreende-se que a datar de épocas remotas, os mapas exerciam forte influência na sobrevivência dos seres humanos. De acordo com Rosa (2004, p. 4), “a produção de mapas cresce proporcionalmente ao crescimento da população, de forma a atender seus interesses nos mais variados ramos de atividade”. Isto nos evidencia que a Ciência Cartográfica é fundamental e está em contínuo aprimoramento.

Segundo Doné (1981):

Através de cartas são mostradas claramente os objetos e fenômenos estudados e suas correlações, auxiliando na ordenação do espaço, no grupamento dos diversos fatos geomorfológicos e na caracterização regional. São indispensáveis para o conhecimento científico e para as atividades práticas durante diversas etapas de pesquisa, exploração e modificação da superfície da terra pela sociedade. (p.85)

A superfície terrestre, se compõe de formas de relevo de distintos tamanhos e táxons, de distintas idades e processos genéticos diferentes, conseqüentemente movimentada, embora os olhos humanos não consigam captar isto. A dinamicidade das formas de relevo apresenta velocidades diferenciadas, mostrando-se ora mais instável, ora mais estável. Essa atuação depende às vezes, de elementos naturais e outras de intervenção dos homens. A energia do interior do Planeta Terra e a energia externa comandada pela ação da atmosfera terrestre e energia solar são fontes fundamentais que se interagem conjuntamente nos esforços utilizados na elaboração das formas de relevo e estão associadas, seja na composição do embasamento, seja na modelação de seus contornos (ROSS, 1992; ALMEIDA, RIBEIRO 1998; PENHA, 2007; SOUZA, 2008).

A Ciência Cartográfica constitui-se em um relevante instrumento para as Geociências, uma vez que compreende a reprodução do espaço, das muitas variáveis que compõem o plano terrestre, evidenciando múltiplos aspectos análogos a urgência do pesquisador. No contexto da Geomorfologia, segundo Santos *et al.* (2006), a cartografia geomorfológica é compreendida como um significativo objeto na reprodução do relevo

da superfície terrestre que se constitui em uma das principais técnicas de pesquisa e estudo da geomorfologia, tal como para outras finalidades, como o planejamento ambiental e ordenamento do território.

O primeiro conceito de um mapa geomorfológico com detalhes foi apresentado por Passarge (1914), no molde de um Atlas Morfológico, contendo oito mapas, em escala de 1:50.000, mapa de topo-orográfico com vegetação, mapa de declividade das vertentes, das formas de vales, geológico-estratigráfico, de resistência física, de resistência química, petrográfico e o mapa de desenvolvimento do relevo, contendo seus elementos, sua evolução, a estrutura do substrato e sua susceptibilidade ao intemperismo (GUSTAVSSON, 2006).

A cartografia geomorfológica passa a ser adotada como método para a pesquisa básica de geomorfologia a partir dos anos de 1950, sustentando o desenvolvimento da disciplina na qualidade de corpo teórico e conhecimento aplicado as questões práticas. O mapeamento geomorfológico que se conhece teve seu início em 1950 na Polônia, mais recentemente os mapas geomorfológicos em outros países, são utilizados em zoneamentos ecológicos, econômicos e agrícolas, além de apoiar os estudos teóricos da paisagem (GELLERT, 1972).

Não existe ainda um método unificado internacionalmente para o mapeamento geomorfológico, isso ocorre devido à variedade e complexidade dos objetos estudados pela Geomorfologia e à consequente dificuldade para classificar os mesmos. Os sistemas mais conhecidos e utilizados de mapeamento geomorfológico são da IGU - International Geographical Union (DEMEK, 1972), o sistema francês (TRICART, 1972) e o ITC – International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (VERSTAPPEN; ZUIDAM, 1975).

Segundo as recomendações da Subcomissão de cartas geomorfológicas da UGI (União Geográfica Internacional) a cartografia geomorfológica dá destaque a quatro tipos de dados no tratamento da reprodução das formas de relevo: morfometria, morfografia, morfogênese e morfocronologia (TRICART, 1957). O significado principal de cada um desses elementos é exposto a seguir:

- I) Morfometria - representam os dados de altimetria, dimensões, desníveis e extensões;
  
- II) Morfografia - correspondem às formas de perfil, convexidades, concavidades, retilineidade, rupturas, topos, fundos de vale;

III) Morfogênese – gênese e evolução (degradação, agradação e até mesmo neotectônica);

IV) Morfocronologia – relaciona-se a idade relativa das formas e datação absoluta;

Pode-se citar os pressupostos teóricos de Jurandyr L.S. Ross (1992) no contexto brasileiro, que conduziu a execução de estudos técnicos de caráter geomorfológico empenhados ao planejamento socioeconômico e ambiental, além dele podemos citar o Projeto RADAMBRASIL, que objetivou a realização de um mapeamento do Território Brasileiro evidenciando os recursos renováveis e não renováveis, utilizando imagens de sensores e de radar (RADAMBRASIL, 1983).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981), também desenvolveu uma proposta na tentativa de sistematizar a classificação do relevo, elaborou o mapa geomorfológico de São Paulo, que se baseava na abordagem do conceito de sistemas de relevo, o que levou a produzir uma classificação que separa o relevo em conjuntos homogêneos, subdividiu-o em províncias, zonas e subzonas. Outra metodologia não menos importante foi proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no manual técnico de geomorfologia IBGE (2009), trabalhou o ordenamento dos fatos geomorfológicos em conformidade com uma classificação temporal e espacial.

A proposta de classificação taxonômica de Ross (1992) leva em consideração os tamanhos de relevo e os aspectos fisionômico das diferentes formas, fundamentado na idade e gênese dessas formas, haja vista o significado morfogenético e as manifestações estruturais e esculturais no relevo. Essa classificação pode ser entendida no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Apresentação das características dos níveis taxonômicos de Ross (1992)

<b>Hierarquia</b>	<b>Terminologia</b>	<b>Características</b>
1º Nível Taxonômico	Unidades Morfoestruturais	Sua idade e gênese são mais antigas que as Unidades Morfoesculturais, sendo a maior forma de relevo. Ex: Cráton do São Francisco; Faixa Brasília.
2º Nível Taxonômico	Unidades Morfoesculturais	São menores se comparadas com as Unidades Morfoestruturais e com idade mais bem menor. Ex: Depressão Periférica Paulista; Planalto Paranaense.
3º Nível Taxonômico	Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas semelhantes	Retratam específicos aspectos fisionômicos advindos dos processos erosivos mais recentes, conseguintes dos que esculpíram as depressões e planaltos. Ex: Padrão em Colinas; Padrão em Morros.
4º Nível Taxonômico	Tipos de formas de relevo	São cada uma das formas de relevo existentes nos Padrões de Formas Semelhantes ou nas Unidades Morfológicas.
5º Nível Taxonômico	Tipos de Vertentes	Corresponde aos tipos de vertentes existentes em cada forma de relevo, sendo de idade e gênese mais jovens. Ex: vertentes convexas, vertentes côncavas, aguçadas, etc.
6º Nível Taxonômico	Formas e processos atuais	Corresponde às formas de relevo mais recentes e menores, que surgem ao longo das vertentes através dos processos geomórficos e ou por ação antrópica. Ex: Ravinas; Voçorocas; Sulcos.

Org.: A autora.

Os mapas geomorfológicos apresentam, em compensação aos outros mapas temáticos, um grau de dificuldade maior na perspectiva da reprodução dos elementos indispensáveis para a análise geomorfológica, uma vez que, segundo Ross (2007), embora a comunidade de geomorfólogos apresentarem unanimidade de conteúdo geral para a representação nos mapas, sendo principalmente informações sobre os tipos de formas de relevo, gênese e idade; a maior problemática que pode ser traçada é a questão da (des) padronização da representação cartográfica, visto que ainda não se chegou a um modelo de uniformização que atendesse os múltiplos interesses das pesquisas geomorfológicas.

De acordo com Ferreira (2005), a datar da década de 1960 “este assunto já era discutido nos encontros e comissões científicas por diversos geógrafos e geomorfólogos”. Nessa mesma perspectiva, Ross (1992), afirma que isso se dá devido à falta de uniformização ou padronização da representação cartográfica geomorfológica, e para Cunha et al. (2003) algumas dessas dificuldades podem estar associadas aos diferentes métodos, escalas e técnicas de trabalho sugerido pelo pesquisador.

Na contemporaneidade, a Cartografia Geomorfológica recebeu notáveis contribuições através do avanço tecnológico. As atuais tecnologias, embasadas no Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, oferecem à Geomorfologia meios importantes para a conquista de diversas pesquisas.

Isto posto, esta dissertação não propõe elaborar um mapa geomorfológico tal como Tricart (1957) entre outros, entretanto tem seu foco na compartimentação proposta na metodologia de Ross (1992). Desse modo, a cartografia geomorfológica desponta como base essencial das pesquisas geomorfológicas, a partir da construção de cartas e /ou mapas geomorfológicos, uma vez que possibilita demonstrar espacialmente os dados (morfologia, morfometria, morfogênese e morfocronologia) que compõe o relevo, sendo esse, o instrumento de pesquisa da geomorfologia.

### **2.3. As geotecnologias e a geomorfologia**

Similarmente conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são a união de tecnologias para coleta, processamento, avaliação e oferta de dados com informações geográficas. As geotecnologias são compostas por resultados em *software*, *hardware* e *peopleware* que reunidos assumem importantes ferramentas para escolha da melhor opção. No Brasil o uso das geotecnologias é recorrente em diversas áreas do conhecimento científico, tornando-se indispensáveis em pesquisas geográficas, além

disso, é de grande importância no mapeamento geomorfológico. Dentre as geotecnologias podemos enfatizar: cartografia digital, sensoriamento remoto, topografia, sistemas de informação geográfica (SIGs) e o sistema de posicionamento global (GPS) (ROSA, 2005; SOUZA, 2017).

Segundo Argento (2007) a geomorfologia apresenta característica multidisciplinar, ao servir de apoio para o entendimento das estruturas espaciais, tanto em relação à natureza física dos fenômenos, como também à natureza socioeconômica dos mesmos. Os mapeamentos de base geomorfológica têm sido priorizados em projetos de gerenciamento ambiental, acompanhados em alguns casos de legendas que servem de auxílio para tomadas de decisões ou também na gestão do território.

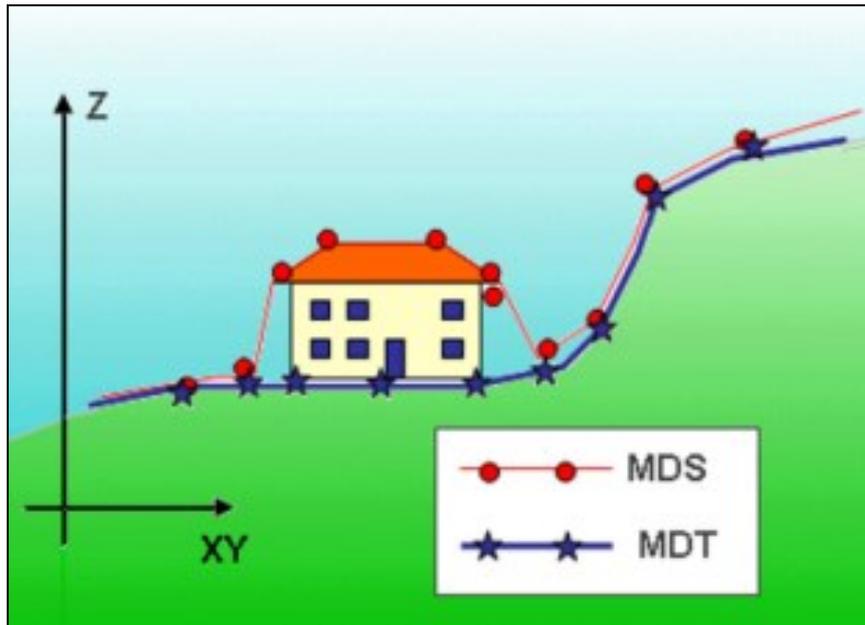
Podendo ser mencionado como exemplo, os projetos que se fundamentam em metodologias de Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos relacionados ao Meio Ambiente – EIAS/ RIMAS, que são providos, em maior parte, de uma base de delimitação do espaço, apresentando um considerável conteúdo fundamentado em bases geomorfológicas.

Nas imagens aéreas e fotografias aéreas o relevo é representado de forma bem destacada, através da disponibilidade de dados multitemporais, que propiciam a pesquisa dos processos morfodinâmicos, a cartografia geomorfológica pode ser considerada uma das áreas da ciência mais beneficiadas pela tecnologia de sensoriamento remoto, potencializando seus horizontes à medida que se desenvolve as tecnologias (FILHO, 2016).

O desenvolvimento tecnológico é um fator indispensável quando relacionado à produção de atuais fontes de informações cartográficas, uma vez que as recentes coletas de dados topográficos advêm das técnicas manuseadas pelo Sensoriamento Remoto. Pode-se destacar dentre estas fontes o Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Digital de Elevação (MDE), estes representam uma opção de alto interesse para complementar a carência de mapas (BARCELOS, 2017).

Segundo Cruz et al (2011), os MDEs representam a superfície do terreno podendo ser acrescentado quaisquer objetos presentes sobre essa superfície e que induzam no valor da reflectância do pixel. Se nessa superfície existir construções e árvores, a superfície moldada refere-se ao topo delas. Em compensação, os MDTs equivalem a superfície real do terreno (Figura 1).

Figura 1 – Diferença entre Modelo Digital de Superfície e Modelo Digital do Terreno



Fonte: DronEng, 2016.

As terminologias mencionadas correspondem à obtenção, processamento e uso de dados digitais para a construção de modelos que reproduzam, graficamente, o relevo e as demais particularidades do terreno. Doyle (1978) determinou os modelos como sendo arranjos ordenados de números, que reproduzem a distribuição espacial das propriedades do terreno. Essa distribuição na maioria das vezes é representada pela latitude e longitude ou por um sistema de coordenadas retangulares. O aspecto do terreno pode representar tanto a variável altitude como qualquer outra que se apresenta distribuída no espaço.

Esses modelos digitais possuem diversas aplicações na geomorfologia, com a elaboração de mapas de curvatura; diagnósticos da rede hidrográfica, na delimitação automática de bacias e microbacias e de áreas inundadas; pode-se analisar também em diferentes ângulos perfis topográficos, longitudinais (rios), a área em estudo, realizar correção radiométrica e geométrica de imagens de sensoriamento remoto (FELGUEIRAS, 1997; CARVALHO *et al.*, 2003; CARVALHO & LATRUBESSE, 2004).

A cartografia temática nas últimas décadas, adquiriu numerosos avanços em relação a automatização do desenho cartográfico, o que tornou o procedimento de mapeamentos uma atividade rápida e dinâmica. Pode-se observar isto com a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) que são capazes de desempenhar

processamentos de dados gráficos e não gráficos voltados para análises espaciais e modelagens ambientais. (ROSA, 2007).

Assim, abre-se lugar para destacar a utilização de SIG's e Geoprocessamento no contexto das análises em Geomorfologia, visto que contribuem expressivamente para o desenvolvimento dos estudos nesse âmbito do conhecimento, que segundo Silva e Rodrigues (2009, p.86):

revela-se como um aparato fundamental para estudos ambientais e sociais, no que tange ao planejamento e gestão do território. As relações entre o meio físico e o humano a partir do estudo do relevo é de suma importância, pois este elemento é capaz de conduzir, propiciar e condicionar as atividades humanas.

#### **2.4. Aplicação e Utilização de ARPs em Mapeamentos**

No Brasil a forma mais usual de se referir a uma aeronave que não leva a bordo uma tripulação é definida como sendo, Aeronave Remotamente Pilotada (ARPs). A expressão vem do termo em inglês, *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), esse termo se tornou popular no início dos anos 1990 e foi adotado para substituir o termo *Remotely Piloted Vehicle* (RPV), usado durante e após a guerra no Vietnã (NEWCOME, 2004).

Atualmente os ARPs são utilizados em diversas aplicações, sendo consideradas aeronaves pilotadas por meio do uso de controle remoto, GPS ou rádio frequência. Suas aplicações prolongam-se desde o monitoramento ambiental, mapeamento de áreas específicas, monitoramento de impactos ambientais, mapeamento de sítios arqueológicos, controle de doenças e infestações de insetos, pulverização e outras aplicações na agricultura, gestão pública, controle de número de animais e sua migração, filmagem, aerofotogrametria, entre outras, de acordo com suas diversas características vantajosas, como exemplo, sua capacidade de mover-se em um distância relevante com grande segurança em pouco tempo, reduzindo os custos e na obtenção de imagens em dias nublados (SIMPSON, 2003; DE GARMO, 2004; LONGHITANO, 2010; GARCIA-RUIZ et al. 2013; PEGORARO et al. 2013; RODRIGUES, 2014; LEITE et al., 2012).

Nos dias de hoje, existem no mercado uma grande variedade de modelos de ARPs, com especificidades e distintas finalidades. Os ARPs são classificados de acordo com suas características técnicas (Quadro 2), como exemplo, material utilizado em sua

fabricação, peso, dimensão, aerodinâmica, execução de voo, duração do tempo de voo entre outras (ANGELOV, 2012).

Quadro 2 - Classificação dos ARPs

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Valor</b>
<b>Asa - fixa</b>	Aviões não tripulados com asa fixa, que precisam de uma pista de decolagem e de pouso, ou de uma catapulta para lançamento.	Possui voos de longa duração e pode voar a alta velocidade de cruzeiro.	U\$ 50.000.
<b>Asa-Rotativa</b>	Aviões que possuem asas rotativas, decolagem e aterrissagem vertical e tem a habilidade de pairar no ar e de execuções de manobras.	Possui aspecto de um helicóptero convencional, motores de eixos variando em quatro, seis, oito ou denominados de multimotores e ou drones.	U\$ 499 à U\$ 1499.
<b>Blimps (balões de ar)</b>	Dirigíveis não tripulados são mais leves que o ar e possui longa duração de voo.	Voam a baixas velocidades e geralmente são grandes em tamanho.	U\$ 100.000 à U\$ 200.000.
<b>Flapping-Wing (batedores de asas)</b>	Aeronaves com asas flexíveis, suas asas são inspiradas em pássaros ou insetos alados.	Pode funcionar a uma velocidade de 2,5m/s.	Valor não informado.
<b>Híbridos ou conversíveis</b>	Podem decolar verticalmente e possui habilidade de inclinar os motores para desenvolverem um voo como os aviões.	Podem voar com velocidades de vento de até 6 beaufort (13m/s) e permanecer no ar por até uma hora.	Valor não informado.

Fonte: BARCELOS, 2017.

Com relação à resolução espacial e temporal, os RPAs (Remotely Piloted Aircraft Systems) representam uma quebra de paradigma, determinando novos padrões, o que antes era de difícil acesso, hoje esses equipamentos facilitam a aquisição de imagens de alta qualidade e resolução em um tempo muito reduzido se comparado com as imagens de satélite, as quais em sua grande maioria possuem órbitas temporais predefinidas (LONGHITANO *et al*, 2016). Portanto em estudos desenvolvidos em áreas reduzidas não mais se faz necessário aguardar a disponibilidade no fornecimento de imagens de satélite, produzindo resultados com qualidade de resolução espacial e com periodicidade adaptável, a partir da utilização desse novo recurso.

Considera-se o uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas uma ótima ferramenta para aquisição de imagens de alta resolução, sendo de baixo custo de produção e manutenção se comparadas com as aeronaves tripuladas. Essas particularidades do equipamento têm expandido o uso dos ARPs, em especial na atualização e produção de mapas, e de modelos tridimensionais, em pequenas ou afastadas áreas onde a aplicação da fotogrametria convencional faz-se com que a realização do trabalho se torne economicamente inviável (PAULA, 2012; LINHARES, 2016; BARCELOS, 2017).

## CAPÍTULO III

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS OPERACIONAIS



*“A scientist in his laboratory is not a mere technician: he is also a child confronting natural phenomena that impress him as though they were fairy tales.”*

(Marie Curie)

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS OPERACIONAIS

A seguir serão apresentados os materiais e métodos utilizados para realização desta pesquisa, desde os materiais utilizados em campo e gabinete, os fluxogramas apresentando o desenvolvimento do trabalho de acordo com cada etapa.

#### 3.1. Materiais

Os materiais utilizados para a realização deste trabalho, serão listados a seguir:

##### *I. Hardwares*

- ❖ Receptor GPS eTrex Legend H;
- ❖ Câmara Fotográfica Canon PowerShot SX400IS;
- ❖ ARP DJI Phantom 3 Standard;
- ❖ Notebook Dell Intel Core i5-5200U (2.20GHz, 2.20 GHz) 8 GB RAM, 1 Tb HD.

##### *II. Softwares*

- ❖ Microsoft Office 2019;
- ❖ Sistema Operacional Windows 10;
- ❖ Suíte ArcGis 10.3;
- ❖ Programa Agisoft PhotoScan (Versão 1.4.5).

##### *III. Fontes de Dados*

- ❖ Imagem de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM);
- ❖ Imagens do Google Earth;
- ❖ Imagens SENTINEL 2<sup>a</sup> L1C (2019) Bandas 2, 3 e 4;
- ❖ Imagens World View (2015) (Disponibilizadas pela Digital Globe);
- ❖ Imagens ALOS-Palsar (Mode FBD);
- ❖ Folha Vargem Bonita 1:10.000 do projeto Fronteiras de Minas Gerais;

- ❖ Carta Topográfica Vargem Bonita 1:50.000 do Mapeamento Sistemático Brasileiro, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- ❖ Arquivo vetorial da Geologia de Minas Gerais;
- ❖ Arquivo vetorial da Geologia da Folha Vargem Bonita do Projeto Fronteiras de Minas Gerais, CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais;
- ❖ Arquivos vetoriais da área de estudo (hidrografia, curvas de nível, estradas, limite da carta, etc).

Com o propósito de atingir os objetivos desta pesquisa, foram elaborados dois tipos de abordagens em relação a região da Folha Vargem Bonita. A primeira diz respeito a abordagem direta, que foi realizada através dos trabalhos de campo e a segunda, à abordagem indireta, através da revisão bibliográfica e cartográfica de acordo com o fluxograma (Figura 2, página 42), também foi realizado a elaboração de documentos cartográficos da área. Para a realização da pesquisa foram seguidos os caminhos metodológicos explicitados a seguir.

### **3.2. Pesquisa Bibliográfica**

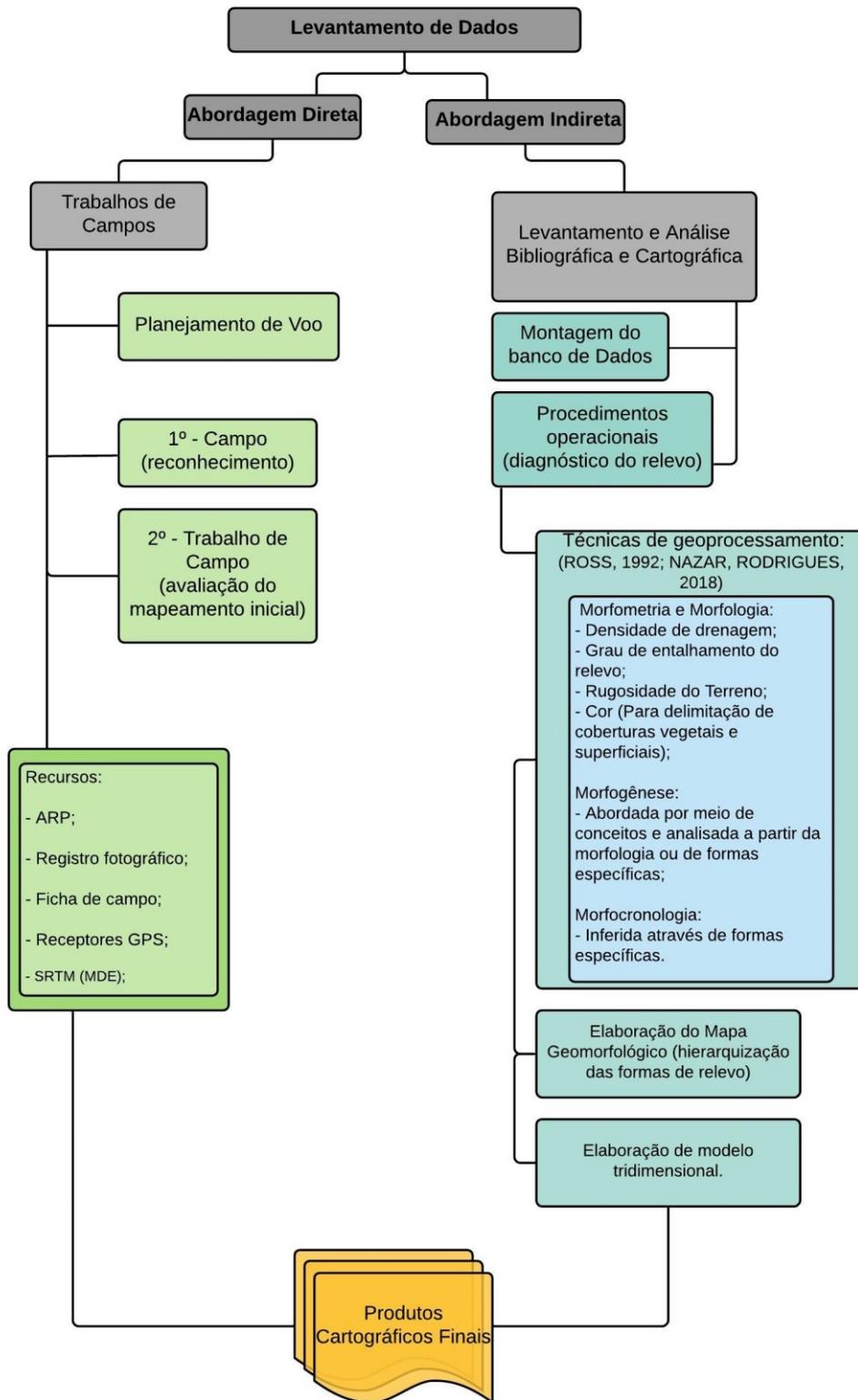
Foram realizadas pesquisas teóricas, a partir do levantamento e análise do material bibliográfico existente a respeito do assunto, abrangendo artigos, livros, periódicos, relatórios técnicos, revistas, dissertações e teses relacionadas a temática, além disso, trabalhos que abordam a área de estudo em relação aos aspectos naturais (geologia, solos, vegetação, clima, etc.) e socioambientais (questão do planejamento territorial da região) também foram consultados.

#### *3.2.1. Banco de Dados*

A elaboração do banco de dados georreferenciado foi realizada a partir da seleção da Folha Vargem Bonita (SF.23-V-B-I - 1:100.000) do Projeto Fronteiras de Minas Gerais ( disponível em formato vetorial, raster e pdf, o sistema de referência dos arquivos digitais, bem como todas as imagens possuem coordenadas geográficas, datum WGS84) e *download* dos arquivos fornecidos pelo IBGE BC250 no formato shapefile (versão 2015), os quais compuseram de base cartográfica para o desenvolvimento da pesquisa.

Foram adquiridas novas imagens de radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) através do site da Earth Explorer, essas imagens SRTM possuem resolução espacial de 30 metros, essas imagens possuem essa qualidade devido seu sistema de radar especialmente modificado para essa missão, a técnica empregada ficou conhecida como radar interferométrico de abertura sintética (NIKOLAKOPOULOS; KAMARATAKIS; CHRYSOULAKIS, 2006).

Figura 2 – Fluxograma metodológico da dissertação



Fonte: A autora.

### **3.3. Pesquisa de campo**

Foram realizados dois trabalhos de campos, divididos em etapas, a fim de se obter bons resultados na pesquisa.

1ª Etapa: Campo de reconhecimento, para observação da região de estudo. Foram verificadas as vias de acesso, observação e registro da paisagem geomorfológica, por meio de caderneta e ficha de campo, câmera fotográfica e de Aeronave remotamente pilotada (ARP) para obtenção de imagens e coleta de pontos de controle (GPS) em locais com interesse específico.

2ª Etapa: Foi realizado o segundo trabalho de campo, que possibilitou avaliar e corrigir erros obtidos na fase de procedimento, interpretação e mapeamento geomorfológico inicial (mais detalhada no próximo tópico), elencando os pontos a serem melhorados nas técnicas de mapeamento geomorfológico realizado em gabinete, viabilizando sua validação, além disso, foram realizados alguns planos de voos no programa PIX4D Capture (aplicativo de planejamento de voo gratuito) para mapeamento das áreas pontuais, essas imagens foram trabalhadas no programa Agisoft Photoscan (versão teste) para elaboração das imagens tridimensionais.

### **3.4. Procedimentos operacionais – diagnóstico do relevo**

No que diz respeito ao mapeamento geomorfológico, inúmeras são as metodologias, ferramentas e técnicas disponíveis para auxiliar na compartimentação e representação do relevo. Diante disso, o autor que será base para a abordagem do trabalho em questão, será o método de classificação do relevo proposto por Jurandy Ross (1992), derivado da teoria de Penk (1910), que traz os processos exógenos e endógenos, dos conceitos desenvolvidos por Guerasimov (1963) e Merscerjakov (1968) de morfoestrutura e morfoescultura.

Após a realização do campo de reconhecimento, foi realizada a fase de diagnóstico do relevo em escala de semidetalhe (escala 1:50.000), aplicando-se técnicas para a interpretação e mapeamento geomorfológico inicial. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para obtenção de informações geomorfológicas, tal como, morfologia e geomorfometria (detalhadas na Figura 2, página 42).

A morfogênese foi abordada através dos conceitos fluvial, gravitacional, dissecação e de formas estruturais, analisada por meio da morfologia caracterizada ou

através das formas específicas (planícies fluviais, superfícies aplainadas, etc.). No que se refere à morfocronologia, está também foi compreendida por meio dos tamanhos e dimensões das formas específicas e será incorporada na própria legenda (CASSETI, 2005).

Com a execução da segunda etapa de trabalho de campo foi realizada a correção de possíveis erros e análise do que deveria ser melhorado após a aplicação inicial das técnicas de mapeamento geomorfológico (detalhadas na Figura 4, página 48), nesta etapa foram utilizados alguns recursos como, ARP, para auxiliar na visualização da área e contribuir na questão do registro fotográfico, considerado de grande importância justamente por destacar a paisagem em questão, servindo de fonte de modificações quando constatado algum erro após os levantamentos de campo; uso de GPS para definição de pontos de controle e coleta de coordenadas (x, y e z) para realização/confirmação do mapeamento geomorfológico e da dinâmica ambiental das unidades de terreno; ficha de campo, para anotações e consultas no momento das análises.

Neste trabalho as classes hipsométricas, foram representadas individualmente por cores distintas, com o intervalo hipsométrico de 100 m, com base na variação topográfica apresentada na área de estudo, resultando em 9 classes de altitude. O mapa hipsométrico consiste na classificação altimétrica do relevo em intervalos regulares de cotas e possibilita um melhor entendimento da topografia da área de estudo, é obtido através dos modelos digitais de elevação e visa destacar porções específicas do terreno, auxilia também na identificação da estabilidade das rochas às variações climáticas (FLORINSKY, 1998).

Para este trabalho, as classes de declividade foram definidas de acordo com as classes de relevo desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) Quadro 3, estas podendo ser utilizadas nos mapeamentos geomorfológicos. A declividade é um valor exato na superfície, é definida como o ângulo de inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal. Os valores de declividade podem variar de 0° a 90° e podem ser expressos em porcentagem. Sendo a primeira derivada da elevação, a declividade representa a taxa de variabilidade da altitude de um terreno em relação à distância, dessa forma, é apresentada na forma dos vetores de magnitude e direção que constituem, nesta ordem, a orientação e o gradiente das vertentes (EVANS, 1972; YOUNG, 1974; HEBELER & PURVES 2009).

Quadro 3 – Classes do relevo de acordo com a variação da declividade

<b>Classes</b>	<b>Definição</b>
Plano	Declividades variando entre 0 a 3 %, são as superfícies de topografia horizontal, com desnivelamentos muito pequenos.
Suave Ondulado	Declividades variando entre 3 a 8%, são superfícies de topografia pouco movimentada, de declives suaves, constituindo-se por colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m).
Ondulado	Declividades variando entre 8 a 20%, são superfícies de topografia pouco movimentada, apresentando declives moderados e constituída por conjunto de colinas ou outeiros.
Forte Ondulado	Declividades variando entre 20 a 45%, são superfícies de topografia movimentada, com declives fortes, formada por outeiro ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m com altitudes relativas).
Montanhoso	Declividades de 45 a 75%, são superfícies de topografia vigorosa, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, constituindo-se por formas acidentadas, como morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos.
Escarpado	Declividades maiores que 75%, são áreas com predomínio de formas abruptas, constituindo-se por superfícies muito íngremes, como, itaimbés, frente de cuestras, aparados, falésias e vertentes de declives muito fortes.

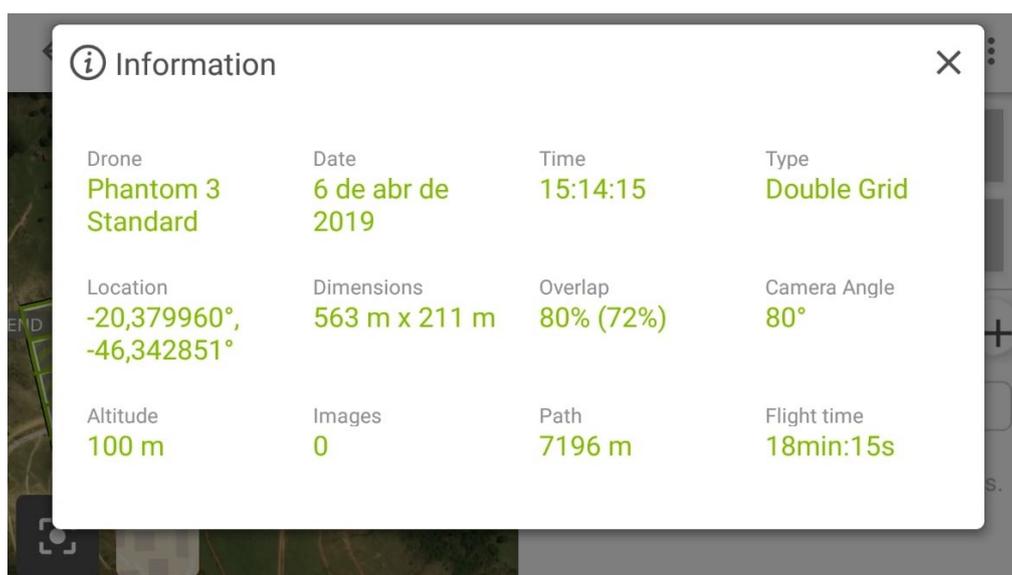
Fonte: EMBRAPA, 2006.

### 3.5. Planejamento de voo

O planejamento dos voos foi realizado no programa Pix4Dcapture (disponível para os sistemas IOS e Android) (Figura 3, página 46), para definição da rota que o ARP deveria seguir em todos os campos para aquisição das fotografias aéreas verticais. As fotografias tiveram como finalidade, a aquisição qualitativa de dados cartográficos, o produto final desejado sendo os mapas tridimensionais das áreas pontuais. A altura média de voo foi determinada em 100 metros, devido ao estudo preliminar do relevo da área a ser imageada. Foram estabelecidos, cinco faixas de voo no sentido horizontal e 8 faixas no sentido vertical de 30 fotografias por faixa, em média. As sobreposições planejadas forma de 80 % lateral e 70% longitudinal, de acordo com orientações da Agisoft (2016).

A escolha do recobrimento de 80% e 70% para as fotografias entre as faixas e nas mesmas faixas teve como propósito a preocupação de maior sobreposição, diminuindo a ocorrência de perda de informações quando os mapas tridimensionais forem gerados, em princípio, quanto maior a sobreposição, mais satisfatório será a qualidade dos produtos gerados (BARCELOS, 2017).

Figura 3 – Plano de voo no programa Pix4Dcapture



Fonte: Captura de tela Pix4Dcapture.

### 3.5.1. Aquisição de dados e imagens através do ARP

O equipamento ARP DJI Phantom 3 Standard foi utilizado para aquisição das fotografias, suas características são apresentadas no Quadro 4. Este equipamento se enquadra na classe 3 definida pela regulamentação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017) e é considerado um quadricóptero.

Quadro 4 – Características do ARP DJI Phantom 3 Standard

DJI Phantom 3 Standard	Características
<b>Peso</b> (incluindo Bateria e Hélices)	1.2 kg
<b>Velocidade máxima de subida</b>	5 m/s = 15 km/h
<b>Velocidade Máxima de descida</b>	3 m/s = 10,8 km/h
<b>Velocidade Máxima de Movimentação</b>	16 m/s = 54,6 km/h
<b>Altitude máx. (acima do nível do mar)</b>	6000 m
<b>Temperatura de operação</b>	0 ° C a 40 ° C
<b>Modo GPS</b>	Embutido
<b>Autonomia de voo</b>	25 minutos
<b>Resolução de fotos</b>	12 Megapixel
<b>Tamanho máximo da imagem</b>	4000 x 3000

Fonte: DJI Phantom 3 Standard, 2017.

### 3.5.2. *Processamento das fotografias*

O processamento das imagens se desenvolveu através do software aerofotogramétrico Agisoft PhotoScan Professional Edition, este procedimento seguiu etapas, sendo, a primeira etapa constituída através da seleção e filtragem das imagens para posteriormente no software realização do processamento das mesmas.

Nessa fase do procedimento metodológico, que envolveu a aquisição de fotografias aéreas por ARP, foi utilizado o programa Agisoft PhotoScan, envolvendo a mosaicagem automática das imagens obtidas em campo. Sem a utilização de pontos de controle de solo o software irá operar em cinco etapas (AGISOFT, 2013):

1ª etapa – Verificação das coordenadas e dos ângulos de atitude respectivos a cada imagem para o alinhamento das mesmas;

2ª Etapa – Verificação e estabelecimento de Pontos de Controle (PC) nas áreas de sobreposição das imagens, gerando uma nuvem de pontos;

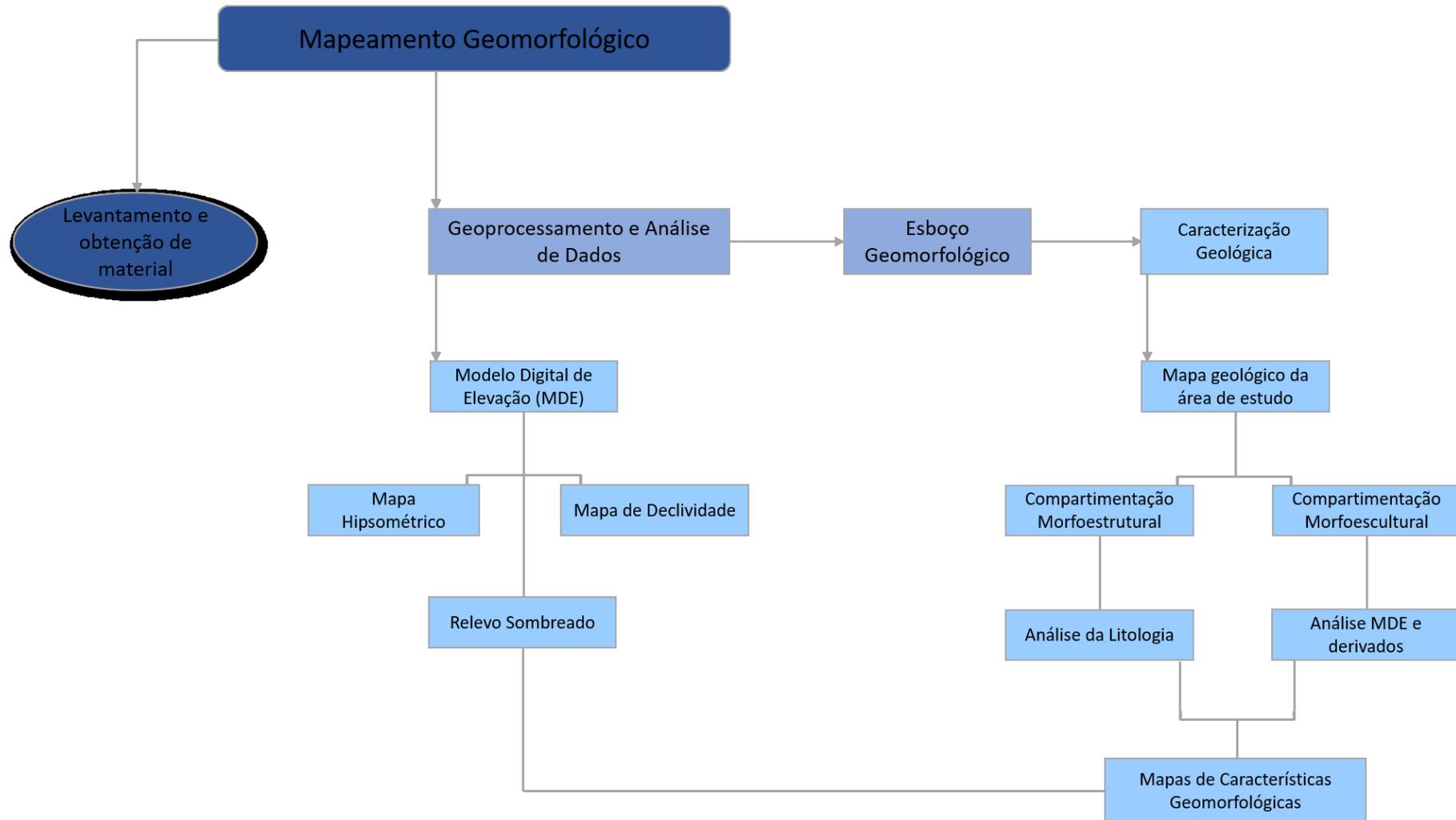
3ª Etapa – Otimização da nuvem de pontos (sendo opcional para o pesquisador, auxilia na aquisição de bons resultados);

4ª Etapa – Junção das imagens, através do comando *Building Mesh* (construção da malha);

5ª Etapa – Utilização do comando *Blending* (Misturando/ aplicação da textura), unindo uma imagem à outra sobre a malha obtida.

Segundo Galvão (2014), não ocorre alteração significativa na qualidade de caracterização de áreas e perímetros com ou sem a utilização de pontos de controle, indicando, nessas condições, que a inserção de pontos de controle no terreno pode ser descartada, mas a utilização de pontos de controle pode melhorar o erro médio relativo à dimensão do pixel.

Figura 4 – Fluxograma síntese dos procedimentos para construção do mapa geomorfológico



Fonte: A Autora.

O mapeamento da Folha Vargem Bonita foi elaborado em etapas, sendo assim, a legenda foi desenvolvida de acordo com alguns elementos propostos por Martins (2013) no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 – Análise dos elementos para elaboração da legenda

<b>Análise</b>	<b>Descrição</b>
Elementos Morfoestruturais	Estrutura que sustenta o relevo, relaciona-se ao tipo crustal.
Elementos Morfoesculturais	Unidades originárias de determinado tipo climático que agiu/age sobre a estrutura, resultando em um determinado tipo de modelado, sendo equivalentes geneticamente. As unidades provenientes de litotipos específicos encaixam-se neste tópico, como exemplo, o calcário, pois representam as formas de relevo distintas em função da relação clima <i>versus</i> litologia.
Padrões de Formas Semelhantes	São representados pela gênese de cada padrão homogêneo, concedida pela classificação em relevos de Dissecação, Gravitacional, Fluvio-Cárstico, Geoquímico e Fluvial.
Formas Pontuais	Apresentados através dos símbolos, designados a caracterizar as formas individualizadas do relevo.

Org. A autora.

Na legenda do mapa final, consta as informações de: morfogênese, morfometria, morfocronologia e dados litológicos, foram acrescentadas informações sobre os possíveis controles estruturais do relevo. A morfocronologia foi levantada a partir da interpretação geológica, através da análise dos principais processos decorrentes ao longo do tempo geológico (limite superior), principalmente, em referência, aos grandes compartimentos geomorfológicos, como exemplo, as Unidades Morfoestruturais.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÕES



*“There are, in effect, two things, to know and to believe one knows; to know is science; to believe one knows is ignorance.”*

(Hipócrates)

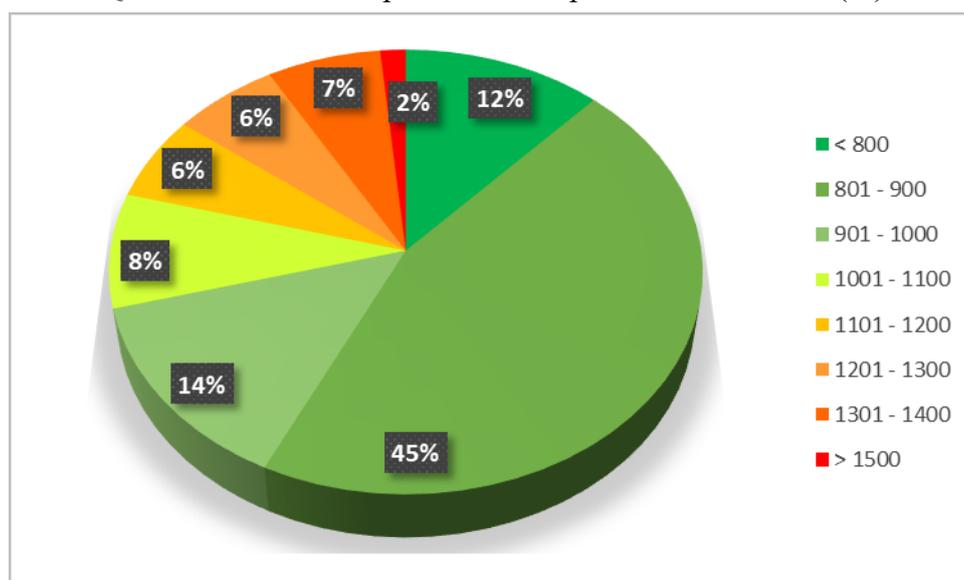
## 4. RESULTADOS

Os resultados desta dissertação serão apresentados de acordo com as etapas desenvolvidas ao longo da pesquisa, de acordo com a sequência de elaboração do mapeamento geomorfológico. Iniciando com a apresentação do esboço geomorfológico, que foi construído a partir de dados de litologia e de derivação do MDE, onde foram realizadas as definições de idades e gêneses, assim como para as Unidade Morfoestrutural e Morfoescultural suas nomenclaturas. Após essa etapa, apresenta-se o tópico das unidades geomorfológicas, onde são desenvolvidos os principais aspectos geomorfológicos da Folha Vargem Bonita.

### 4.1. Mapeamento geomorfológico

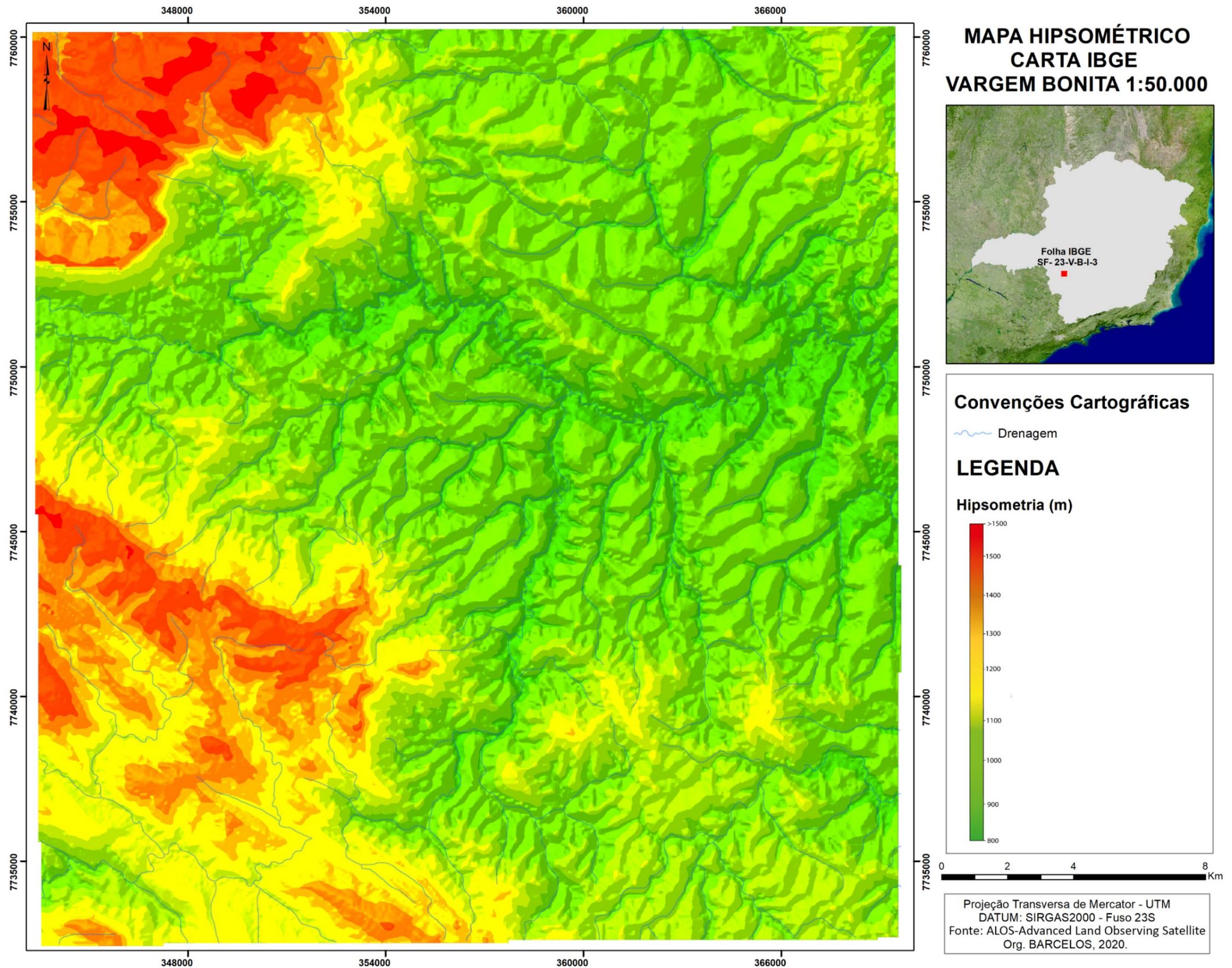
Foram elaborados os mapas hipsométrico (Mapa 2, página 52) e de declividade (Mapa 3, página 53) para auxiliar no entendimento das descrições do que se foi constatado e observado nos dois trabalhos de campo e em laboratório. Neste sentido, foram obtidos os valores altimétricos da Folha Vargem Bonita, que demonstraram uma amplitude menor que 800 metros, com as cotas mais altas correspondentes a maior que 1500 metros (Quadro 6), estando localizadas na Serra da Canastra e Serra da Babilônia, noroeste e sudoeste da carta respectivamente.

Quadro 6 – Classes hipsométricas representadas em área (%)

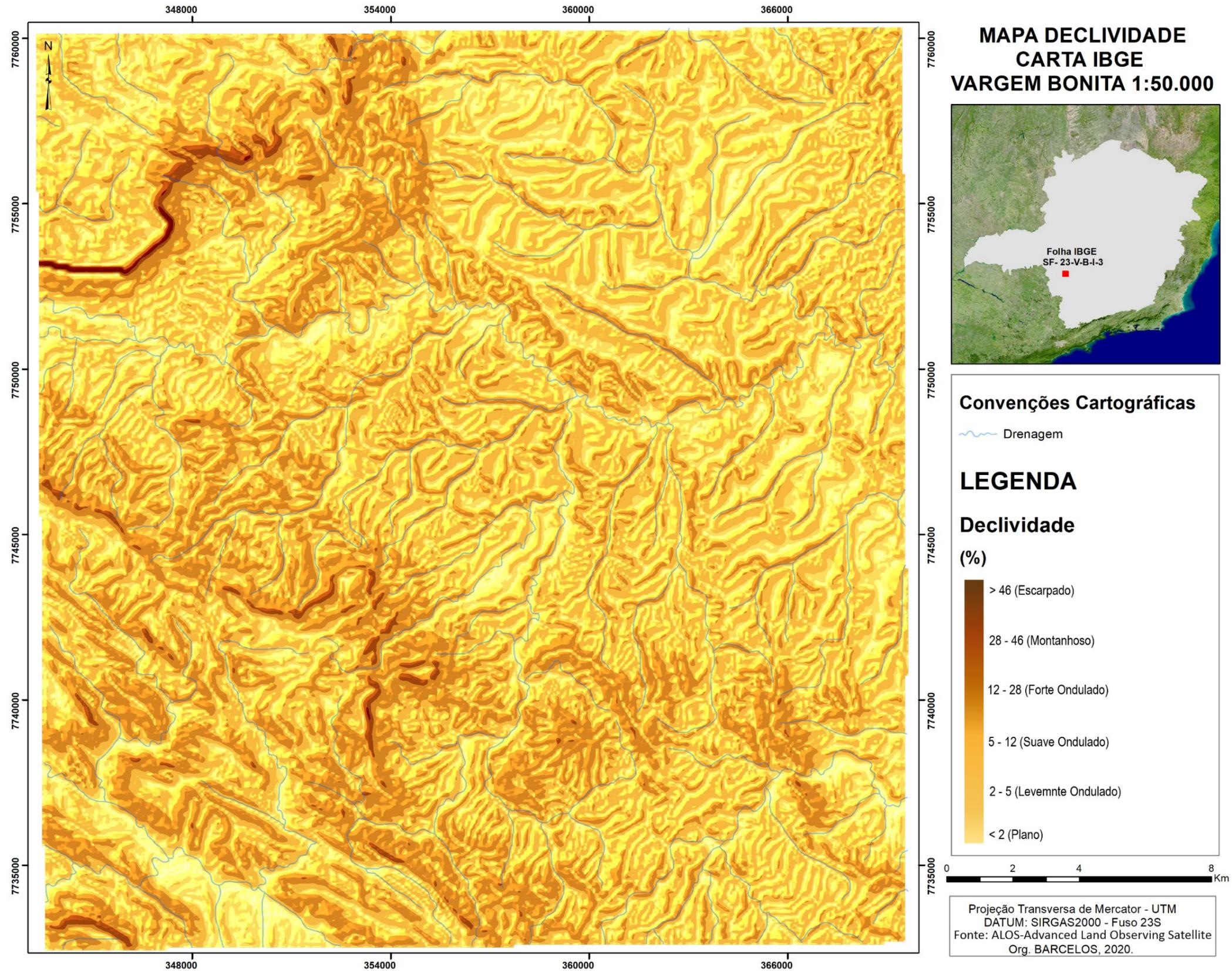


Fonte: A autora.

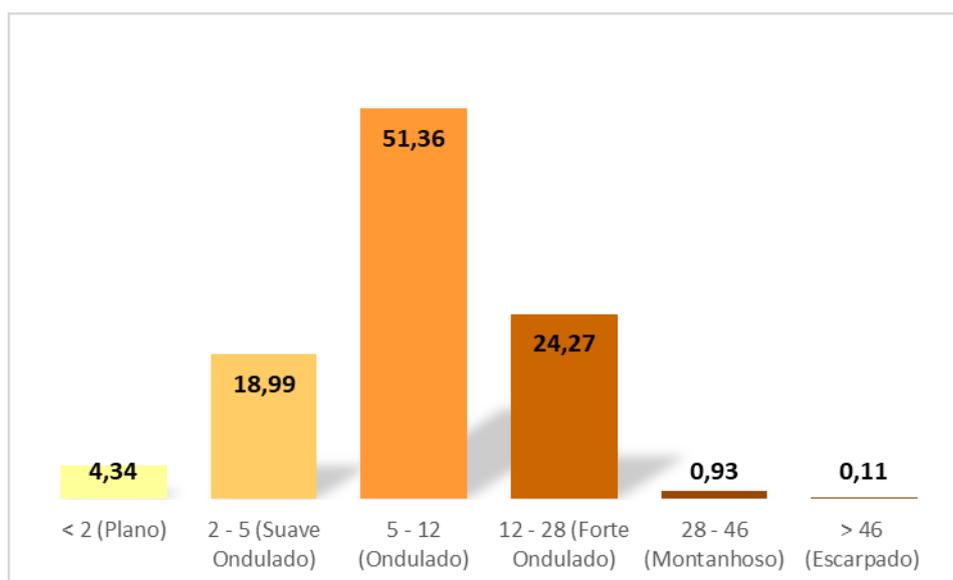
Mapa 2 – Mapa hipsométrico da Folha Vargem Bonita



Mapa 3 – Mapa de declividade da Folha Vargem Bonita



Quadro 7 – Classes de Declividade representadas em área (%)



Fonte: A autora.

Os intervalos dos declives, apoiados na classificação da EMBRAPA (2006), determina que grande parte do relevo da área de estudo, está entre o intervalo de 2 a 28% de declividade, demonstrando que o Padrão Topográfico da carta varia de suave ondulado, ondulado e forte ondulado (Quadro 7). O que mais se diferencia desse padrão, seriam as bordas da Serra da Canastra e Serra da Babilônia, onde são encontrados declives entre 28 a 46% indicando um relevo mais movimentado, com forte inclinação e escarpado. As declividades acima de 46% são raras, ocorrem principalmente próximas aos topos da Serra da Canastra e Serra da Babilônia, mas não chega a constituir um relevo montanhoso.

Em relação a compartimentação do relevo 71% da carta compreendem as áreas com cotas altimétricas entre menor que 800 m a 1000 m de altitude, um grande compartimento Dissecado, estando em cima da geologia do grupo Bambuí, sendo uma área de cobertura de Cráton, que não passou por processo de dobramento, por outro lado, as faixas dobradas são as Serras, compreendendo 2% da área no mapa 2.

## 4.2. Compartimentação Morfoestrutural e Morfoescultural

Por meio da elaboração do esboço geomorfológico teve-se um norte para a realização do mapeamento final. A partir das análises quantitativas, com a utilização das informações hipsométricas e de declividade; e das análises qualitativas do relevo com a utilização da base geológica da área (tipos litológicos, idade), a interpretação visual das imagens de satélite (SENTINEL 2A; WORLD VIEW) e imagem do relevo sombreado, foram definidas as unidades homogêneas do relevo, tendo como base os princípios de morfoestrutura e morfoescultura.

Na compartimentação Morfoestrutural foram definidos dois domínios Morfoestrutural, compreendendo o Domínio Faixa Brasília e o Domínio Cráton do São Francisco, a partir das características de idade, gênese e tipos litológicos, foram definidas as unidades Morfoestruturais, abarcando quatro unidade Morfoestruturais distintas. Essas unidades e seus respectivos compartimentos Morfoesculturais são apresentados no Quadro 8.

A partir da definição das unidades, a elaboração do esboço geomorfológico torna-se mais próximo. No entanto, convém ressaltar que os critérios geomorfológicos levam em conta diversos parâmetros, determinado pelo comportamento climático pretérito e atual sobre a estrutura. Conseqüentemente, na maior parte das vezes, as unidades homogêneas, mesmo possuindo estruturas distintas, inserem-se no mesmo nível genético, e por vezes, a mesma unidade pode apresentar dois ou mais tipo litológicos. Além disso, a classificação genética em Relevos Dissecados, Relevos Fluvio-Cársticos, Relevos Estruturais e Relevos Fluviais, foi definida de acordo com a origem, da idade e do tipo litológico (Mapa 4, página 58), em correlação com as características predominantes.

Em relação à análise da idade dos diferentes tipos litológicos existentes, pode-se classifica-los em três grupos:

- I) Idade Proterozoica (Neoproterozoica): metaconglomerados (Formação Samburá), quartzito intercalado no filito, rocha quartzito.
- II) Idade Fanerozoica (Cenozoica): depósitos Aluvionares, cobertura coluvionar.
- III) Idade Proterozoica (Paleoproterozoica): intercalações de quartzito nos metaturbiditos, rochas quartzito, localmente conglomerático.

Os principais traços da topografia foram esculpidos em tempos geológicos mais recentes, grande parte durante o terciário da Era Cenozoica, portanto, a cronologia do relevo não é necessariamente a mesma das rochas ou das deformações que o sustenta (ROSS, 1995; PENHA, 2007).

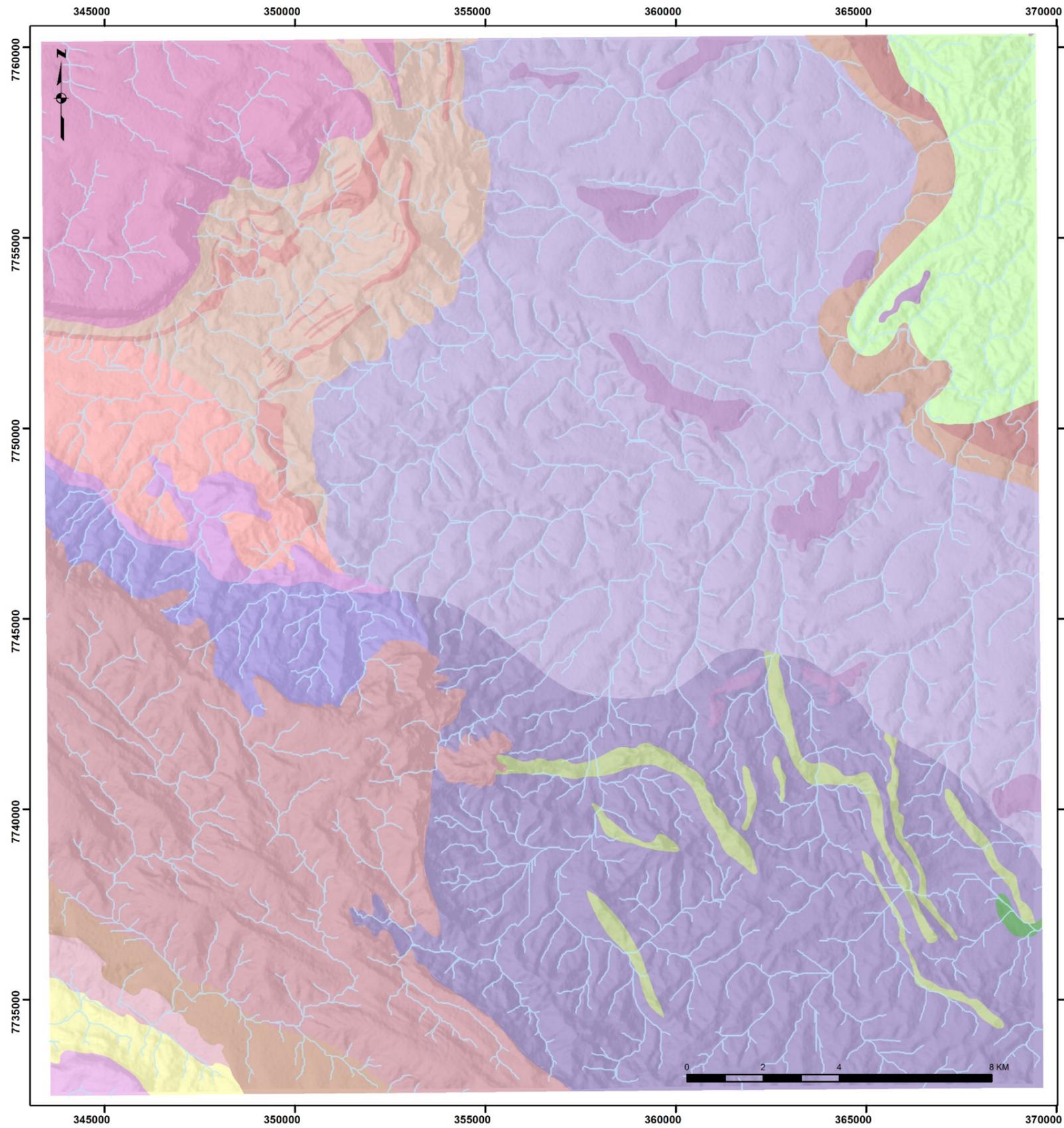
O perfil topográfico desenvolvido para a área da carta levou em consideração as duas Serras presentes na área de estudo, por serem áreas geomorfológicamente mais relevantes, representado pela Figura 5, demonstrando nitidamente a compartimentação topográfica da área, indicando a localização, altitude, dimensão interfluvial e aprofundamento dos vales. No esboço geomorfológico (Mapa 5), visualiza-se os compartimentos morfoestruturais e as unidades homogêneas definidas anteriormente, neste mapa foram acrescentadas informações geológicas (lineamentos estruturais), para observação dos limites de algumas unidades, separadas por falhas, como é o caso do Planalto Dissecado e do Planalto do Rio São Francisco. A legenda será apresentada de acordo com o quadro 8:

Quadro 8 – Síntese das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais

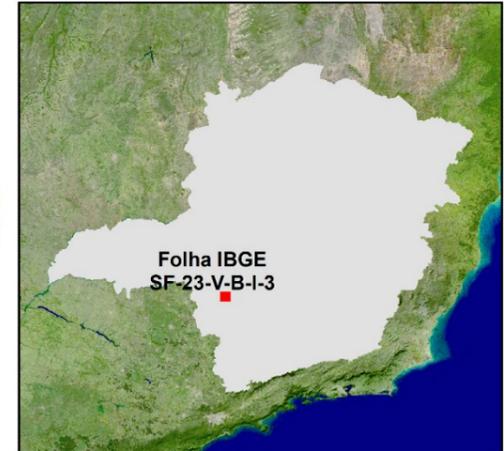
1º TÁXON				2º TÁXON		3º TÁXON		
DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL	UNIDADE MORFOESTRUTURAL	MORFOCRONOLOGIA	LITOLOGIA	UNIDADE MORFOESCULTURAL	Gênese		MORFOMETRIA	
					Padrões de Formas Semelhantes	Altitude (m)	Declividade (%)	
Faixa Brasília	Faixa Canastra	Proterozoico – Era Neoproterozoica	Localizada na unidade geológica Canastra Indeterminado. Contém rochas de origem metamórfica: quartzito, muscovita e quartzito micáceo.	Escarpas e Residuais	Gravitacional/ Estrutural	1100 – 1200	28% - 46%	
								Da.
			Localizada na unidade geológica Canastra Indeterminado. Contém rochas de origem metamórfica: muscovita filito, muscovita xisto e quartzito.	Planalto Dissecado	Fluvial / Dissecação	800 – 900	2% - 12%	
		Dp.						
	Localizada nas unidades geológicas Canastra Indeterminado e Araxá. Contém rochas de origem metamórfica: quartzito puro a micáceo e quartzito.	Superfície Cimeira	Geoquímico / Fluvial	1300 – 1500	2% - 12%			
	Dc.							
Sistema de Intrusão Piumhi	Proterozoico – Era Neoproterozoica	Localizada na unidade geológica metaturbiditos. Contém rochas de origem metamórfica: metapelito.	Planalto Dissecado	Fluvial / Dissecação	800 – 1200	2% - 28%		
							Da.	
Cráton do São Francisco	Bacia Bambuí	Proterozoico – Era Neoproterozoica	Localizada na unidade geológica Grupo Bambuí e Formação Samburá. Contém rochas de origem metamórfica: metaconglomerados.	Residuais Dissecados	Fluvial / Dissecação	1000 - 1100	5% - 28%	
								Da.
	Localizadas nas unidades geológicas Grupo Bambuí indeterminado e Formação Samburá. Contém rochas de origem metamórfica: metaconglomerados e metapelitos.	Planalto do Rio São Francisco	Dissecação / Fluvio Cársticos	800 – 900	2% - 12%			
						Dp; Dc.		
Cobertura Cenozóica	Fanerozoico – Era Cenozóica	Localizada na unidade geológica Cobertura Coluvionar. Contém rochas de transporte coluvionar: colúvio.	Superfícies Residuais Planas	Geoquímico / Fluvial	800 – 900	2% - 28%		
							Dp.	

Fonte: A autora.

Mapa 4 – Mapa geológico



**MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DA CARTA IBGE VARGEM BONITA 1:50.000**



**Convenções Cartográficas**

Drenagem

**LEGENDA**

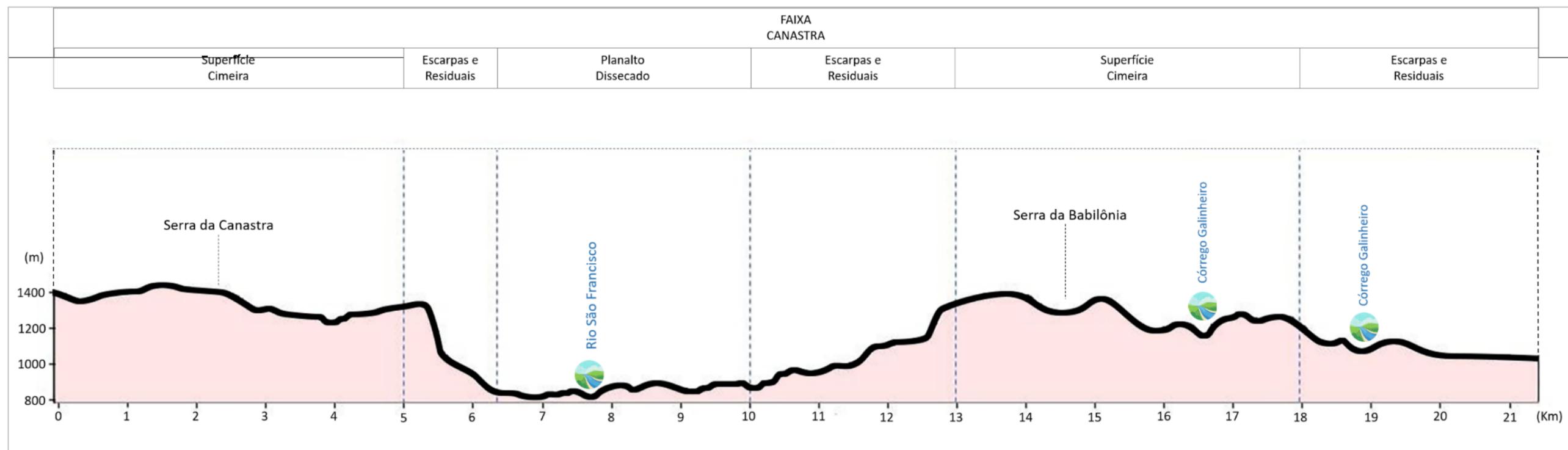
**Unidades Litológicas**

- Cobertura Coluvionar
- Depósitos Aluvionares
- Formação Samburá - Metaconglomerado
- Formação Samburá - Metapelito
- Grupo Araxá - Quartzito I
- Grupo Araxá - Muscovita Xisto I
- Grupo Araxá Quartzito II
- Grupo Bambuí Indeterminado - Metacalcário
- Grupo Bambuí Indeterminado - Metapelito
- Grupo Canastra Indeterminado - Filito II
- Grupo Canastra Indeterminado - Filito III
- Grupo Canastra Indeterminado - Filito IV
- Grupo Canastra Indeterminado - Filito I
- Grupo Canastra Indeterminado - Quartzito II
- Grupo Canastra Indeterminado - Quartzito III
- Grupo Canastra Indeterminado - Quartzito I
- Intercalações de Quartzito nos Metaturbiditos
- Metaturbiditos
- Quartzito intercalado no Filito I G. Canastra

Projeção Transversa de Mercator - UTM  
 Datum - SIRGAS2000 Fuso 23S  
 Fonte: CODEMIG - Fronteiras de Minas, 2015.  
 ALOS - Advanced Land Observing Satellite, 2019  
 Org. BARCELOS, 2020.

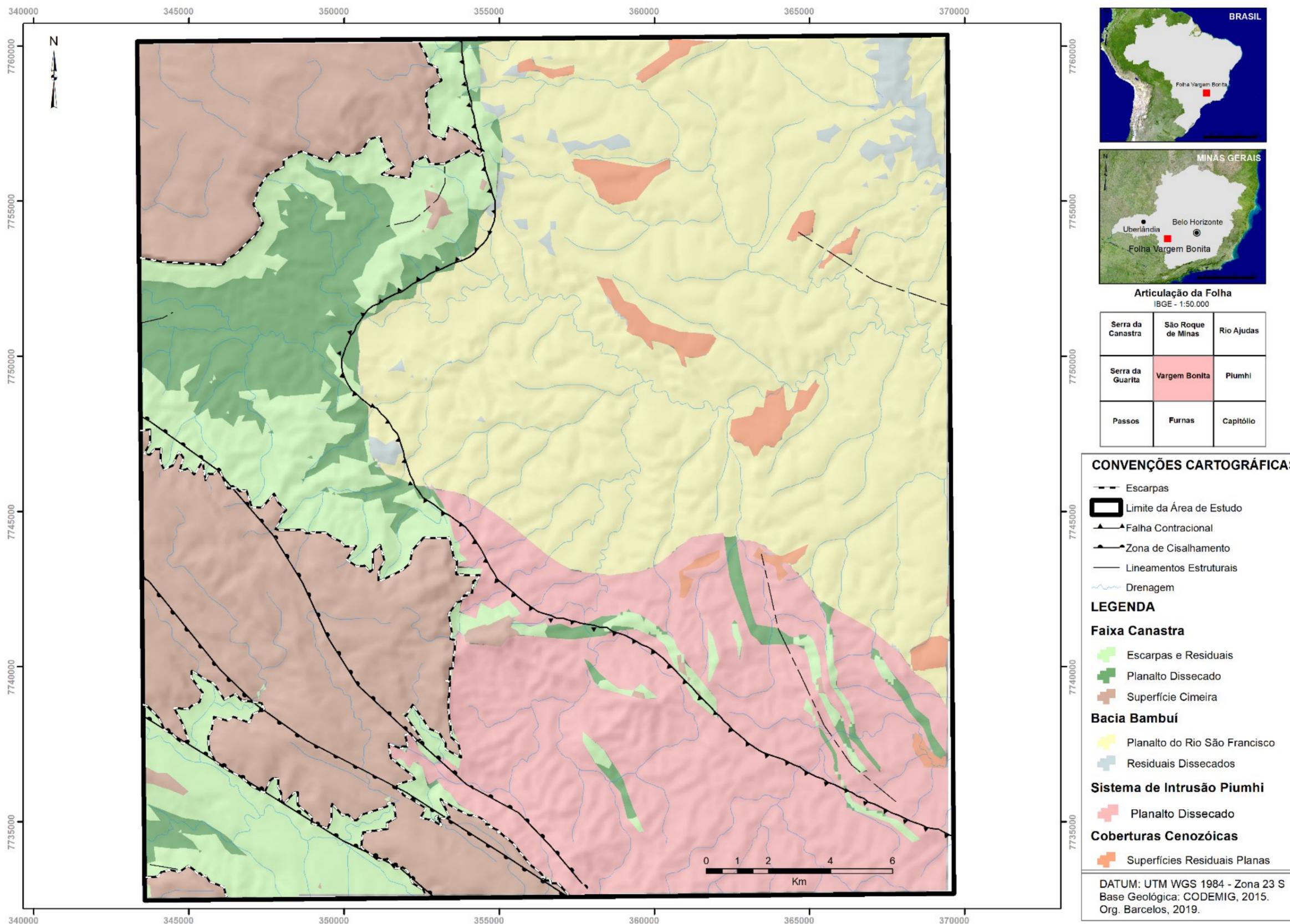
Fonte: A autora.

Figura 5 – Perfil Unidade Morfoestrutural Faixa Canastra



Inicia-se o transecto deste perfil na Serra da Canastra, noroeste da Folha Vargem Bonita, passando pela morfoestrutura Superfície Cimeira, cuja altitude média é de 1250 metros. Observa-se o topo da Serra da Canastra, com vales de maiores amplitudes, com ocorrência de topos aplainados. Seguindo na direção norte-sul do transecto encontra-se área com as Escarpas e Residuais marcando o limite da parte alta da serra e iniciando o patamar inferior composto pelo Planalto Dissecado. Passa-se pelo vale do rio São Francisco, que não ultrapassa a altitude de 850 metros, com padrão de relevo mais ondulado, caracterizando o extenso planalto dissecado do rio. O início da Serra da Babilônia é caracterizado pela presença de Escarpas e Residuais, não ultrapassando 1350 metros de altitude, com formas de relevo mais abruptas nessa porção do perfil, marcando novamente uma mudança de patamar, no entanto neste momento a mudança se dá para cotas de altitudes mais elevadas. Na sequência, passa-se pelo vale do córrego galinheiro, com altitude de 1100 metros, localizado na Superfície Cimeira, caracterizada por topos aplainados e cristas, condicionadas pelas características litológicas dessa unidade. O perfil é finalizado na unidade morfoescultural Escarpas e Residuais, dotada das características já mencionadas, porém com menores altitudes.

Mapa 5 – Esboço Geomorfológico da Folha Vargem Bonita



### 4.3. Unidade Faixa Canastra

Refere-se a unidade que abriga as feições geomorfológicas mais relevantes da área, a Serra da Canastra e o Chapadão da Babilônia, ambos de grande beleza cênica. Essas feições possuem topo aplainado, as duas feições constituem áreas elevadas entre as altitudes de 1300 a 1400 metros, essa superfície está relacionada com a superfície de aplainamento sul-americana de King (1956).

#### 4.3.1. Escarpas e Residuais

A escarpa possui duas características, as escarpas rochosas (Figura 6)<sup>1</sup> e as escarpas festonadas ou alcantiladas (Figura 7), todos os dois exemplos são encontrados na área da Folha Vargem Bonita, as escarpas alcantiladas apresentam um relevo mais movimentado, o que possibilita a construção de estradas, na área em questão, o material que a compõe, são intercalações de filitos e quartzitos, os filitos em geral são encontrados no fundo do vale e os quartzitos estão presentes nas paredes mais íngremes e ao subir para as partes mais altas ampliando-se até a parte alta da serra. Segundo Nazar (2018) as escarpas possuem declives, superiores a 45° em média e pode chegar à marca de 58° de inclinação. As formas de relevo são abruptas nessa porção da carta, com características de súbitas rupturas de declive, o que possibilita na formação dos exuberantes paredões rochosos.

Figura 6 – Escarpa rochosa do Chapadão do Diamante



Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°20'31.5" S 46°27'30.6" W. Alt.: 880 m.

<sup>1</sup> No quadrante superior esquerdo da imagem, apresenta-se a localização da ocorrência do padrão de forma citado dentro de sua Unidade Morfoescultural. O mesmo, aplica-se as demais imagens.

Figura 7 – Escarpa festona ou alcantilada, no município de São Roque



Autoria: Barcelos, ago.2018. Coord. da imagem: 20°15'00.7" S 46°24'09.1" W. Alt.: 1058 m.

Figura 8 – Face norte da escarpa



Autoria: Barcelos, ago.2018. Coord. da imagem: 20°15'46.1" S 46°23'48.4" W. Alt.: 956 m.

Face da escarpa voltada para norte (Figura 8), altitude de 1050 m, sendo possível visualizar, os mergulhos bem inclinados e as cristas demarcando esses mergulhos. As cristas estão onde provavelmente os quartzitos são mais rígidos e os vales localizados no material mais macio, onde também são encontrados os filitos.

Apesar de ser uma escarpa com bastante inclinação (Figura 9), quase não se vê movimento de massa e ou deslizamentos grandes, apenas pequenos deslizamentos na estrada, devido o corte do barranco para construção das estradas, e quando se tem um cenário de deslizamento, são sempre pequenos, na maioria das vezes causado por ações humanas, isso tudo devido a característica muito resistente da rocha (Figura 10).

Figura 9 – Paredão rochoso da escarpa



Autoria: Barcelos, ago.2018. Coord. da imagem: 20°15'39.6" S 46°24'25.2" W. Alt.: 1134 m.

Figura 10 – Afloramento de Filito na área de estudo



Autoria: Barcelos, ago.2018. Coord. da imagem: 20°15'39.6" S 46°24'25.2" W. Alt.: 1134 m.

#### 4.3.2. *Planalto Dissecado*

A nordeste da carta, é caracterizada pela densidade de drenagem baixa e padrão de colina (Figura 11). Logo depois desse padrão de colina, há uma transição entre uma área de colina e o começo de morros mais dissecados, um relevo completamente diferente (Figura 12). Do ponto de vista de compartimento de relevo, o padrão de colinas é bem maior do que o padrão de morros, essa transição é marcada por uma diferenciação na cor do material superficial do solo, sendo nos padrões de colina um solo mais avermelhado e nos padrões de morros um solo mais amarelado, indicando seu material de origem.

Figura 11 – Padrão de Colina



Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°15'36.1" S 46°20'00.5" W. Alt.: 885 m.

Trata-se de uma área com menores altitudes se comparadas com os chapadões da superfície cimeira e que representam uma transição entre estas porções mais altas e as áreas rebaixadas que ganham destaque na porção central da Folha. O relevo é constituído por cristas de quartzito separadas por áreas de vales onde predominam os filitos, esse material constitui o embasamento para colinas médias a íngremes de topos arredondados e angulosos (CODEMIG, 2015).

Figura 12 – Padrão de Morros



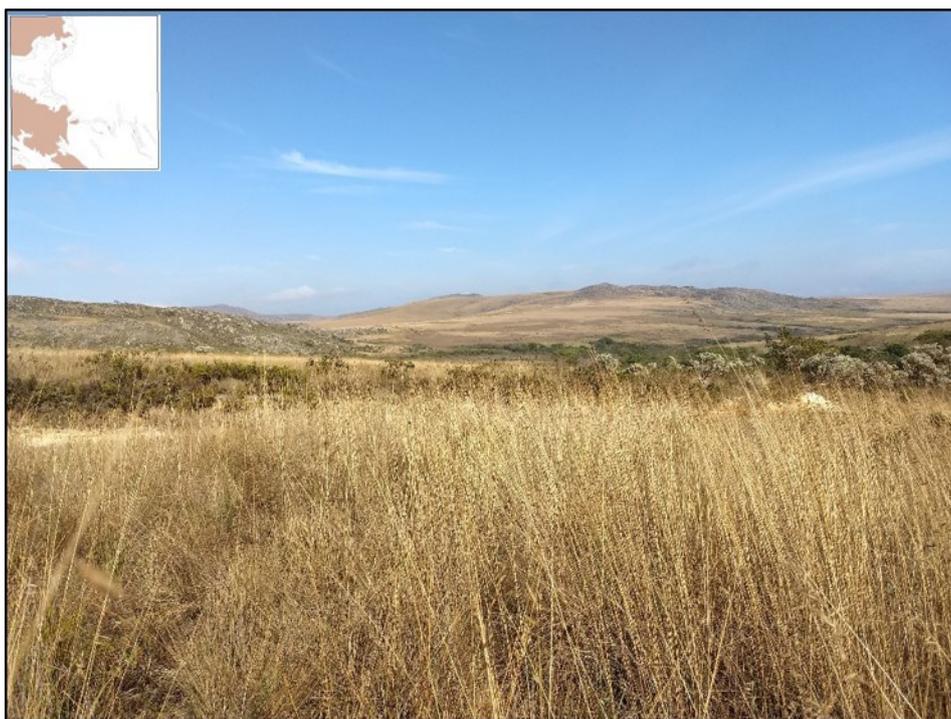
Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°16'58.4" S 46°16'16.6" W. Alt.: 933 m.

### 4.3.3. Superfície Cimeira

Essa área compreende o topo da Serra da Canastra (Figura 13) e a Serra da Babilônia (Figura 14), sendo demarcação territorial da unidade de conservação de proteção integral do Parque Nacional da Serra da Canastra (PARNA Canastra), criado em 1972 (MMA/IBAMA, 2005). O Chapadão do Diamante está localizado a noroeste da carta a 1400 metros, seu padrão de drenagem nesta porção é dendrítica, de média densidade, encontra-se afloramentos rochosos em forma de morro, com caos de blocos, ou seja, blocos isolados e parte da vertente mais baixa, vertentes mais suaves se comparado com o relevo do restante da carta, os vales nessa porção da carta são mais abertos, e a tendência dos materiais superficiais de serem mais cascalhentos próximo da superfície, área predominantemente de quartzito e vegetação de campo.

O chapadão da babilônia está localizado a sudoeste da carta a 1300 metros, com padrão de drenagem retangular de densidade média, seu topo é aplainado, mas possui grande alternância de camadas de vários tipos de quartzito e xistos, o que resulta na presença de cristas no qual predominam as rochas mais resistentes, os quartzitos e nos vales bastante escavados em rochas com menor resistência, os filitos.

Figura 13 – Chapadão do Diamante, Parque Nacional da Serra da Canastra



Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°15'04.9" S 46°26'04.0" W. Alt.: 1402.

Figura 14 – Serra da Babilônia



Autoria: Barcelos, abr. 2019. Coord. da imagem: 20°26'16.88" S 46°27'5.48" W. Altitude: 1313 m.

#### **4.4. Unidade Bacia Bambuí**

Constitui uma extensa área de relevo suave e altitudes moderadas (altitudes entre 760 a 900 m) compreendendo a área central da Folha. Apresenta predominantemente em sua composição pelitos, e, em menor proporção, carbonatos e psefitos. Contém duas unidades morfoesculturais distintas e os terrenos desenvolvidos sobre cada uma delas indica diferenças geomorfológicas perceptíveis. Nessa unidade ocorrem pelitos do Grupo Bambuí, comportando colinas amplas, vales poucos a mediamente encaixados, com baixa densidade de drenagens com padrão do tipo dendrítico. O município de São Roque de Minas se encontra nesta unidade, os solos são espessos e constituídos por material argiloso avermelhado e, por isso, são muito raros afloramentos nesta porção da Folha, essas características favorecem a instalação de plantações de café e pecuária (CODEMIG, 2015).

##### *4.4.1. Planalto do Rio São Francisco*

Nesta porção da Folha encontram-se metacalcários, rocha com grande predisposição a dissolução através do intemperismo químico, formando um relevo do tipo carste pouco desenvolvido. Algumas feições cárticas encontradas nesta porção da unidade foram dolinas e somente uma caverna conhecida como Gruta do Tesouro. Essas

características são necessárias para o reconhecimento da unidade em campo, visto que em certas porções são raros os afloramentos (CODEMIG, 2015).

Seu relevo é caracterizado por colinas, altitudes entre 650 a 900m, contudo nas áreas próximas aos grandes rios, no caso uns dos rios presente na unidade o Rio São Francisco, apresenta um relevo mais dissecado, ou seja, os declives são maiores, os vales são mais entalhados, os topos das colinas são mais aguçados e os interflúvios são de menor dimensão, além disso, é necessário destacar a grande ocorrência de processos erosivos nessa região.

A leste da carta, próximo a Campinópolis distrito do Município de Vargem Bonita, encontra-se um relevo mais dissecado. Neste ponto, foi possível observar a dinâmica do Rio São Francisco (Figura 15), o rio tem seu leito composto por afloramentos de rochas calcáreas, fato este que atribui características marcantes ao canal, dotando maior encaixe ao canal, possibilitando a formação de canyons. Essa porção em questão do Rio São Francisco é um local de reativação da força e da energia do rio, o rio volta a escavar.

Figura 15 – Rio São Francisco, município de Vargem Bonita – MG



Autoria: Barcelos, ago.2018. Coord. da imagem: 20°20'06.0" S 46°16'35.2" W. Alt.: 734 m.

O canal neste ponto é muito profundo se comparado com as vertentes das laterais, sendo bem abrupta a chegada desse canal, há sedimentos no fundo, mas são armadilhas temporárias, esse material fica parado até a próxima cheia, ou seja, quando for a época de chuva, esse material que está no leito será carreado.

Nesse setor da área de estudo notou-se a existência de uma gruta originária de fissuras calcárias (Figura 16). Comumente não se avista com facilidade as grutas localizadas nos maciços calcários, haja vista que por vezes estas encontram-se no subsolo tendo apenas pequenas porções de sua área exposta na superfície. A ressurgência de rios é fortemente atrelada a existência de grutas em áreas formadas por relevo cárstico, agindo como um indicador de sua existência. Embora haja a existência de uma gruta no local, conforme supracitado, vale ressaltar que nesse ponto da área de estudo, não foi identificada uma extensa gama de feições características de formações calcárias, podendo elencar pontos de abatimento (Figura 17) na superfície que deram origem a pseudo dolinas.

Figura 16 – Gruta, município de Vargem Bonita – MG



Autoria: Barcelos, ago.2018. Coord da imagem: 20°20'8.37" S 46°16'37.76" W. Alt.: 807 m.

Figura 17 – Dolinas na área de estudo



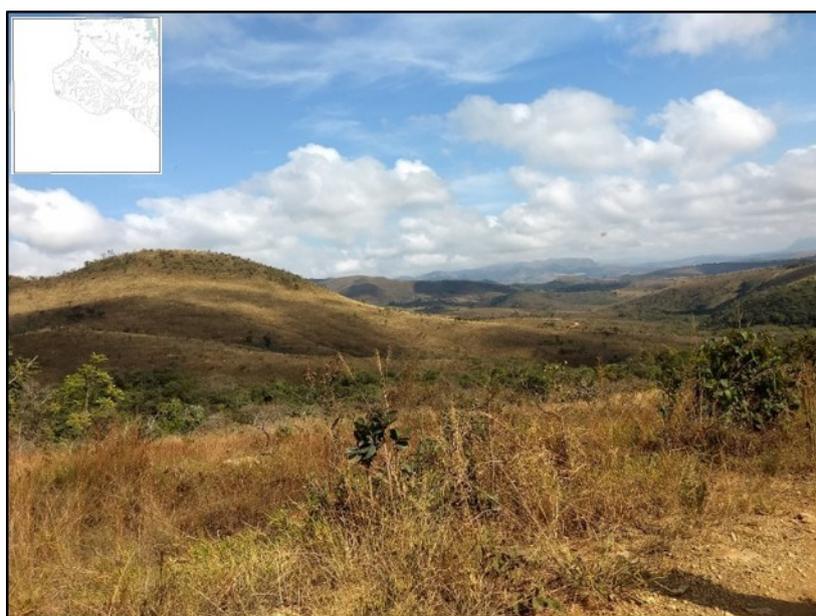
Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°23'28.5" S 46°17'06.1" W. Alt.: 871 m.

#### 4.4.2. Residuais Dissecados

São encontrados nesta porção da Folha morros de topos cônicos a arredondados de maiores altitudes, sendo, portanto, fragmentos que se destacam em meio ao relevo mais suave desenvolvido nos metapelitos das proximidades. Ocorrem também vales de media profundidade encaixados e com padrão de drenagem radial de alta densidade (CODEMIG, 2015).

Seguindo na direção sudeste da Folha, encontramos o que seria provavelmente um residual da canastra (Figura 18), constituído de quartzito, chegamos no pressuposto de que restou esse bloco e dessa forma esse bloco gerou o morro, ficando bem elevado, na carta topográfica chega a 1200 metros, sendo altitudes encontradas no alto da serra e não nessa área em questão.

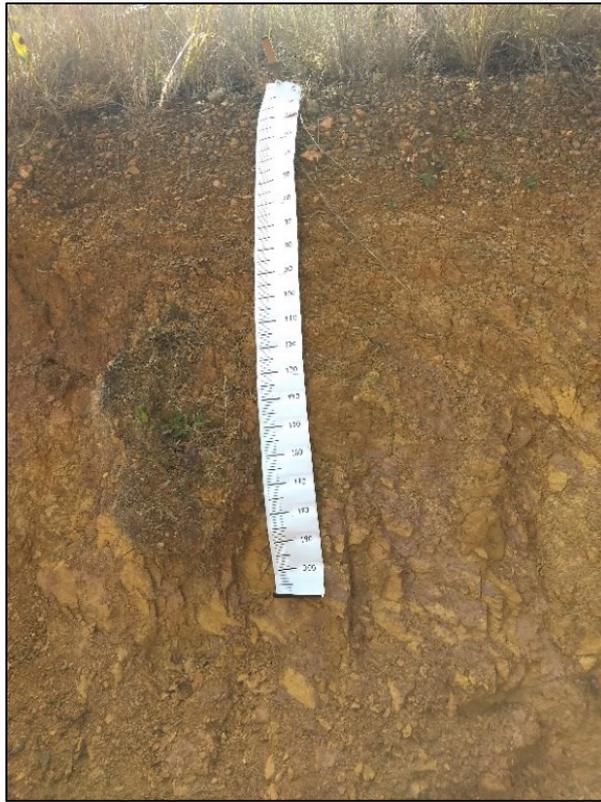
Figura 18 – Morro residual da canastra



Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°25'25.4" S 46°17'12.7" W. Alt.: 924 m.

Nessa mesma área, analisamos um perfil com estrutura mais preservada na base (Figura 19), ficando mais intemperizado ao centro, e na parte de cima temos mais de 70 cm de cascalho. Vemos uma estrutura preservada nesse perfil, provavelmente um veio ou um resquício de dobramento. O colúvio nessa área é de retrabalhamento local, não possui material arredondado, com pontas e arestas, material transportado de alguma área próxima, sendo uma linha de pedras com um conjunto de blocos e seixos, basicamente material transportado de vertente.

Figura 19 – Perfil na área do morro residual da Canastra



Autoria: Barcelos, ago. 2018. Coord. da imagem: 20°25'25.4" S 46°17'12.7" W. Alt.: 924 m.

#### **4.5. Sistema de Intrusão Piumhi**

Corresponde à planície de inundação do Rio Piumhi. É uma área aplainada, rebaixada, onde ocorre um espesso manto de alteração de solos argilosos. No passado era uma região alagadiça, conhecida como pantanal do Rio Piumhi, após a transposição das águas do Rio Piumhi para a bacia do São Francisco na época da construção da Usina de Furnas, tal característica foi modificada (CODEMIG, 2015).

##### *4.5.1. Planalto Dissecado*

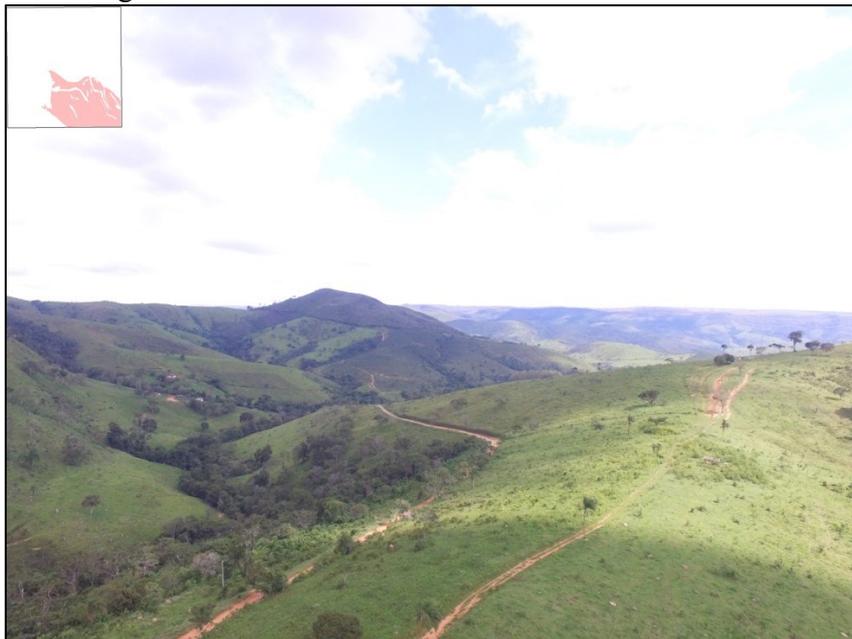
A morfoescultura Planalto Dissecado apresenta características de um relevo dissecado, com formas onduladas e declives moderados (Figuras 20 e 21). A área apresenta altimetrias variando entre 715 a 900m e declives moderados que varia entre o intervalo de 2% a 28% de inclinação.

Figura 20 – Relevo Dissecado, Município de Vargem Bonita



Autoria: Barcelos, abr. 2019. Coord. da imagem: 20° 24' 51" S 46° 21' 40.9" Alt. 879 m.

Figura 21 – Formas Onduladas e declives moderados



Autoria: Barcelos, abr. 2019. Coord. da imagem: 20° 25' 53.6" S 46° 21' 48.6" W. Alt.: 900 m.

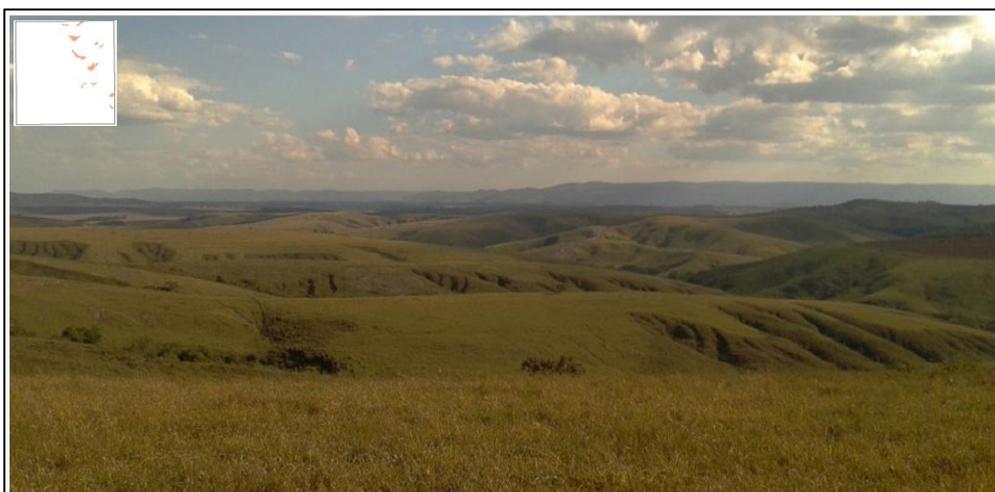
#### 4.6. Coberturas Cenozóicas

Área de ocorrência das coberturas coluvionares, que ocorrem principalmente nas porções nordeste, leste e sudeste da Folha. Corresponde a áreas aplainadas no topo dos morros, com relevo interno suave, padrão de drenagem dendrítico de baixa densidade.

##### 4.6.1. Coberturas Residuais Planas

As coberturas cenozóicas são pequenas áreas distribuídas a nordeste e sudeste da carta, são as áreas mais baixas variando entre as altitudes de 780 a 840 metros de altitude. Apresentam litologia de origem sedimentar, como as: lateritas, aglomerados, depósitos de areia e argila. Seu relevo é caracterizado por formas planas a onduladas (Figura 22), além dessas formas a morfoescultura em questão apresenta em algumas localidades lagoas.

Figura 22 – Coberturas Residuais Planas

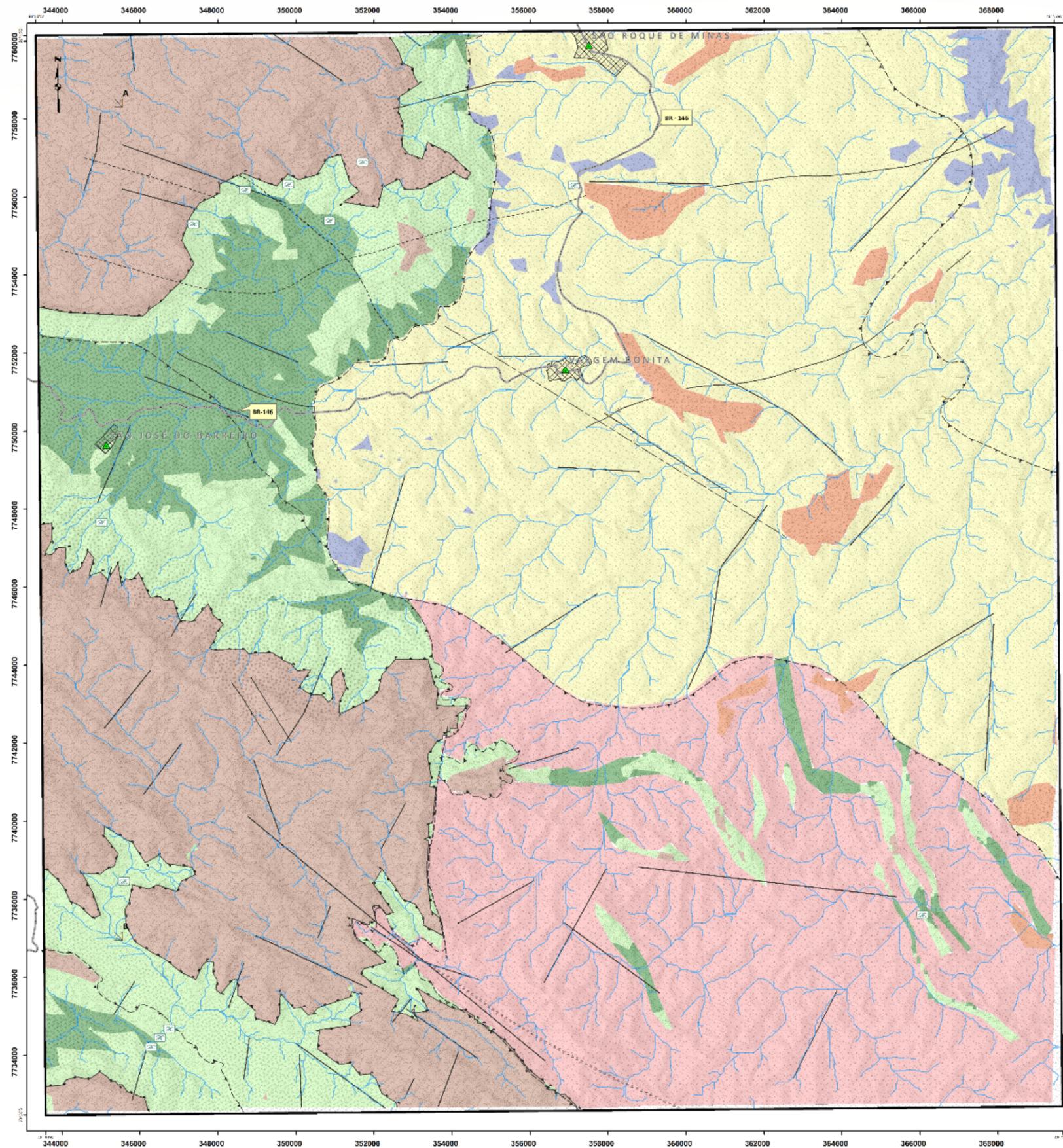


Fonte: CODEMIG, 2015.

#### 4.7. Mapa Geomorfológico

Diante do exposto, apresenta-se o Mapa Geomorfológico da Folha Vargem Bonita, o qual evidencia-se a espacialização das unidades de relevo a saber, as Morfoestruturas, Morfoesculturas e as formas pontuais representadas através de simbologia (Mapa 6).

Mapa 6 – Mapa Geomorfológico da Folha Vargem Bonita



**LEGENDA**

**Faixa Canastra**

- Escarpas e Residuais
- Planalto Dissecado
- Superfície Cimeira

**Bacia Bambuí**

- Planalto do Rio São Francisco
- Residuais Dissecados

**Sistema de Intrusão Piumhi**

- Planalto Dissecado

**Coberturas Cenozóicas**

- Superfícies Residuais Planas

**LITOLOGIA**

**CODEMIG (2015)**

- Areia
- Clorita
- Colúvio
- Metacalcário
- Muscovita
- Quartzito
- Rochas Metamorfizadas

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**

- Folha SF-23-V-B-I-3
- Sede Municipal
- Malha Viária (DNIT) - Pavimentada
- Drenagem
- Área Urbana

**SIMBOLOGIA**

- Grutas / Cavernas
- Knickpoints
- Perfil A-B
- Escarpa
- Anticlinal Normal
- Anticlinal Normal com caimento indicado
- Falha Contracional
- Falha Indiscriminada
- Falha Aproximada
- Lineamento Estrutural
- Lineamento obtido por Geofísica
- Sinclinal Normal
- Sinclinal Normal com caimento indicado
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral

**ESCALA 1:50.000**

DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL	UNIDADE MORFOESTRUTURAL	MORFOCROMOLOGIA	LITOLOGIA	UNIDADE MORFOESTRUTURAL	MORFOMETRIA	
					Altitude (m)	Declividade (%)
Faixa Brasil	Faixa Canastra	Pleocenoico - Era Neoproterozoica	Localizada na unidade geológica Canastra indeterminada. Contém rochas de origem metamórfica: quartzito, muscovita e quartzito micáceo.	Escarpas e Residuais	1300 - 1200	28% - 46%
			Localizada na unidade geológica Canastra e indeterminada. Contém rochas de origem metamórfica: muscovita, quartzito, xisto e quartzito.	Planalto Dissecado	800 - 900	2% - 12%
			Localizada nas unidades geológicas Canastra Indeterminado e Aradá. Contém rochas de origem metamórfica: quartzito plano e muscovita e quartzito.	Superfície Cimeira	1300 - 1200	2% - 12%
Cintão do São Francisco	Bacia Bambuí	Proterozoico - Era Neoproterozoica	Localizada na unidade geológica Grupo Bambuí. Contém rochas de origem metamórfica: muscovita.	Planalto Dissecado	800 - 1200	2% - 25%
			Localizada na unidade geológica Grupo Bambuí e Formação Bambuí. Contém rochas de origem metamórfica: micacongionerados e metapelitas.	Residuais Dissecados	1000 - 1100	5% - 25%
Coberturas Cenozóicas	Coberturas Cenozóicas	Fanerozoico - Era Cenozoica	Localizada na unidade geológica Grupo Bambuí indeterminado e Formação Bambuí. Contém rochas de origem metamórfica: micacongionerados e metapelitas.	Planalto do Rio São Francisco	800 - 900	2% - 12%
			Localizada na unidade geológica Cobertura Colúvio. Contém rochas de transporte colúvio.	Superfícies Residuais Planas	800 - 900	2% - 25%



**ARTICULAÇÃO DA FOLHA TOPOGRÁFICA IBGE SF-23-V-B-I-3 (VARGEM BONITA)**

Serra do São Roque de Minas	Rio Ajudas
Serra da Guarita	Rio Piumhi
Passo Fornos	Capitão

COORDENADAS DE CORNER: UTM  
 510420 2000 233000  
 AURORA, Área Central Brasileira, 2020  
 ORIENTAÇÃO: Pólo N. Sinal fixo no topo  
 TÍTULO: Mapa Geomorfológico da Folha Vargem Bonita (SF-23-V-B-I-3)  
 Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGG  
 Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF  
 Centro de Superiores, Faculdade de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGG

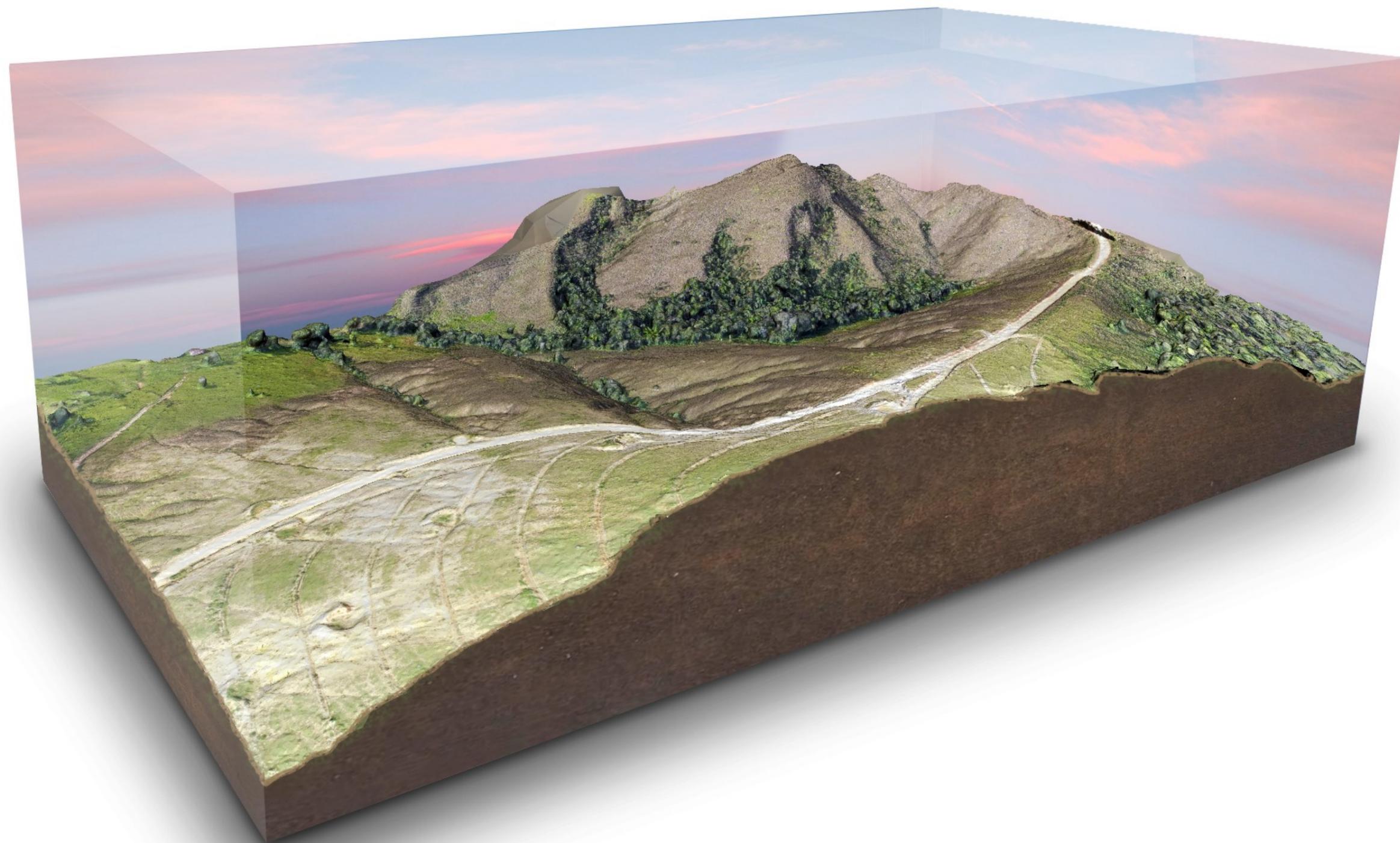
#### **4.8. Modelo Tridimensional**

Conforme exposto anteriormente, um dos objetivos específicos desta dissertação era a elaboração de modelos tridimensionais, para áreas de grande representatividade do relevo local “Áreas Pontuais”. Diante disso, a finalidade do processamento das fotografias aéreas com o software Agisoft PhotoScan foi de construir um modelo 3D para representar uma porção da área da Folha Vargem Bonita. A realização do processamento das imagens adquiridas em campo e a construção do modelo 3D da área desenvolveram-se em cinco etapas, como já explicitado na metodologia.

Foram realizados no total cinco planos de voo na área da carta, durante o segundo trabalho de campo da pesquisa, mas devido alguns fatores externos, como, nebulosidade, chuva e alta luminosidade solar, durante o processamento dessas fotografias, a construção dos modelos tridimensionais não alcançaram o padrão adequado para representação final. Apenas um modelo, alcançou qualidade aceitável para representação tridimensional.

O modelo tridimensional (Figura 23), está localizado na Unidade Morfoestrutural Bacia Bambuí, na Unidade Morfoescultural Planalto do Rio São Francisco. Possui área de 563 x 211 m (118.793 m<sup>2</sup>), recobrimento de 80% e está localizado nos pares de coordenadas 46° 20' 34.2" S e 20° 22' 47.8" W, altitude de 950 m.

Figura 23 – Modelo Tridimensional



Fonte: A autora.

## CAPÍTULO V

### CONSIDERAÇÕES



*"The task is not so much to see what no one has yet seen; but to think what nobody has yet thought, about that which everybody sees."*

(Arthur Schopenhauer)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados alcançados na elaboração do mapeamento geomorfológico da Folha Vargem Bonita, concluímos que conforme já indicado nas justificativas deste trabalho, a área é dotada de grande interesse geográfico, e evidentemente geomorfológico, considerando-se a pluralidade das formas geradas e esculpidas sobre as distintas estruturas situadas nesta região.

O objetivo geral desta dissertação foi alcançado, o qual buscava-se produzir o mapa geomorfológico da folha topográfica Vargem Bonita – MG na escala de 1:50.000, caracterizando as formas de relevo e evidenciando a dinâmica geomorfológica da região. Tendo como ferramenta suporte uma Aeronave Remotamente Pilotada, a qual deu aporte a partir das imagens levantadas ao longo dos dois trabalhos de campo realizados no período da pesquisa, na aquisição de informações mais detalhadas referentes à área da carta, contribuindo para a aplicação da metodologia e podendo servir como suporte para pesquisas futuras, em setores de gestão ambiental e científicos.

O equipamento ARP, também corroborou para a efetivação de parte do objetivo específico, no qual foi possível a realização do mapeamento tridimensional das áreas pontuais, onde era previsto a construção de algumas áreas tipos, porém devido interferências externas já mencionadas nos resultados, foi exequível a construção de apenas uma área pontual. Entretanto vale ressaltar que esta serviu de exemplo para demonstrar a alta qualidade dos materiais que podem ser gerados a partir do uso dessa espécie de equipamento, os ARP, em pesquisas que envolvam mapeamentos.

Dessa forma, as atividades de mapeamento em geral assim como o mapeamento geomorfológico em si, nada mais são que representações cartográficas da realidade e uma vez que se tenha material de apoio (imagens de qualidade) adequado, tornar-se-á factível que a representação almejada atinja o nível de precisão mais próximo possível da realidade a ser representada cartograficamente pelo pesquisador.

## REFERÊNCIAS

AB' SABER, A.N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo: IGEOG-USP, n.18, p. 1-23, 1969.

ALMEIDA, F. F. M.; RIBEIRO, A. C. O. A Terra em transformação. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. cap. 1, p. 7-13.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. Drones. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor>. Acesso em: 18 set. 2018.

AGISOFT. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition**, Version 1.2.6. 2016. 14 p.

AGISOFT. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.0.0**. 2013. Disponível em: [http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro\\_1\\_0\\_0\\_en.pdf](http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro_1_0_0_en.pdf). Acesso em: 10 out. 2018.

ANGELOV, P. Sense and Avoid in UAS: Research and Applications. **John Wiley & Sons**, 30 de abr. de 2012 - 345 p. <https://doi.org/10.1002/9781119964049>

ARGENTO, M. S. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 365-391.

BARCELOS, A. C. **O uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) em monitoramentos de campo: Aplicabilidades e Viabilidades**. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20639>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CARVALHO, T.M.; LAHM, R.A.; RAMÍREZ, R.; THOMÉ, J. Modelagem digital na análise espacial de moluscos terrestres em Lima, Perú. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., Belo Horizonte. São José dos Campos: INPE. **Anais**, p. 1277-1279, 2003.

CARVALHO, T.M.; LATRUBESSE, E.M. O uso de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.5, n.1, p.85-93, 2004. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/34>. Acesso em: 26 out. 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v5i1.34>

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: 02 out. 2017.

CODEMIG. **Projeto Fronteiras de Minas Gerais: Folha Vargem Bonita**. Belo Horizonte: UFMG, 2015. Relatório (98 p.) Disponível em:

<http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/#downloads-tab>. Acesso em: 10 julho.2018.

CODEMIG. **Geologia da Folha Vargem Bonita**. Disponível em:

[http://www.portalgeologia.com.br/wp-](http://www.portalgeologia.com.br/wp-content/uploads/2013/09/VargemBonita_geologia.pdf)

[content/uploads/2013/09/VargemBonita\\_geologia.pdf](http://www.portalgeologia.com.br/wp-content/uploads/2013/09/VargemBonita_geologia.pdf). Acesso em: 08 out. 2017.

\_\_\_\_\_. Programa Mapeamento Geológico de Minas Gerais. Folha Vargem Bonita – SF.23-V-B-I (1:100.000). **Relatório**. Minas Gerais, 2015.

COLTRINARI, L. Cartografia geomorfológica detalhada: A representação gráfica do relevo entre 1950-1970. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 121 – 129, 2011. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/265>. Acesso em: 24 jan. 2019. <https://doi.org/10.20502/rbg.v12i0.265>

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. S. Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1980.

CRUZ, C. B. M.; BARROS, R. S.; CARDOSO, P.V.; REIS, R. B.; ROSÁRIO, L. S.; BARBOSA, S. S.; RABACO, L. M. L.; LOURENÇO, J. S. Q. Avaliação da exatidão planimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15, 2011. Curitiba. **Anais**. Curitiba: INPE, 2011. p. 5463 - 5470.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 4, n. 1, p. 01-09, 2003. Disponível em:

<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/15>. Acesso em: 21 ago. 2018.

<https://doi.org/10.20502/rbg.v4i1.15>

DE GARMO, M. T. **Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace**. Center for Advanced Aviation System Development – Mitre, McLean, Virginia. 2004. Disponível em:

[https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/04\\_1232.pdf](https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/04_1232.pdf). Acesso em: 16 set. 2018.

DONÉ, S. S. B. **Mapas Geomorfológicos e suas legendas. Uma contribuição para estudos analíticos**. Notas Geomorfológicas. Campinas, p. 85 – 110, 1981.

DOYLE, F.J. Digital terrain models: an overview. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.44, n.12, p.1481-1485, 1978.

DJI. **Phantom 3 Standard**. Disponível em: <https://www.dji.com/phantom-3-standard/app>. Acesso em: 20 out. 2019.

DRONENG. **MDT e MDS você sabe a diferença?** Disponível em:

<http://blog.droneng.com.br/mdt-e-mds/>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FELGUEIRAS, C.A. Análises sobre modelos digitais de terreno em ambientes de sistemas de informação geográfica. In: VIII Simpósio Latino Americano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial. Mérida, Venezuela, 1997.

FERREIRA, I. L. **Estudos geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do rio Araguari – MG. Uma abordagem da cartografia geomorfológica.** 2005. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

FERREIRA, I. L.; SOUZA, L. H. F.; RODRIGUES, S. C. Estudos Geomorfológicos em Áreas Amostrais da Bacia do Rio Araguari MG: Destaque para a Importância da Cartografia Geomorfológica. **Espaço e Geografia (UnB)**, v. 10, p. 145-173, 2007.

FILHO, G. L. **Caracterização e mapeamento dos modelados padrões e formas de relevo simbolizadas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Itoupava, Blumenau – SC.** 2016. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2016.

FONTES, A. L. **Geomorfologia Fluvial e Hidrografia.** São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2010.

FLORENZANO, T. G. (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 113 p.

FLORINSKY, I. V. Combined analysis of digital terrain models and remotely sensed data in landscape investigations. **Progress in Physical Geography**, v. 22, n. 1, p. 33 – 60. <https://doi.org/10.1177/030913339802200102>

KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, ano 18, n. 2, p. 147-266, 1956.

GARCIA-RUIZ, F.; SANKARAN, S.; MAJA, J. M.; LEE, W. S.; RASMUSSEN, J.; EHSANI, R. Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees Computers and Electronics. **Agriculture** v. 91 p.106–115, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.12.002>

GELLERT, J. F. Preface – The nature and aims of detailed geomorphological mapping. In: DEMEK, J.; EMBLETON, C.; GELLERT, J.; VERSTAPPEN, H. eds. **Manual od detailed geomorphological mapping.** Czech. Ac. Sc. Praha. P. 13-17, 1972.  
GUERASIMOV, J. Problemas metodológicos de la ecologización de la ciência contemporânea. **La sociedade y el médio natural.** Moscou: Editora Progresso, 1963, p. 57-74.

GUSTAVSSON, M. Development of s detailed geomorphological mapping system and GIS geodatabase in Sweden. 38 f. Dissertation - Uppsala Universitet, Sweden, 2006. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A169150&dswid=-9694>. Acesso em: 10 maio, 2019.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. Drainage basin: form and process. London: Edward, 1973.

HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. **Geophys. Union**, v. 14, p. 446-460, 1932. <https://doi.org/10.1029/TR014i001p00446>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geomorfologia**. Manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro: IBGE: 175 p., 2009

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1 000 000. São Paulo: IPT, 1981.

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M. **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia, 2005, 67p.

LEITE, M. E; ALMEIDA, M. I. S; VELOSO, G. A; FERREIRA, M. F. F. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento da dinâmica do uso do solo na Bacia do Rio Pacuí, no norte de Minas Gerais, nos anos de 1989,1999 e 2009. **Revista do departamento de geografia – USP**. São Paulo, v. 23, 2012. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47211/50947>. Acesso em: 05 nov. 2018. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0023.0009>

LINHARES, M. M. A. **Uso de veículo aéreo não tripulado na determinação de índice de vegetação em área de pastagem em Nova Mutum-MT**. 2016. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

LONGHITANO, G. A. **Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes – Geoprocessamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

LONGHITANO, A. G.; MANTOVANI, C.J; BELTRÃO, S. R. B. **As contribuições associadas ao uso de vants para monitoramento da evolução de processos erosivos em Sonora-MS**. In: YP&SS - Young Professionals and Summer School. Ed 2, 2016, Presidente Prudente: Unesp, 2016. Disponível em: [http://docs.fct.unesp.br/eventos/ypss/temp/P4\\_YPSS\\_2016\\_Juliana\\_Mantovani.pdf](http://docs.fct.unesp.br/eventos/ypss/temp/P4_YPSS_2016_Juliana_Mantovani.pdf). Acesso em: 22 nov. 2019.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 23-45.

MARTINS, T. I. S. **Mapeamento Geomorfológico da Folha Piumhi, MG**. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16163>. Acesso em: 22 fev. 2018.

MARTONNE, E. de. Tratado de Geografia Física. Barcelona: Juventud, 1964.

MMA/IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Plano de Manejo Parque Nacional da Serra da Canastra. 2005. Disponível em: <  
<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2090-parna-da-serra-da-canastra>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MENDONZA, J.G., GIMÉNEZ, J. M. e CANTERO, N.O. El Pensamiento Geográfico. Alianza Editorial. p. 465 – 459. 1982.

MESCERJAKOV, J. P. Lês Concepts de morphostructure et de morphosculture: um nouvel instrument de l' analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, 77 années, n. 423, p. 539 – 552, 1968. <https://doi.org/10.3406/geo.1968.15733>

NAZAR, T. I. S. M. 2018. **O Chapadão do Diamante na Serra da Canastra/MG, Brasil: caracterização geomorfológica e análise integrada do meio físico a partir de dados multifontes**. 271 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em:  
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21251>. Acesso em: 09 ago. 2018

NEWCOME, L.R. Unmanned aviation: A brief history of unmanned aerial vehicles. Reston, Va.: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.  
<https://doi.org/10.2514/4.868894>

NIKOLAKOPOULOS, K. G.; KAMARATAKIS, E. K.; CHRYSOULAKIS, N. SRTM vs ASTER elevation products. Comparison for two regions in Crete, Greece. **International Journal of Remote Sensing**, v.27, n. 21, p. 4819-4838, 2006.  
<https://doi.org/10.1080/01431160600835853>

NOVAIS, G.T. 2011. **Caracterização climática da mesoregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra**. 171 f. (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

PASSARGE, S. Morfologia de zonas climáticas ou morfologias de paisajes? In. MENDONZA, J. G., GIMÉNEZ, J. M. e CANTERO, N. O. (Org.). **El Pensamiento Geográfico**. Alianza Editorial, p.377-380, 1982.

PAULA, J. C. de. **Desenvolvimento de um VANT do tipo quadricóptero para obtenção de imagens aéreas em alta definição**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. URI:  
<http://hdl.handle.net/1884/29886>.

PEGORARO, A. J.; GUBIANI, J. S.; PHILIPS, J. W. Veículo Aéreo não Tripulado: Uma Ferramenta de Auxílio na Gestão Pública. In: Simposio Argentino de Informatica y Derecho, Córdoba, 2013. **Anais**, p 177 - 187, 2013.

PENHA, H. M. Processos Endogenéticos na Formação do Relevo. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.), **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 2, p. 51-92.

PENCK, A. Propuesta de una clasificación climática basada en la fisiología. In: MENDONZA, J. G., GIMÉNEZ, J. M. e CANTERO, N. O. (Org.). **El Pensamiento Geográfico**. Alianza Editorial, p.188-192, 1982.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. v. 31, Rio de Janeiro, Folha SE-22. Goiânia, 1983.

RIBEIRO, L. F. B. Processos exógenos na elaboração do relevo. In: HACKSPACHER, P. C. (Org.), **Dinâmica do relevo**: quantificação de processos formadores. São Paulo: Editora Unesp, 2011. Cap. 3, p. 53-85.

RODRIGUES, J.B. 2008. **Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí e um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd**. 141 f. (Tese de Doutorado) – Universidade de Brasília. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33530481.pdf>. Acesso em: 22 out. 2019.

RODRIGUES, F. Padaria drive-thru testa drone para a entrega de pães em São Carlos, SP – O portal de notícias da Globo, 10/05/2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2014/05/padaria-drive-thru-testa-drone-para-entrega-de-paes-em-sao-carlos-sp.html>. Acesso em 17 set. 2018.

RODRIGUES, S. C. Cartografia e simbologia geomorfológica: evoluindo da cartografia tradicional para o uso de simbologia digital. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, p. 3-10, 2010. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/136>. Acesso em: 15 jun. 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.135>

ROSA, R. et al. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da Bacia do Rio Araguari – MG. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari** – rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, p. 69 – 87, 2004.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do departamento de Geografia - USP**. São Paulo, v.16, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 20 out. 2017.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2007. <https://doi.org/10.14393/EDUFU-85-7078-124-6>

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, **Rev. do Depto. Geografia** - FFLCH-USP, São Paulo, n.6, p.17-29, 1992. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 8 ed. São Paulo: Contexto, 2007.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da.; SILVA, J. M. F. da.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 7, n. 2, p. 03-12, 2006. <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i2.74>

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Elaboração De Um Tutorial De Cartografia Geomorfológica Como Alternativa Para O Ensino De Geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 3, p. 85-94, 2009. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/issue/viewIssue/179/6>. Acesso em: 18 mar. 2018.

SIMPSON, A. D. Development of an unmanned aerial vehicle for low-cost remote sensing and aerial photography. **Master of Science Thesis**. University of Kentucky, Lexington, Kentucky 2003. Disponível em: [http://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1193&context=gradschool\\_theses](http://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1193&context=gradschool_theses). Acesso em: 16 set. 2018.

SOUZA, A. O. 2008. **Mapeamento geomorfológico de detalhe da carta de Belo Jardim -PE: Uma análise a partir dos padrões morfométricos do relevo**. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SOUZA, D. A de.; RODRIGUES, S. C. Aspectos Morfoestruturais da Serra da Canastra e entorno (MG). **Revista do Departamento de Geografia – USP**. São Paulo, v.27, p.47-66, 2014. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/85432>. Acesso em: 08 maio. 2019. <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.472>

SOUZA, J. L. Geotecnologia como ferramenta de apoio a leis ambientais: sensoriamento remoto e sig. **Revista Olhar: Revista científica da ESAMC**. Sorocaba, SP, v.2, n.1, 2017.

SUERTEGARAY, D. Geografia Física e Geomorfologia: uma releitura. 2. Ed. Porto Alegre: Editora Compasso Lugar-Cultura, 2018.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Washington, v.63, p. 923 – 938, 1954. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:DBOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2)

TRICART, J. Mise en point: L'évolution des versants. **L'information Géographique**, v.21, p.108-116, 1957. <https://doi.org/10.3406/ingeo.1957.1708>

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE: Supren, 1977, 91 p.

TOMAZZOLI, E. R. A evolução geológica do Brasil-Central, **Revista Sociedade e Natureza**, v. 2, n. 3, p. 11 – 26, 1990.

UHLEIN, A.; FONSECA, M. A. SEER, H. J.; DARDENNE, A.M. Tectônica da faixa de dobramentos Brasília – setores setentrional e meridional. **Geonomos**, Belo Horizonte, ano 20, n. 2, p. 01-14, 12 jan. 2012. Disponível: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11714>. Acesso em: 10 nov. 2019.

VALERIANO, C.M., MACHADO, N., SIMONETTI, A., VALLADARES, C.S., SEER, H.J., SIMÕES, L.S.A. U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. **Precambrian Research**, v.130, n. 1-4, p. 27-55, 20 abril. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301926803003073>. Acesso em: 15 nov. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2003.10.014>

VERSTAPEN, H.T.; ZUIDAM, R.A. van **ITC System of geomorphological survey**. Manuel ITC Textbook, Netherlands, v. 3, cap.7, 1975.