

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA PIUMHI,  
MINAS GERAIS**

**THALLITA ISABELA SILVA MARTINS**

**UBERLÂNDIA/MG**  
**2013**

**THALLITA ISABELA SILVA MARTINS**

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA PIUMHI,  
MINAS GERAIS**

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

**Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território**

**Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues**

**UBERLÂNDIA/MG  
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.**

---

M386m    Martins, Thallita Isabela Silva, 1988-  
2013        Mapeamento geomorfológico da folha Piumhi, Minas Gerais / Thallita  
Isabela Silva Martins. – 2013.  
157 f. : il.

Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia.  
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Mapeamento geomorfológico – Piumhi(MG) -  
Teses. 3. Relevo - Piumhi(MG) - Teses. 4. Geoprocessamento – Piumhi  
(MG). I. Rodrigues, Silvio Carlos. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

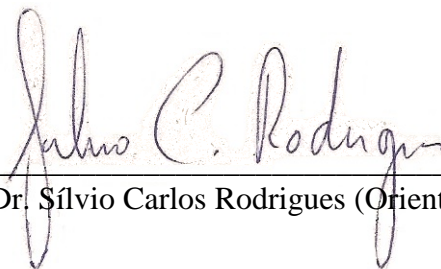
CDU: 910.1

---

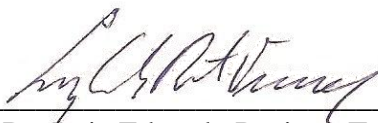
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**Thallita Isabela Silva Martins**

Mapeamento Geomorfológico Da Folha Piumhi, Minas Gerais



Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues (Orientador)



Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos



Prof. Dr. António de Sousa Pedrosa

Data: 25/03/2013

Resultado: Aprovada com Distinção



*A toda a minha família... Por fazerem do  
mundo, o melhor lugar que existe!*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, minha força maior, pelas bênçãos e proteção. Por me guiar durante todos os momentos da vida e me oferecer o seu amor, que pude reconhecer e vivenciar em cada oportunidade, cada escolha e cada provação. Obrigada Senhor!

Agradeço ao meu orientador, professor Sílvio Carlos, pela confiança, amizade e por oportunizar a minha formação acadêmica. O seu apoio e orientação foram de grande importância para essa fase da minha vida, o que, aliás, vem desde a graduação, quando começamos a trabalhar na iniciação científica, há quase seis anos... Obrigada Mestre!

A minha gratidão ofereço à minha querida mãe, Teresa, por ser meu alicerce em todas as decisões e ações, minha confidente, meu ombro e meu colo mais que maternal, uma amiga que posso contar em todos os momentos. Ao meu pai, Paulo, por me fazer a filha mais feliz desse mundo! Aos meus irmãozinhos Vinícius, Henrique, Dhara, Leonardo e Paulo Gustavo, por me fazerem enxergar em cada olhinho um pedacinho de mim... Aos meus avós, Maria e Júlio, meus tios e tias, especialmente o Rubens, pelo apoio no primeiro trabalho de campo realizado, aos primos e primas... Amo muito todos vocês!

Agradeço ao meu namorado Carlos Alberto, cuja companhia me arranca risos e sorrisos, que me surpreende e me inspira com sua garra e determinação. Obrigada por me apoiar, me incentivar e por fazer dos meus dias, os mais felizes que eu já pude passar...

Obrigada aos meus colegas do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos, Dhulia, Juliana, Camilla; principalmente os especiais como Fausto Miguel, Paula Cristina e Lísia. De modo especial, agradeço à Lilian Carla pela amizade e cumplicidade, bem como pelas contribuições durante o tempo do mestrado.

Agradeço às minhas queridinhas “*Gladsen Girls*”, Estela e Gabriela, pelos ótimos momentos em nosso ofício, pelas risadas e pela amizade.

Ao Professor António Pedrosa pela grande contribuição durante o mestrado, que desde a defesa de projeto e o exame de qualificação, tem se mostrado prestativo em compartilhar os seus conhecimentos. Obrigada pela presteza em participar da banca examinadora.

Ao Professor Luiz Eduardo Travassos pela gentileza em participar da avaliação final do trabalho e pela grande contribuição a respeito da Geomorfologia Cárstica.

Ao Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia – CNPq pelo apoio a esta dissertação através da bolsa de estudos.

E, por fim, agradeço a todos que de certa forma participaram desta trajetória, contribuindo com palavras e exemplos.

# Amar

*Que pode uma criatura senão,  
entre criaturas, amar?  
amar e esquecer,  
amar e malamar,  
amar, desamar, amar?  
sempre, e até de olhos vidrados, amar?*

*Que pode, pergunto, o ser amoroso,  
sozinho, em rotação universal, senão  
rodar também, e amar?  
amar o que o mar traz à praia,  
o que ele sepulta, e o que, na brisa marinha,  
é sal, ou precisão de amor, ou simples ânsia?*

*Amar solenemente as palmas do deserto,  
o que é entrega ou adoração expectante,  
e amar o inóspito, o áspero,  
um vaso sem flor, um chão de ferro,  
e o peito inerte, e a rua vista em sonho,  
e uma ave de rapina.*

*Este o nosso destino: amor sem conta,  
distribuído pelas coisas pérfidas ou nulas,  
doação ilimitada a uma completa ingratidão,  
e na concha vazia do amor à procura medrosa,  
paciente, de mais e mais amor.*

*Amar a nossa falta mesma de amor, e na segura nossa  
amar a água implícita, e o beijo tácito, e a sede infinita.*

**(Carlos Drummond de Andrade)**

## RESUMO

A Folha Topográfica de Piumhi (SF23VBII) do Mapeamento Sistemático Brasileiro (escala 1:100.000), localiza-se no Centro-oeste de Minas Gerais, na região do Alto São Francisco. Trata-se de uma região dotada de grande interesse geográfico, tanto do ponto de vista econômico quanto acadêmico. A área corresponde a um variado conjunto de litologias e tipos morfológicos, em função de sua localização privilegiada no Cráton do São Francisco. Apresenta uma paisagem de origem cárstica, com grande potencial mineralógico e, também, geoturístico, tendo em vista a sua grande beleza cênica e importância no cenário cárstico brasileiro ao representar os carbonatos do Grupo Bambuí. A conformação geológica da área de estudo é um elemento estruturador para as variações geomorfológicas encontradas na região, a qual, em conjunto com o clima e os controles estruturais, deu origem a uma compartimentação geomorfológica que varia desde planícies fluviais, zonas de maciços calcários, serras até planaltos variados. O interesse em criar o Mapa Geomorfológico dessa área perpassa pela razão de ser um documento inédito, haja vista a quantidade de trabalhos existentes, porém em outras áreas do conhecimento, com destaque para a geologia. Ademais, conforme já especificado, é notória a diversidade física da região e o interesse mineralógico sobre a mesma, o que tem implicado em uma delicada situação para o seu meio ambiente, em virtude da instalação e atuação de grandes mineradoras, principalmente, voltadas para a exploração dos carbonatos. Neste sentido, o objetivo geral desta dissertação é mapear as formas de relevo e buscar o entendimento da evolução e dinâmica geomorfológica da mesma. A metodologia baseia-se na abordagem dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, passando pela hierarquização do relevo proposta por Ross (1992), além de levantar as características morfológicas, morfométricas, morfogenéticas e morfocronológicas; com a utilização de ferramentas de geoprocessamento (Sistema de Informações Geográficas). Foram mapeadas quatro Unidades Morfoestruturais, a saber: Depósitos Aluvionares Cenozoicos, Bacia Sedimentar do São Francisco, Embasamento e Sistema de Empurrões (Faixa Brasília). Em relação às Unidades Morfoesculturais, têm-se diferentes tipos de gêneses que classificaram o relevo em Agradacional, de Dissecção, Cárstico, Fluvio-cárstico e Estrutural. Além disso, foram mapeados os modelados ou padrões de formas semelhantes, os tipos de formas e também os lineamentos estruturais que traspassam a área. Em suma, a elaboração do mapa geomorfológico da Folha Piumhi oferece à região um documento dotado de grande valor geográfico, seja no âmbito da geomorfologia, seja no que se refere aos estudos do meio físico integrados aos setores de planejamento territorial e meio ambiente.

**Palavras-chave:** Relevo. Cartografia Geomorfológica. Geoprocessamento. Piumhi.

## ABSTRACT

The Topographic Sheet of Piumhi (SF23VBII) in the Brazilian Systematic Mapping (scale 1:100.000), is located in the mid-west of Minas Gerais, in the Alto São Francisco area. This region attracts geographic interest both from an economic point of view and also from the academic community. This area corresponds to a diverse group of lithologies and morphologic types, due to its privileged location in the São Francisco Craton. It is surrounded by a karstic landscape, with a great mineralogical potential, and also for geotourism, because of its amazing scenic beauty and relevance within the Brazilian karstic scenery, representing the carbonates of the Bambui group. The geological form of the area of study is a structuring element for the geomorphological variation found in the region, which, along with the climate and the structural controls, originated a geomorphological subdivision that varies from river plains, calcareous crusts, sierras, to various plateaus. The interest in creating the Geomorphologic Map of this area arises from the fact that it is an unpublished document, even considering that there is a great amount of existing works in other areas of study, such as geology. Furthermore, as already mentioned, it is notorious the physical diversity of the region and the mineralogical interest in it, which has put its environment in a very delicate situation because of the action of major mining companies in the area, that explore, mainly, carbonates. Having that in mind, the main object of this dissertation is to map the landforms and understand its geomorphological evolution and dynamics. The methodology is based in the approach of the concepts of morphostructure and morphosculpture, according to the hierarchization of landforms proposed by Ross (1992), and it also brings up the morphological, morphometric, morphogenetic and morphocronological characteristics of the area; with the use of geoprocessing tools (Geographic Information System). There were four Morphostructural Unities mapped as follows: Cenozoic Alluvial Deposits, Sedimentary Basin of São Francisco, Basement e System Jerks (Orogenetic Belt Brasilia). In relation to the Morphosculptural Unities, there are different types of genesis that classified the landforms in Aggradational, Dissectional, Karstic, Fluvio-Karstic and Structural. Moreover, the modeled or similar shape patterns were mapped, as well as the types of forms and also the structural lineaments running through the area. In short, the creation of the geomorphological map of the Piumhi Sheet offers the region a document filled with great geographic value, both in the geomorphology field and in any studies about the physical surroundings, integrated to the areas related to territorial planning and the environment.

**Keywords:** Landforms. Geomorphological Mapping. Geoprocessing. Piumhi.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Áreas de embasamento e coberturas Fanerozoicas na América do Sul. ....	22
Figura 2 – Esquema representativo da relação entre Processos exógenos, Processos endógenos e Processos morfogênicos. ....	27
Figura 3 – Esquema representativo da relação entre Formas e processos morfoestruturais, Formas e processos morfoesculturais, Formas e processos antrópicos e Formas e processos morfogênicos. ....	30
Figura 4 – Os sistemas controladores do sistema geomorfológico. ....	32
Figura 5 – Fluxograma metodológico da dissertação ....	62
Figura 6 – Articulação da Folha Piumhi ....	63
Figura 7 – Padrões de imagem em modelados de dissecação com as classes de densidade de drenagem ....	71
Figura 8 – Padrões de imagem em modelados de dissecação com as classes de aprofundamento dos vales ....	71
Figura 9 – Imagens de sombreamento do relevo da Folha Piumhi ....	74
Figura 10 – Fluxograma com a síntese dos procedimentos para o mapeamento geomorfológico. ....	76
Figura 11 – Mapa Geológico simplificado do Cráton do São Francisco. ....	79
Figura 12 – Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do São Francisco ....	82
Figura 13 – Representação dos tipos de falhas de empurrão (inversa) e falhas transcorrentes (horizontal). ....	85
Figura 14 – Mapa estrutural simplificado englobando a área de estudo. ....	86
Figura 15 – Seção geológica “A”. ....	87
Figura 16 – Perfil Topográfico Bambuí – Arcos ....	105
Figura 17 – Perfil Topográfico Piumhi – Lagoa da Prata ....	106
Figura 18 – Exemplo de Perfil Topográfico demonstrando o aprofundamento dos vales ...	109
Figura 19 – Lagoa da Inhuma e sua ligação indireta com o rio São Francisco .....	125

## LISTA DE FOTOS

Foto 1 – A) Relevo ondulado na região entre Bambuí e Iguatama, B) Afloramento de siltito, Iguatama ....	88
Foto 2 – Afloramento abrupto de calcários, permeando os calcipelitos, localidade entre os municípios de Pains e Arcos ....	89
Foto 3 – Serra de Piumhi ao fundo e a superfície da Formação Samburá na base ....	91
Foto 4 – A) Maciço de Piumhi, B) Cachoeira da Belinha, Unidade Serra da Mamona ....	92
Foto 5 – Sedimentos inconsolidados na planície aluvial do rio São Francisco, próximo a Lagoa da Prata ....	93
Foto 6 – Planície Aluvial do São Francisco. A) Lagoa perene, sendo recorrente a formação de lagoas temporárias. B) Depósitos de sedimentos. C) Tipo de uso comum, a pastagem .....	116
Foto 7 – Rio São Francisco. A) Próximo à Lagoa da Prata, margens descobertas e marcas erosivas. B) Próximo à Iguatama, bancos de areia preenchendo o leito do rio ....	116
Foto 8 – Colinas em vales encaixados no Planalto de Bambuí ....	118
Foto 9 – Lagoa perene formada em depressão em área com afloramento calcário ....	119
Foto 10 – Amplas colinas no Planalto Dissecado de Piumhi – Pimenta. Ao fundo encontra-se a Serra de Piumhi ....	120
Foto 11 – Lagoa próxima à cidade de Pimenta, podendo estar associada ao remanso da Represa de Furnas ....	121
Foto 12 – Planalto Tabular próximo à Lagoa da Prata ....	122

Foto 13 – Modelado plano no Planalto Fluvio-cárstico de Doresópolis – Iguatama. Ao fundo observa um relevo suave ondulado .....	124
Foto 14 – A) Detalhe de tronco depositado sobre a vegetação, em função da vazão do São Francisco em época de cheia, a vazante se dá no sentido da Lagoa; B) Detalhe de fotografia de moradores da área, os quais presenciam sazonalmente a subida do nível do rio .....	126
Foto 15 – C) Processos erosivos em desenvolvimento devido à vazão do rio; D) Braço da Lagoa da Inhumã .....	127
Foto 16 – A) Maciços calcários no Planalto Cárstico Leste do São Miguel, cercados por colinas; B) Dolina no Planalto Cárstico Leste do São Miguel .....	134
Foto 17 – Relevo acidentado ao Sul do Planalto Cárstico Oeste do São Miguel .....	135
Foto 18 – Sumidouro na Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos .....	135
Foto 19 – Lagoa dos Martins (Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos) .....	136
Foto 20 – Canyon no Planalto Cárstico do São Francisco. ....	136
Foto 21 – Extração de calcários próximo à Arcos .....	137
Foto 22 – Modelado com topos planos próximo à Córrego Fundo .....	139
Foto 23 – Serra de Piumhi .....	140

### **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1 – Localização da área de estudo. ....	18
Mapa 2 – Geologia da Folha Piumhi. ....	94
Mapa 3 – Hipsometria da área de estudo .....	101
Mapa 4 – Declividade da área de estudo .....	102
Mapa 5 – Esboço Geomorfológico – Estrutural da Folha Piumhi.....	107
Mapa 6 – Densidade de drenagem da área de estudo .....	110
Mapa 7 – Densidade de lineamentos da área de estudo .....	113
Mapa 8 – Mapa Geomorfológico da Folha Piumhi .....	143

### **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Unidades Taxonômicas de Ross (1992) .....	40
Quadro 2 – Sistemas de Relevo IPT .....	43
Quadro 3 – Exemplos de análise espacial em SIG. ....	47
Quadro 4 – Tipos de formas cársticas recorrentes na área de estudo .....	54
Quadro 5 – Parâmetros de Conversão do Datum Córrego Alegre para SIRGAS2000 .....	64
Quadro 6 – Classes de relevo conforme a variação de declividade .....	69
Quadro 7 – Síntese das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais .....	103
Quadro 8 – Unidades de relevo na Província Cárstica de Arcos – Pains – Doresópolis .....	132
Quadro 9 – Legenda do Mapa Geomorfológico de Piumhi.....	142

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Matriz dos índices de dissecação do relevo .....	41
Tabela 2 – Índices de dissecação do relevo .....	72

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 .....	12
<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1.Introdução .....	13
1.2.Objetivos .....	15
1.3.Justificativa .....	15
1.4.Localização da área de estudo .....	17
 CAPÍTULO 2 .....	 19
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO-CONCEITUAL .....</b>	<b>20</b>
2.1.O relevo terrestre .....	20
2.2.A Ciência Geomorfológica .....	30
2.3.A Cartografia Geomorfológica .....	34
2.4.A Geomorfologia Cárstica .....	49
 CAPÍTULO 3 .....	 55
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS .....</b>	<b>56</b>
3.1.Método .....	56
3.2.Materiais .....	59
3.3.Técnicas .....	60
 CAPÍTULO 4 .....	 77
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – Elementos Estruturadores do Relevo .....</b>	<b>78</b>
4.1.Contexto geológico regional.....	78
4.2.Contexto geológico local .....	83
4.3.Contexto climático e hidrológico .....	95
 CAPÍTULO 5 .....	 97
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>98</b>
5.1.Mapeamento Geomorfológico .....	98
5.1.1. Compartimentação Morfoestrutural e Morfoescultural .....	98
5.1.2. Unidades Geomorfológicas .....	108
5.1.3. Mapa Geomorfológico .....	141
 CAPÍTULO 6 .....	 144
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>145</b>
 REFERÊNCIAS .....	 148



## CAPÍTULO 1



*"Oh! Minas Gerais  
Oh! Minas Gerais  
Quem te conhece  
Não esquece jamais*

*Oh! Minas Gerais"*

## **1. APRESENTAÇÃO**

### **1.1.Introdução**

A Geomorfologia, ciência que estuda os processos formadores do relevo calcados nas características litológicas, tectônicas, climáticas, hidrológicas e pedológicas, revela-se como um aparato fundamental para estudos em vários âmbitos, tanto ambiental quanto social, no que tange ao planejamento e gestão do território. As relações entre o meio físico e o humano a partir do estudo do relevo terrestre demonstram-se cada vez mais próximas, pois este elemento é capaz de conduzir, propiciar e condicionar as atividades humanas (SILVA; RODRIGUES, 2009a).

No relevo refletem-se todos os condicionamentos da dinâmica interna e externa do planeta, podendo esta ser apreendida por meio de diferentes enfoques, sendo possível através de suas características, se delimitarem diferentes comportamentos morfodinâmicos e entender o funcionamento da dinâmica geomorfológica. Além disso, podemos evocar a participação biológica e em especial o papel desempenhado pelo homem ao interferir de formas diversas e com diferentes intensidades no controle de processos e na criação e destruição das formas do relevo.

Assim, enfatiza-se a importância das aplicações de estudos geomorfológicos como um dos principais elementos utilizados no planejamento físico-territorial, capazes de gerar informações sobre as formas de relevos e as características morfodinâmicas das áreas onde são aplicados.

Neste contexto, os estudos geomorfológicos no âmbito da Folha Piumhi, na região centro-oeste de Minas Gerais, têm como objetivo definir a compartimentação das unidades do relevo

regional, bem como a identificação, classificação e caracterização dos diferentes padrões de formas nele encontradas. Tal objetivo passa pelo intuito de abordar a dinâmica geomorfológica, levando em consideração a sua dinâmica evolutiva, refletida pelos aspectos litológico/estruturais e morfológicos, como também, pelo clima.

O objetivo de aplicação de um sistema de classificação é a obtenção do mapa geomorfológico, o qual reflete a realidade do relevo de uma área ou região. Este mapeamento deve refletir a realidade do relevo através de uma classificação que permita o reconhecimento da gênese das formas, bem como suas características morfológicas e morfométricas.

Os estudos neste âmbito favorecem não somente à sua própria disciplina, tal qual a ciência geomorfológica, mas vai além, uma vez que o relevo é o somatório de forças que atuam concomitantemente, as quais incluem a dinâmica do substrato litológico e do clima que atua ou atuou sobre esta estrutura. Além disso, este mesmo relevo torna-se o palco das atividades humanas, como constituinte do estrato geográfico, passível de influenciar ou receber influência, das mais diversas, quanto ao seu uso e ocupação. Neste sentido, torna-se notória a expressão da carta geomorfológica enquanto material de consulta e base para eventos decisórios da esfera do planejamento.

Consequentemente, a proposta apresentada estará apoiada no uso de geotecnologias com ênfase ao mapeamento da diversidade geomorfológica, uma vez que as mesmas têm se mostrado competentes para a caracterização morfológica e ambiental de diversas regiões geográficas, pois conciliam o levantamento, análise e gerenciamento das informações necessárias para sua realização.

## 1.2.Objetivos

### *1.2.1. Objetivo Geral*

O objetivo geral é mapear as formas de relevo e buscar o entendimento da evolução e dinâmica geomorfológica da região que engloba a Folha Piumhi (Alto São Francisco).

### *1.2.2. Objetivos específicos*

- Realizar a caracterização física da área de estudo, no intuito de melhor compreender o seu contexto geológico, climático e geomorfológico.
- Construir um banco de dados georreferenciado da área.
- Elaborar a cartografia geomorfológica de semidetalhe (Escala 1:100.000) da Folha Piumhi (Alto São Francisco).
- Identificar, classificar e descrever as diferentes gêneses e os diferentes tamanhos das formas do relevo.

## 1.3.Justificativa

A região escolhida como objeto de estudo é dotada de grande interesse geográfico, tanto do ponto de vista acadêmico e científico quanto econômico, devido, especialmente, à presença da Província Cárstica de Arcos – Pains – Doresópolis, que engloba parte dos municípios de

Arcos, Pains, Formiga, Córrego Fundo, Doresópolis, Bambuí e Iguatama. Sobretudo, a importância da região para esta pesquisa vai além do interesse pelo relevo cárstico, mas envolve o conjunto de diferentes paisagens que a compõem, como pode ser observado em imagens de satélite e a olho nu. A escolha da área de estudo levou em consideração alguns critérios, a saber: o interesse pessoal em relação à área, a proximidade do local de estudo e a disponibilidade de base cartográfica; nos quais se encaixaram a Folha Piumhi.

A diversidade paisagística e morfológica da Folha Piumhi é notória, especialmente, ao se observar os dados geológicos disponíveis (RIBEIRO et al., 2008), imagens de satélite e também em visitas de campo, onde é possível identificar desde planícies fluviais do rio São Francisco, longas colinas no entorno de Lagoa da Prata, diversas lagoas naturais, até o Maciço de Piumhi (Greenstone Belt de Piumhi) e, obviamente, os relevos ruineformes da Província Cárstica com ocorrências de afloramentos calcários escarpados e diversos tipos morfológicos de origem carbonática.

Além disso, outro ponto que merece destaque é a quantidade de trabalhos existentes sobre a região com enfoque aos domínios geológicos, tendo em vista a massiva exploração mineral (principalmente calcário, e outros como areia quartzosa, argila, cromo, chumbo, diamante, turfa e água mineral). Contudo, apesar de avançados os estudos nesse âmbito, nota-se a escassez de trabalhos de cunho geomorfológico, com enfoque em seus processos e evolução, bem como, à cartografia geomorfológica. Diante disso, destaca-se a característica pioneira deste trabalho para a área de estudo.

A aplicação do mapeamento geomorfológico em nível de semidetalhe para a região da Folha Piumhi apresenta grande importância, pois ao espacializar as diferentes fisionomias do relevo, quanto à sua forma, gênese, idade e processos, poderá identificar a evolução de tais formas de relevo e indicar características de manejo que estejam em acordo com a dinâmica ambiental,

minimizando os impactos verificados sobre o relevo e outras variáveis ambientais. Além de disponibilizar um documento cartográfico para auxiliar a comunidade gestora e acadêmica.

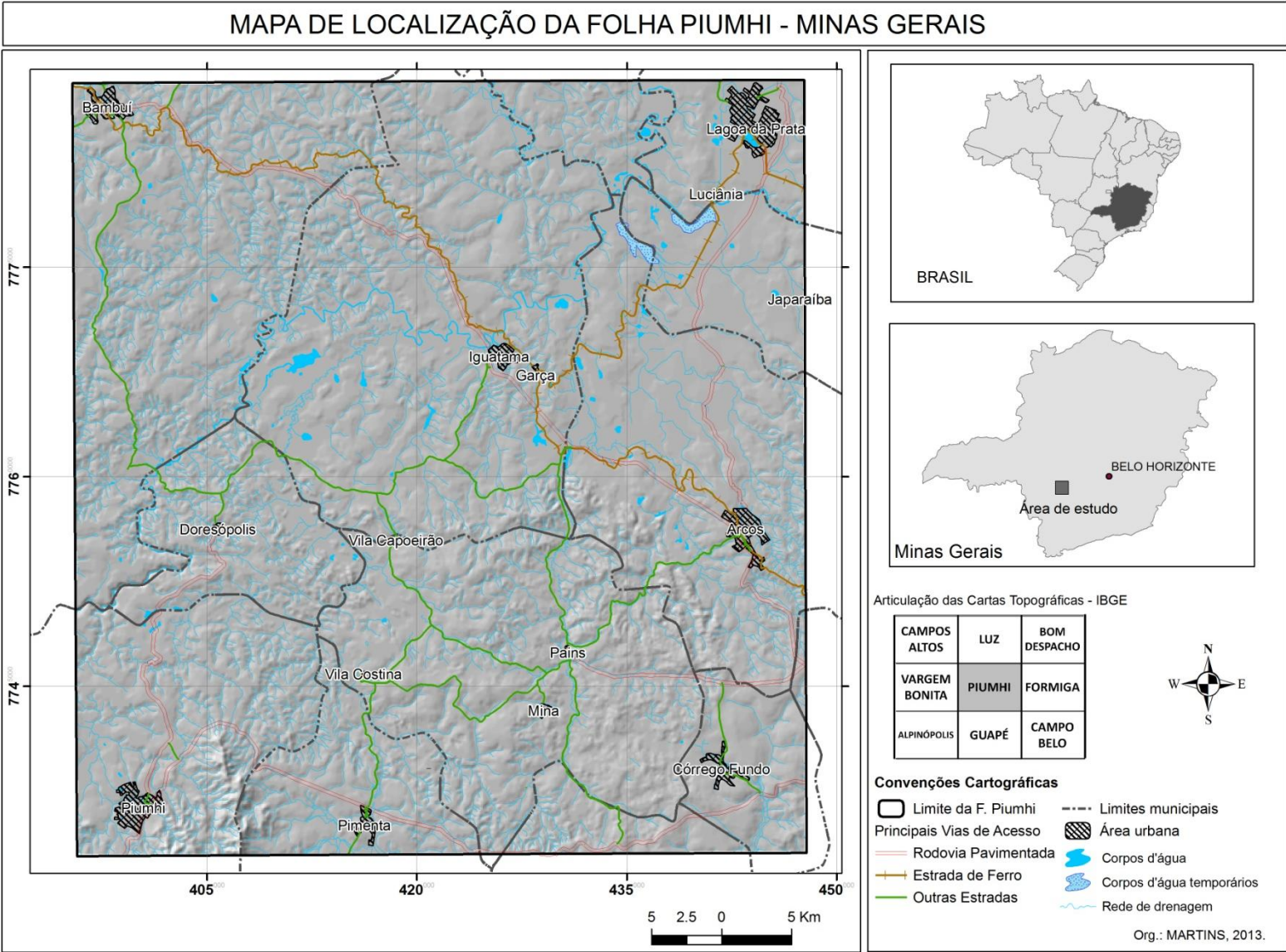
Para isto torna-se necessário lançar mão de uma série de análises geomorfológicas específicas, com o estudo do relevo regional em semidetalhe, análise de processos morfogenéticos naturais e/ou induzidos pela ação humana.

Ademais, é importante a articulação de tais preceitos com o uso das geotecnologias, que cada vez mais entram em evidência, quer pela facilidade de manejo e gerenciamento de dados geográficos, quer pela possibilidade de correlação entre as diversas variáveis ambientais.

#### 1.4. Localização da área de estudo

A área de estudo corresponde à região que engloba a Folha Piumhi do Mapeamento Sistemático Brasileiro (escala 1:100.000), no Centro-oeste de Minas Gerais, Alto São Francisco. Localiza-se entre os pares de coordenadas 20°30'00"S, 46°0'00"W e 20°0'00"S, 45°30'00"W. Perfaz uma área de 2.890 km<sup>2</sup>, recobrindo parte dos municípios de Arcos, Bambuí, Córrego Fundo, Dorésópolis (por inteiro), Formiga, Iguatama, Japaraíba, Lagoa da Prata, Luz, Pimenta e Piumhi, conforme se observa no Mapa 1 a seguir:

Mapa 1: Localização da área de estudo.



Org.: MARTINS, 2013.

## CAPÍTULO 2



*"Tuas Terras que são altaneiras  
O seu céu é do puro anil  
És bonita oh terra mineira  
Esperança do nosso Brasil"*



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

O referencial teórico-metodológico-conceitual irá retratar os principais aspectos que norteiam a elaboração desta dissertação. Passa pela abordagem do relevo terrestre e os seus aspectos estruturadores; realça a importância dos estudos em geomorfologia em diversos segmentos; retrata a cartografia geomorfológica enquanto ferramenta de grande importância para os estudos geomorfológicos; as atribuições das geotecnologias e sua contribuição à cartografia do relevo; e por fim relaciona os temas que representam o contexto geomorfológico da área de estudo, como por exemplo, a Geomorfologia Cárstica.

### **2.1.O relevo terrestre**

Às formas de relevo estão associadas forças que interagem conjuntamente, quer na estruturação do embasamento, quer na modelação de seus contornos. Os esforços empregados nessa relação são provenientes de duas fontes principais: a energia do interior do Planeta Terra e a energia externa comandada pela dinâmica da atmosfera terrestre e energia solar (ROSS,1992; 2007; ALMEIDA; RIBEIRO, 1998; PENHA, 2007; SANTOS, 2008).

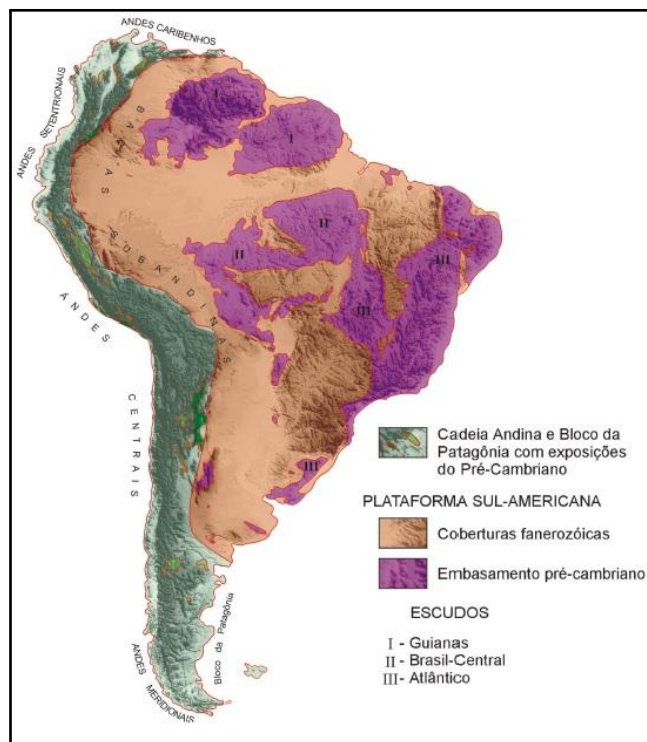
Pode-se dizer que a energia interna manifesta os processos endógenos, responsáveis pela geodinâmica do interior do Planeta que é extremamente importante para a configuração do relevo. A essa dinâmica associa-se fenômenos interligados à deriva continental e tectônica de placas, tais como eventos magmáticos vulcânicos e plutônicos, terremotos, dobramentos, falhamentos e processos como a orogênese e epirogênese (PENHA, 2007). Esses fenômenos contribuem para a formação das grandes estruturas terrestres, que formam as morfoestruturas, cujo conceito será abordado mais adiante. Também podem atuar como delineadores do relevo

em escalas regionais e locais, cujas deformações podem ser observadas pelo controle estrutural da drenagem e dos modelados geomorfológicos.

Do ponto de vista das macroestruturas do relevo, pode-se citar a Plataforma Sul Americana, retratada por Almeida (1967; 1969) em diversos trabalhos, correlacionando-a em seus escritos como Plataforma Brasileira. Trata-se de uma vasta superfície de relativa estabilidade tectônica, que se estabeleceu após o Ciclo Brasileiro (700 – 450 Ma), cuja história geológica o autor separa em três grandes estágios de diferenciação: a) *o estágio de transição*: ocorrido durante o Cambriano e Ordoviciano, relacionado ao Ciclo Orogenético Brasileiro; b) *o estágio de estabilização*: momento em que a plataforma se estabiliza, ocorrido durante o Siluriano até o Jurássico; atribui-se a este período a formação das grandes bacias paleozoicas da plataforma; c) *o estágio de reativação*: iniciado ao final do Jurássico, com ocorrência de processos tectônicos, formações de bacias tectônicas e intenso magmatismo; estima-se que o Quaternário represente o final desse período de reativação tectônica.

A Plataforma Brasileira caracteriza-se por se estender a uma grande região na América do Sul e apresentar um grau de consolidação de seu embasamento bastante avançado. Está associada a coberturas sedimentares Fanerozoicas e também eruptivas, as quais podem ser agrupadas em complexos estruturais que caracterizam as etapas das diversas fases tectônicas pelas quais a plataforma se diferenciou, cada qual tendo criado seus respectivos tipos de estruturas ou bens minerais (Almeida, 1967; 1969). A Figura 1 a seguir representa as áreas de embasamento e coberturas Fanerozoicas na América do Sul.

Figura 1: Áreas de embasamento e coberturas Fanerozoicas na América do Sul.



Fonte: SCHOBENHAUS; BRITO NEVES (2003).

Além disso, cabe ressaltar que a Plataforma Brasileira é limitada pela Cadeia Andina e pela Plataforma da Patagônia, sendo constituída por três grandes unidades, a saber: Escudo das Guianas, Escudo Brasil-Central e Escudo Atlântico. Estas unidades são subdivididas em sete principais domínios ou províncias estruturais, sendo elas: Escudo das Guianas-Meridional; Província Xingu ou Tapajós; Província Tocantins (Paraguai – Araguaia); Província São Francisco; Província Borborema, Província Mantiqueira, Bacias Fanerozoicas (PIRES, 1998). Estas províncias estruturais ou domínios constituem os tipos crustais continentais, que estão associados às áreas cratônicas (áreas de escudo ou áreas de cobertura) ou às faixas móveis (arco magmático, orógeno paleozoico e orógeno meso-cenozoico, ou rifte continental) (NEVES, 2004).

As áreas cratônicas são aquelas porções da litosfera continental que se diferenciaram desde o Arqueano. São regiões relativamente estáveis que não foram envolvidas nos processos orogênicos do Fanerozoico, porém, possuem tendência para registrar, ainda que de maneira

sutil, a maioria dos eventos geológicos ocorrentes, sofrendo deformações que as tornam portadoras de grande parte da memória da Terra (ALKMIM, 2004). Por outro lado, as faixas móveis ou cinturões orogênicos são zonas no interior dos continentes que abrigam processos de orogêneses que ocorreram em determinados períodos de tempo em decorrência dos esforços de compressão advindos das zonas de colisão das placas tectônicas, os quais levam ao aparecimento de regiões dobradas por vasta área (PENHA, 2007).

O entendimento do arcabouço geológico é de extrema importância para a compreensão das formas do relevo terrestre, neste sentido, com base em Ross (1995), aponta-se o papel desempenhado pela macroestrutura, em especial no território brasileiro, para a configuração das macroformas do relevo, apesar das prolongadas fases de erosão pelas quais passaram. De modo simplificado, o mesmo autor define para o Brasil três grandes compartimentos de relevo conforme as macroestruturas geológicas encontradas: são os crátons, os cinturões orogênicos e as grandes bacias sedimentares.

Exemplo clássico e de importante valor para este trabalho é a Província do São Francisco, na qual, destaca-se o Cráton homônimo circundado pelas faixas móveis ou cinturões orogênicos da Província Tocantins e Província Mantiqueira, formado também por suas coberturas de idade que variam desde o Neoproterozoico (Grupo Bambuí) até as mais recentes do Fanerozoico (Grupo Areado, Mata da Corda e Urucuia) (MARTINS-NETO; PINTO, 2001). Estes aspectos serão mais bem retratados no item de caracterização da área de estudo desta dissertação.

E para sintetizar a linha de pensamento descrita nos parágrafos anteriores, cabe ressaltar que no âmbito da Plataforma Sul Americana, especificamente em território brasileiro, as estruturas e as formações litológicas são bastante antigas, entretanto, as formas de relevo são recentes. Estas foram produzidas e continuam sendo transformadas pelos agentes erosivos, controlados pelos processos exógenos (PENTEADO, 1983; ROSS, 1995). Neste sentido, as formas que

predominam nessas áreas de escudos são os planaltos, as bacias, as depressões, entre outros. Trata-se de um relevo extremamente exposto à ação dos agentes de desnudação, por meio dos processos de intemperismo e erosão, caracterizando um modelado com diferentes graus de dissecação (SANTOS, 2008).

Os processos exógenos agem através de diversos elementos, entre eles estão: a temperatura do ar, a ação das águas em seus três estados físicos e os ventos, que esculpem lentamente, ao longo do tempo, as superfícies produzidas pelas forças internas (ROSS, 2007). Portanto, tais processos envolvem a atuação do clima, dos fluxos de calor e dos processos biológicos, cuja interação reflete no modelado do relevo terrestre (RIBEIRO, 2011). Isto indica uma relação complexa, em que os componentes desse sistema são interdependentes e atuam conforme as variações de tais características no tempo e no espaço.

O clima, por exemplo, é um fator exógeno que recebe influência de vários aspectos. Os diferentes tipos climáticos dependem de diversos fatores, dentre os quais se destacam: a vegetação, a latitude, a extensão territorial, as formas de relevo e a dinâmica das massas de ar. Esta última é de extrema importância, pois se trata de um regulador tanto da temperatura quanto da pluviosidade, o que ocasiona as diferenciações nos climas regionais (RIBEIRO, 2011). Tais elementos (temperatura/pluviosidade) atuam como agentes de intemperismo, cuja dinâmica interfere diretamente na evolução do relevo terrestre, de forma a esculpir-lo.

Conforme Ribeiro (2011) a partir da atuação do clima é possível ocorrer diversos tipos de intemperismo, os quais se caracterizam por um conjunto de processos físicos ou mecânicos, químicos e biológicos. Estes processos são responsáveis pela desintegração e decomposição do relevo. O intemperismo físico ou mecânico é próprio das regiões de climas secos e quentes, bem como em climas frios, onde a temperatura atua com maior intensidade, em que as rochas são desagregadas sem alterar a sua composição primária. O intemperismo químico ocorre em domínios úmidos, está relacionado com a atuação da água e das substâncias nela

dissolvidas sobre as rochas, havendo processo de dissolução e modificação química das rochas, tornando-as mais suscetíveis aos processos erosivos. Já o intemperismo biológico é realizado pelos agentes orgânicos presentes nas rochas; trata-se de um intemperismo bastante lento e que não interfere de maneira significativa na evolução do relevo regional. Cabe ressaltar que o produto do intemperismo é o regolito, que repousa sobre a rocha matriz, para futuramente se transformar em solo ou, até mesmo, em produto a ser carregado por processos geomorfológicos.

De acordo com Almeida e Ribeiro (1998) o desgaste das rochas, realizado pelo intemperismo, acompanhado do transporte mecânico e químico de suas substâncias por meio dos rios, chuvas, geleiras, mares e ventos compreendem a chamada erosão. Neste sentido, o processo de evolução do relevo passa pelo intemperismo, erosão e tempo, os quais são responsáveis pela denudação da superfície terrestre, seja por meio da ação das águas, das geleiras ou dos ventos.

O principal agente erosivo, que representa o mais importante fator de denudação do relevo, é a água, que atua a partir dos cursos superficiais associados ao escoamento gerado pelas chuvas. As geleiras, predominantes na Antártida e Groenlândia, bem como em vales de regiões montanhosas também compreendem importantes agentes de erosão. Os ventos, a partir de sua velocidade quando suficientemente alta, atuam principalmente em materiais superficiais desprovidos de vegetação e pouco resistentes, tais como os que existem em regiões desérticas, periglaciais, em determinadas planícies e praias arenosas, formando diferentes formas como as dunas e blocos rochosos esculturais. Portanto, a erosão leva ao transporte dos produtos resultantes do intemperismo e à deposição destes materiais quando a capacidade de transporte dos agentes transportadores diminui. Desta maneira, ocorrem as formações de leques aluviais, deltas, planícies fluviais, bacias sedimentares, etc. (ALMEIDA; RIBEIRO, 1998).

Rodrigues (1998) reitera ainda que há uma inter-relação entre a dinâmica dos diversos processos geomorfológicos que atuam sobre determinada forma de relevo, e que é possível afirmar que sobre uma mesma vertente ocorrem vários processos simultaneamente, sejam físicos ou químicos. Desta maneira, podem ocorrer tanto os processos de intemperismo, quanto o rastejo, o escoamento superficial, a infiltração e a ação biológica ao mesmo tempo.

O fator latitude é um importante elemento na definição da evolução do relevo planetário, pois o mesmo define as zonas de iluminação solar da Terra (Zonas Tropicais, Temperadas e Polares), o que reflete diretamente no tipo climático a ser estabelecido (RIBEIRO, 2011). No caso do Brasil, país situado quase que inteiramente em zona tropical, área de latitudes baixas, as variações dos elementos climáticos (pluviométricas, de temperatura e movimentação das massas de ar), de maneira geral, revelam características que permitem a evolução do relevo de maneira mais acelerada, uma vez que a intensidade das chuvas é maior, conjuntamente com as altas temperaturas, contribuindo para o desenvolvimento de processos de intemperismo e erosão com maior intensidade.

Outros fatores que contribuem para a evolução do relevo, além do tipo climático predominante e os processos erosivos passados e atuais, são o substrato litológico e a tectônica. Esta última com forte direcionamento para os eventos neotectônicos ocorridos nos últimos 25 Ma (desde o Terciário Superior até o Quaternário) (PALHA; CARVALHO, 2005). De acordo com Saadi (1993), a neotectônica corresponde ao estudo de eventos tectônicos recentes, que ocorreram ou ainda ocorrem em determinadas regiões, após a ocorrência do último grande evento orogênico que reorganizou tectonicamente a superfície terrestre.

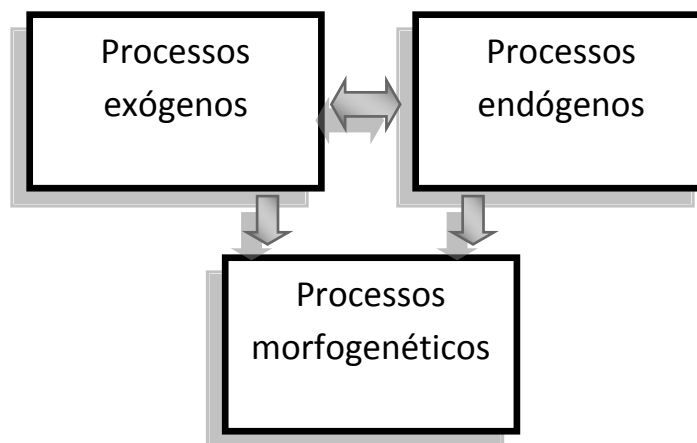
O último grande evento tectônico ocorrido em território brasileiro foi o Ciclo Brasileiro, entre 700 e 450 Ma, tendo sido o mais recente ciclo orogênico brasileiro conhecido, do qual são encontradas rochas em variados graus de metamorfismo, regiões de intenso plutonismo granítico e diferentes tipos de deformações (PENHA, 2007). Durante o Brasileiro foi

originada a Plataforma Sul Americana, conforme citado anteriormente, e também definidos os contornos do Cráton do São Francisco, a partir do desenvolvimento das faixas de dobramento que o circundam, de acordo com as proposições de Almeida (1976; 1978).

Em suma, de maneira simplificada, pode-se dizer que, de acordo com Ross (2007), o relevo é o produto da estrutura de um lado e da escultura de outro. As energias, tanto solar quanto interna, não atuam homogeneamente sobre e sob a superfície terrestre, da mesma maneira como a crosta não é formada de um único material rochoso e arranjo estrutural. Tais condições levam ao aparecimento de inúmeras unidades de relevo, com diferentes formas e fisionomias.

Neste contexto, aponta-se para os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, abordados por Ross (1992; 2007) e que possuem origem nas concepções teórico-metodológicas construídas a partir da proposta de Walter Penck. Este último determinou, na década de 1920, a base para as pesquisas e análises geomorfológicas, na qual a sua natureza e princípio devem ser apoiados em três elementos-chave, a saber: os processos exógenos, os processos endógenos e os processos que resultam da interação entre os dois anteriores, chamados de feições atuais do relevo (ROSS, 2007), conforme se observa na Figura 2 a seguir.

Figura 2: Esquema representativo da relação entre Processos exógenos, Processos endógenos e Processos morfogenéticos.



Org.: MARTINS, 2012.



Neste sentido, a conceituação de morfoestrutura e morfoescultura se estabeleceu a partir de Guerasimov (1946 apud ROSS, 2007), Guerasimov e Mescherikov (1968, apud ROSS, 2007) e Mescherikov (1968 apud ROSS, 2007), ao analisarem os processos endógenos e processos exógenos geradores dos diferentes tamanhos do relevo. Tais autores se apoiaram nas premissas de Penck, ao determinarem três grandes principais categorias genéticas para a análise em geomorfologia: a geotextura, a morfoestrutura e a morfoescultura.

A geotextura compreende as grandes feições da crosta terrestre, tanto emersa quanto submersa, e refere-se aos processos endógenos em escala continental (massas continentais, grandes zonas montanhosas, depressões oceânicas e escudos). A morfoestrutura constitui o elemento de sustentação do relevo, de diferentes origens e idades, relacionadas ao substrato geológico. Encaixam-se nessa condição, de modo simplificado, os crátons, as bacias sedimentares e as faixas orogênicas, os quais devem ser analisados como elementos ativos nos processos de evolução do relevo. Além disso, as morfoestruturas carregam em si aspectos esculturais que remontam a ação do tipo climático atual e passado que atua/atuou sobre a estrutura. Tais aspectos esculturais referem-se às morfoesculturas, associadas ao modelado ou tipologia morfológica criada sobre uma ou mais morfoestruturas, por meio da ação dos processos exógenos. Portanto, as morfoesculturas referem-se às formas de dimensões menores de relevo, enquanto as morfoestruturas correspondem às grandes estruturas de relevo. Ambas são resultado da ação dinâmica das forças internas e externas que atuam conjuntamente (ROSS, 1992; 2007; SALAMUNI, s/d.).

Por fim, é necessário destacar a ação do homem enquanto agente geomorfológico, o qual, a partir do Quaternário passou a atuar sobre a superfície terrestre em busca de formas de sobrevivência e evolução de sua civilização.

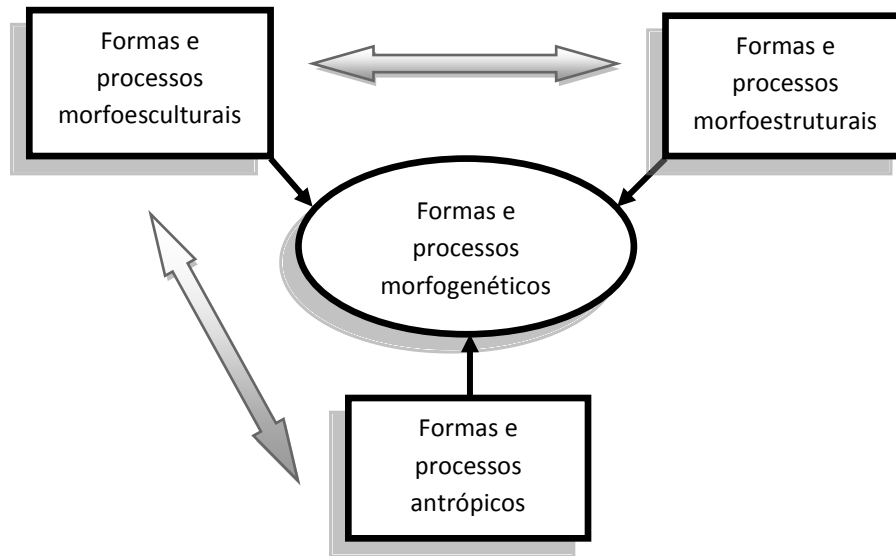
Desde o seu surgimento, o ser humano evoluiu de nômade para sedentário, a partir do momento em que começou a realizar diversas conquistas, entre as quais, a de deixar de ser

coletor e se tornar produtor, por meio do pastoreio e agricultura. Tornou-se assim, um grande modificador do ambiente em que vive, o que se intensificou a partir do momento em que sua população cresceu, suas necessidades foram ampliadas e houve o fenômeno da urbanização. Isto pode ser verificado a partir da exploração intensa dos recursos naturais como, por exemplo, mineração, indústria, busca por recursos energéticos, entre outros (ALMEIDA, RIBEIRO, 1998).

Desta forma, segundo Almeida e Ribeiro (1998), o homem se tornou um contribuinte para a modificação dos regimes de escoamento, infiltração e evaporação das águas das chuvas, colaborando para o aumento dos processos erosivos dos solos, diminuição da recarga dos aquíferos, concentração de poluentes nos solos, lençóis freáticos e atmosfera; desertificação, entre outros. Por outro lado, também criou técnicas de recuperação de áreas degradadas, bem como, procuram ocupar os terrenos de maneira adequada a partir da elaboração de planos. Quanto a tudo isso, o homem impôs o seu modo de vida e as respectivas consequências ao Planeta, conforme as contradições do processo evolutivo da humanidade.

Neste sentido, segue um esquema representativo sobre as relações que permeiam a evolução do relevo terrestre como um todo, no qual não se pode deixar de lado a atuação antrópica, que se torna cada vez mais intensa (Figura 3).

Figura 3: Esquema representativo da relação entre Formas e processos morfoestruturais, Formas e processos morfoesculturais, Formas e processos antrópicos e Formas e processos morfogenéticos.



Org.: MARTINS, 2012.

## 2.2.A Ciência Geomorfológica

A Geomorfologia é um campo específico da Geografia Física, que faz parte do rol de disciplinas que compõem 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 (SILVA; RODRIGUES, 2009a). Rodrigues (1998) enfatiza ainda que esta ciência classifica e analisa as formas da superfície terrestre, no intuito de compreender as relações dinâmicas atuais e pretéritas conforme os diversos aspectos processuais inter-relacionados, tais como os genéticos, cronológicos, morfológicos, morfométricos e dinâmicos.

Christofolletti (1980) caracteriza a Geomorfologia como a ciência que estuda as formas de relevo, as quais refletem as diferentes configurações da paisagem morfológica dentro do que é visível, ou seja, referente ao modelado topográfico de determinada porção do espaço. O autor

complementa ainda com a questão das forças que regulam a paisagem geomorfológica, já tratadas no item anterior, que são compreendidas por um conjunto de processos atuantes que transformam e dão formas à superfície terrestre. Neste sentido, é colocada a questão da grande relação entre as formas e os processos, que constituem o cerne da ciência geomorfológica, o que leva, portanto, ao estudo do sistema geomorfológico.

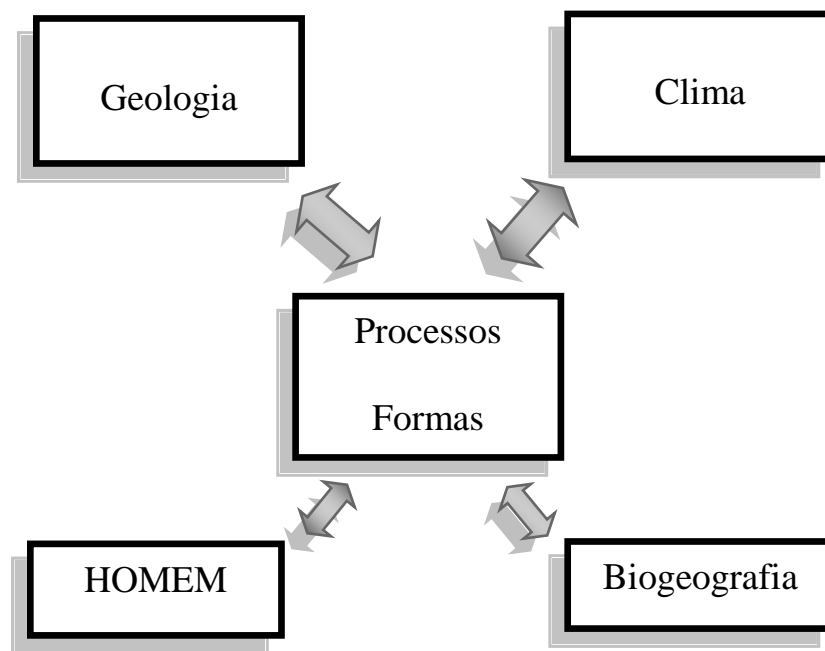
Um sistema geomorfológico é composto pelas formas, pelos processos e pela relação entre ambos. Trata-se de um sistema aberto, pois interage com outros sistemas, de modo a receber influência e também a atuar sobre eles. Essa relação entre processos e formas é compreendida pela ciência geomorfológica, a qual busca o seu entendimento, a partir de análises do funcionamento do sistema de relevo. O resultado dessas análises implica em conhecer os aspectos e a dinâmica da topografia atual, que varia conforme a diversidade climática e estrutural. Pode-se dizer que os processos e formas são dependentes das variáveis estruturais e climáticas, pois, as formas são respostas a processos, enquanto os processos são respostas às condições estruturais e climáticas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para melhor compreender as formas de relevo e o sistema geomorfológico é necessário abordar os quatro principais sistemas antecedentes que o compõem:

- a) O *sistema climático* que, através do calor, da umidade e dos movimentos atmosféricos, sustenta e mantém o dinamismo dos processos.
- b) O *sistema biogeográfico* que, representado pela cobertura vegetal e pela vida animal que lhe são inerentes, e de acordo com suas características, atua como fator de diferenciação na modalidade e intensidade dos processos, assim como fornecendo e retirando matéria.
- c) O *sistema geológico* que, através da disposição e variação litológica, é o principal fornecedor do material, constituindo o fator passivo sobre o qual atuam os processos.
- d) O *sistema antrópico*, representado pela ação humana, é o fator responsável por mudanças na distribuição da matéria e energia dentro dos sistemas, e *modifica* o equilíbrio dos mesmos. Consciente ou inadvertidamente, o homem produz modificações sensíveis nos processos e nas formas, através de influências destruidoras ou controladoras sobre os sistemas em sequencia (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 10-11, grifo do autor).

Tais sistemas elencados acima correspondem aos mais importantes controladores do sistema geomorfológico, uma vez que representam os seus fatores constituintes. No entanto, o sistema geomorfológico também atua sobre eles, por meio do mecanismo de retroalimentação (CHRISTOFOLETTI, 1980). A Figura 4 representa os quatro sistemas que antecedem e controlam o sistema geomorfológico.

Figura 4: Os sistemas controladores do sistema geomorfológico.



Fonte: Adaptado de CHRISTOFOLETTI, 1980. Org.: MARTINS, 2012.

Ademais, é necessário entender a geomorfologia como multidisciplinar, uma vez que a mesma baseia a compreensão das estruturas espaciais, quer a partir da natureza física dos processos, quer em relação à natureza socioeconômica dos mesmos (ARGENTO, 2007). De acordo com Casseti (1991), o relevo propicia a inter-relação homem-meio, sendo, portanto um elemento de grande importância, pois é capaz de conduzir, propiciar e condicionar as atividades humanas.

Neste sentido, é relevante ressaltar a preocupação ambiental inserida na evolução do conhecimento geomorfológico, advinda desde a escola germânica (que envolve também os russos e poloneses), tendo se firmado com Passarge (1922) e Troll (1932) (CASSETI, 1991). O anseio pela preservação do meio e a busca por melhores condições de ocupação da superfície terrestre é encontrado nos estudos de cunho geomorfológico, por vezes representado pela cartografia do relevo, um elemento indispensável para a representação dos fatos geomorfológicos, que será abordada mais adiante.

Ao estudar o relevo terrestre faz-se necessário atentar para a sistematização em três níveis de integração da análise geomorfológica proposta por Ab'Sáber (1969). Este autor elaborou uma importante contribuição metodológica, ao sistematizar em três níveis a abordagem da geomorfologia.

O primeiro nível corresponde à *compartimentação topográfica*, que diz respeito ao estudo e descrição das formas do relevo terrestre (análise horizontal); o segundo nível refere-se à obtenção de informações sobre a *estrutura superficial* das paisagens, correspondentes a todos os compartimentos morfológicos observados, que proporcionam o entendimento da cronogeomorfologia, por meio dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos quaternários da área em estudo (análise vertical); e por último, o nível da *fisiologia da paisagem*, que tem por objetivo o entendimento dos processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, ocasião na qual se insere o homem como agente que se apropria do meio e modifica as relações processuais entre a morfodinâmica e a resposta do substrato.

No que se refere à compartimentação topográfica, item abordado neste trabalho, a mesma deve levar em consideração aquilo que se refere aos diferentes níveis topográficos e a caracterização do relevo, a fim de que se obtenha um produto que ofereça suporte quanto à forma de uso e ocupação da superfície terrestre (CASSETI, 2005). Este aspecto deve ser levantado a partir da cartografia geomorfológica, responsável pela representação e

classificação das formas geomorfológicas, além de permitir uma via de comunicação e análise da ciência geomorfológica no intuito de facilitar o entendimento dos resultados obtidos pela mesma (SILVA; RODRIGUES, 2009b).

Em tal contexto, Christofolletti (1980, p. 11) já escrevia que “as formas de relevo são *fatós* que devem ser estudados e classificados”, cada qual dentro uma determinada categoria ou classe. Sendo assim, segue o referencial acerca da cartografia dos fatos geomorfológicos, uma vez que essa incorpora um dos principais objetivos desta dissertação.

### 2.3.A Cartografia Geomorfológica

Silva e Rodrigues (2009b) salientam que a ciência cartográfica corresponde a uma importante ferramenta para as Ciências da Terra (Geociências), já que compreende a representação do espaço e dos diversos elementos que constituem a superfície terrestre, a partir do enfoque de vários aspectos, dependendo da necessidade do pesquisador.

No caso da Geomorfologia, a cartografia é utilizada como um meio de representação gráfica e espacial dos fatos geomorfológicos, ou seja, dos objetos e fenômenos a serem estudados. Desta maneira, a cartografia geomorfológica é um instrumento de grande importância para a Geomorfologia, pois passa pela síntese e análise das pesquisas geomorfológicas (FLORENZANO, 2008).

De acordo com Ross (2007), o mapa geomorfológico deve direcionar as pesquisas e quando finalizado, expor uma síntese que seria o produto da pesquisa. Trata-se de um elemento de informação e um meio para a realização de pesquisas mais aprofundadas. Neste sentido, o mapa do relevo torna-se indispensável para a ciência geomorfológica.

No entanto, a elaboração de mapas geomorfológicos não é uma tarefa muito simples. Aliás, constata-se tal afirmativa a partir da existência de diversos trabalhos a respeito de metodologias empregadas para a cartografia geomorfológica. Ross (2007) reitera a questão da complexidade de tais mapas em relação a outros mapas temáticos, uma vez que, o objeto de mapeamento (o relevo) é um elemento de ordem relativamente abstrata, e o que se espera de uma carta geomorfológica é a representação da dinâmica e gênese desse elemento. A partir disso, surgem diversos questionamentos acerca do quê, do como, e do qual elemento, representação e/ou metodologia utilizar para a elaboração de um documento cartográfico que represente a geomorfologia de uma determinada região ou lugar. Além disso, ainda há preocupações em se levantar outras informações, tais como a gênese, a idade e também os processos morfogenéticos que atuam na dinâmica do relevo. Ademais, existe a questão da escala de tratamento ou representação, que se refere ao grau de detalhamento ou generalização que poderá ser aplicado ao mapeamento.

O propósito desta dissertação não é solucionar o problema da cartografia geomorfológica, mas esclarecer que até hoje, não existe uma metodologia unificada internacionalmente, ou até mesmo, nacionalmente, sobre o mapeamento geomorfológico. Isto se deve, principalmente pela dificuldade de classificação dos objetos da geomorfologia, dada a sua complexidade e variedade (FLORENZANO, 2008). Variados são também os métodos e critérios para identificação, levantamento e análise da dinâmica das características do relevo terrestre, conforme citado anteriormente. Dentre os métodos propostos, em uma abordagem internacional, pode-se elencar os mais conhecidos, a saber:

- **Sistema ITC** – *International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences* (1968) – Verstappen; Van Zuidam (1968): é apropriado para várias escalas; baseado em unidades geomorfológicas que podem ser facilmente distintas em fotografias aéreas; parte-se de um método analítico, tendo como base a análise da morfometria,



morfografia, morfogênese e morfocronologia, bem como, dá-se atenção à litologia e processos (SALOMÉ; VAN DORSSER, 1982);

→ **Sistema Francês** – Tricart (1965): estabelece oito ordens de grandeza, com ênfase ao critério escalar, deixando a desejar no que se refere à gênese das formas. É apresentada uma proposta que classifica os fatos geomorfológicos conforme escalas espaço-temporais, ou seja, faz-se uma associação das diversas unidades de relevo da Terra e as diferentes unidades espaço-temporais. Neste sistema, utiliza-se a abordagem de informações morfogenéticas e geológicas, bem como o modelo dos elementos do relevo (RODRIGUES, 1998; FLORENZANO, 2008).

→ **Sistema IGU** – *International Geographical Union* – Demek (1972): neste sistema é utilizado o modelo das formas, com ênfase na morfologia e morfogênese, com destaque às características das vertentes (FLORENZANO, 2008).

É importante ressaltar que, dada a complexidade dos fatos geomorfológicos, bem como, de sua representação, é significativo tomar uma leitura que englobe os diferentes aspectos de cada método proposto, para que se tenha uma boa base metodológica no momento da escolha dos critérios que se deseja utilizar para a classificação dos aspectos do relevo. Deve-se seguir, desta forma, uma linha de pensamento coesa durante toda a execução do trabalho de mapeamento (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De acordo com Rodrigues (1988) e Ross (2007), a União Geográfica Internacional (IGU) recomenda que a cartografia geomorfológica deva seguir a representação de quatro níveis de abordagem. Deste modo, os aspectos a serem apresentados passam pelas informações sobre as formas, a gênese, a idade e as propensões atuais de evolução do relevo e, portanto, decorrem da análise da morfologia, com a morfometria (altimetria, dimensões, desníveis, extensões) e a morfografia (formas do perfil, convexidades, concavidades, retilineidades, rupturas, topos, fundos de vale); da morfogênese (degradação ou agradiação, e até mesmo neotectônica), da

morfocronologia relativa (idade relativa das formas, datação absoluta) e, por fim, da morfodinâmica (comportamento atual dos processos).

Em síntese, de acordo com Pavlopoulos et al. (2009) a Subcomissão de Mapeamento Geomorfológico criada pela IGU em 1956, apresentou no ano de 1962 algumas diretrizes para a preparação do mapa geomorfológico. Tais diretrizes incluem:

- O trabalho de campo como uma necessidade básica, a utilização de fotografias aéreas como uma ferramenta recomendada.
- Nos mapeamentos nas escalas entre 1:10.000 e 1:100.000, o relevo e suas peculiaridades podem ser representados.
- Mapeamento de todos os aspectos do relevo, tais como a morfografia, morfometria, morfogênese e morfocronologia; abordando o passado, o presente e o desenvolvimento futuro do relevo.
- A utilização de cores e símbolos conjuntamente para a representação do relevo.
- O estabelecimento de uma ordem cronológica para o desenvolvimento das formas.
- A inclusão de dados litológicos.
- O arranjo da legenda de modo a representar uma ordem genético-cronológica.
- O reconhecimento de que os mapas geomorfológicos de detalhe constituem ferramentas importantes e indispensáveis para o desenvolvimento da ciência geomorfológica.

Demek (1967) considera que a grande maioria dos geomorfólogos possui a opinião de que um mapa geomorfológico geral deva ser composto pelas feições morfológicas, compostas pela morfografia (qualitativa) e morfometria (quantitativa); pela gênese e idade; porém, o autor acredita que existem opiniões divergentes no que se refere à maneira de melhor representar cada um dos requisitos acima mencionados, o que é possível constatar a partir da diversidade

de métodos já anteriormente citados. Neste sentido, decorre de tais diferenças de representação os principais problemas da cartografia do relevo, o da classificação e sistematização dos fatos geomorfológicos (TRICART, 1955; MAZUR, 1963 apud DEMEK, 1967).

Neste contexto, Demek propõe a sistematização do relevo em três unidades taxonômicas principais:

- a) ***Superfície geneticamente homogênea***: a menor unidade taxonômica do relevo; é o resultado de um determinado tipo de processo geomorfológico ou de um conjunto de processos que atuam simultaneamente. Trata-se da unidade menor de representação, ou seja, o elemento da forma de relevo, representado, por exemplo, pela vertente côncava ou convexa de uma colina ou morro. Tal unidade taxonômica é derivada a partir de três tipos de processos: os endógenos, os exógenos e os antrópicos.
- b) ***Formas do relevo***: compostas pelas superfícies geneticamente homogêneas; são as formas em si, como a colina, o morro, o terraço de acumulação de um rio, entre outros. Tais formas aparecem devido aos mesmos processos, entretanto, correspondem a estágios de desenvolvimento mais longos.
- c) ***Tipos do relevo***: constituídos pelas formas de relevo; são o conjunto de formas que se distinguem sobre determinada superfície, com limites relativamente delimitados, dentro de um mesmo padrão altimétrico, mesma gênese, em dependência da mesma morfoestrutura e conjunto de agentes morfogenéticos, ou seja, compartilham de uma história de desenvolvimento equivalente.

Quando se trata de Brasil, existem várias contribuições para a cartografia geomorfológica, o que indica também a existência de diferentes metodologias e abordagens para o mapeamento do relevo. Pode-se destacar, entre os trabalhos brasileiros, o Projeto RADAMBRASIL, cujo objetivo foi o de mapear de forma integrada os recursos naturais renováveis e não renováveis

do Brasil, com a utilização de imagens de radar e de outros sensores (RADAMBRASIL, 1983); e os pressupostos de Jurandy Ross (1992, 2007), baseado na premissa de que o relevo é produto de forças que interagem conjuntamente, tal como são as forças endógenas e exógenas, em concordância com as orientações de Penck a respeito dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura e também a partir do próprio Projeto RADAMBRASIL. Tal autor determinou a hierarquização do relevo em seis unidades taxonômicas, que serão apresentadas mais adiante.

Além destes supracitados, pode-se apontar o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, órgão que elaborou o mapa geomorfológico de São Paulo a partir de uma metodologia direcionada à abordagem do conceito de sistemas de relevo. A classificação proposta leva em consideração a separação do relevo em conjuntos homogêneos, passando pela subdivisão em províncias, zonas e subzonas (PONÇANO et al., 1979).

Ainda em referência às contribuições à cartografia geomorfológica, atualmente, pode-se destacar a evolução tecnológica. Conforme Silva e Rodrigues (2009b) as novas tecnologias, conhecidas por geotecnologias, as quais abrangem o Sensoriamento Remoto, o Geoprocessamento e diversos outros segmentos; propiciam à Geomorfologia recursos imprescindíveis para o êxito de várias pesquisas, em especial, para o avanço das técnicas de cartografia do relevo, ao permitir a extração de informações quantitativas da superfície terrestre por meio de diversas ferramentas, entre as quais, destacam-se a análise espacial e o MDE (Modelo Digital de Elevação). Em item específico logo à frente, constará maiores detalhes a respeito desta abordagem.

### 2.3.1 Proposta de cartografia geomorfológica de Jurandyr L. S. Ross (1992)

Ross (1992) propõe uma classificação taxonômica do relevo que considera fundamentalmente o aspecto fisionômico das diferentes formas e tamanhos de relevo, baseado na gênese e na idade dessas formas, tendo em vista o significado morfogenético e as influências estruturais e esculturais no modelado. A classificação em táxons se dá da seguinte maneira (Quadro 1):

Quadro 1: Unidades Taxonômicas de Ross (1992).

<i>Hierarquia</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>Características</i>
1º Táxon	Unidades Morfoestruturais	É a maior forma de relevo, sua idade e história genética são mais antigas que as Unidades Morfoesculturais esculpidas em seu interior. Exemplos: Bacia Sedimentar do Paraná, Cráton do São Francisco.
2º Táxon	Unidades Morfoesculturais	São de dimensões inferiores às das Unidades Morfoestruturais, e com idade bem menor. Exemplos: Planalto Paranaense, Depressão Periférica paulista.
3º Táxon	Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes	Estas retratam um determinado aspecto fisionômico decorrente das influências dos processos erosivos mais recentes e posteriores àqueles que esculpiram os planaltos e depressões. Exemplos: Padrão em morros, Padrão em colinas.
4º Táxon	Tipos de formas de relevo	Referem-se a cada uma das formas de relevo encontradas nas Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes. Exemplo: Em um Padrão em morros, cada morro que faz parte desse padrão possui características que o diferencia dos demais.
5º Táxon	Tipos de Vertentes	Representa os tipos de vertentes contidas em cada forma de relevo, sendo assim, de gênese e idade mais jovens. Exemplos: vertentes côncavas, convexas, aguçadas, etc.
6º Táxon	Formas e processos atuais	Refere-se às formas de relevo bem menores e muito mais recentes, que surgem ao longo das vertentes por processos geomórficos e até mesmo por ação antrópica. Exemplos: sulcos, ravinas, voçorocas.

Org.: MARTINS, 2012.

A proposta da classificação em táxons constitui a base teórico-metodológica, levantada pelo autor em questão, que apresenta também em seu trabalho, os procedimentos técnicos e operacionais de mapeamento inspirados no Projeto RADAMBRASIL.

Os conjuntos de Padrões de Formas Semelhantes foram classificados segundo conjuntos de letras símbolos acompanhados por um conjunto numérico. Os padrões de formas podem ser

de Acumulação, representadas por planícies de diversas gêneses (planícies fluviais, planícies marinhas, etc.) e de Denudação, ou seja, esculpidas pela erosão, como morros, colinas, serras, entre outros.

De acordo com Ross (1992), é possível fazer a leitura dos índices dos graus de entalhamento dos vales, bem como estabelecer a dimensão interfluvial média dos mesmos. Desta forma, Ross se inspirou nos trabalhos do RADAMBRASIL, e elaborou a Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo da seguinte forma (Tabela 1):

Tabela 1: Matriz dos índices de dissecação do relevo.

<b>Grau de entalhamento dos vales (classes) (1º Algarismo)</b>	<b>Dimensão interfluvial média (classes) (2º Algarismo)</b>				
	Muito grande (1) > 3.750 m	Grande (2) 1.750 a 3.750 m	Média (3) 750 a 1.750 m	Pequena (4) 250 a 750 m	Muito pequena (5) <250 m
Muito fraco (1) < 20 m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
Média (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 80 a 160 m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) > 160 m	51	52	53	54	55

Fonte: ROSS, 1992.

Assim, as identificações dos Padrões de Formas Semelhantes são extraídas da Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo, sendo que, as formas Agradacionais (acumulação), são representadas pela letra maiúscula “A” acompanhadas de duas outras letras que determinam a gênese e o processo de geração da forma de Agradação, por exemplo: Apf (Forma Agradacional de planícies fluviais), Apm (Forma Agradacional de planícies marinhas). Estas formas não recebem os algarismos, pois não apresentam dissecação por erosão.

Já as formas Denudacionais (dissecação) são representadas pela letra “D” e também acompanhadas de outras duas letras que indicam o processo morfogenético gerador da forma, que podem ser: (a) topos aguçados, (c) convexos, (t) tabulares ou (p) absolutamente planos. A combinação dessas letras juntamente com os algarismos da Matriz (Tabela 1), informa o tipo de modelado presente. Por exemplo: Da32, significa forma denudacional de topo aguçado

com entalhamento de vale de índice 3 (40 a 80 m) e dimensão interfluvial de tamanho grande (índice 2 - 1750 a 3750 m).

Os tipos de vertentes são identificados da seguinte maneira: Ve (vertente tipo escarpa), Vc (tipo convexa), Vr (retilínea), Vcc (côncava), Vpp (em patamares planos), Vpi (em patamares inclinados), Tc (topos convexos), Tp (topos planos), entre outras.

### *2.3.2. Sistema IPT de mapeamento geomorfológico*

Ponçano et al. (1979) elaboraram a metodologia de mapeamento geomorfológico pelo IPT, aplicando-a para o estado de São Paulo. A metodologia empregada teve como objetivo o reconhecimento do relevo regional, a partir da caracterização descritiva das formas, do entendimento dos condicionantes lito-estruturais e dos processos gerais de evolução do relevo. Utiliza-se como material de suporte imagens do Satélite Landsat e também de Radar, bem como, cartas topográficas.

Em um primeiro momento, a classificação do relevo passou pela delimitação de províncias geomorfológicas (com o uso de imagens de satélite), a partir das quais, houve a separação dos conjuntos de formas semelhantes, que os autores chamam de sistemas de relevo (mosaicos e cartas topográficas). As características das unidades de relevo encontradas em cada sistema receberam alguns critérios de separação: amplitude local de cada forma (altura máxima entre o topo e os maiores vales adjacentes), a declividade, o perfil das encostas, extensão e formas dos topos, expressão de cada unidade em área, densidade e padrão de drenagem.

A legenda adotada passa pela abordagem de cinco grandes grupos de sistemas de relevo (Quadro 2):

Quadro 2: Sistemas de Relevo IPT.

<i>Sistemas de Relevo</i>	<i>Caracterização</i>
Relevos de Agradção	Compreendem aqueles desenvolvidos pela ação construtiva marinha, fluvial ou mista;
Relevos de Degradação	Maturamente dissecados - compreendem relevos maduros, produzidos pela atuação contínua dos processos de desnudação, englobando relevos de colinas, morrotes, morros e montanhas;
Relevos Residuais	Suportados por litologias particulares - são aqueles conjuntos de formas originadas por processos de desnudação, porém com um caráter distintivo adicional dado pela natureza do substrato rochoso;
Relevos Cársticos	São originados por processos de degradação e sua constituição litológica é também particular, favorecendo a atuação de processos de dissolução química das rochas;
Relevos de Transição	São relevos interplanálticos caracterizados por uma alta energia e por uma atuação intensa dos processos de degradação.

Fonte: PONÇANO et al., 1979. Org.: MARTINS, 2012.

Por sistemas de relevo entende-se aquelas áreas com atributos físicos distintos das áreas adjacentes, onde é comum a existência de um padrão repetitivo de topografia, solos e vegetação. Esse conjunto triplo de elementos forma o sistema de relevo, uma vez que se inter-relacionam, devendo estar os mesmos associados à geologia, geomorfologia e clima, em uma relação de dependência mútua.

As partes menores que compõem um sistema de relevo são as unidades de relevo e os elementos. As unidades de relevo correspondem às formas em si, criadas a partir de um mesmo tipo litológico e mesmos processos, tal como são as escarpas, as colinas ou leques aluviais. No que se refere aos elementos, estes são partes menores das unidades, como por exemplo, uma escarpa que é composta pela crista, flanco e sopé.

Os sistemas de relevo são classificados conforme critérios morfoestruturais, que levam em consideração tanto as formas de relevo quanto a geologia. Disso resulta um mapa preliminar que deve ser analisado posteriormente com a associação dos solos, recursos hídricos, processos erosivos e deposicionais, vegetação e clima. Trata-se de uma análise integrada que levará à obtenção de uma caracterização mais completa de cada sistema de relevo.



#### 2.3.4 *Geotecnologias para a elaboração de documentos cartográficos – contribuição à Cartografia Geomorfológica*

As geotecnologias têm sido, atualmente, suporte relevante para a realização de trabalhos em diversas áreas, tanto para o avanço do conhecimento científico, quanto para agências e instituições de diferentes setores de planejamento. A demanda por geo-informações, dotadas de referência espacial e associadas principalmente ao estudo dos recursos naturais, torna-se cada vez mais crescente, devido à ampliação das necessidades por conhecimento espacializado.

Por geotecnologias, também conhecidas pelo termo “geoprocessamento”, entende-se o conjunto de tecnologias que englobam diversas fases, a saber: coleta, processamento, análise e disponibilização de informações que apresentam referencial geográfico. São compostas pela associação de *hardwares*, *softwares* e *peopleware*, que são ferramentas importantes para a discussão e tomadas de decisão. Dentre as geotecnologias destacam-se o sensoriamento remoto, os sistemas de informação geográfica, a cartografia digital, e o sistema de posicionamento global (ROSA, 2005).

Além disso, o geoprocessamento aplica-se como uma disciplina que conjuga a utilização de técnicas tanto matemáticas quanto computacionais para o tratamento e manipulação dos dados geográficos, que atualmente, contribui em várias áreas, como a Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional, entre outras (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). E atualmente entra como uma importante ferramenta para as análises em Geomorfologia.

O sensoriamento remoto, por sua vez, simplificadaamente, permite a obtenção de informações de objetos ou alvos, sem que se tenha contato físico com os mesmos. Envolve basicamente

duas fases: a fase de aquisição e a fase de utilização de dados. Na primeira são fornecidas informações acerca da radiação eletromagnética, dos sistemas sensores, do comportamento espectral dos alvos, entre outros. Na segunda, têm-se as diferentes possibilidades de utilização dos dados, tanto para a Geografia como um todo, quanto para outras ciências tais como a Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Hidrologia e Agronomia. (Rosa, 2004).

Com relação aos produtos de Sensoriamento Remoto, gerados a partir de sensores que captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida por alvos terrestres ou atmosféricos, os mesmos podem ser classificados de acordo com os tipos de sensores, ativos (emissores e receptores de ondas) e passivos (apenas receptores de sinais). Os sensores ativos podem apresentar visada vertical e vertical/lateral em relação à superfície, como é o caso do RADAR, termo que significa *Radio Detection and Ranging* (detecção e medição de distâncias por ondas de rádio) (CARVALHO E BAYER, 2008).

De acordo com Rosa (2007), o princípio básico de funcionamento de um radar ativo é a emissão de sinais de rádio, sendo que tais sinais são refletidos pelos objetos e retornam ao sensor, para o processamento do tempo decorrido entre a emissão e recepção. Tal sensor apresenta uma grande vantagem, pois sendo um sensor ativo tem a possibilidade de operar à noite, além de não depender das condições atmosféricas.

Além disso, no que se refere aos sensores orbitais passivos, estes são de extrema importância aos estudos de cunho ambiental, especialmente aqueles que necessitem levar em consideração a espacialização dos recursos naturais, bem como, o uso e a ocupação da superfície terrestre. De acordo com Rosa (2007), os satélites que compõem o grupo de monitoramento do meio ambiente para estudos dos recursos terrestres, os quais são mais utilizados no Brasil correspondem à: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD, TERRA E AQUA, que são destinados ao levantamento, monitoramento e mapeamento da superfície do Planeta Terra.

O processamento digital de imagens, por sua vez, constitui o método de aprimoramento da qualidade das imagens, envolvendo procedimentos que, em geral, são expressos sob a forma de algoritmos. Por esse motivo, a maior parte de suas aplicações, com exceção das etapas de aquisição e exibição, é realizada via *software* (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). Além disso, envolve etapas de processamento e interpretação automática de imagens captadas por sensores remotos, cujas aplicações auxiliam os trabalhos em diversas áreas das Geociências, com destaque à Geografia Física.

No que se refere aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), o seu desenvolvimento a partir da década de 1960, contribuiu de maneira significativa para os estudos e aplicações em diversas áreas. Isto se deve ao fato de que eles correspondem às informações de unidades espacialmente distribuídas, com enfoque sobre os atributos e fenômenos que acontecem na superfície da Terra. Portanto, constituem uma ferramenta de potencial aplicação à análise espacial, sendo necessário para o seu funcionamento a agregação dos equipamentos (*hardwares*), das informações (banco de dados) e a participação dos usuários, que determinam a base conceitual dos componentes dos SIGs (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Ainda a esse respeito, Rosa e Brito (1996) colocam que os SIGs oferecem possibilidades de integração de dados obtidos por sensores remotos com diversos outros tipos de informações (laboratoriais, mapeamentos, levantamentos de campo, etc.), permitindo a sua aplicação nos mais variados campos das ciências da natureza.

Rosa (2007) afirma que uma das funções dos SIGs, além da maior facilidade e agilidade na elaboração de mapeamentos, análise e gestão de dados, é a questão de sua utilização para fins de monitoramento, planejamento e auxílio nas tomadas de decisões que se refiram ao espaço geográfico. Isto se dá, por um lado, através das diversas análises geoambientais das regiões de interesse, como os estudos geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos, geológicos, climáticos, entre outros; e por outro lado, por meio do estudo socioeconômico e político de

tais regiões; assuntos esses que de certa forma se entrelaçam no objetivo de um planejamento físico-territorial eficaz.

Portanto, a utilização de dados espaciais nesses sistemas se deve ao fato da capacidade que estes apresentam em realizar análises. Neste sentido, Câmara e Medeiros (1998) destacam alguns exemplos de aplicações de análises típicas realizadas em SIGs (Quadro 3):

Quadro 3: Exemplos de análise espacial em SIG.

Análise	Pergunta Geral	Exemplo
Condição	“O que está...”	“Qual a população desta cidade?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20%?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos atrás?”
Roteamento	“Por onde ir..?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão....?”	“Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?”
Modelos	“O que acontece se...?”	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a Amazônia?”

Fonte: CÂMARA; MEDEIROS, 1998.

Diante do exposto, encaixa-se a cartografia temática digital como produto das análises em sensoriamento remoto e geoprocessamento. Essa área dos estudos de representação espacial acompanhou o desenvolvimento das tecnologias atuais descritas anteriormente. Constitui-se como síntese de tais análises, a partir da aplicação de diversas técnicas, desde o pré-processamento das imagens de satélite ou radar, até a sua classificação e mapeamento, compreendendo as diversas unidades ambientais. Assim sendo, a utilização de SIGs têm-se intensificado no âmbito das análises geomorfológicas, uma vez que otimiza os trabalhos nessa esfera de conhecimento, a partir da premissa de que é necessário conhecer a técnica, fazer uma escolha adequada da legenda associada à escala cartográfica, além de uma eficaz interpretação visual dos fatos geomórficos e de sua gênese (SOUZA, 2006).

A partir dos SIGs, é possível a criação dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), os quais apresentam diversos procedimentos e implicações. Hengl e Evans (2009) salientam que na

ciência da computação, a superfície terrestre é comumente representada como MDEs, que são representações completas da superfície contínua do relevo. Existem dois tipos de MDE, aqueles representados pelo TIN (*Triangulated Irregular Network*) ou raster (*rectangular matrix*). Ambos possuem particularidades próprias, porém o mais utilizado como padrão entre os dois é o raster. Entretanto, podem ser utilizados ambos os modelos, para ampliar as opções de análise espacial das formas de relevo.

A automatização da classificação geomorfológica tem recebido muitos esforços a partir do uso de MDE, levando em consideração a relação inferida entre a curvatura da superfície e os processos de erosão ou deposição. Um tipo de relevo é definido por suas dimensões (comprimento, largura e altura) e pela frequência estatística de seus principais atributos geomórficos. O tamanho e a forma do relevo são interpretados como indicadores diretos dos processos entendidos como geradores das formas de relevo. Portanto, essa relação é abordada ao se trabalhar com MDEs (MACMILLAN; SHARY, 2009).

Reuter e Nelson (2009) apresentam um texto que demonstra várias utilizações do ArcGIS para as análises com MDEs. Em primeiro momento são demonstrados os passos para a preparação do MDE, seguido de princípios básicos para a extração de parâmetros e objetos da superfície do terreno, tais como *slope*, *aspect*, *elevation*.

De acordo com Evans, Hengl and Gorsevski (2009) as principais aplicações dos MDEs em geomorfologia, desde o início do Século 21 podem ser agrupadas em:

- ***Interpretação visual em MDEs*** – reconhecimento e delineamento manual de feições geomorfológicas;
- ***Reconhecimento automatizado e quantificação de propriedades geomorfológicas*** – extração e uso de parâmetros morfométricos da superfície do terreno (declividade,

orientação de vertentes, curvaturas) para análises geomorfológicas e reconhecimento de estruturas;

- ***Extração automatizada de estruturas hidrológico/denudacionais*** – extração de rede de drenagens, lineamentos de vales e cumes, reconhecimento de padrões de drenagem, entre outros;
- ***Extração automatizada de relevo*** – extração do relevo e seus elementos com a utilização de algoritmos semi-automatizados ou totalmente automatizados.

Por fim, têm-se o sistema de posicionamento global, mais conhecido como GPS – *Global Positioning System*. É sabido que estes instrumentos contribuem na agilidade em trabalhos de campo, tanto para a elaboração cartográfica, quanto para o posicionamento *in loco*. Tal ferramenta contribuiu para a redução do dispêndio de tempo em trabalhos de campo, bem como, os seus custos. Isto levou à otimização de inúmeras tarefas, entre as quais o levantamento das coordenadas tridimensionais de um lugar, a latitude, longitude e altitude (GPS, s/d).

#### 2.4. A Geomorfologia Cárstica

Tendo como base os atributos pré-estudados acerca da área de estudo desta dissertação, alguns assuntos são importantes de serem abordados para o melhor entendimento do contexto geomorfológico ali contido. Neste sentido, inicia-se neste tópico uma abordagem a respeito da Geomorfologia Cárstica, devido à sua importância e abrangência no cenário da Folha Piumhi. Esta abordagem também é válida, no sentido de classificação dos aspectos geomorfológicos para fins de mapeamento, pois o relevo cárstico torna-se uma unidade peculiar.

O estudo do relevo cárstico iniciou-se com as observações dos antigos filósofos gregos e depois pelos romanos, sendo formalizado cientificamente na região do Planalto de *Kras*, oeste da Eslovênia, por meio de pesquisas sistemáticas que levaram a uma melhor compreensão dos processos que originavam esse tipo de paisagem, conforme afirma Travassos (2010; 2011).

Para Kranjc (2001) citado por Travassos (2011), a origem pré-indoeuropeia do termo possui a raiz *kar/gar* ou *kara/gara*, significando rocha ou rochoso, respectivamente. O termo *kras* é amplamente utilizado na Eslovênia para designar regiões rochosas ou não favoráveis à agropecuária, sendo aplicado para identificar algumas regiões do Carste Dinárico caracterizadas por apresentarem extensos campos de lapiás e paisagens repletas de dolinas.

Gillieson (1996) afirma que esse tipo peculiar de paisagem é também comumente caracterizado por possuir, além das depressões fechadas, drenagem subterrânea e cavernas que são formadas, principalmente, pela dissolução da rocha. Para Sweeting (1972) e Ford e Williams (2007), o termo germânico *karst* foi popularizado pela obra *Das Karstphänomen* de Cvijić (1983) e é utilizado como padrão mundial designando processos de dissolução da rocha e sistemas subterrâneos derivados desse processo (TRAVASSOS, 2011; 2013a). No Brasil, a partir de Portugal, o termo *carso* deu origem ao *carste*.

Neste sentido, desenvolveu-se a Geomorfologia Cárstica que compreende o estudo dos relevos derivados por dissolução. Abrange a gênese, os tipos das formas e a dinâmica, sobretudo, a partir de rochas carbonáticas, como é o caso do calcário e do dolomito, por exemplo. Incluem-se também os processos de dissolução em rochas não carbonáticas, especialmente, o quartzito e o arenito. No que se refere aos tipos calcários, estes revelam relevos cársticos típicos, com dinâmica ativa; e também os relevos paleocársticos, cujos processos estão inativos (KOHLE, 1989; KOHLE, 2007; PILO, 2000).

No que se refere à existência de feições cársticas desenvolvidas em outros tipos de rochas que não as carbonáticas, Travassos (2013a) lembra Andreychouck et al. (2009) que chamam tais paisagens de carste não-tradicional. Como toda rocha é solúvel em certo grau de intensidade, de maneira reducionista poderíamos, portanto, estabelecer que o carste ocorre, em tese, em qualquer tipo de rocha. Entretanto, para evitar confusão ou erros conceituais por parte daqueles que iniciam nestes estudos, Sena, Soares e Travassos (2011) e Travassos (2013a) concordam com Andreychouck et al. (2009, p. 46) na utilização dos termos “carste tradicional” ou “carste não-tradicional” para diferenciar o carste em carbonatos (tradicional) daqueles desenvolvidos em outras litologias. Acredita-se ser igualmente importante destacar que somente a presença de uma cavidade natural subterrânea não é o suficiente para caracterizar uma área como sendo carste. Faz-se necessário um estudo aprofundado que possa estabelecer as relações evolutivas entre a superfície e o subterrâneo.

Ao relevo cárstico estão associadas duas formas distintas: as exocársticas e as endocársticas. Enquanto esta última refere-se ao meio subterrâneo, caracterizado pela diversidade de cavernas e seus espeleotemas; a primeira se refere ao domínio das formas superficiais, constituídas por feições negativas (dolinas, uvalas, poliés, etc.) e por feições positivas (maciços, mogotes, torres, entre outras). No entanto, apesar da nítida separação entre os dois níveis morfológicos, há que se destacar a inter-relação entre eles, uma vez que, um relevo exocárstico pode estar diretamente relacionado à dinâmica endocárstica, como é o caso das formas advindas de abatimentos de vazios subterrâneos (KÖHLER, 1989; KÖHLER, 2007). Além do endocarste e do exocarste, existe o epicarste que corresponde à parte subsuperficial do relevo, constituída pela porção superior da rocha coberta por material inconsolidado ou não (manto de alteração e solo). Essa zona pode conter uma rede de fissuras desencadeada pelos processos cársticos (PILÓ, 2000; TRAVASSOS, 2010).



Os processos que esculpem o relevo cárstico estão diretamente associados à atuação da água, que leva ao desencadeamento do intemperismo químico sobre as rochas adjacentes. Tal dinâmica também está associada aos controles litológicos, estruturais, tectônicos e pelo grau de solubilidade do substrato (TRAVASSOS, 2010). Neste sentido, os sistemas cársticos são indissociáveis dos sistemas hidrológicos, pois a água é o principal elemento de condução dos processos de dissolução.

Kohler (2007) cita os principais elementos que atuam na gênese e evolução do carste, os quais se baseiam no tipo da rocha, que deve possuir a característica de solubilidade, e a água, ambos já citados anteriormente. Os ingredientes da carstificação, como o próprio autor diz, são: a temperatura, pH, pressão, CO<sub>2</sub>, presença de ácidos húmicos e fúlvicos e as bactérias para fixar a calcita secundária, entre outros. “A água retém gás carbônico, que reage em contato com o calcário, formando o bicarbonato de cálcio (solúvel), na reação clássica  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ” (KOHLER, 2007, p. 319).

A potencialidade da água para retenção de CO<sub>2</sub>, conforme Kohler (2007), é variável de acordo com a pressão do gás carbônico no ar e a temperatura da água. Se as temperaturas das águas forem mais baixas, a retenção de CO<sub>2</sub> é maior, ao passo que, quanto maiores as temperaturas das águas, menores são as quantidades de CO<sub>2</sub> retidas. Porém, em locais onde as temperaturas climáticas são mais elevadas (com exceção das áreas desérticas), a dissolução das rochas é mais acelerada, pois os fluxos de água tendem a ser maiores. Tal fato explica as diferentes morfologias cársticas encontradas em diversas partes do mundo.

Neste sentido, no que se refere aos processos de corrosão dos relevos cársticos, juntamente com o teor de carbonato de cálcio da rocha calcária (que em contato com água e gás carbônico, transforma-se em bicarbonato de cálcio) e sua estrutura (fraturamento, disposição das camadas, etc.), o volume das águas e o clima são os principais fatores. Além dos

processos químicos de dissolução, ocorrem também os processos físicos, tais como: o abatimento de vazios subterrâneos e o desabamento de blocos de lapas e paredes.

Karmann (2000) considera que os sistemas cársticos, sob o ponto de vista da hidrologia e da geomorfologia, são formados principalmente por três tipos de componentes: a) sistema de cavernas, que correspondem às formas subterrâneas; b) aquíferos de condutos, que representam a formas condutoras de água subterrânea; e c) relevo cárstico, constituído pelas formas superficiais.

Nesta pesquisa, serão abordadas em especial as formas superficiais, que constituem o relevo cárstico. O conjunto dessas formas é chamado exocarste, o qual pode adquirir múltiplas tipologias, conforme a conjuntura das variáveis que configuram o relevo (PILÓ, 2000). Assim sendo, segue no Quadro 4 as especificações dos tipos de formas mais comuns encontrados em regiões cársticas (morfologia cárstica).

Ainda em relação à morfologia cárstica, é necessário esclarecer os conceitos dos termos sumidouro e ressurgência. De acordo com Travassos (2010), nas áreas onde ocorrem essas feições, a dinâmica da água intercala momentos de curso superficial que se torna subterrâneo por algum trecho e volta a surgir à jusante. A definição de tais termos, conforme Rodrigues (2007 apud TRAVASSOS, 2010), refere-se aos sumidouros como pontos na superfície onde ocorre a infiltração da água, para dar início ao fluxo subterrâneo, podendo ocorrer em depressões fechadas, como uma dolina ou vale cego, e até mesmo em locais onde não há depressões (infiltração difusa). Em contrapartida, as ressurgências ocorrem quando o fluxo subterrâneo passa a ser superficial, onde a água, infiltrada através do carste, aflora.

Quadro 4: Alguns tipos de formas cársticas mais comuns.

<i>Morfologia</i>	<i>Tipos de Formas</i>	<i>Características</i>
Negativa	Lapiás (Karren)	Correspondem às caneluras ou regos que sulcam a superfície da rocha solúvel. Grandes superfícies repletas de lapiás são denominadas de campos de lapiás. A importância do estudo dessas formas refere-se aos processos mais recentes de corrosão do carste.
	Poliés (Poljes)	Equivale à uma grande superfície de dissolução, que pode alcançar centenas de quilômetros. Apresenta um fundo plano que o caracteriza como uma extensa planície cárstica, atravessada por um fluxo contínuo de água que pode ser confinada em um sumidouro. Os poliés podem, muitas vezes, alojar lagoas temporárias em seu interior.
	Dolinas	Constituem o elemento mais típico de um relevo cárstico. A sua configuração geralmente é elíptica ou circular, possui alguns metros de diâmetro, raramente ultrapassa 2.000 metros. Caracteriza-se por ser mais larga do que profunda. Em termos morfogenéticos, as dolinas podem ser formadas por processos de dissolução, colapso ou abatimento e dolinas aluviais ou de subsidência.
	Uvalas	Formadas quando ocorre coalescência (aglutinação) de duas ou mais dolinas. Apresentam fundo irregular e quantidade de sumidouros variável. Podem transformar-se em lagoas temporárias, da mesma maneira que as demais depressões na paisagem cárstica. Grande ocorrência de uvalas pode indicar uma drenagem subterrânea em desenvolvimento eficiente.
Positiva	Maciços	Correspondem aos grandes planaltos cársticos que possuem centenas de quilômetros de extensão. São caracterizados por paredões abruptos cobertos por campos de lapiás, limitando superfícies erosivas. Os maciços também apresentam feições de endocarste bem desenvolvidos, que podem ser funcionais ou não. Há presença de vales cegos, com sumidouros e ressurgências.
	Mogotes	São feições típicas de carste tropical (Porto Rico, Cuba, México, entre outros) constituídos por morros residuais de algumas dezenas de metros de altitude.
	Torres	Referem-se a uma variação do relevo em mogotes.
	Verrugas	São afloramentos individualizados na paisagem cárstica, de alguns decímetros a um metro de diâmetro e altura.
Fluviocarste	Vales Cegos	São vales fechados, cujos cursos d'água afloram por ressurgência, fluem no vale do talvegue, desaparecem em um sumidouro para iniciar o seu fluxo subterrâneo.

Fonte: KOHLER, 2007. Org.: MARTINS, 2012.

### CAPÍTULO 3



*"Tua lua é a mais proteada  
Que ilumina o nosso torrão  
És formosa oh terra encantada  
És orgulho da nossa nação*

*Oh! Minas Gerais  
Oh! Minas Gerais  
Quem te conhece  
Não esquece jamais*

*Oh! Minas Gerais"*

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

A descrição dos procedimentos metodológicos e operacionais está dividida em três partes: a primeira que se refere ao *Método*, na qual é colocada a posição do pesquisador perante a forma de abordar a ciência geomorfológica; a segunda, que apresenta os *Materiais* utilizados para a elaboração da dissertação; e por fim, a terceira parte, que corresponde às *Técnicas* para a elaboração do estudo geomorfológico e do mapeamento do relevo na região de Piumhi.

#### 3.1.Método

De acordo com Fonseca (2002), a ciência é caracterizada por ser uma forma de conceber o mundo, sendo o conhecimento advindo do raciocínio lógico em conjunto à experimentação prática. Trata-se de um conjunto de modelos com base na observação, identificação, descrição, investigação experimental e explicação teórica de fenômenos recorrentes. Deve possuir um método, o qual envolve técnicas exatas, objetivas e sistemáticas. O seu objetivo não é difundir uma verdade plena da realidade e sim, produzir um conhecimento provisório que possibilite maior facilidade de interação com o mundo, bem como, possibilitar previsões mais confiáveis acerca de fenômenos e propor formas de intervenção sobre eles.

O resultado da ciência é obtido a partir da pesquisa científica, um processo inacabado que permite um melhor entendimento da realidade pesquisada, que fornece auxílio para a intervenção no meio real. Portanto, a pesquisa é o resultado de uma investigação minuciosa, que objetiva a resolução de determinado problema, a partir da utilização de procedimentos científicos (FONSECA, 2002).

O método de uma pesquisa não deve ser confundido com metodologia ou técnica, pois conforme Casseti (2005), com base em Morin (1986):

“As metodologias são guias, *a priori*, que programam as investigações, ao passo que o método é um auxiliar da estratégia” (Morin, 1986). Portanto, a estratégia se caracteriza como segmento programado, “metodológico”, comportando necessariamente descoberta e inovação. O objetivo do método para Morin (1986), é “ajudar a pensar por si mesmo para responder ao desafio da complexidade dos problemas”.

[...]

Torna-se relativamente fácil compreender a diferença entre método e metodologia utilizando-se o argumento geomorfológico. Como exemplo, os níveis de abordagem sistematizados por Ab’Sáber (1969) se caracterizam como estratégia auxiliar para o desenvolvimento da pesquisa geomorfológica, portanto, referem-se propriamente ao método, ao passo que as formas e instrumentais utilizados para o estudo de cada um dos referidos níveis correspondem à metodologia (s/ p.).

No caso da Geomorfologia, a aplicação do método de pesquisa é complexa, principalmente, por estar relacionada a uma ciência por si só complexa e dinâmica. Neste sentido, a abordagem geomorfológica passa pela integração de diversos métodos para se tornar efetiva e com maior qualidade. Sendo assim, é notável a realização da pesquisa com base tanto em aspectos quantitativos quanto qualitativos, pois a utilização destes dois métodos conjuntamente permite a obtenção de maiores informações, ao contrário do que se fossem utilizados isoladamente.

Além disso, a pesquisa em geomorfologia passa pela observação, descrição, análise e explicação. Assim, se constitui a partir da abordagem teórica do problema, observações em campo, experimentos (em campo ou laboratório), método empírico quantitativo (estudos morfométricos), método de correlação geomorfológica e interpretação paleogeográfica, e por fim, métodos gráficos e cartográficos (ARAÚJO, s/ d.).

A análise geomorfológica, realizada neste trabalho, passa por duas abordagens principais: a direta, por meio dos trabalhos de campo, que permitem a observação *in situ* dos fatos e fenômenos geomorfológicos; e a indireta, por meio da pesquisa teórica, levantamento

bibliográfico acerca dos assuntos pertinentes à pesquisa e também à área de estudo. Também se encaixa nesta segunda abordagem, a organização, compilação e análise de dados cartográficos, importantes para a representação dos aspectos geomorfológicos em análise.

No que se refere aos níveis de abordagem propostos por Ab'Sáber, o trabalho se encaixa no item de compartimentação topográfica, pois busca o estudo a respeito das formas do relevo terrestre em diferentes níveis topográficos. Tal autor permitiu em sua proposta deixar um campo aberto para que cada pesquisador que nela se espelhasse, pudesse direcionar seus estudos conforme as próprias perspectivas.

Neste sentido, conforme se observou no capítulo que trata sobre a evolução do relevo terrestre, o referencial teórico metodológico sintetiza os aspectos estruturadores das formas de relevo, ao realizar a explanação sobre os processos endógenos e exógenos, como forças dialéticas que interagem entre si. É sob esta perspectiva que a dissertação em questão leva adiante as análises geomorfológicas da área de estudo, a Folha Piumhi.

Um lado dos processos morfogenéticos referem-se àqueles responsáveis pela esculturação das formas de relevo, compreendendo a atuação dos agentes exógenos sobre as vertentes. O estudo desses processos demonstra a importância do clima no condicionamento de elaboração das formas de relevo. Neste contexto, estão implícitos dois conceitos básicos: o primeiro indica que diferentes processos morfogenéticos produzem modelados distintos; e o segundo refere-se ao fato de que as características do relevo devem refletir, de certa maneira, as condições climáticas sob as quais foi esculturado o modelado (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De outro lado, há que se destacar o papel da estrutura como elemento diferenciador e condicionante dos resultados gerados a partir da atuação dos processos climáticos. Encaixa-se, nestas circunstâncias a análise da possível influência da neotectônica, uma vez que a área de estudo encontra-se no domínio do Cráton do São Francisco, uma região de relativa

estabilidade tectônica, mas que recebe/recebeu indiretamente os alívios de pressão decorrente da movimentação das faixas móveis ao seu redor ou devido à epirogênese, o que pode ser verificado por meio da análise de lineamentos, falhamentos e diáclases, que refletem em descontinuidades nos padrões de relevo.

Entretanto, será abordada também a geomorfologia enquanto ciência sistêmica, formada pelas formas, processos e pela relação existente entre os mesmos. Essa lógica está pautada naquilo que discutiu Christofolletti (1980) e também o método abordado pelo IPT, ambos já apresentados anteriormente. Para entender o relevo é necessário buscar a compreensão do seu funcionamento enquanto resultado de um conjunto de interações, que dizem respeito ao clima, à geologia, à biogeografia e ao ser humano. É importante ressaltar que, para facilitar o entendimento do relevo, se faz necessária a sua hierarquização, conforme propôs Ross (1992).

A síntese de tal abordagem será dada pela representação cartográfica da área de estudo, momento no qual se encaixa a cartografia geomorfológica.

### 3.2.Materiais

Com relação aos materiais utilizados, podem ser elencados:

#### a) *Hardwares*

- Notebook Acer Intel Core 2 Duo – Centrino – (2,2 GHz, 800 MHz FSB), 4GB RAM, 320 GB HD.
- Aparelho GPS Juno ST da Trimble.
- Câmera Fotográfica Sony SteadyShot DSC-W320.



b) *Softwares*

- Sistema Operacional Windows 7.
- Microsoft Office 2007.
- Família ArcINFO (ArcGIS 9.3.1).
- Programa Envi 4.2.
- Software Rockware (Versão Demo).

c) *Fontes de dados*

- Imagens do Google Earth.
- Imagem do Satélite LANDSAT 5 (Sensor TM) de 21 de junho de 2010.
- Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático Brasileiro, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Arquivo vetorial da Geologia de Minas Gerais.
- Arquivo vetorial da Geologia da Folha Piumhi.
- Arquivos vetoriais da área de estudo (hidrografia, limite da Carta, curvas de nível, etc.).
- Outros produtos cartográficos pré-existentes que englobam a área de estudo.

### 3.3. Técnicas

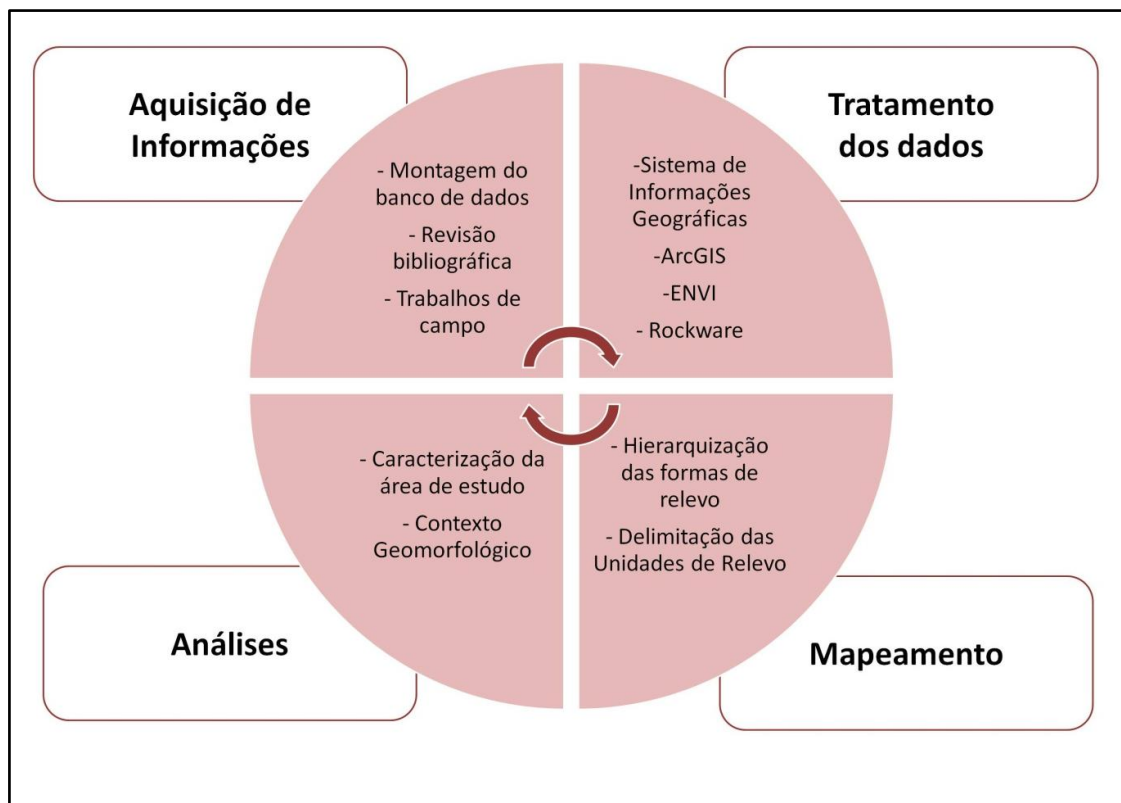
A elaboração do trabalho passa por diversas fases conforme os objetivos propostos. Inicialmente foi montado o banco de dados georreferenciado, o qual foi alimentado durante o

período de elaboração da dissertação. Outro fator importante para a execução da pesquisa foi a escolha da escala de trabalho, a qual, diante das bases cartográficas encontradas, foi fixada em 1:100.000. Esta escala é considerada como sendo de semi-detulhe, pois se trata de uma escala de transição entre mapas de detalhe e mapas de escala média. Tal escala é adequada para mapeamentos sistemáticos de grandes áreas (ZUIDAM, 1992 apud FLORENZANO, 2008).

Em um segundo momento, buscou-se os suportes para a realização da fundamentação teórico-metodológica-conceitual acerca dos temas pertinentes à pesquisa e também ao contexto geral da área de estudo. Nesta etapa, ocorreram pesquisas em biblioteca, laboratório e internet; a fim de que se pudesse direcionar ao foco principal do trabalho. Utilizou-se para isso, livros, artigos, periódicos, revistas, relatórios técnicos, dicionários, teses, dissertações acerca da temática pertinente; bem como, que abordem a área de estudo no que se refere aos aspectos naturais (geologia, clima, aspectos hidrográficos) e também socioambientais no âmbito do planejamento territorial da região.

O fluxograma a seguir demonstra de maneira mais clara os procedimentos realizados para a construção do estudo geomorfológico da Folha Piumhi (Figura 5):

Figura 5: Fluxograma metodológico da dissertação.

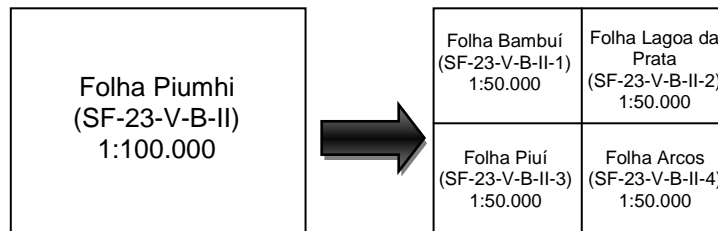


Org.: MARTINS, 2012.

### 3.3.1. Montagem do Banco de Dados

A montagem do banco de dados foi realizada por meio do *download* dos arquivos disponibilizados pelo IBGE, os quais serviram de base cartográfica para a pesquisa em questão. Esses arquivos correspondem às cartas topográficas digitalizadas (em formato vetorial, raster e pdf), a saber: Folha Bambuí (SF-23-V-B-II-1), Folha Lagoa da Prata (SF-23-V-B-II-2), Folha Piuí (SF-23-V-B-II-3) e Folha Arcos (SF-23-V-B-II-4). Estas cartas topográficas correspondem à escala de 1:50.000, Sistema de Coordenadas UTM e Datum Córrego Alegre, as quais compõem a articulação da Folha Piumhi (SF-23-V-B-II) na escala de 1:100.000, conforme se observa na Figura 6:

Figura 6: Articulação da Folha Piumhi.



Org.: MARTINS, 2012.

Os arquivos vetoriais do IBGE foram de grande valia, uma vez disponibilizados em camadas (layers) separadas, possibilitando a edição de cada uma das informações contidas nas cartas topográficas. Entretanto, para se trabalhar com esses arquivos foram realizados alguns procedimentos no ArcGIS 9.3, a saber:

- i. Conversão dos arquivos em dgn para shapefile: ***Conversion Tools – To Shapefile – Feature Class to Shapefile (multiple)***;
- ii. Junção dos arquivos para facilitar o georreferenciamento (quadrículas, curvas, drenagem e estradas): ***Data Management Tools – General – Merge***;
- iii. Georreferenciamento dos arquivos: criação de tabela com os pontos de controle (coordenadas x, y) a partir do aplicativo *Microsoft Office Excel 2007*, sendo que esses pontos foram retirados a partir das quadrículas das cartas topográficas; utilização da ferramenta ***Spatial Adjustment***;
- iv. Transformação do Datum Córrego Alegre para SIRGAS2000:
  - Criação dos parâmetros de transformação: ***Data Management Tools – Projections and Transformations – Create Custom Geographic Transformation***, a partir dos seguintes dados (Quadro 5):

Quadro 5: Parâmetros de Conversão do Datum Córrego Alegre para SIRGAS2000.

Parâmetros de Conversão Córrego Alegre para SIRGAS2000	
Translação X	-206,048
Translação Y	+168,279
Translação Z	-3,823

Org.: MARTINS, 2012.

- Transformação dos arquivos: *Data Management Tools – Projections and Transformations – Feature – Project*;

v. Edição das informações sobre elevação (altimetria) referentes às curvas de nível:

*Editor – Start Edit.*

Além desses procedimentos, foram adquiridas imagens do satélite LANDSAT 5 Sensor TM por meio do Catálogo de Imagens do Portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); bem como, imagens do Google Earth. As imagens LANDSAT (Resolução espacial de 30 metros, de 21 de junho de 2010) e Google Earth (Resolução indefinida) foram georreferenciadas a partir da base cartográfica do IBGE citada anteriormente.

A base geológica foi fornecida pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, por meio do site <<http://www.cprm.gov.br>>, link **Geobank**. Corresponde ao arquivo vetorial da geologia da Folha Piumhi – Escala 1:100.000.

### 3.3.2. Mapeamento Geomorfológico

Pavlopoulos et al. (2009) retratam o mapeamento geomorfológico no Século 21 diante dos avanços tecnológicos disponíveis, como por exemplo, a utilização de algoritmos pré-definidos. Reiteram também, que a maioria dos pesquisadores classifica as formas de relevo

com base na separação em unidades homogêneas geneticamente, produzidas por fatores de construção (agradção) e destruição (degradação). Neste sentido, as formas de relevo podem ser consideradas como geneticamente homogêneas em função de processos atuais e passados, sendo que, cada tipo de forma é resultante de determinado tipo litológico, processos geomorfológicos, atuação do clima e o tempo.

Uma das inovações da cartografia geomorfológica encontra-se nas pesquisas digitais, a partir do avanço tecnológico. A utilização de dados digitais tem crescido significativamente entre as geociências, com destaque às informações em 3D, ferramentas como o GPS, imagens de satélite e radar, softwares específicos para tratamento e análise dos dados.

Diante disso, o mapeamento geomorfológico da Folha Piumhi passou por algumas etapas importantes para a sua realização e também para o andamento das atividades de pesquisa durante a dissertação, portanto, a proposta de legenda apresentada passa pela análise dos seguintes elementos:

- Elementos morfoestruturais: refere-se ao tipo crustal; à estrutura que sustenta o relevo.
- Elementos morfoesculturais: unidades homogêneas geneticamente, oriundas de determinado tipo climático que atuou/atua sobre a estrutura, o que resulta em determinado tipo de modelado. Encaixam-se neste tópico as unidades derivadas de litotipos específicos, como por exemplo, o calcário; os quais refletem formas de relevo diferenciadas em função da relação clima *versus* litologia.
- Padrões de formas semelhantes: demonstram a gênese de cada padrão homogêneo, dada pela classificação em relevos de Agradção, Degradação, Cárstico, Fluvio-cárstico e Estrutural.
- Tipos de formas de relevo: são determinados conforme o grau de entalhamento dos vales e a densidade de drenagem. Tais índices são obtidos a partir de análise qualitativa e quantitativa.

- Formas pontuais: serão representados pelos símbolos, destinados a caracterizar as formas individualizadas do relevo.
- Ao mapa final, na legenda, serão acrescentadas as informações sobre os possíveis controles estruturais do relevo. A morfocronologia relativa será levantada a partir da interpretação geológica, de acordo com os principais processos decorrentes ao longo do tempo geológico (limite superior), em referência, principalmente, aos grandes compartimentos geomorfológicos, tais como as Unidades Morfoestruturais. Portanto, a legenda a ser elaborada contará com a apresentação das informações indispensáveis em um mapa geomorfológico: morfogênese, morfografia, morfometria, morfocronologia e dados litológicos.
- As cores e os símbolos foram adaptados conforme a proposta do IBGE (2009), sendo que as unidades geomorfológicas são agrupadas por tonalidades de acordo com o tipo morfoestrutural, conforme se segue:
  - Amarelo: Depósitos Aluvionares Cenozoicos.
  - Verde: Bacias Sedimentares e Coberturas (Proterozoico e Fanerozoico).
  - Laranja: Cinturões Orogênicos.
  - Vermelho: Domínio dos Crátons.

Tonalidades mais escuras referem-se às unidades com cotas altimétricas maiores, enquanto os tons mais claros correspondem aos compartimentos com topografias mais baixas em relação às unidades adjacentes.

- Vale destacar que para a representação das feições cársticas identificadas na área de estudo, optou-se por adaptar e mesclar a simbologia proposta pela Comissão de Fenômenos Cársticos do Comitê Nacional de Geografia, adaptada por Nicod (1965, apud Travassos, 2010), Kohler (1989) e Travassos (2010). Tais simbologias têm sido amplamente utilizadas para se mapear os fenômenos cársticos e destacam o contorno

das depressões fechadas na cor vermelha, por exemplo. A União Internacional de Espeleologia (UIS) propôs nova simbologia para o mapeamento do exocarste, entretanto, tal simbologia somente é útil nas escalas entre 1:10.000 e 1:25.000 (TRAVASSOS, 2013b). Assim sendo, no mapa da região de estudo, as depressões fechadas (dolinas e uvalas) apresentam contorno em cor vermelha e fundo azul quando preenchidas por água.

As dolinas apresentam formas circulares tradicionais ou alongadas oriundas do processo natural de dissolução da rocha subjacente. Em alguns casos, no mapa, tais depressões aparecem associadas a cursos de água superficiais sendo, muitas vezes, suas nascentes. Em outras ocorrências, optou-se por não classificar as feições como dolinas ou uvalas por estarem no meio dos canais fluviais e com espelho d'água que não permitia a visualização das surgências, por exemplo. Ficaram, portanto, na cor azul no mapa. Sabe-se da existência de simbologia específica para a representação de cavidades naturais subterrâneas, sumidouros e surgências, entretanto, devido à escala de mapeamento e à quantidade de algumas feições (como as cavernas, por exemplo), optou-se por usar símbolos mais simples como pontos ou outras figuras geométricas.

- A nomenclatura das Unidades são dadas em função de suas características geomorfológicas e definidas de acordo com a localização geográfica e toponímia regional.

Seguindo a recomendação de diversos autores, como as diretrizes propostas pela IGU, a análise sistêmica do IPT e a hierarquização do relevo de Ross, aliados à utilização das geotecnologias, a elaboração do mapeamento geomorfológico seguiu as etapas adiante:

- 1) Realização de trabalho de campo pré-mapeamento. O intuito foi o de reconhecimento territorial e do contexto geomorfológico da área de estudo. Nesta etapa verificou-se também estradas e vias de acesso para facilitar os trabalhos futuros. Foram coletados



pontos de controle a partir de coordenadas x, y e z (uso de GPS); e realizado registro fotográfico preliminar.

- 2) Criação e análise detalhada do Modelo Digital de Elevação (MDE), a partir das curvas de nível extraídas das cartas topográficas do IBGE. Esta etapa equivale ao momento das análises quantitativas do relevo, como o levantamento de informações morfométricas, tais como hipsometria, declividade e perfis topográficos, bem como a criação de modelos em 3D e relevo sombreado, para uma melhor visualização da área de estudo.
- 3) Elaboração de um esboço geomorfológico. Tal atividade contou com a utilização da base geológica da área (tipos litológicos, idade), da interpretação visual de imagem de satélite (Landsat 5 TM), e utilização de informações hipsométricas e clinográficas. Foram delimitadas unidades homogêneas de relevo, a partir da análise de morfoestrutura e morfoescultura. Tal procedimento foi realizado através do ArcGIS (aplicativo ArcMAP).

As classes hipsométricas foram definidas, *a priori*, com o intervalo hipsométrico de 60 m, que resultou em 10 classes de altitude. Posteriormente, tais valores foram ajustados ao levar em consideração a percepção visual da imagem de satélite, determinante para a separação de padrões homogêneos da superfície, com o objetivo de maximizar a aproximação da realidade.

As classes de declividade foram definidas conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), a qual, com o propósito de contribuir em pesquisas e atividades agropecuárias, determinou classes de relevo a partir dos valores de declividade, que podem ser aproveitadas para os mapeamentos geomorfológicos propriamente ditos (Quadro 6).

Quadro 6: Classes de relevo conforme a variação de declividade.

<b>Classes</b>	<b>Definição</b>
<i>Plano</i>	superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.
<i>Suave ondulado</i>	superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
<i>Ondulado</i>	superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
<i>Forte ondulado</i>	superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
<i>Montanhoso</i>	superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
<i>Escarpado</i>	áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Fonte: EMBRAPA, 2006.

- 4) Realização do segundo e terceiro trabalho de campo. Nestas saídas, ocorreram diversas atividades, entre elas a verificação de conformidade do esboço geomorfológico a partir das observações em campo, além de discussões mais aprofundadas. Durante os trabalhos, foram recolhidas maiores informações a partir do uso do GPS e câmara fotográfica, direcionadas aos principais aspectos de interesse. O itinerário dos trabalhos de campo foi previamente estabelecido, tendo como foco a visita a todas as unidades homogêneas de relevo, definidas anteriormente.
- 5) Estudo individualizado de cada unidade homogênea do relevo. Nesta etapa, foram caracterizados os principais aspectos das unidades, passando pela definição dos padrões de formas semelhantes ou unidades morfológicas (modelados). Há que se destacar as peculiaridades referentes aos tipos litológicos existentes na área de estudo, como é o caso do relevo cárstico de grande extensão na Folha Piumhi.
  - i. Para a unidade referente ao relevo cárstico, realizou-se a classificação supervisionada da Imagem de satélite LANDSAT 5 Sensor TM, para a extração das áreas de afloramento de calcário e regiões de exploração do mesmo. A síntese

da morfologia da área foi definida após os passos anteriores, com o auxílio da imagem de satélite, das cartas topográficas, do MDE e das observações anotadas em campo. Nesta fase foram identificadas as feições típicas do relevo cárstico, tais como dolinas, uvalas, sumidouros, vales cegos, entre outros.

- ii. Para as demais unidades, também foram levados em consideração cartas topográficas, produtos derivados do MDE, anotações de campo e imagens de satélite.

Deste modo, os modelados foram estabelecidos a partir da Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo de Ross (1992), os quais recebem uma letra maiúscula (gênese, por exemplo: (A) Agradação, (D) Dissecação), acompanhada por uma ou duas letras minúsculas (morfologia e processo formador, por exemplo: Apf – Relevo Agradacional planície fluvial, Dt – Relevo Dissecado de topo tabular, Dc – Relevo Dissecado de topo convexo, Da – Relevo Dissecado de topo aguçado, Dp – Superfícies planas) e dois algarismos, quando possível, para representar o grau de aprofundamento dos vales e a densidade de drenagem.

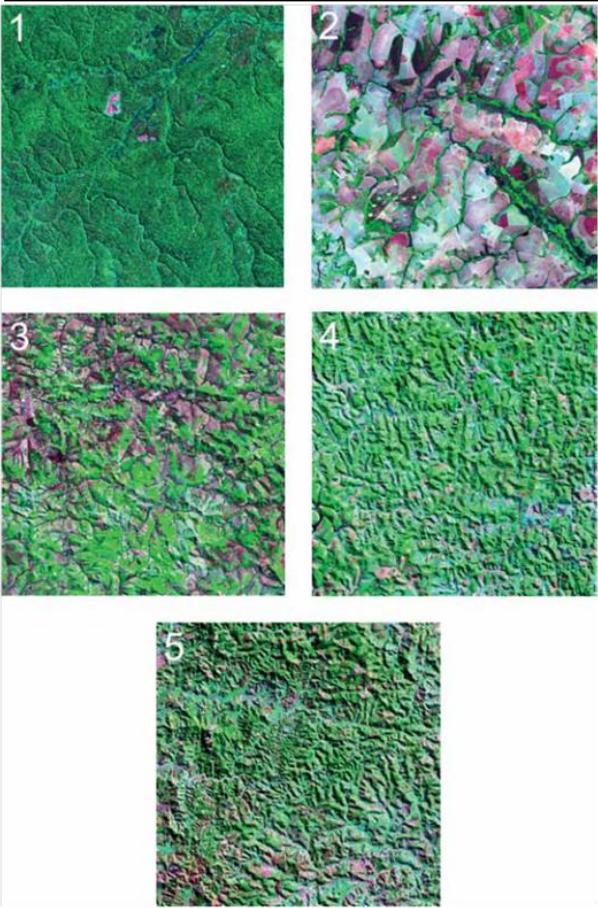
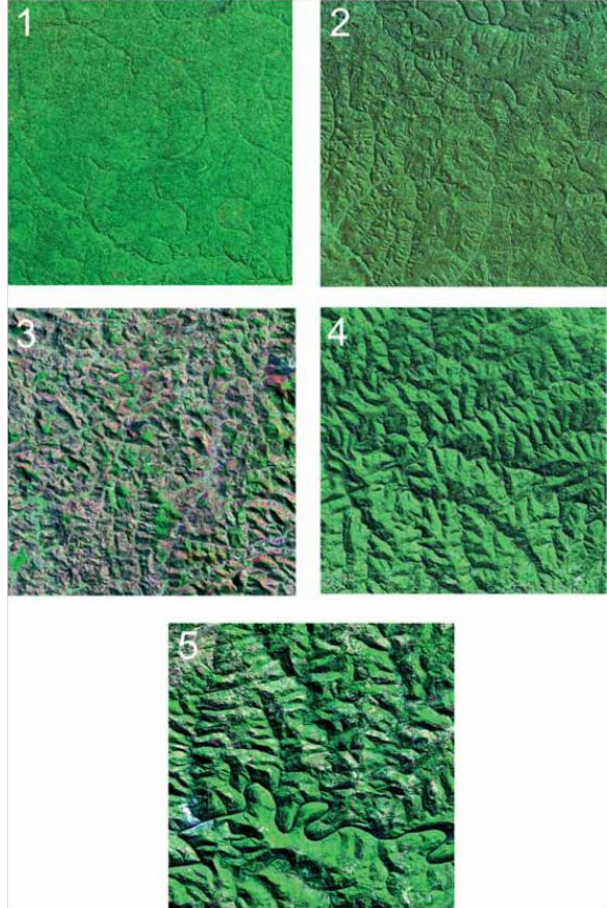
As unidades morfológicas cársticas serão representadas pela letra K, seguidas pela letra c (quando se referir ao carste encoberto, onde os processos ocorrem em subsuperfície) e pela letra e (quando o carste estiver exumado, onde os processos ocorrem em superfície ou em áreas de afloramento) (IBGE, 2008; TRAVASSOS, 2013b). Nesse caso, a densidade de drenagem será importante por indicar as áreas com ocorrências de fluxos subsuperficiais, pois quanto menor a Dd maior a probabilidade da existência dos mesmos. Assim, as letras serão acompanhadas pelos valores de Dd, por exemplo: Kc1 (Relevo cárstico encoberto com Dd baixa).

Em contrapartida, os modelados fluvio-cársticos serão indicados pelas letras Dk seguidas dos algarismos correspondentes ao grau de aprofundamento dos vales e densidade de drenagem.

Por fim, os Relevos Estruturais receberão as letras ED indicando E – estrutural e D –

dissecação, pois são áreas cuja gênese integra os dois processos; também seguidas por uma letra minúscula indicando a morfologia e pelos algarismos correspondentes ao grau de dissecação.

Os graus de dissecação foram estabelecidos a partir da interpretação visual da imagem sombreada e imagem de satélite da área, conforme os padrões apresentados pelo Manual de Geomorfologia do IBGE (IBGE, 2009) (Figuras 7 e 8), além da utilização do MDE para a criação de perfis topográficos, que demonstram claramente os aspectos dos vales e interflúvios; e o uso da rede de drenagem para a criação do raster de densidade de drenagem (Dd).

<p>Figura 7: Padrões de imagem em modelados de dissecação com as classes de densidade de drenagem.</p>  <p>Fonte: IBGE (2009). 1 – Muito baixa; 2 – Baixa; 3 – Média; 4 – Alta; 5 – Muito alta.</p>	<p>Figura 8: Padrões de imagem em modelados de dissecação com as classes de aprofundamento dos vales</p>  <p>Fonte: IBGE (2009). 1 – Muito fraco; 2 – Fraco; 3 – Médio; 4 – Forte; 5 – Muito Forte.</p>
--	---

A análise da Dd foi realizada de maneira semiautomatizada, com a utilização da ferramenta **Line Density** do aplicativo ArcMap. Inicialmente, foi feita a interpretação visual da imagem no intuito de estipular a quantidade de classes de Dd pertencentes à área de estudo. Posteriormente, aplicou-se a ferramenta **Line Density** sobre o arquivo de drenagem, resultando na criação de um Raster com os diferentes índices de Dd, estabelecidos a partir da relação comprimento dos canais / unidade de área (km/km<sup>2</sup>). A classificação dos índices seguiu as classes de quebras naturais (**Natural breaks Classes**) do histograma de dados do raster de Dd, fornecidos pelo próprio aplicativo. As classes de quebras naturais são baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados. A ferramenta identifica pontos de quebras naturais, com escolha das classes pelo agrupamento de valores semelhantes e maximização das diferenças entre elas, ou seja, os valores são divididos em classes cujos limites são definidos nos pontos onde há relativamente grandes saltos nos valores de dados (ArcGIS Desktop Help).

A partir disso, foi realizada uma avaliação visual com a sobreposição do arquivo de Dd sobre a imagem de satélite e a imagem sombreada para adequação do resultado obtido. Diante do exposto, o conjunto de algarismos para a classificação das unidades morfológicas, fica definido a partir da Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Índices de dissecação do relevo.

Grau de Aprofundamento dos vales (classes) (1º Algarismo)	Densidade de drenagem (classes) (2º Algarismo)				
	Muito Baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)
Muito fraco (1) < 20 m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
Média (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 80 a 160 m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) > 160 m	51	52	53	54	55

Fonte: Adaptado de ROSS (1992). Org.: MARTINS, 2012.

- 6) Extração de lineamentos do relevo. Os lineamentos podem ser entendidos como "feições lineares topográficas ou tonais observáveis nas imagens fotográficas, que

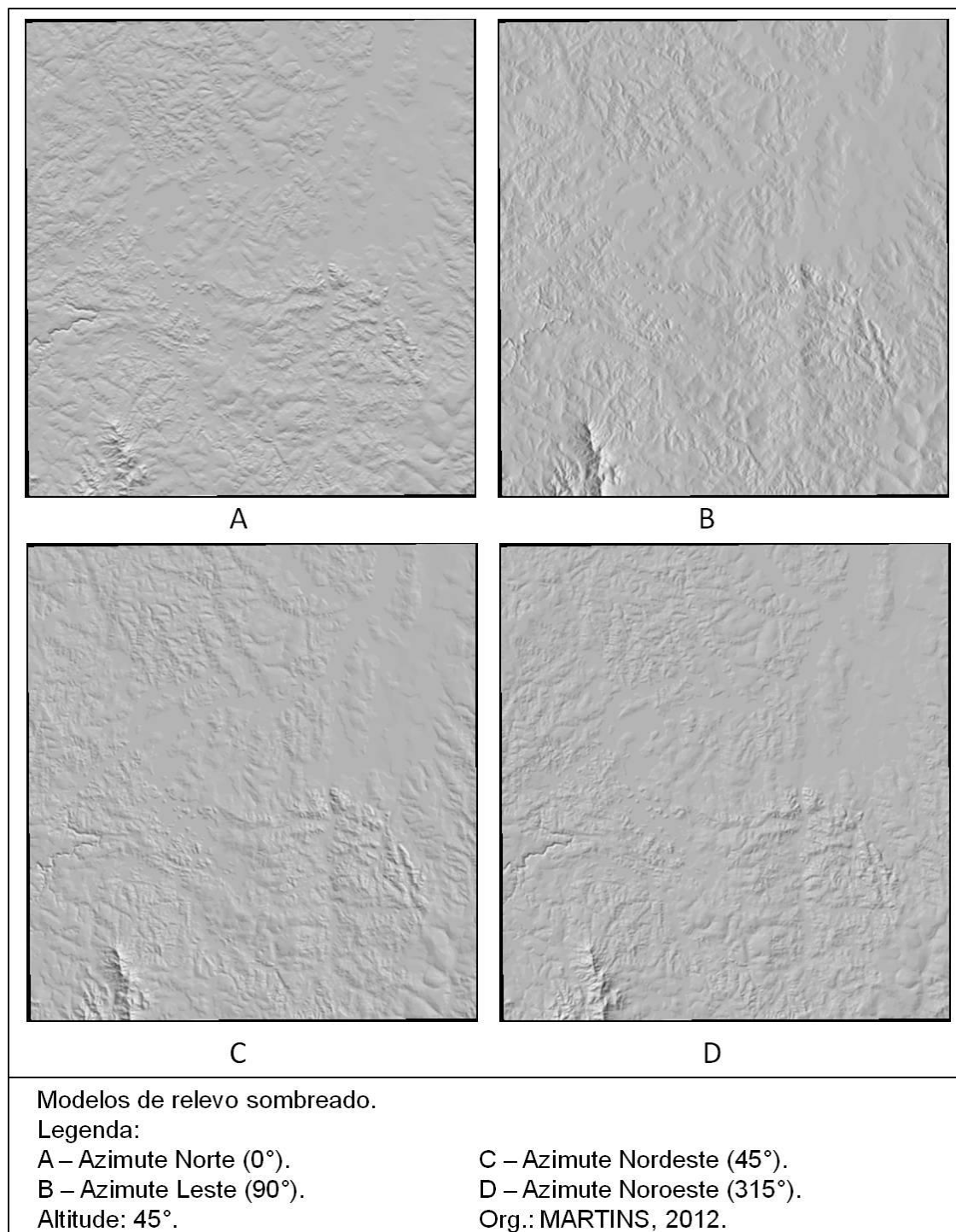
podem representar descontinuidades estruturais" (ETCHEBEHERE; SAAD; FULFARO, 2007 apud CORRÊA; FONSÊCA, 2010); e para o delineamento de tais feições, seguiu-se as metodologias propostas e aplicadas por Corrêa e Fonsêca (2010), Oliveira et al. (2009), Hiruma e Roccomini (1999) e Roldan et al. (2010).

A análise de lineamentos, conforme os autores citados anteriormente, deve ser realizada com base na extração de informações a partir de um MDE. Com base em Oliveira (2009) e Roldan (2010), é necessário confeccionar vários produtos derivados, tais como:

- a) ***Imagens de sombreamento de relevo:*** com iluminações de azimutes em oito direções (N, S, E, W, NE, SE, NW, SW), a partir das quais se seleciona as imagens que forneceram os melhores resultados. No caso da área de estudo, selecionou-se quatro imagens com melhores resultados obtidos, cujos direcionamentos foram N, E, NE e NW. Tais resultados sucederam em função da disposição das cotas altimétricas da área, com as maiores concentradas na parte sul. O valor padrão utilizado para a altitude do Sol em relação ao horizonte é medido em graus e equivalente a 45° (Figura 9).
- b) ***Extração de lineamentos:*** os lineamentos foram traçados conforme cristas alinhadas, fundos de vale e tonalidades de acordo com interpretação visual dos mapas de sombreamento, com vetorização manual, sendo que, para a análise dos lineamentos incluíram-se apenas aqueles maiores que 2000 m, devido à escala de mapeamento.
- c) ***Extração de azimutes dos lineamentos, que indicam as direções preferenciais; classificação e análise estatística:*** criação de diagramas de rosetas, que indicam as direções preferenciais dos lineamentos; a partir da versão DEMO do software Rockworks 15.

- d) Criação do mapa de densidade de lineamentos:* irá representar as áreas com diferentes densidades, no intuito de indicar quais classes de relevo passaram por maior ou menor controle estrutural.

Figura 9: Imagens de sombreamento do relevo da Folha Piumhi.



Org.: MARTINS, 2012.

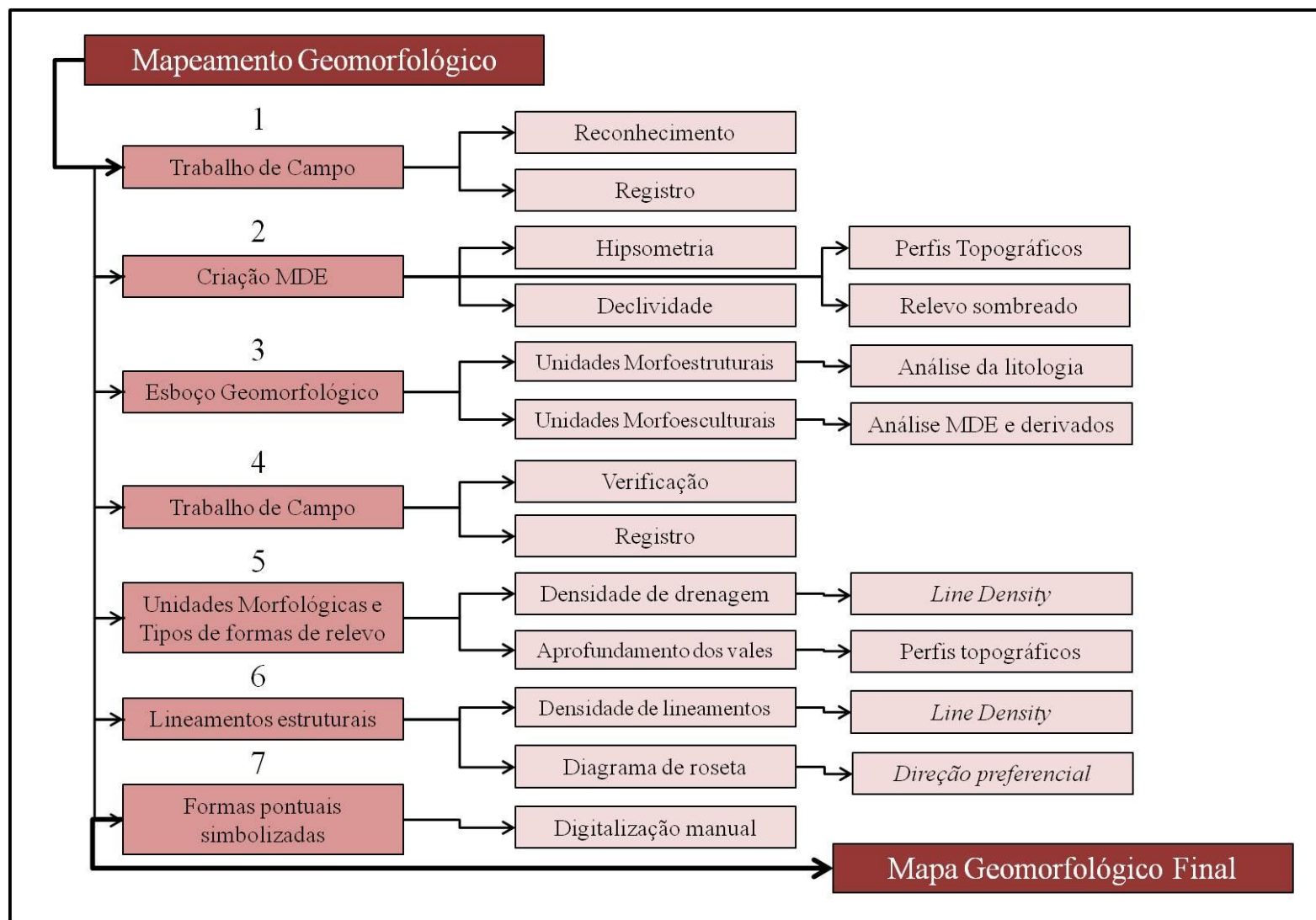
A partir da análise dos lineamentos, há possibilidade de verificar os limites das diferentes unidades do relevo, as morfoesculturas e as unidades morfológicas. Estes dados são importantes também por representar descontinuidades estruturais e pelo controle das feições do relevo, observáveis especialmente pelo alinhamento da rede drenagem, pelas feições típicas da morfologia cárstica, como o alinhamento de maciços calcários, sumidouros, ressurgências e cavidades subterrâneas; entre outras.

- 7) Mapeamento dos tipos de formas do relevo. Nesta etapa foi utilizado como ferramenta principal o *Google Earth*, a partir do qual, com a disponibilização de imagens de satélite de certa qualidade de resolução, foi possível delinear os tipos de formas e inseri-las na camada de *layers* do ArcMap (ArcGIS).

A seguir encontra-se o fluxograma que sintetiza os passos descritos para a realização do mapeamento geomorfológico (Figura 10):



Figura 10: Fluxograma com a síntese dos procedimentos para o mapeamento geomorfológico.



Org.: MARTINS, 2012.

## CAPÍTULO 4



*"Tus regatos a enfeitam de ouro  
Os teus rios carreiam diamantes  
Que faiscam estrelas de aurora  
Entre matas e penhas gigantes"*

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – Elementos Estruturadores do Relevo**

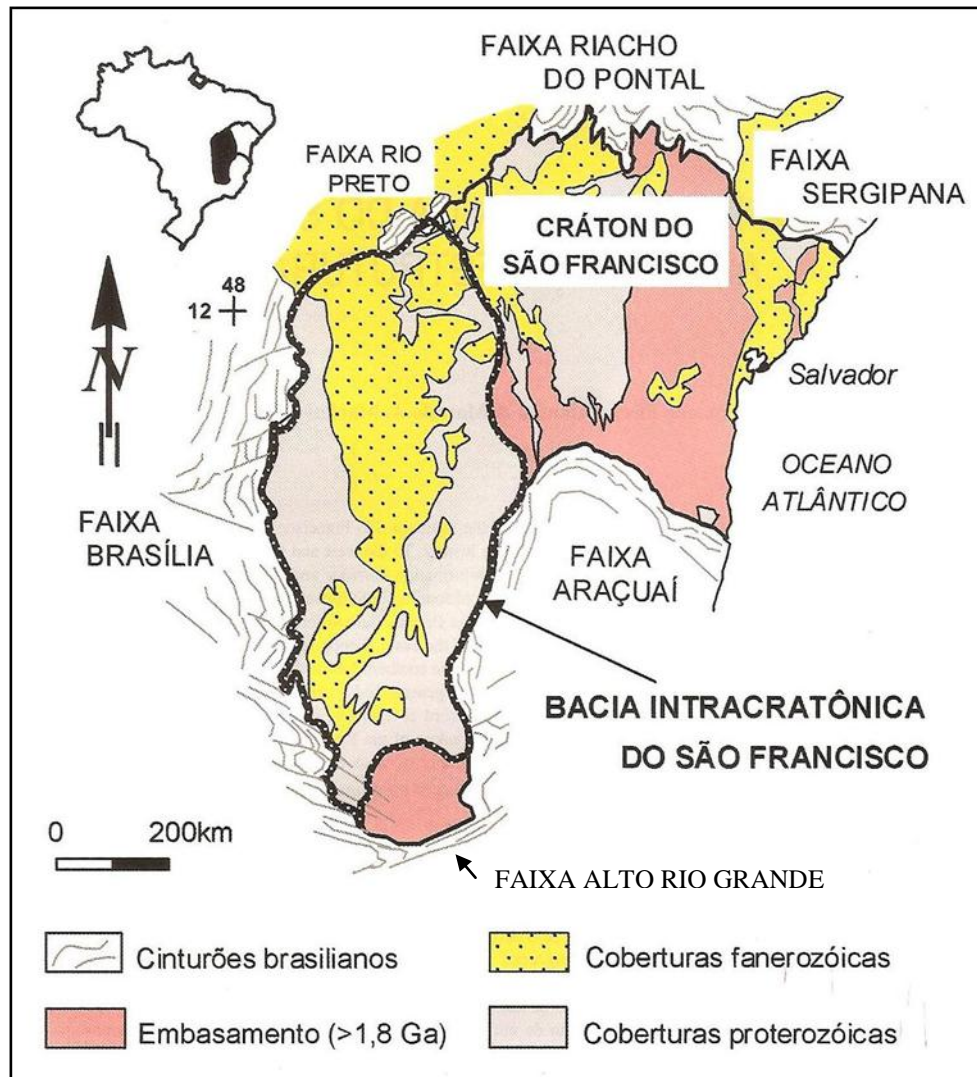
A caracterização da área de estudo é fundamental para a realização do mapeamento geomorfológico, com destaque para os aspectos geológicos e climáticos, já que estes são a base para as análises morfoestrutural e morfoescultural. Neste sentido, este item corresponde ao levantamento das informações físicas da Folha Piumhi, que inclui o contexto geológico regional e local e o contexto climático e hidrográfico geral.

##### **4.1.Contexto geológico regional**

Ao se tratar da geologia regional, a qual engloba a região da Folha Piumhi, é indispensável a abordagem sobre o Cráton do São Francisco, bem como da Bacia Sedimentar homônima. Estes são, também, objetos chave para o entendimento do contexto geológico local.

O Cráton do São Francisco (Figura 11), conforme Almeida (1976; 1977; 1978), é uma entidade geotectônica que se consolidou antes do Evento Brasileiro e que engloba a maior parte do estado da Bahia, se estende por Minas Gerais, Goiás, Sergipe e Pernambuco. Corresponde a um núcleo estável de cerca de 650.000 km<sup>2</sup>, o qual, durante a ocorrência do Ciclo Brasileiro (700 e 450 Ma, Períodos Cambriano e Ordoviciano) tornou-se antepaís desse grande evento tectônico. O antepaís corresponde a uma “área estável (cratônica) junto a um orógeno em direção à qual são empurradas as rochas do cinturão dobrado” (GLOSSÁRIO GEOLÓGICO ILUSTRADO, s/p.).

Figura 11: Mapa Geológico simplificado do Cráton do São Francisco.



Fonte: ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001 (Adaptado).

Neste sentido, o Cráton do São Francisco é circundado pelas faixas móveis da Província Tocantins (Faixa Brasília e Faixa Alto Rio Grande) a oeste e sul, a Província Mantiqueira (Faixa Araçuaí), a leste e ainda pela Faixa Rio Preto a noroeste e as Faixas Riacho do Pontal e Sergipana a norte (ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001; FONSECA, et. al, 1995).

Ainda em relação ao Cráton, o mesmo guarda o registro de sucessivos ciclos sedimentares, que deram origem a diferentes unidades litoestratigráficas, desde o fim do Paleoproterozoico. Essas unidades têm sido descritas como o produto do preenchimento de uma bacia

intracratônica denominada “Bacia Sedimentar do São Francisco” (MARTINS-NETO; PINTO, 2001).

A Bacia Sedimentar do São Francisco pode ser definida, em uma concepção geográfica, como uma “região caracterizada pela acumulação de uma pilha espessa de sedimentos por um longo período de tempo geológico” (definição de bacias sedimentares, especialmente, as intracratônicas, MARTINS-NETO; PINTO, 2001, p. 2). Assim, tal bacia constitui-se a partir de sucessivos ciclos de sedimentação.

Ainda no que diz respeito à conceituação da Bacia Sedimentar do São Francisco, existem duas definições utilizadas por diversos autores. A primeira delas indica que a referida Bacia corresponde à porção Sul do Cráton do São Francisco, que sustenta sedimentos de idades Proterozoicas e Fanerozoicas. De outro lado, há autores que a definem como locais de depósitos sedimentares neoproterozoicos do Supergrupo São Francisco (ou somente do Grupo Bambuí), o que define a sua extensão para além dos limites do Cráton (ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001)

Sendo assim, conforme adotam Alkmim e Martins-Neto (2001), utilizar-se-á nesta dissertação a primeira concepção apresentada sobre a Bacia do São Francisco, a qual situa-se ao Sul do Cráton homônimo, ocupando uma área de cerca de 500.000 km<sup>2</sup>.

No que se refere aos pacotes sedimentares que compõem a bacia, estes formam quatro principais unidades: o Supergrupo Espinhaço (idade Paleo/Mesoproterozoica); o Supergrupo São Francisco (idade Neoproterozoica); o Grupo Santa Fé (idade Paleozoica); e por fim, os Grupos Areado, Mata da Corda e Urucuia (idade Cretácica) (ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001).

Conforme Alkmim e Martins-Neto (2001), o Supergrupo São Francisco é formado por duas unidades de idade neoproterozoica: o Grupo Macaúbas, originado a partir de processos glacio-

continentais; e o Grupo Bambuí, de origem marinha (Figura 12). A unidade recorrente na região de estudo compreende o Grupo Bambuí, que é característica marcante da Bacia do São Francisco, por exibir a maior área de afloramentos em comparação às outras unidades.

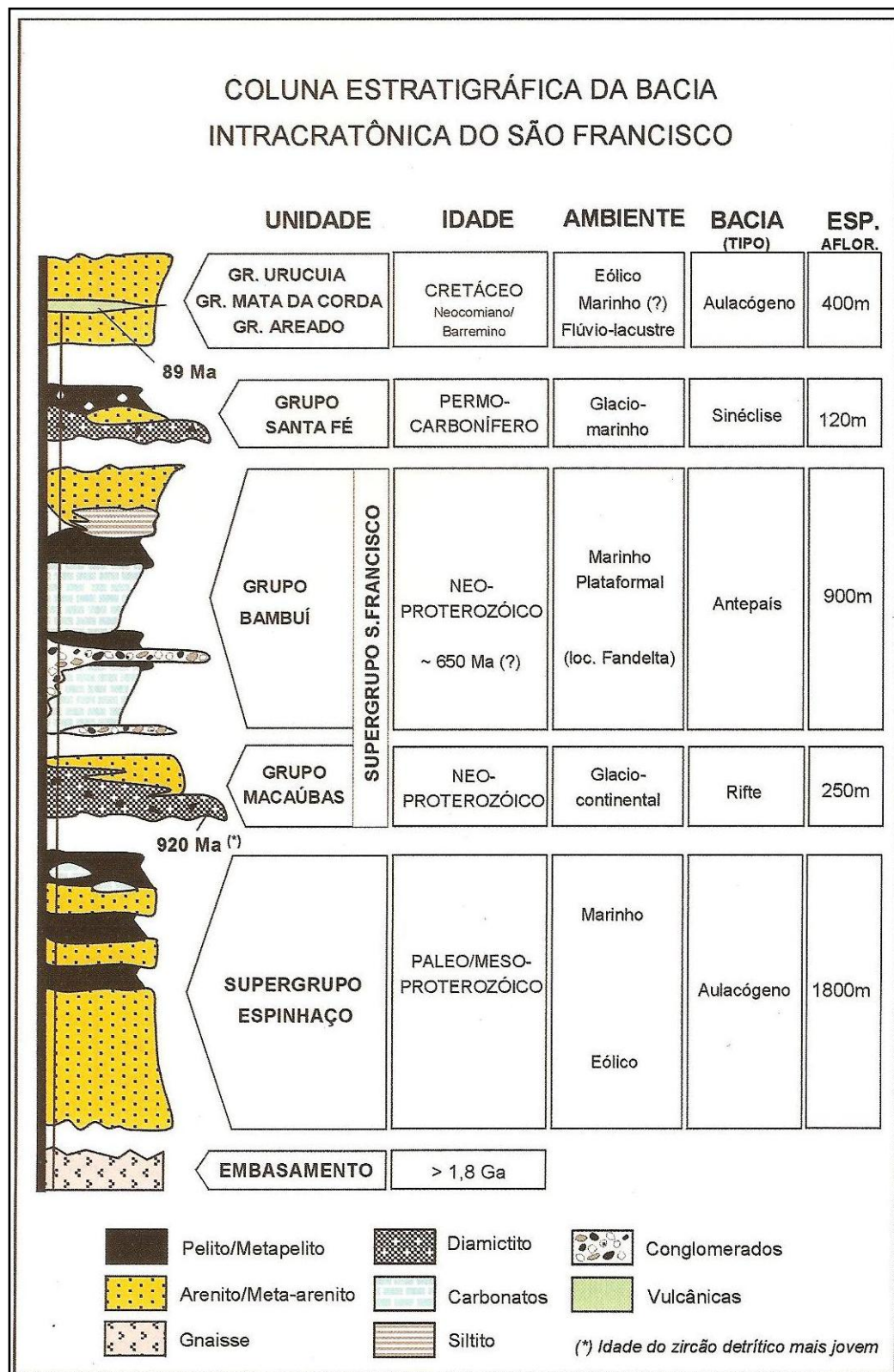
O Grupo Bambuí e as formações correlativas que cobrem o Cráton do São Francisco, de acordo com Almeida (1977), são resultado da sedimentação marinha ocorrida durante uma fase de submersão quase total do referido Cráton.

Esse Grupo apresenta um pacote de rochas carbonáticas (origem química) que se intercalam às rochas terrígenas (constituídas por grãos minerais oriundos da erosão de outras rochas), englobando as seguintes formações (ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001):

- Carrancas – composta por ruditos.
- Sete Lagoas – composta por margas, calcilutitos, calcarenitos, biolítico.
- Samburá – composta por conglomerados e pelitos.
- Serra de Santa Helena - composta por pelitos.
- Lagoa do Jacaré – composta por calcarenitos e pelitos.
- Serra da Saudade – composta por pelitos.
- Três Marias – composta por pelitos e arenitos.



Figura 12: Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do São Francisco.



Fonte: ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001.

#### 4.2.Contexto geológico local

Ribeiro et al. (2008) escreveram o relatório da CPRM a respeito da geologia da Folha Piumhi, no qual retratam o contexto geológico da região a partir da abordagem da geologia, da geotectônica, recursos minerais, entre outros; além de apresentar o mapa geológico da área. Do ponto de vista litológico, a região de Piumhi engloba dois tipos principais: o embasamento e as unidades metassedimentares.

A área de embasamento apresentada pelos autores refere-se a um conjunto geotectônico que inclui ortognaisses ou granitoides e sucessões de greenstone belts (idade arqueana e paleoproterozoica).

Em relação às unidades metassedimentares, Ribeiro et al. (2008), inclui a Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí), que ocupa predominantemente a área; e as unidades interligadas ao Sistema de Empurrões de Piumhi, tais como Unidade Serra da Boa Esperança, Formação Santo Hilário e Formação Samburá (incluída no Grupo Bambuí). Adotaremos aqui, o termo Sistema de Empurrões de Piumhi para representar as unidades que o compõem (Unidade Serra da Boa Esperança e Formação Santo Hilário), uma vez que, segundo Valeriano et al (2004), trata-se de uma unidade tectônica à parte devido à sua complexidade litológica e estrutural.

Neste sentido, divide-se a área de estudo em: Ortognaisses Granitoides do Embasamento, Formação Sete Lagoas, Formação Samburá, Sistema de Empurrões de Piumhi e Depósitos Cenozoicos.

Com relação ao grau de metamorfismo das rochas pré-cambrianas da região de estudo, é apresentada uma subdivisão tectônica que considera dois domínios: o autóctone-parautóctone e o externo. O domínio externo corresponde ao Sistema de Empurrões de Piumhi, que gerou

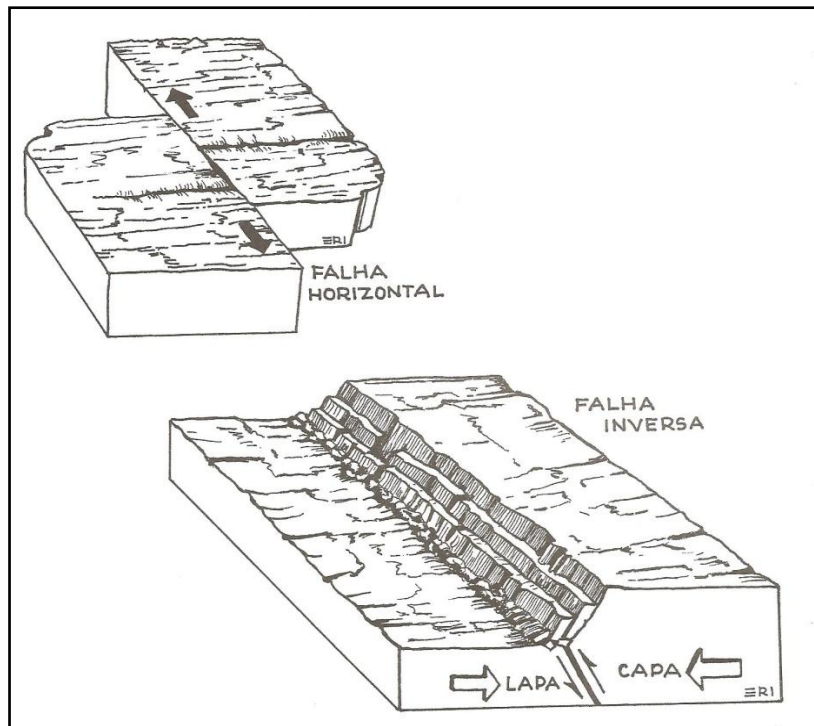


deformações devido a uma intensa zona de cisalhamento. É uma área de influência da Faixa de Dobramentos Brasília. Já o domínio autóctone-parautóctone representa os afloramentos de ortognaisses granitóides de idade arqueana e/ou paleoproterozóica, ocorrentes a leste da Folha Piumhi, que corresponde ao embasamento do Cráton do São Francisco; e também as rochas da Formação Sete Lagoas e da Formação Samburá, sobre as quais ocorre a faixa de domínio externo (Sistema de Empurrões), que também empurrou os conglomerados da Formação Samburá sobre os calcários da Formação Sete Lagoas. Devido a isso, houve um grau de deformação de tais rochas, cuja intensidade tende a diminuir na medida em que se avança em direção ao interior do cráton.

A estratigrafia da área na Formação Sete Lagoas, conforme Nobre (1995) e Nobre e Coimbra (2000) apud Ribeiro et al (2008), corresponde em quatro intervalos: o primeiro, basal, representado por uma rampa carbonática, carbonatos detríticos e estromatólitos; o segundo como uma planície de maré com estromatólitos; e o terceiro e quarto com grainstones oolíticos de plataforma rasa; intervalos que foram reconhecidos por Ribeiro et al (2008) nos calcários de topo da Formação Sete Lagoas, sob o seu componente basal formado principalmente por siltitos e argilitos carbonáticos, denominados como calcipelitos.

No que se refere ao arcabouço estrutural, Alkmim e Martins-Neto (2001) afirmam a existência de planos de deformação, ocorridas durante o Evento Brasileiro, os quais se acomodaram na forma de dobras, falhas de empurrão (inversa) e falhas transcorrentes (horizontal) (Figura 13).

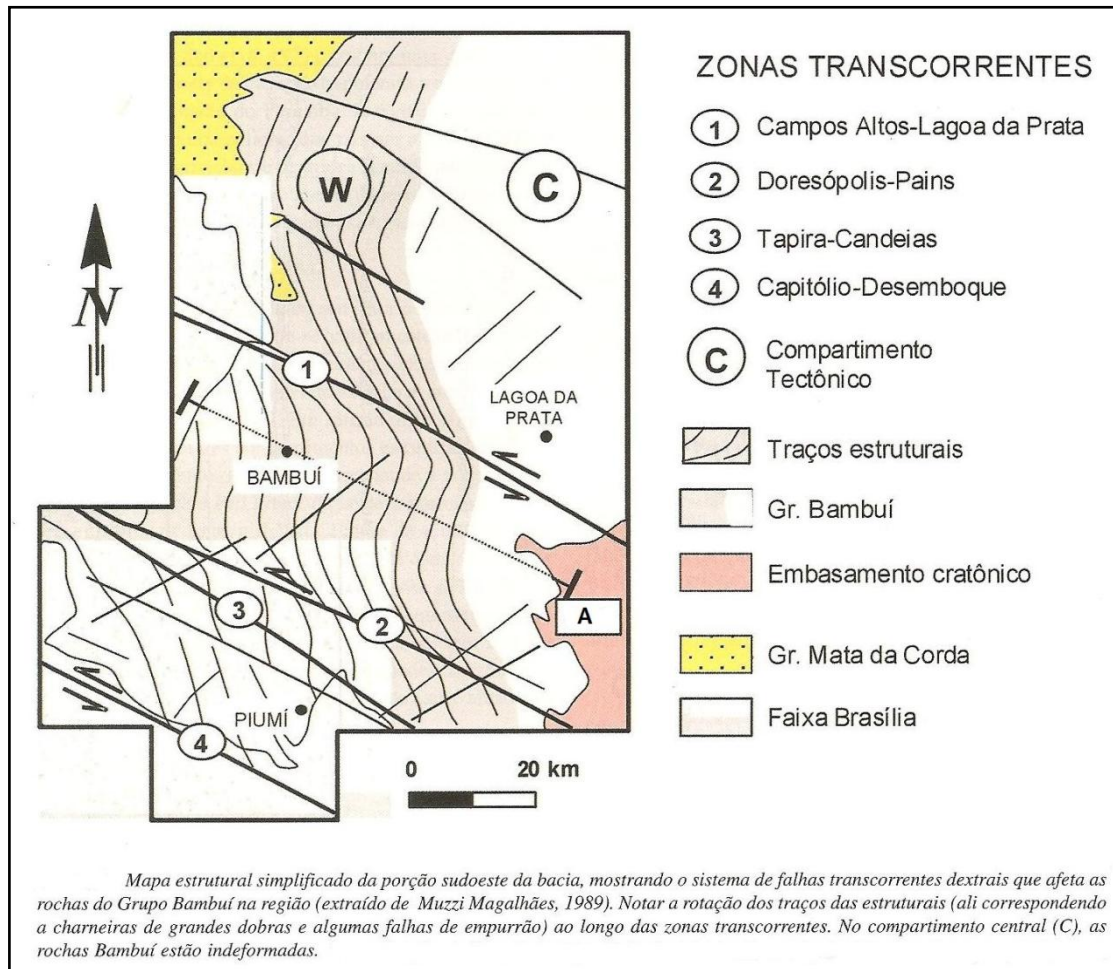
Figura 13: Representação dos tipos de falhas de empurrão (inversa) e falhas transcorrentes (horizontal).



Fonte: ROSSATO et al., 2003.

Tais autores afirmam ainda que no extremo sudeste da Bacia do São Francisco, região onde se situa a área de estudo, as estruturas dominantes constituem-se por um feixe de falhas transcorrentes, as quais, enraizadas na Faixa Brasília, estendem-se até o embasamento do Cráton, na sua porção Sul, conforme se observa na Figura 14 a seguir:

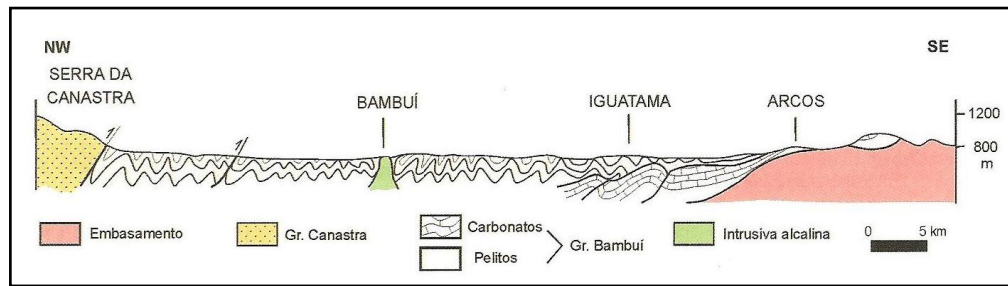
Figura 14: Mapa estrutural simplificado englobando a área de estudo.



Fonte: Adaptado de: ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001. Org.: MARTINS, 2012.

O seguimento “A” representado na figura anterior (Figura 14) refere-se à seção que vai desde a Serra da Canastra, passa por Bambuí, Iguatama e Arcos, até chegar às rochas do embasamento. O perfil representado mostra a disposição das camadas da Formação Sete Lagoas (carbonatos e pelitos), no qual é possível perceber a deformação dos pelitos em formato de dobras, que se tornam mais abertas na medida em que se avança para o leste, deixando de existir próximo a Arcos (Figura 15).

Figura 15: Seção geológica “A”.



Fonte: ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001.

Diante do exposto, seguem algumas considerações a respeito das unidades geológicas na área de estudo:

- **Embasamento**

O embasamento, conforme citado anteriormente, ocorre em poucas áreas dentro dos limites da Folha Piumhi. Caracteriza-se principalmente pela ocorrência de ortognaisses ou granitoides a leste, correspondendo ao embasamento do Cráton, e sucessões de greenstone belts na parte sudoeste (RIBEIRO et al., 2008). Tais sucessões encontram-se diretamente relacionadas ao Sistema de Empurrões de Piumhi, e por tais motivos, preferiu-se adotá-las enquanto estruturas que se associam aos demais tipos litológicos desse sistema, que estão diretamente associados à processos de metamorfismo, e que determinam um tipo de relevo diferenciado no contexto da área de estudo. Portanto, o embasamento será abordado como os ortognaisses ou granitoides que afloram a leste da área.

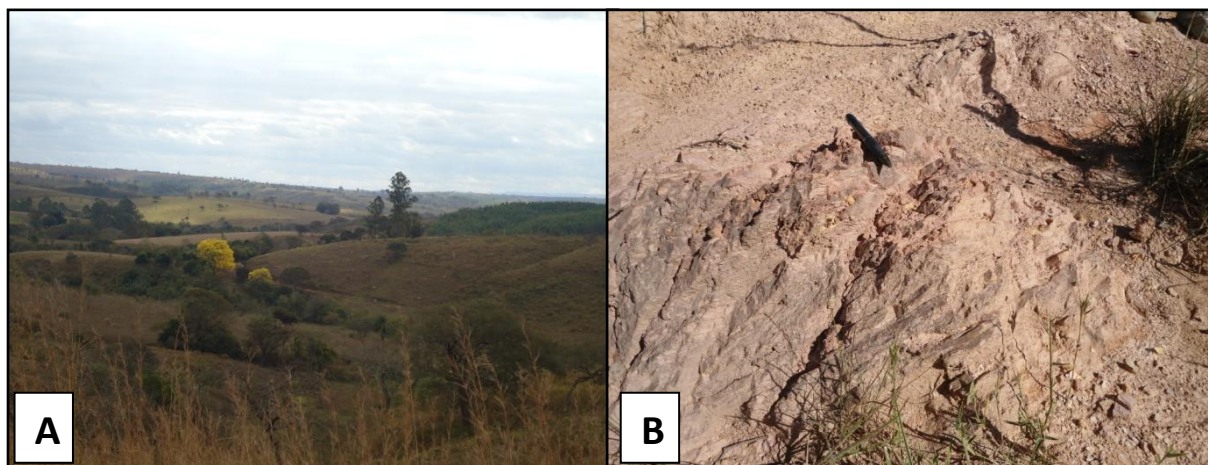
- **Formação Sete Lagoas**

A Formação Sete Lagoas, predominante na área de estudo, está representada por duas unidades regionais principais, os calcipelitos e os calcários. Ribeiro et al. (2008) falam ainda de uma terceira unidade não mapeada na escala adotada, mas que ocorre abaixo dos calcipelitos sobre os granitoides do embasamento. Segundo os autores, corresponde a pelitos

siliclásticos e ruditos que podem equivaler à Formação Carrancas ou serem remanescentes da Formação Macaúbas.

No que se refere aos calcipelitos, recorrentes na parte norte da Folha Piumhi, os mesmos constituem calcissiltitos e calcilutitos/argilitos. São rochas carbonáticas clásticas, cujos fragmentos são inferiores a 0,062 mm (GIANNINI, 2000). Para norte, nordeste e noroeste, nas regiões que englobam Bambuí, Iguatama e Lagoa da Prata, os calcipelitos apresentam-se acamados e nos afloramentos demonstram estruturas dobradas (vide Figura 15 e Foto 1).

Foto 1: A) Relevo ondulado na região entre Bambuí e Iguatama, B) Afloramento de siltito, Iguatama.



Autora: MARTINS, 2011 e 2012.

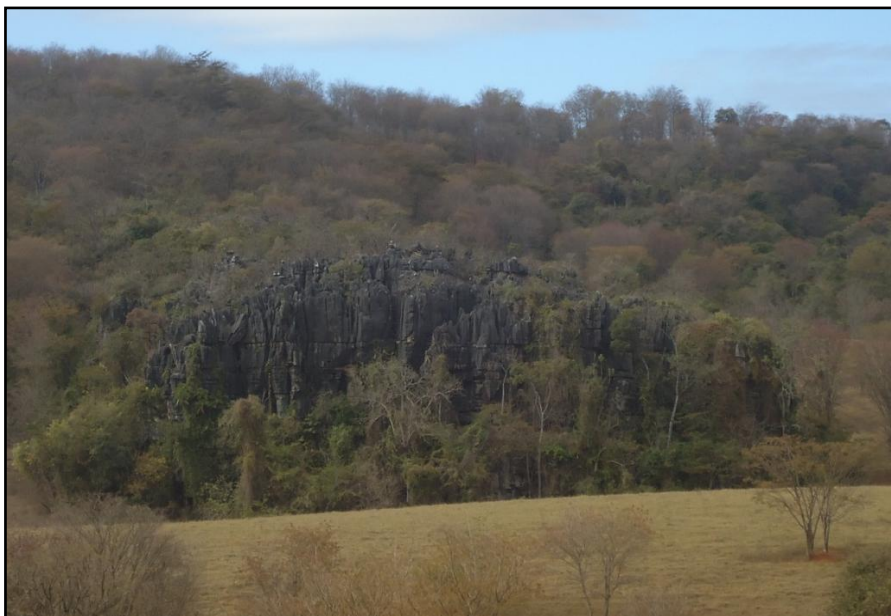
Com relação às rochas carbonáticas, sob a denominação geral de calcários cinzentos, a região é dotada de uma variedade de rochas carbonáticas, entre as quais estão os calcários, calcários com dolomita e calcários dolomíticos. Tais tipos litológicos constituem a Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, a qual reúne parte dos municípios de Arcos, Pains, Formiga, Córrego Fundo, Dorésópolis, Bambuí e Iguatama (RIBEIRO, et al., 2008).

Na região a leste da Província, os calcários cinzentos afloram abruptamente formando vastos paredões, que marcam o contato com os calcipelitos (Foto 2). Na parte central também ocorrem afloramentos escarpados, e a noroeste, os calcários aparecem acompanhando os



cursos d'água. Nessa região têm-se o desenvolvimento de uma paisagem cárstica típica, com ocorrência de como dolinas, uvalas, sumidouros, ressurgências e cavernas.

Foto 2: Afloramento abrupto de calcários, permeando os calcipelitos, localidade entre os municípios de Pains e Arcos.



Autora: MARTINS, 2011.

No que se refere à estrutura, Saadi (1993) aponta que durante a Era Cenozoica, ocorreu nas bordas leste, oeste e sul do Cráton do São Francisco, processos de reativação neotectônica. Neste sentido, a porção Sul do Cráton, região onde se encontra a Província de Arcos-Pains-Doresópolis, é recortada por uma zona de cisalhamento, denominada Descontinuidade Crustal do Alto São Francisco, assinalada por fortes lineamentos magnéticos, que passou por atividade recorrente desde o Pré-cambriano até o Quaternário. No início deste último período, o autor complementa que foram gerados os grabens de Arcos-Doresópolis dentro da Descontinuidade. Posteriormente, a evolução ocorrida até pelo menos o Pleistoceno Inf., refletiu na rede de drenagem, na carstificação e sedimentação fluvial, que se desenvolveram sob o controle tectônico, relacionado diretamente com o soerguimento da borda sul do Cráton do São Francisco, na direção NNW.

Os aspectos litológicos e geomorfológicos da Província ressaltam uma paisagem cárstica de beleza cênica peculiar e grande interesse geográfico, tanto do ponto de vista econômico, quanto científico. Trata-se de uma área com relevante potencial para a exploração mineral, pois somente os municípios de Arcos, Pains e Doloresópolis detêm cerca de 30% das reservas de calcário do estado de Minas Gerais, tornando-os grandes produtores de calcário no cenário nacional (RIBEIRO et al, 2008).

Diante disso, as atividades econômicas na região se deparam às riquezas do patrimônio geológico, geomorfológico, espeleológico, biológico e hidrográfico, de grande relevância nacional. Tais interesses acabam por lançar a degradação ambiental como realidade e alvo de preocupações na referida área. Por tais motivos, inúmeros autores propõem uma intervenção positiva na região cárstica, no intuito de viabilizar planos de ações que levem em consideração a preservação e o melhor manejo da área.

- Formação Samburá

Esta unidade ocorre ao redor do Sistema de Empurrões de Piumhi, cujos processos a empurraram sobre os calcários da Formação Sete Lagoas. Na área de estudo, a Formação Samburá é formada por conglomerados polimíticos e pelitos. Em contrapartida ao que coloca Alkmim e Martins-Neto (2001), sobre o pertencimento desta unidade ao Grupo Bambuí, Ribeiro et al (2008) consideram que a Formação Samburá é desvinculada do referido grupo. Sobre essa questão, não será apresentada maiores discussões, pois não é o foco do trabalho. O importante a se analisar, nesse caso, são as influências e implicações geomorfológicas da Formação sobre a distribuição do relevo na área de estudo.

Conforme Ribeiro et al. (2008) a área da Formação Samburá recobre os calcários da Formação Sete Lagoas ao longo de uma falha reversa ou empurrão, além de ser limitada por empurrões basais (Foto 3).

Foto 3: Serra de Piumhi ao fundo e a superfície da Formação Samburá na base.



Autora: MARTINS, 2011.

- Sistema de Empurrões de Piumhi

O Sistema de Empurrões de Piumhi é constituído por uma lasca tectônica (lente de rochas truncadas) de tipo greenstone belt e granitoides com diferentes graus de metamorfismo. Um greenstone belt corresponde a um cinturão de rochas verdes, o que deu nome à estrutura na região como Greenstone Belt de Piumhi, também conhecida como Maciço ou Serra de Piumhi. Além disso, a região de empurrões é composta pelo conjunto talco, xisto e serpentinito, que ocorrem no canto sudoeste da Folha Piumhi; pela sucessão de *wackes*, arenitos e pelitos turbidíticos, que recobrem a faixa greenstone belt e encontra-se empurrada sobre a Formação Samburá, a sul da cidade de Piumhi; além da Serra da Mamona, formada por pelito carbonoso, formação ferrífera e quartzitos, que ocorre em pequena área dentro da Folha Piumhi, no Sistema de Empurrões (RIBEIRO, et al., 2008).

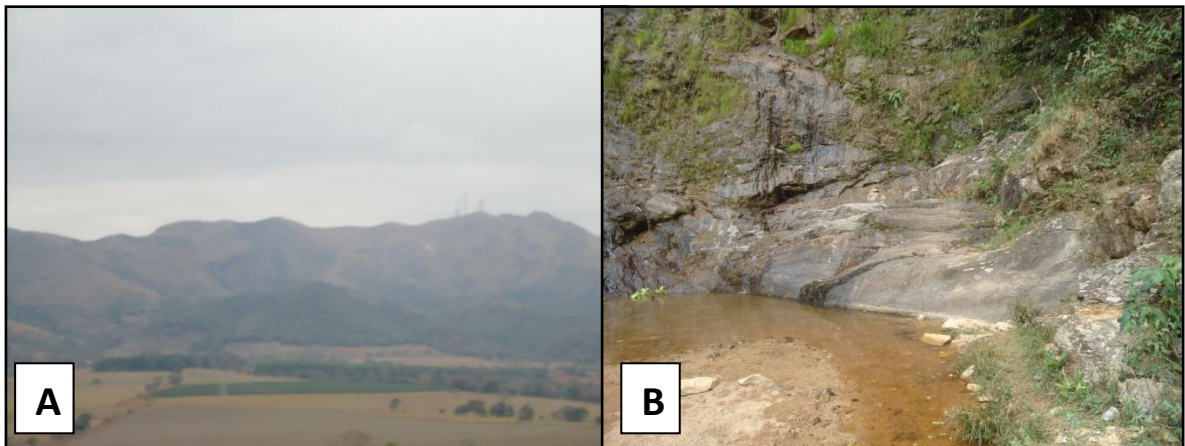
De acordo com Valeriano et al. (2004), o Sistema de Empurrões, chamado pelos autores como Sistema de Cavalgamentos Ilicínea-Piumhi, recobre as rochas do Grupo Bambuí, assim como



afirmam Ribeiro et al (2008). Constitui-se como um pacote tectonicamente dobrado que engloba numerosas escamas de empurrão (sobreposição de falhas). Valeriano et al (2004) classificam as rochas que formam a zona de empurrão em seis unidades litológicas principais:

a) Sequência Serra da Boa Esperança: unidade metassedimentar; b) Xisto Costas: escama tectônica empurrada sobre rochas do Grupo Bambuí; c) Associação granito-greenstone: ocorre como lentes tectônicas; d) Unidade Turbidítica: predominam turbiditos; e) Rochas meta-ultramáficas cromitíferas: ocorrem ao longo da superfície de cavalgamento que recobre a Unidade Turbidítica; f) Unidade Serra da Mamona. A Foto 4 a seguir representa o Maciço de Piumhi, constituído por meio do Sistema de Empurrões, além do afloramento rochoso na unidade Serra da Mamona.

Foto 4: A) Maciço de Piumhi, B) Cachoeira da Belinha, Unidade Serra da Mamona.



Autora: MARTINS, 2011.

- Depósitos Cenozoicos

Nos limites da Folha Piumhi são identificados dois tipos de depósitos de provável idade cenozoica. O primeiro deles é considerado como sedimentos semilitificados, situados a sudoeste do Distrito de Vila Costina, sobreposto à Formação Samburá (RIBEIRO et. al., 2008).

O segundo refere-se aos depósitos aluvionares, recorrentes nos cursos d'água mais importantes da região. Estes possuem características de sedimentos não-litificados, constituindo-se por depósitos fluviais cascalhosos, arenosos e lamosos. Os mais significativos são os depósitos do rio São Francisco a sudoeste de Lagoa da Prata, que chegam a possuir profundidades métricas (RIBEIRO et. al., 2008) (Foto 5) (Mapa 2).

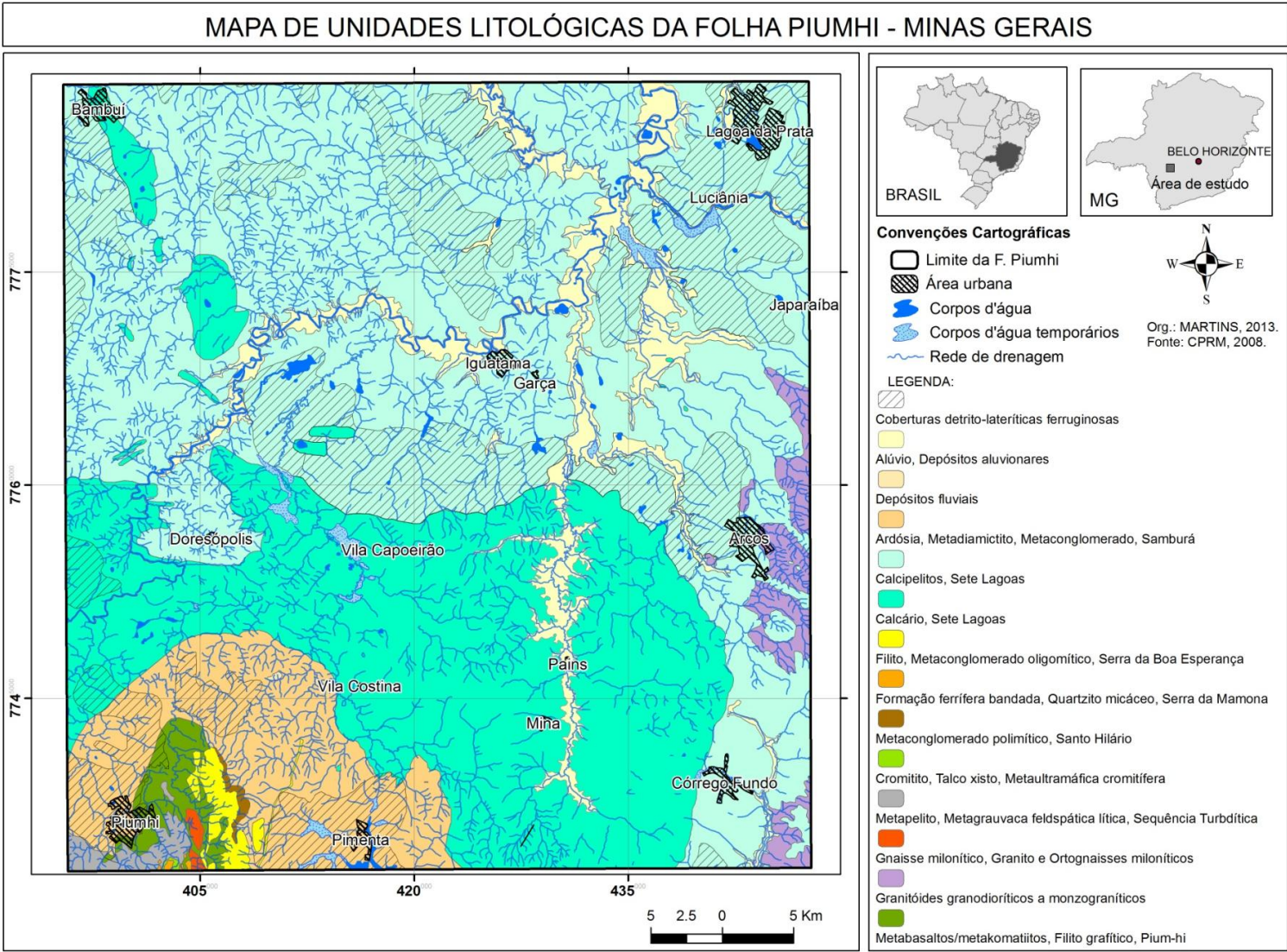
Foto 5: Sedimentos inconsolidados na planície aluvial do rio São Francisco, próximo a Lagoa da Prata.



Autora: MARTINS, 2011.

Além disso, têm-se as Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas que são representadas no mapeamento geológico de Minas Gerais da CPRM, podendo ser observadas em campo. Elas recobrem grande parte da região de estudo, associadas às áreas de topos.

Mapa 2: Geologia da Folha Piumhi.



Org.: MARTINS, 2012.

#### 4.3.Contexto climático e hidrológico

A área de estudo faz parte da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, cujas nascentes localizam-se na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e a foz acontece no Oceano atlântico, na região nordeste do Brasil.

Conforme Patrus et al. (2001), da área total da bacia hidrográfica, 37% estão alojadas no estado de Minas Gerais, 46,5% na Bahia, 16% englobam os estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe, e somente 0,5% ocorrem em Goiás e Distrito Federal. Conforme as características físicas do perfil longitudinal do São Francisco e seus afluentes, a bacia foi subdividida em quatro grandes parcelas (PLANVASP, 1989 apud PATRUS et al., 2001):

- Alto São Francisco: engloba as nascentes até a cidade de Pirapora/MG.
- Médio São Francisco: corresponde à região que vai de Pirapora até o lago de Sobradinho, próximo a Remanso, na Bahia.
- Submédio São Francisco: constitui-se a partir de Remanso até Paulo Afonso na Bahia.
- Baixo São Francisco: vai de Paulo Afonso até a Foz, na divisa de Sergipe com Alagoas.

Diante dessa classificação, a área de estudo está inserida no Alto São Francisco, cujo rio corta a Folha Piumhi no sentido SO/NE. Por ser uma bacia de grande extensão, a região do São Francisco apresenta enorme variabilidade no que diz respeito às suas características hidroclimatológicas. O Alto São Francisco, por exemplo, apresenta uma precipitação média anual de 1700 mm, enquanto que algumas áreas do Submédio São Francisco correspondem a 400 mm por ano (PATRUS et al., 2001).

Situada em área tropical brasileira, o estado de Minas, e consequentemente, a região do Alto São Francisco, encontra-se sob o domínio do sistema semi-estacionário Anticiclone



Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) durante todo o ano. Trata-se de um sistema com elevado grau de umidade e altas temperaturas, porém com condições de estabilidade atmosférica, que definem a sazonalidade climática de tal região. No verão, atua sobre a parte leste do continente, e no inverno, intensifica sua atuação no continente, impedindo a formação de nebulosidade, e logo, impede a ocorrência de precipitações (PATRUS, et al., 2001). Neste sentido, a área de estudo apresenta um regime estacionário marcado por duas estações bem definidas, uma quente e úmida, e outra seca.

De acordo com o IBGE (2002) o clima assim caracterizado corresponde ao Tropical do Brasil Central. No que diz respeito à classificação de Köppen o clima da área se encaixa no tipo Cwa, mesotérmico, com verões chuvosos e quentes, e invernos secos e brandos. Este tipo climático indica que a temperatura média do mês mais quente é sempre superior a 22°C, e a temperatura média do mês mais frio é sempre inferior a 18°C.

## CAPÍTULO 5



*"Tuas Montanhas são pretos de ferro  
Que se erguem da pátria alcantil  
Nos teus ares suspiram serestas  
És altar deste imenso Brasil"*

## 5. RESULTADOS

Os resultados são apresentados em função da sequência de elaboração do mapeamento geomorfológico. Inicialmente, foi construído o esboço geomorfológico a partir dos dados litológicos e derivação do MDE, tendo sido definidas as diferentes gêneses e idades, bem como a nomenclatura para cada Unidade Morfoestrutural e Morfoescultural. Em seguida, apresenta-se o tópico sobre as unidades geomorfológicas de acordo com cada Unidade Morfoescultural, no qual são descritos e analisados os principais aspectos e implicações morfológicas, bem como, os modelados ou padrões de formas semelhantes, os tipos de formas e a influência estrutural.

### 5.1.Mapeamento geomorfológico

#### 5.1.1. *Compartimentação Morfoestrutural e Morfoescultural*

Diante da metodologia proposta, o primeiro passo para a realização do mapeamento geomorfológico da área de estudo corresponde à realização do trabalho de campo para reconhecimento. O segundo momento equivale, portanto, à elaboração do esboço geomorfológico, como um elemento norteador do mapeamento e das pesquisas a serem realizadas.

Neste sentido, por meio da análise qualitativa do relevo, com a utilização da base geológica da área (tipos litológicos, idade), a interpretação visual da imagem de satélite (Landsat 5 TM) e imagens de relevo sombreado; e também através da análise quantitativa, com a utilização de

informações hipsométricas e clinográficas; foram delimitadas as unidades homogêneas de relevo, tendo como base as concepções de morfoestrutura e morfoescultura.

Os aspectos estruturais revelam que a região pertence em sua maioria ao Cráton do São Francisco, considerado aqui como um complexo morfoestrutural, constituído na área de estudo pela sua respectiva bacia de sedimentação e pelo embasamento. Além disso, ocorre na região uma zona de influência da Faixa de Dobramentos Brasília, denominada Sistema de Empurrões de Piumhi. Deste modo, a área se divide em dois grandes domínios morfoestruturais: o Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramentos Brasília.

Em relação à análise da idade dos diferentes tipos litológicos existentes, pode-se classificá-los em três grupos: a) idade Arqueana: granitoides do Embasamento, unidades metamórficas do Sistema de Empurrões; b) idade Proterozoica (Médio e Superior): metaconglomerados (Formação Samburá), rochas calcárias e calcipelitos (Formação Sete Lagoas); c) idade Fanerozoica (Cenozoico): depósitos aluvionares. Já a cronologia do relevo não é necessariamente a mesma das rochas ou das deformações que o sustenta, uma vez que os principais traços da topografia foram esculpidos em tempos geológicos mais recentes, grande parte durante o Terciário (PENHA, 2007; ROSS, 1995).

As classes hipsométricas, representadas tanto em mapas temáticos quanto em perfis topográficos, são importantes por favorecerem a delimitação das unidades morfoesculturais, tais como os planaltos, planícies, depressões, etc.; cabendo às mesmas, a definição dos limites entre um compartimento e outro. Além disso, analisa-se os desníveis topográficos da região de estudo, os quais demonstram o caimento do relevo, os padrões topográficos predominantes e as dimensões interfluviais. Neste sentido, foram obtidos através da derivação do MDE os valores altimétricos da Folha Piumhi, que demonstraram uma amplitude de 640 m, com a cota mais alta equivalente a 1.280 m, situada na Serra de Piumhi, sudoeste da área. A menor cota encontra-se no vale do rio São Francisco, em grande parte de seu curso à jusante, com 640 m.

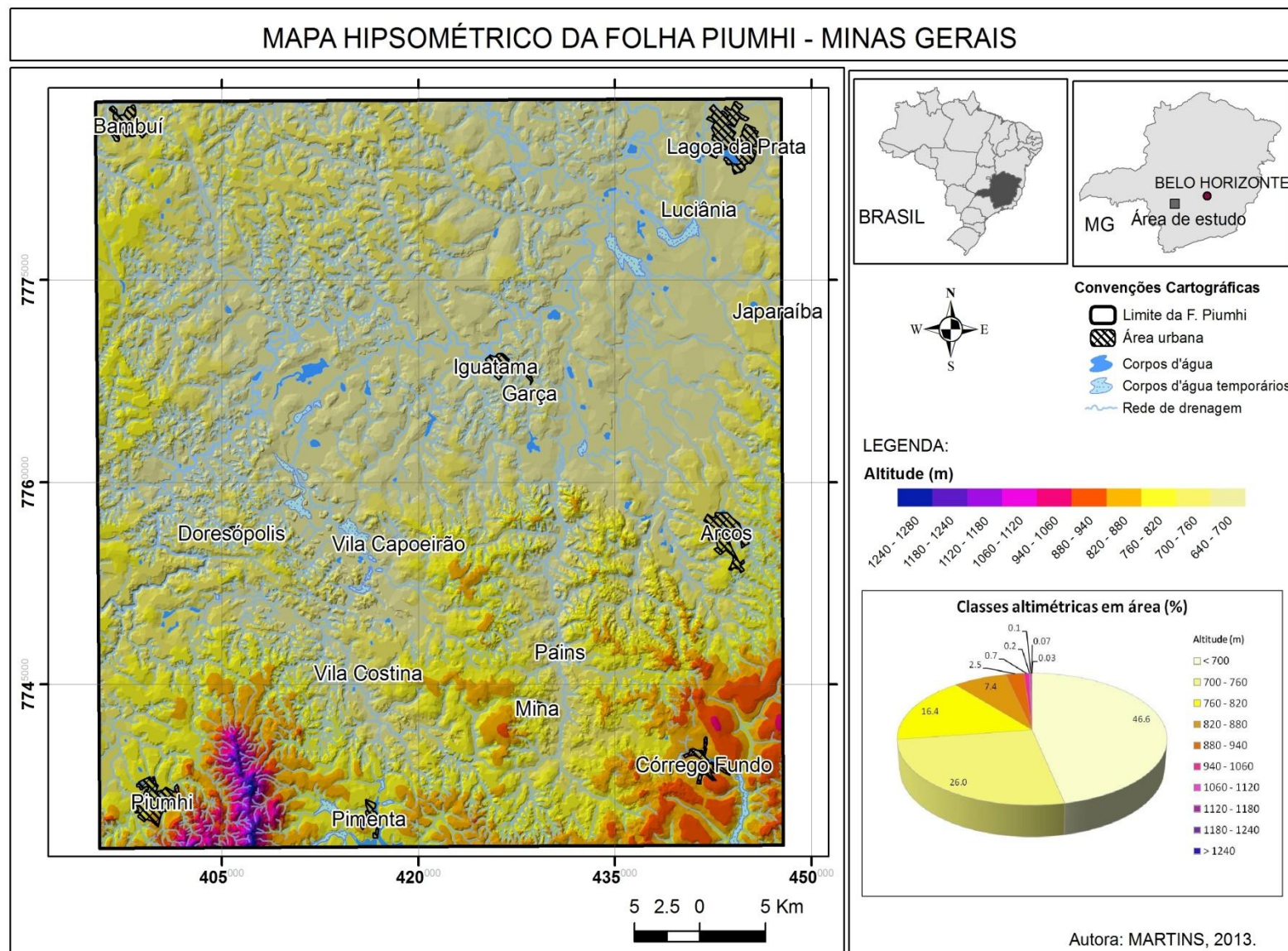


Tal padrão topográfico indica um caimento do relevo em direção ao interior do Cráton do São Francisco, o mesmo ocorre em relação à bacia sedimentar homônima, em sentido SO-NE. Predominam, assim, as altitudes menores que 760 m. O Mapa 3 demonstra as classes hipométricas da área, bem como o gráfico com a distribuição em área de cada classe.

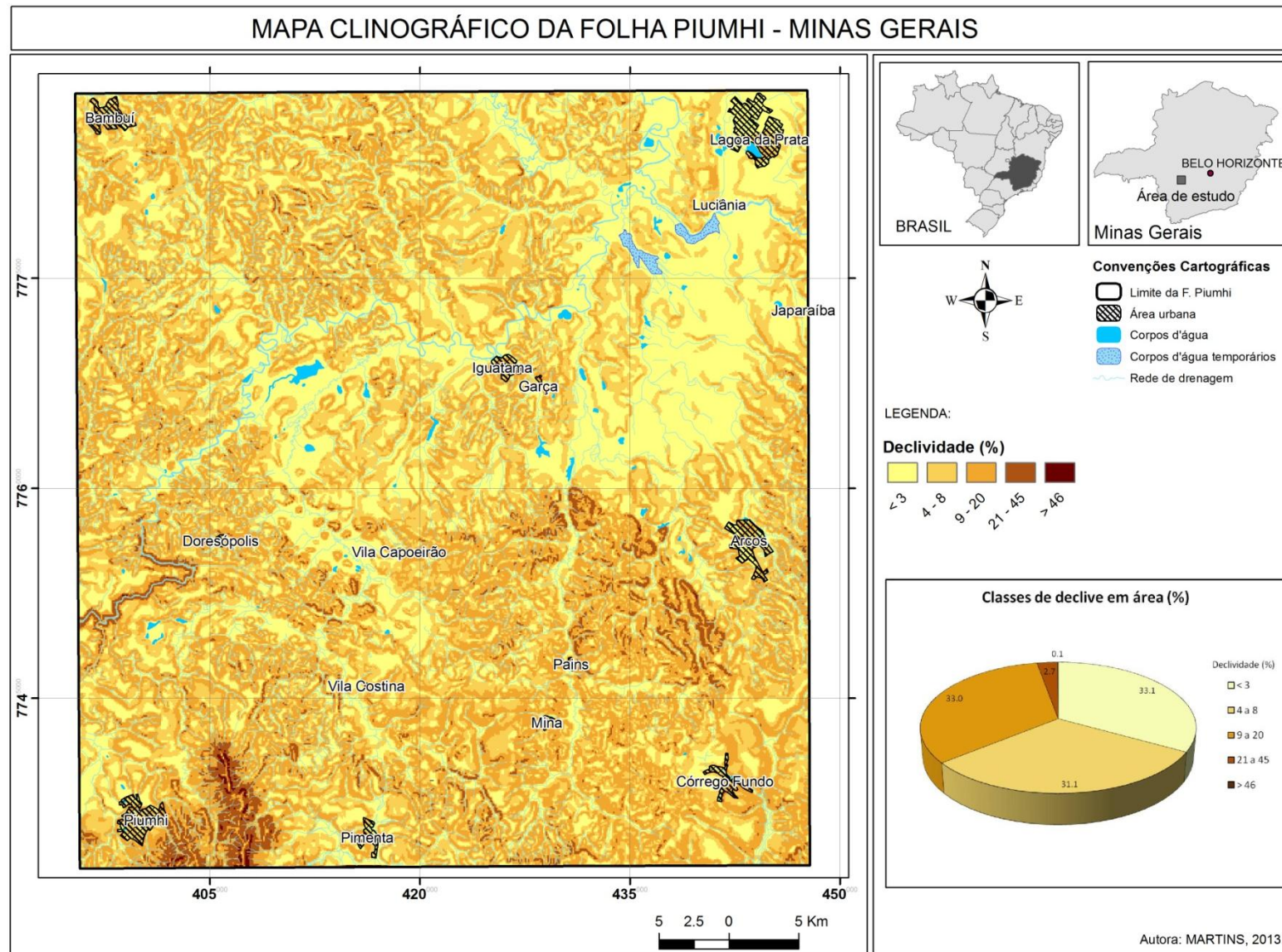
No que se refere às classes de declive, estas também podem auxiliar a definição de diferentes compartimentos, porém, são mais utilizadas em escala de detalhe, para definição das características de vertentes e suscetibilidade a processos geomorfológicos diversos, como erosão e movimentos de massa, além das aptidões agrícolas, restrições de uso e ocupação urbana, entre outros. No caso deste trabalho, a carta clinográfica serviu como base para a identificação de áreas serranas, planícies, planaltos tabulares e/ou dissecados, com maior propriedade.

Os intervalos dos declives, baseados na classificação da EMBRAPA (2006), em relação à área ocupada, demonstram que o relevo se mantém, em sua maioria, dentro do intervalo de 0-20% de declividade (área superior a 90% do total), indicando um padrão topográfico que varia de plano, suave ondulado a ondulado. Em algumas áreas, como nas encostas da Serra de Piumhi, nos maciços calcários da Província Cárstica e no Canyon do Rio São Francisco, são encontrados declives entre 20 e 45%, indicando um relevo movimentado, com forte inclinação. As declividades acima de 45% são raras, ocorrem principalmente próximas aos topos da Serra de Piumhi e em alguns pontos isolados na zona de maciços calcários, revelam uma topografia com grande desnivelamento, mas não chega a constituir-se um relevo montanhoso. A declividade máxima não ultrapassa 70%. (Mapa 4).

Mapa 3: Hipsometria da área de estudo.



Mapa 4: Declividade da área de estudo.



Dentro do complexo morfoestrutural do Cráton do São Francisco, diante das características de gênese, idade e tipos litológicos, foram definidas três unidades morfoestruturais distintas, e mais a unidade dos Depósitos Aluvionares. Tais unidades e os seus respectivos compartimentos morfoesculturais, definidos a partir da análise da imagem de satélite e MDE; bem como a gênese predominante, são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7: Síntese das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais.

<i><b>Domínio Morfoestrutural</b></i>	<i><b>Unidade Morfoestrutural</b></i>	<i><b>Idade</b></i>	<i><b>Gênese</b></i>	<i><b>Unidade Morfoescultural</b></i>
Cráton do São Francisco	Depósitos Aluvionares Cenozoicos	Fanerozoico – Era Cenozoica	Relevos Agradacionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planície Aluvial do São Francisco</li> <li>Planície Aluvial do São Miguel</li> <li>Planície Aluvial do Rio Santana</li> <li>Planície Aluvial do Rio Preto</li> <li>Planície Aluvial do Rio Bambuí</li> <li>Outras Planícies</li> </ul>
	Bacia Sedimentar do São Francisco	Proterozoico Médio e Superior	Relevos Dissecados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planalto Dissecado de Bambuí</li> <li>Planalto Dissecado de Piumhi-Pimenta</li> <li>Planalto Tabular de Lagoa da Prata</li> </ul>
			Relevos Fluvio-cársticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planalto Fluvio-cárstico de Doresópolis-Iguatama</li> </ul>
			Relevos Cársticos	Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis: <ul style="list-style-type: none"> <li>Planalto Cárstico Leste do São Miguel</li> <li>Planalto Cárstico Oeste do São Miguel</li> <li>Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos</li> <li>Planalto Cárstico do São Francisco</li> </ul>
	Embasamento	Arqueano	Relevos Dissecados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planalto Dissecado de Arcos – Córrego Fundo</li> </ul>
Faixa de dobramentos Brasília	Sistema de Empurrões	Fanerozoico – Era Paleozoica	Relevos Estruturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Serra de Piumhi</li> </ul>

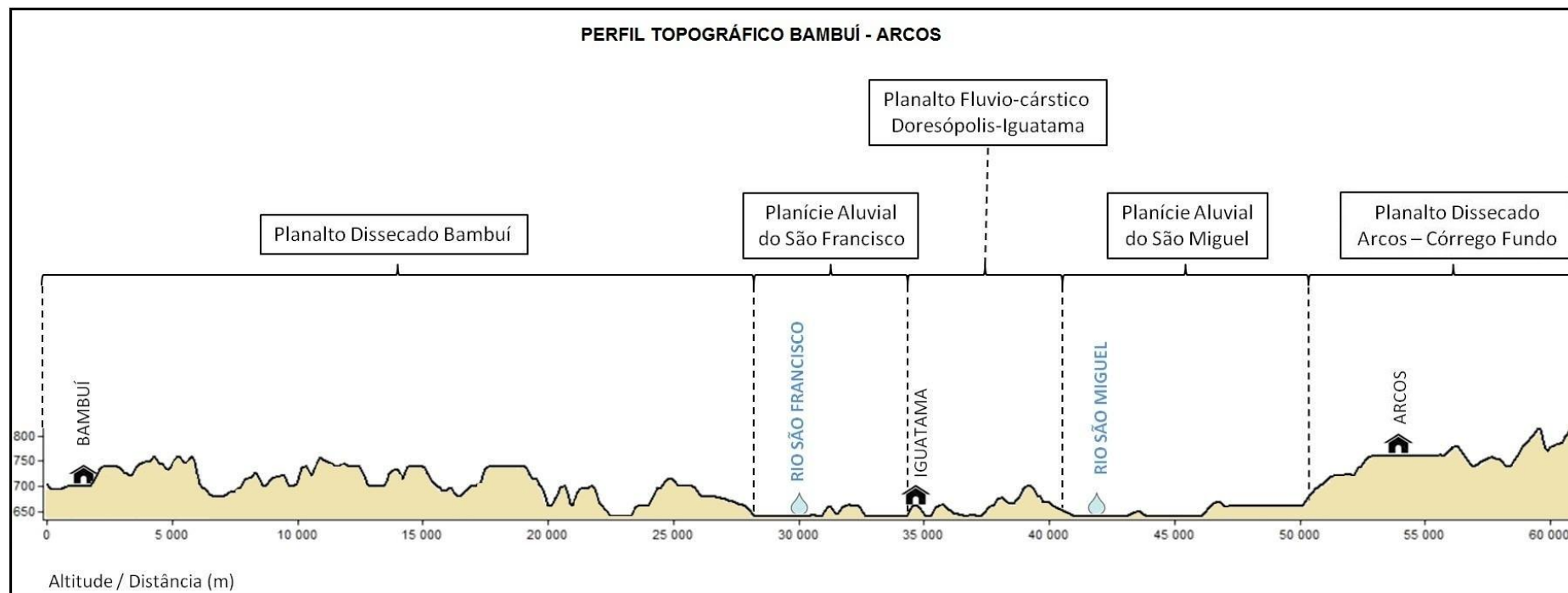
Org.: MARTINS, 2012.



A partir dessa classificação, torna-se mais clara a elaboração do esboço geomorfológico. Entretanto, cabe ressaltar que os critérios geomorfológicos levam em consideração diversos outros parâmetros, definidos pela atuação climática pretérita e atual sobre a estrutura. Por esse motivo, muitas vezes, as unidades homogêneas, apesar de possuírem estruturas diferentes, encaixam-se no mesmo nível genético, e por vezes, a mesma unidade apresenta dois ou mais tipos litológicos. Ademais, a classificação genética em Relevos Agradacionais, Relevos Dissecados, Relevos Estruturais, Relevos Cársticos e Relevos Fluvio-cársticos, foi definida em função da origem, da idade e do tipo litológico, em dependência da característica predominante.

Os perfis topográficos “Bambuí – Arcos” e “Piumhi – Lagoa da Prata”, representados nas Figuras 16 e 17, respectivamente, demonstram mais claramente a compartimentação topográfica da área, capaz de indicar a localização, altitude, dimensão interfluvial e aprofundamento dos vales. No Mapa 5, na sequência, visualiza-se os compartimentos morfoestruturais e as unidades homogêneas definidas nesta etapa da dissertação. Foram acrescentadas informações a respeito dos lineamentos estruturais (etapa realizada após o delineamento das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais) ao Mapa, para observação dos limites de algumas unidades, nitidamente separadas por falhas, como é o caso da Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis. Estes aspectos serão mais bem tratados nos itens específicos de cada unidade geomorfológica.

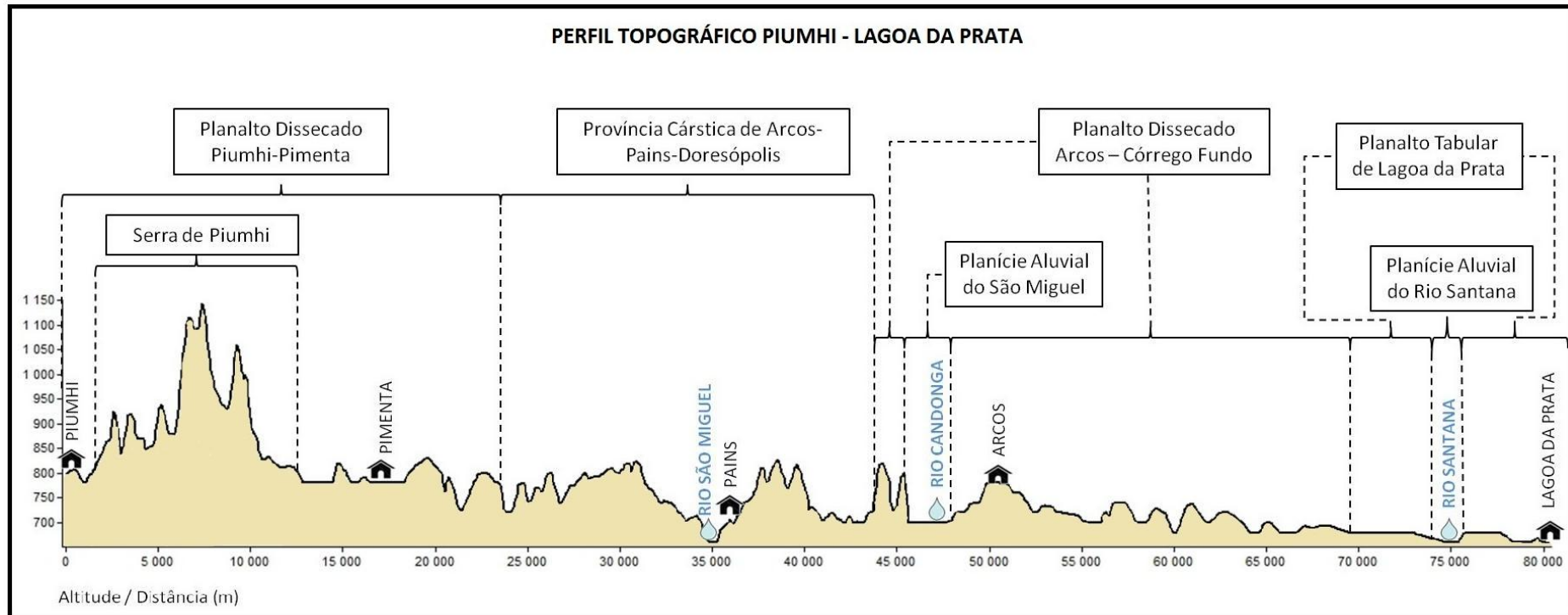
Figura 16: Perfil Topográfico Bambuí – Arcos.



Org.: MARTINS, 2013.

Neste perfil, inicia-se o transecto na cidade de Bambuí, noroeste da área, passando pelo Planalto Dissecado de Bambuí, cuja altitude média é 750 m. Observa-se um forte entalhamento dos vales, que se aproximam dos 700 m, e que demonstram um padrão de relevo suave ondulado a ondulado, com ocorrência de topos planos, em geral, associados às coberturas detrítico-lateríticas do Cenozóico. Passa-se pelo vale do rio São Francisco, que não ultrapassa a altitude de 650 m, com padrão de relevo plano, caracterizando a extensa Planície Aluvial do rio. Em Iguatama, começa o Planalto Fluvio-cárstico, com altitude média de 700 metros e padrão ondulado. Na sequência, passa-se pela Planície Aluvial do São Miguel, também a cerca de 650 metros, que limita-se com o Planalto Tabular de Lagoa da Prata, já na cidade de Arcos, caracterizado pela ocorrência de amplos topos planos e presença de material detrítico-laterítico. Por fim, traça-se o Planalto Dissecado de Arcos – Córrego-Fundo a leste, associado ao Embasamento do Cráton, com topos que alcançam os 800 m, com vales bem encaixados e padrão suave ondulado a ondulado.

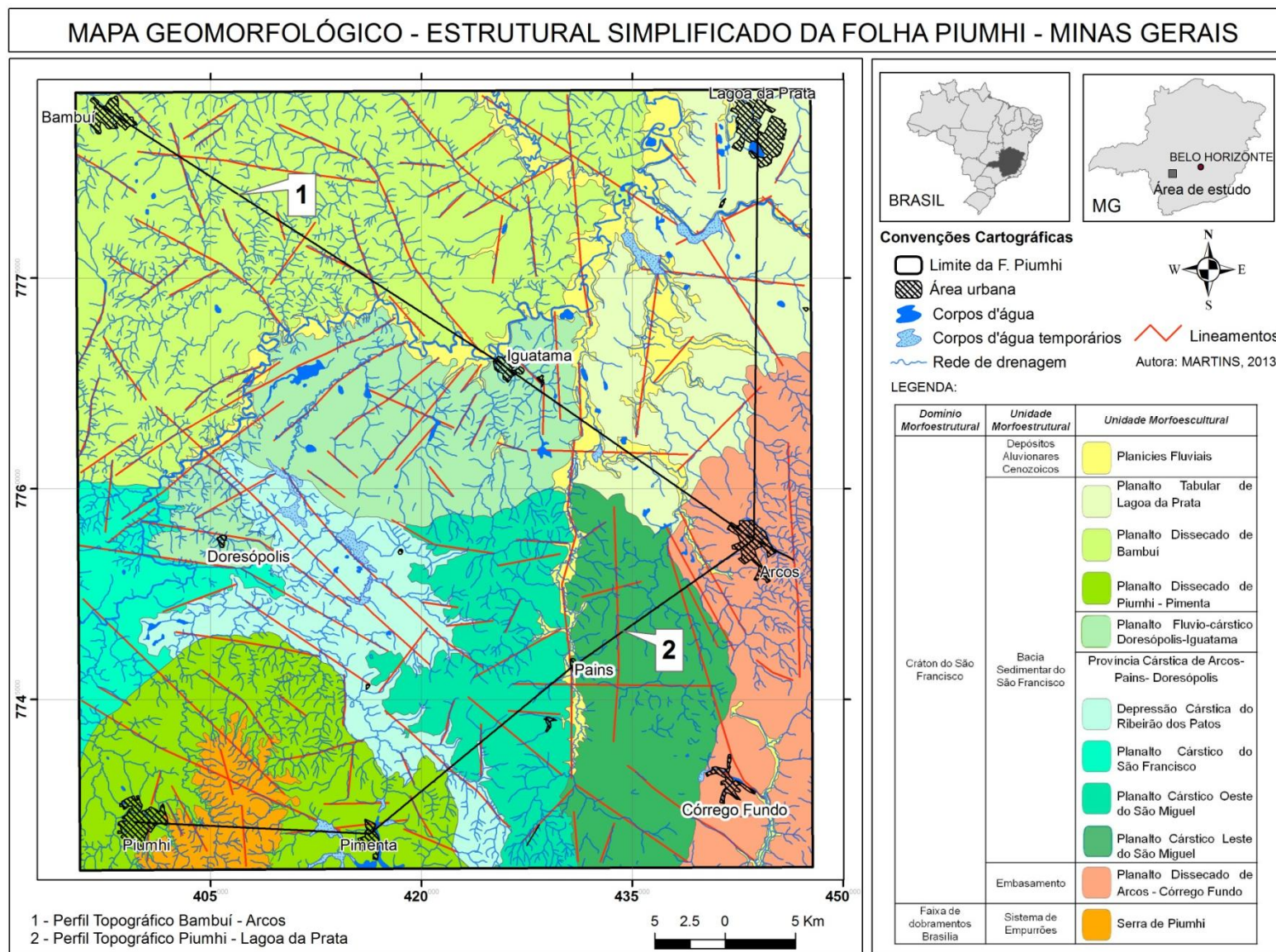
Figura 17: Perfil Topográfico Piumhi – Lagoa da Prata.



Org.: MARTINS, 2013.

O perfil de Piumhi – Lagoa da Prata inicia-se na primeira cidade à cerca de 800 m de altitude no Planalto Dissecado de Piumhi - Pimenta, localizada próxima a Serra de Piumhi, que alcança 1200 m, com índice de declividade indicando um relevo forte ondulado a montanhoso. Logo, passa-se por Pimenta, em continuação ao Planalto Dissecado já citado, o qual representa uma variação topográfica plana, suave ondulado a ondulado, em alguns locais. Este Planalto limita-se à Província Cárstica de Arcos – Pains – Dorésópolis, com topografia variada devido à intercalação dos maciços calcários com vertentes abruptas e as colinas suavemente onduladoas. Atravessa-se a Planície Aluvial do São Miguel, representada por um importante afluente, o rio Candonga, limitando-se ao Planalto Dissecado Arcos – Córrego Fundo, cujas cotas iniciam-se a aproximadamente 700 m de altitude. Além disso, tem-se a Planície Aluvial do Rio Santana, próxima à cidade de Lagoa da Prata.

Mapa 5: Esboço Geomorfológico – Estrutural da Folha Piumhi.





### 5.1.2. Unidades Geomorfológicas

Após o delineamento das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais, passou-se para a elaboração das unidades morfológicas (ou padrões de formas semelhantes) e tipos de formas de relevo. Para tal, foi criado o arquivo de Densidade de drenagem (Dd) que leva em consideração o comprimento dos canais pela unidade de área, calculados em km/km<sup>2</sup>; bem como, foram delineados os segmentos estruturais (lineamentos) que representam falhas, vales de fratura e cristas alinhadas, no intuito de indicar o controle estrutural do relevo.

Neste sentido, a área de estudo apresenta um índice de Dd que varia de < 0,8902 a 3,493 km/km<sup>2</sup>, sendo variável a sua distribuição ao longo da região. A classificação de tais índices baseou-se na quebra de valores naturais, cujos intervalos são determinados automaticamente pelo aplicativo ArcMap. Portanto, foram determinadas quatro classes: a primeira (0 – 0,8902) correspondente a Muito Baixa Dd; a segunda (0,8903 – 1,432) como Baixa; a terceira (1,433 – 2,007) como Média e a quarta (2,008 – 3,493) como Alta, não tendo sido encontrada a classe Muito Alta; sendo que as mesmas foram comparadas com as imagens padrão do IBGE (2009).

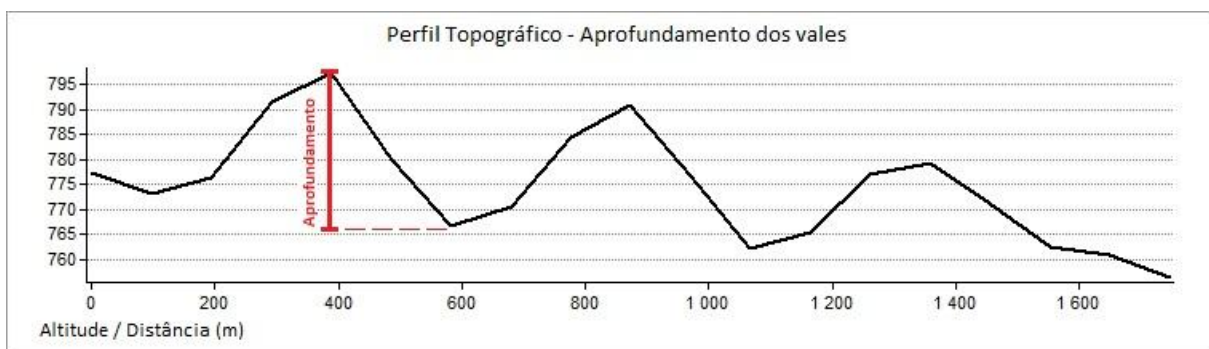
Assim, alguns aspectos podem ser destacados com relação às zonas de ocorrência dos diferentes índices de Dd. O primeiro deles refere-se à ocorrência dos lineamentos estruturais, os quais foram traçados sobre as imagens de sombreamento e sobrepostos ao arquivo de Dd. É possível observar que as áreas de maior Dd são traspassadas por lineamentos que ora estão nas bordas de tais zonas, ora seccionam o centro das áreas, bem como, as maiores densidades de lineamentos (DI) sobrepõem os locais com maior Dd. Enquanto que nas áreas de menor Dd, a ocorrência de lineamentos é menos observável. Tais condições estabelecem uma relação

relevante entre o padrão de drenagem e a ocorrência de lineamentos, como sendo indicativo para o controle estrutural na área.

O segundo aspecto a ser observado considera a distribuição em área das classes de Dd, uma vez que, as zonas de Alta Dd ocupam 14,4% da área total, enquanto que a Média e Baixa Dd relatam 30,8% cada uma, cabendo à classe Muito baixa a ocorrência de 24%. Tais números demonstram que a região possui uma Dd pouco elevada, em função de diferentes fatores, que podem ser: presença de área cárstica, com existência de drenagem subterrânea; região de planalto tabular com pouca ocorrência de canais fluviais e largos interflúvios; padrões de relevo com baixa a média rugosidade; tipos litológicos com maior índice de infiltração (Mapa 6).

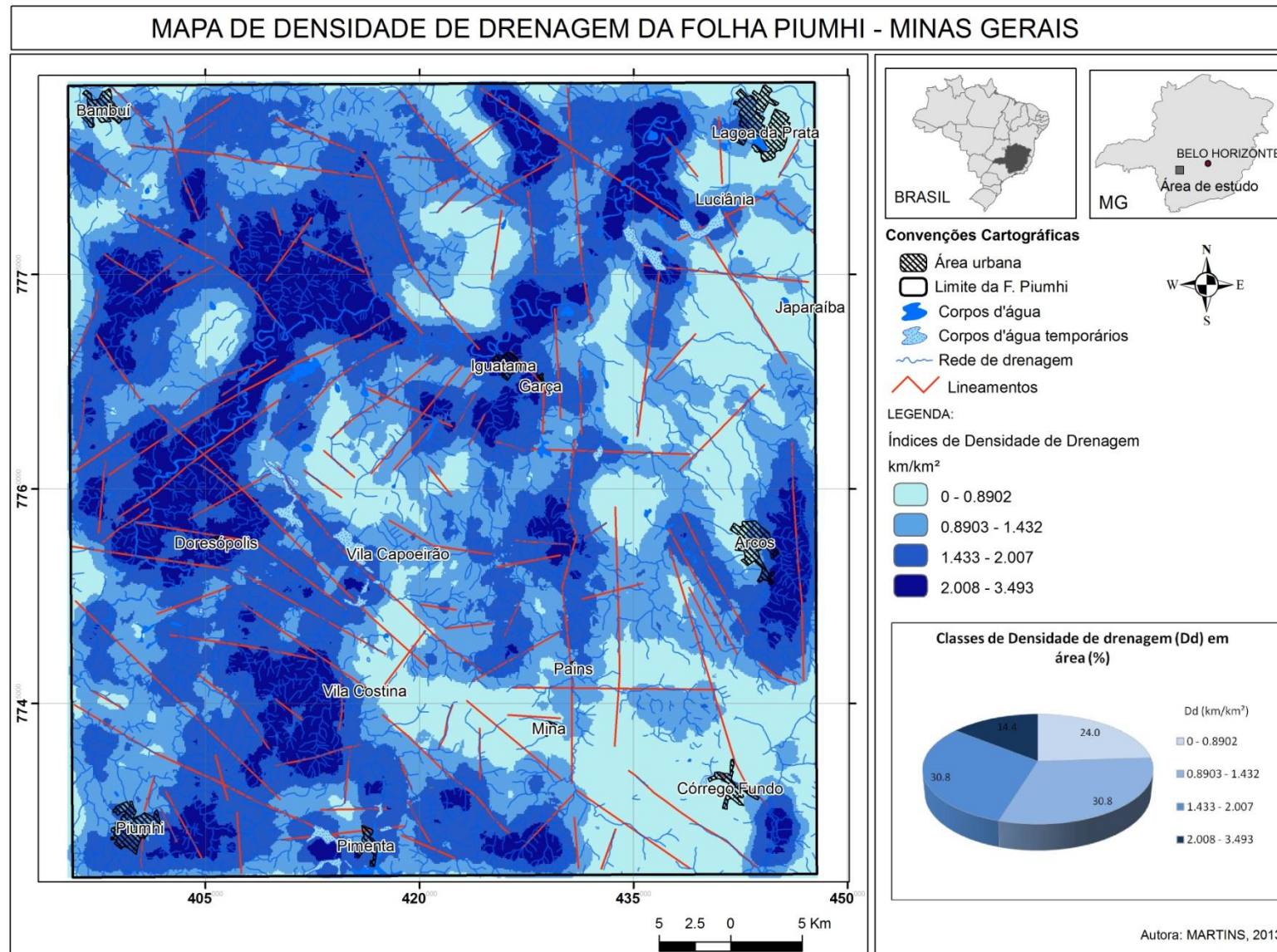
No que se refere ao mapeamento geomorfológico, as classes de Dd completam a nomenclatura das unidades homogêneas de relevo, precedidas do valor numérico correspondente ao aprofundamento dos vales, que foi determinado a partir da análise de perfis topográficos ao longo das diferentes zonas de Dd. Deste modo, a figura a seguir demonstra um perfil topográfico extraído de uma área com Alta densidade de drenagem, sendo estipulado o valor de aprofundamento dos vales de acordo com a média das ocorrências. O mesmo foi traçado perpendicularmente aos canais (Figura 18):

Figura 18: Exemplo de Perfil Topográfico demonstrando o aprofundamento dos vales.



Org.: MARTINS, 2013.

Mapa 6: Densidade de drenagem da área de estudo.



Em relação ao contexto estrutural da área de estudo, cabe ressaltar novamente, conforme Saadi (1993), que a borda oeste do Cráton do São Francisco, que engloba a região de Piumhi, sofreu reativação tectônica durante o Cenozoico. As características estruturais na região ocorrem em função da proximidade da área de estudo com as bordas do Cráton do São Francisco, que circundado pela Faixa Brasília a oeste, esteve mais vulnerável às suas movimentações. Quanto maior a proximidade do interior do Cráton, menores são as ocorrências de falhamentos.

A região é contemplada por uma Zona de Cisalhamento denominada Descontinuidade Crustal do São Francisco, cujas atividades ocorreram desde o Pré-cambriano até o Quaternário, portanto, a área possui desde falhamentos antigos até os mais recentes. Além disso, com base em Saadi (1991), Dias e Velásques (2002) ao estudarem a hidrologia do rio São Miguel, afirmam sobre a existência do Graben de Arcos, cuja estrutura favoreceu a instalação do canal do rio Candongas, afluente da margem direita do primeiro rio. Saadi (1993) também fala do Graben de Doresópolis, ambos gerados no início do período Quaternário.

Ainda sobre o vale do rio Candonga, o surgimento do graben elevou as rochas da Província Cárstica, representada pelos maciços calcários, a oeste; e as rochas do Embasamento a leste. No que se refere ao canal do rio São Miguel, nota-se a existência de uma longa linha de falha na direção N-S, cuja estrutura separou a Província Cárstica em dois compartimentos distintos, conforme será descrito em item específico. Observa-se dolinas e uvalas (preenchidas ou não por água) e outras feições cársticas específicas alinhadas em função de lineamentos estruturais, pois essas áreas representam condições propícias ao desenvolvimento do carste, implicando em planos de fraqueza nos quais a água tem facilidade de atuação.

Próximo à Lagoa da Prata, onde há uma falha denominada “Campos Altos – Lagoa da Prata”, cujas características indicam um abatimento estrutural, observa-se a convergência de três

canais para a mesma área em comum, o rio Bambuí, o rio Santana e o rio Preto, os quais deságuam no rio São Francisco.

Outra feição de destaque é o Canyon do São Francisco, cuja morfologia está relacionada à ocorrência de linha de falha, permitindo a suposição de que houve um maior aprofundamento do rio a montante, que ao entalhar as rochas calcárias formou paredões rochosos escarpados em ambas as margens.

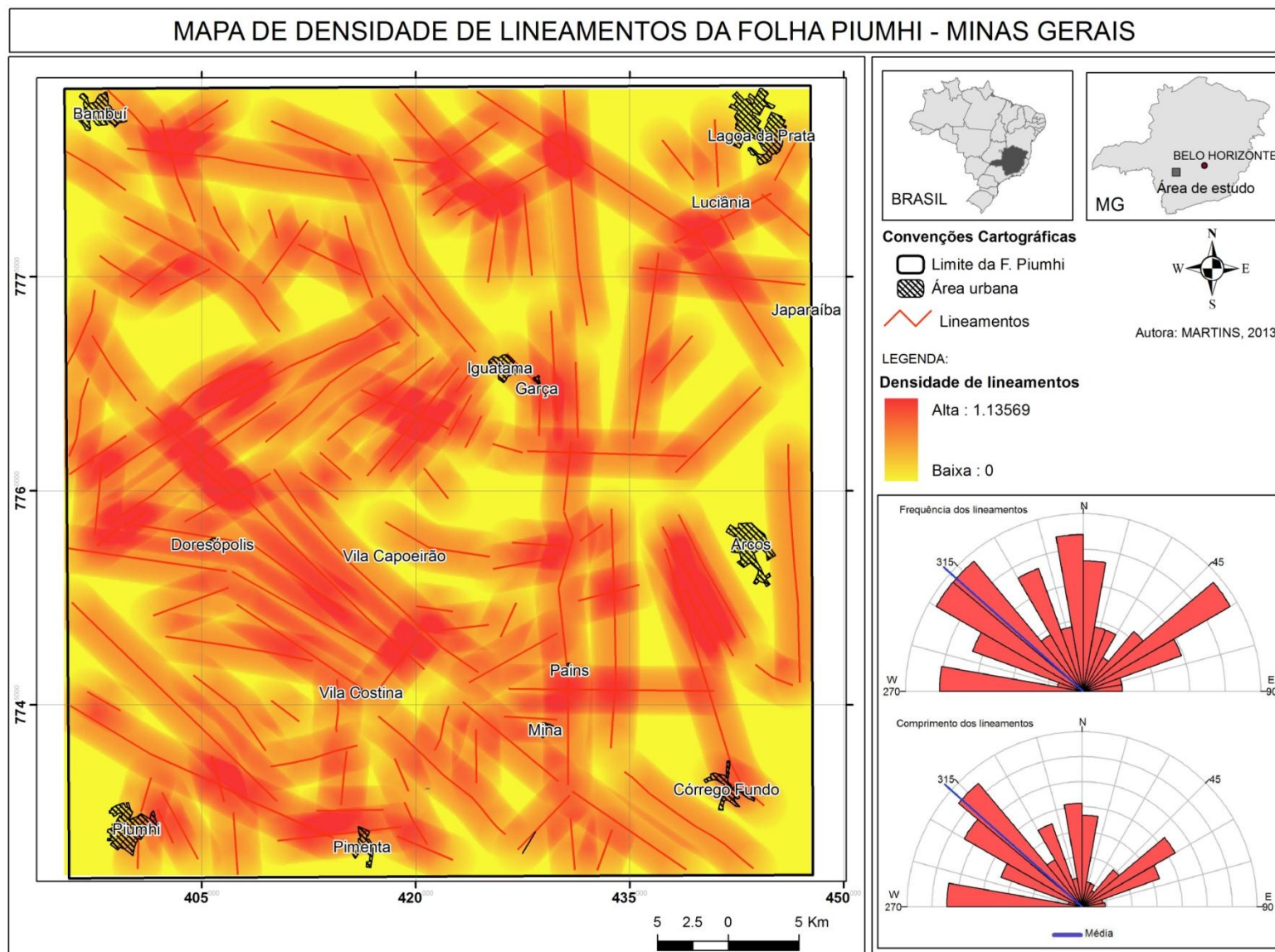
Diante disso, considera-se que os canais fluviais, em geral, adaptaram-se à direção das falhas e fraturas, conferindo ao relevo regional um controle estrutural que vem sendo conduzido desde o Pré-Cambriano até o período Quaternário, conforme afirmam outros autores, entre os quais, Alkmim e Martins-Neto (2001) e Saadi (1993).

Para ampliar o reconhecimento de tais estruturas na Folha Piumhi, foram realizadas duas análises estatísticas em relação aos lineamentos estruturais: a densidade de lineamentos (DI) e o diagrama de roseta para identificar as direções preferenciais.

O Mapa de DI (Mapa 7) demonstra uma variação de 0 a 1,13569 km/km<sup>2</sup>, com os maiores índices concentrados no setor oeste da Folha Piumhi. Os diagramas de roseta, que representam a frequência dos lineamentos e o comprimento dos mesmos, refletem a tendência de direcionamento para NW, em conformidade com a literatura sobre a área. A maior parte dos lineamentos encontra-se em tal direção, bem como aqueles com os maiores comprimentos, os quais delineiam deformações em escala regional, afetando as estruturas geológicas e os modelados do relevo. Diante do exposto, inicia-se a descrição e análise das unidades geomorfológicas mapeadas, seguidas pela representação do Mapa Geomorfológico da Folha Piumhi.



Mapa 7: Densidade de lineamentos da área de estudo.



#### 5.1.2.1. Unidade dos Depósitos Aluvionares Cenozoicos

A Unidade dos Depósitos Aluvionares Cenozoicos é marcada pelos processos de acumulação em sistemas fluviais, que se encaixam, em um sentido mais amplo, no conjunto dos processos aluviais, associados à erosão, transporte e sedimentação em rios e leques aluviais e/ou deltaicos (RICCOMINI et al., 2000). Na área de estudo, os processos deposicionais associam-se majoritariamente aos depósitos em sistema fluvial meandrante, padrão predominante dos principais rios, que por vezes, pode estar associado à alternância de canais retilínios/meandranes. Destacam-se os depósitos em planícies de inundação, caracterizadas pela declividade relativamente baixa, adjacentes aos rios, com formas alongadas e presença de sedimentos de tamanhos variados como a argila, silte, areia e cascalhos, conforme citam Ribeiro et al. (2008).

Nesta unidade, a gênese compreende o conjunto dos **Relevos Agradacionais**, associada a processos de acumulação fluvial, os quais incluem planícies fluviais (Apf) e planícies fluvio-lacustres (Apfl). Foram mapeadas cinco planícies no domínio da Folha Piumhi, a saber: Planície Aluvial do São Francisco, Planície Aluvial do São Miguel, Planície Aluvial do Rio Santana, Planície Aluvial do Rio Preto e Planície Aluvial do Rio Bambuí. Esses são os canais fluviais de maior destaque na área de estudo e que apresentam áreas de acumulação com dimensões significativas, entretanto, existem ainda, em alguns locais isolados, pequenas planícies aluviais classificadas como Outras Planícies.

Observa-se no contexto geral, em relação à ocorrência de lineamentos estruturais, que tais planícies são de certa forma influenciadas ou controladas estruturalmente. As mesmas ocorrem ao longo de trechos claramente marcados pela secção de linhas de falha, inclusive ao se observar trechos de canais retilíneos pela extensão dos principais rios.

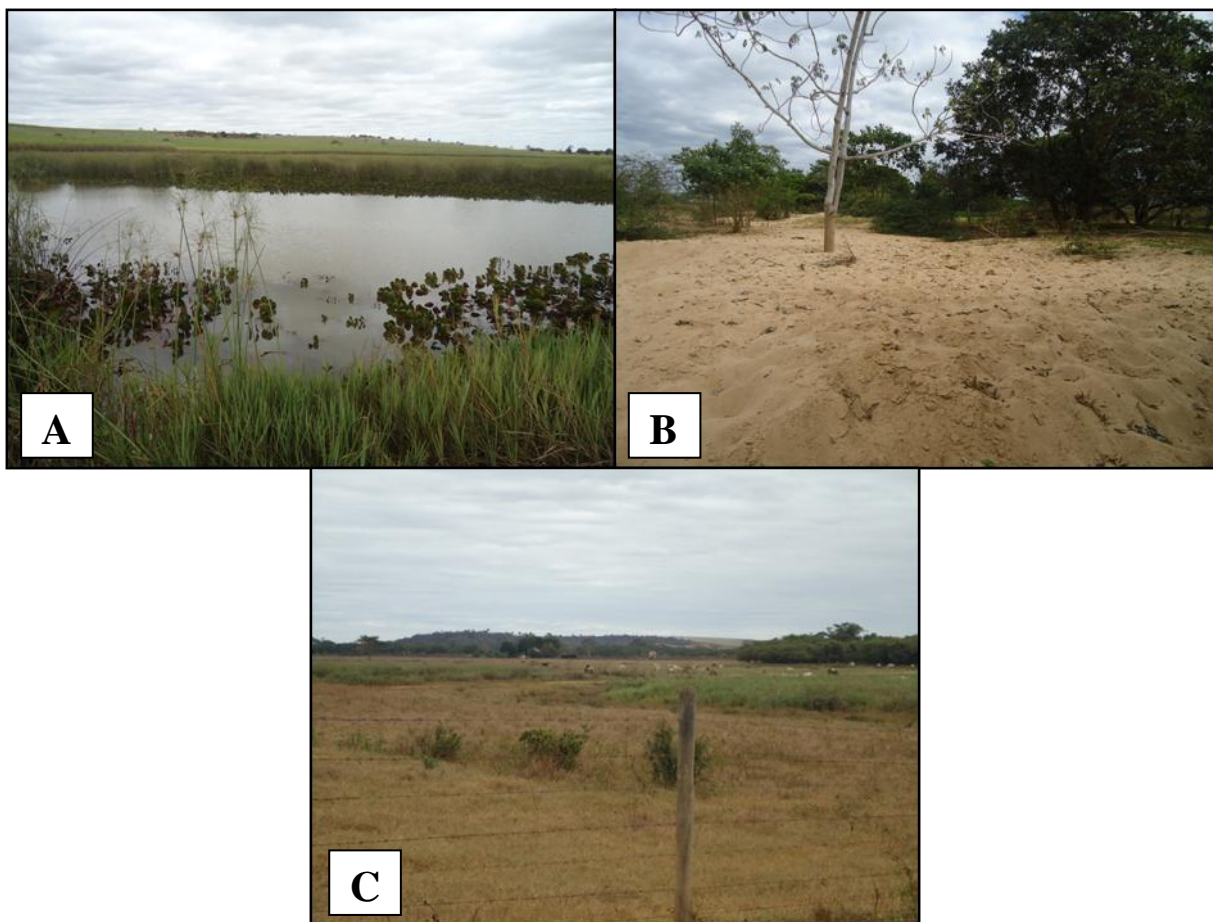
Em detrimento das demais planícies, a do São Francisco é a mais extensa, cortando a área de estudo no sentido SO-NE. Apresenta um padrão de canal meandrante intercalado a segmentos retilíneos (característica indicativa de movimentação tectônica) com existência de paleomeandros e modelados fluviolacustres, já que possui grande quantidade de lagoas perenes e temporárias. Os sedimentos são variados, conforme citado anteriormente, assim como a espessura do pacote, que pode chegar a ser métrica. Em relação à largura da planície, esta é variável em toda a sua extensão, podendo alcançar mais de três quilômetros na região de Lagoa da Prata, enquanto que em Iguatama apresenta pouco mais de um quilômetro. A altitude média é 640 m, sendo este o nível de base regional (Foto 6).

No que se refere ao valor econômico dos sedimentos para extração mineral, Ribeiro et al. (2008) reiteram que a extração para a construção civil é restrita na área, porém, destaca-se a areia quartzosa, proveniente dos aluviões do rio Santana nos municípios de Lagoa da Prata e Japaraíba; e também diversos tipos de argila utilizadas na produção de materiais cerâmicos nos municípios de Piumhi e Arcos. Outros recursos explorados na região são o cromo, chumbo, diamante, turfa e água mineral. Além disso, o grande destaque está na extração de calcários, que será abordada mais adiante.

Cabe ressaltar que em se tratando da exploração mineral, no rio Domingos, município de Japaraíba, as atividades de mineração foram embargadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) devido a problemas ambientais causados por assoreamento (RIBEIRO et al., 2008). Além disso, o mesmo problema é visível em diversos trechos do rio São Francisco, quer seja pela falta de vegetação ciliar, quer seja pelo mau uso do solo em áreas adjacentes, o que ainda não foi diagnosticado. Entretanto, é um assunto que merece atenção e deve estar na pauta dos setores de planejamento e meio ambiente dos municípios envolvidos (Foto 7).

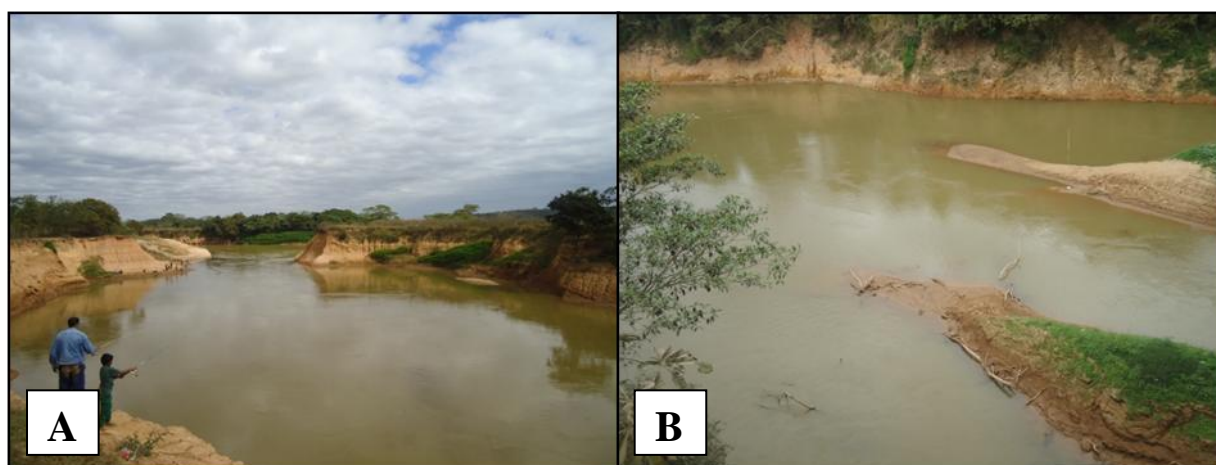


Foto 6: Planície Aluvial do São Francisco. A) Lagoa perene, sendo recorrente a formação de lagoas temporárias. B) Depósitos de sedimentos. C) Tipo de uso comum, a pastagem.



Autora: MARTINS, 2011.

Foto 7: Rio São Francisco. A) Próximo à Lagoa da Prata, margens descobertas e marcas erosivas. B) Próximo à Iguatama, bancos de areia preenchendo o leito do rio.



Autora: MARTINS, 2011.

#### 5.1.2.2. Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do São Francisco

A Bacia Sedimentar do São Francisco, considerada nesta dissertação, como bacia intracratônica, é um pacote que passou por vários ciclos sucessivos de sedimentação, tendo alcançado uma área de aproximadamente 500.000 km<sup>2</sup>. Na área de estudo, corresponde ao ciclo do Supergrupo São Francisco, representado especialmente pelo Grupo Bambuí (que inclui as Formações Sete Lagoas e Samburá).

Tal bacia corresponde na área de estudo à maior parte do relevo, com destaque para as litologias da Formação Sete Lagoas, as quais propiciaram diferentes morfologias, em função das características do substrato. Os processos de dissecação e carstificação são os mais importantes, estão também associados a controles estruturais e influência tectônica por ser uma área da bacia à borda do Cráton do São Francisco, limitando-se à Faixa de Dobramentos Brasília, relacionada ao complexo Canastra, no setor oeste.

As diferentes unidades morfoesculturais foram classificadas em: a) **Relevos Dissecados**, cuja origem é denudacional, resultantes da atuação da drenagem e processos erosivos, que entalham e esculpem os modelados, ajudados pelas condições climáticas e variabilidade geológica; b) **Relevos Fluvio-cársticos**, de origem fluvial associados a processos de carstificação, podendo ocorrer como uma transição entre os dois sistemas, onde há intercalação de rochas solúveis e insolúveis; c) **Relevos Cársticos**, originados a partir da corrosão e dissolução de rochas carbonáticas (origem química), que na área de estudo se resumem principalmente aos calcários; associados à atuação da água, bem como às discontinuidades geológicas do substrato. Neste contexto, as Unidades Morfoesculturais serão apresentadas a seguir:

***a) Planalto Dissecado de Bambuí***

O Planalto Dissecado de Bambuí aparece ao norte da Folha Piumhi, é caracterizado por um relevo levemente ondulado a ondulado, com vales bastante encaixados e, por vezes, apresenta superfícies com topos planos (Foto 8). No interior do planalto é possível observar dois tipos de superfícies que se diferenciam entre si, principalmente no que se refere aos padrões morfológicos. Há uma clara divisão entre elas, separadas por uma ruptura de declive cuja origem pode estar relacionada tanto à ocorrência de falhamento, quanto pela erosão diferencial desencadeada pela mudança da composição litológica. A porção oeste caracteriza-se pela predominância de padrões de dissecação convexos (Dc) com aprofundamento dos vales e densidades de drenagem variáveis, de fraco a médio e de baixa a alta, respectivamente. Em contrapartida, a parte leste é representada pelas formas dissecadas com topos planos (Dt), onde predominam um fraco aprofundamento dos canais e baixa a média densidade de drenagem.

Foto 8: Colinas em vales encaixados no Planalto de Bambuí.



Autora: MARTINS, 2011.

Nota-se, contudo, a influência calcária que ocorre em algumas áreas a oeste do planalto e próximos à cidade de Bambuí. A formação de lagoas, dolinas e alguns canais que desaparecem em sumidouros caracterizam o modelado (Foto 9).

Em geral, a topografia da área varia de 640 a 800 m, com declives predominantes de 4 – 8% e 9 – 20%. A disposição da rede de drenagem, junto aos lineamentos estruturais traçados indicam que o planalto sofreu interferência tectônica, estando sob controle estrutural.

Foto 9: Lagoa perene formada em uma depressão fechada em área com afloramento calcário.



Autora: MARTINS, 2012.

#### **b) *Planalto Dissecado de Piumhi-Pimenta***

O Planalto Dissecado de Piumhi – Pimenta (Foto 10) corresponde à região de ocorrência da Formação Samburá e metabasaltos, o qual se assenta sobre os carbonatos da Formação Sete



Lagoas. Trata-se de uma região composta por modelados que indicam um relevo suave ondulado a ondulado, apresentando em alguns locais, vertentes bastante íngremes e também vales bem encaixados. Encontra-se neste planalto modelados dissecados com topos tabulares (Dt) no entorno da cidade de Piumhi, modelados dissecados convexos (Dt) com muito fraco, fraco e médio aprofundamento dos vales, e densidades de drenagem baixa a alta. Os modelados com os maiores índices de dissecação são observados na parte central do Planalto, possivelmente por fazer parte do eixo de soerguimento da Serra de Piumhi.

Foto 10: Amplas colinas no Planalto Dissecado de Piumhi – Pimenta. Ao fundo encontra-se a Serra de Piumhi.

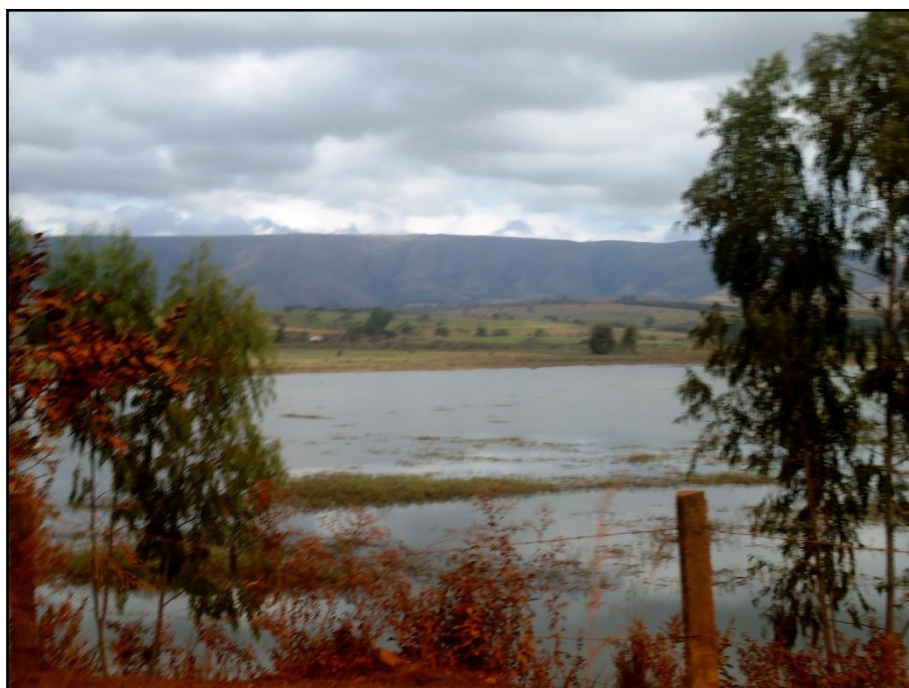


Autora: MARTINS, 2012.

Próximo à cidade de Pimenta há o modelado Dc32, com perfil convexo formando amplos interflúvios, que apresenta algumas áreas adjacentes aos rios que formam corpos d'água temporários. Também é possível observar o remanso da Represa de Furnas, que resultou na modificação da morfologia (Foto 11).

A altimetria varia de 680 a 860 m, com declives predominantes de 9 – 20%, bem como, por ser uma área de influência do Sistema de Empurrões, o qual encarregou-se de movimentar a estrutura do planalto sobre os calcários, visualiza-se diversos lineamentos estruturais que condicionam o relevo e a rede de drenagem em alguns trechos. Também ocorrem, em pontos isolados, algumas dolinas decorrentes da presença de rochas calcárias.

Foto 11: Lagoa próxima à cidade de Pimenta, podendo estar associada ao remanso da Represa de Furnas.



Autora: MARTINS, 2011.

### ***c) Planalto Tabular de Lagoa da Prata***

O Planalto Tabular de Lagoa da Prata é uma unidade de dissecação que se diferencia de todo o conjunto de morfoesculturas da Folha Piumhi. Mapeada a leste e nordeste da folha, corresponde a uma área de ampla superfície plana e rebaixada (Foto 12), na qual se formaram largas planícies fluviais. Os cursos d'água se diferem das demais unidades, por possuírem

menor densidade e interflúvios mais extensos. Em alguns pontos, aparecem afloramentos de calcário e formação de diversas lagoas no interior do Planalto.

Foto 12: Planalto Tabular próximo à Lagoa da Prata.



Autora: MARTINS, 2012.

Neste sentido, os principais modelados são Dt com muito baixa a baixa densidade de drenagem e fraco entalhamento dos vales, com algumas variações em modelados convexos (Dc). As altitudes não ultrapassam 760 m, com as menores cotas em 640 m próximas à Planície do São Francisco. As declividades predominantes estão no intervalo de 0 – 3%, entretanto, ocorrem áreas que ultrapassam esse valor, porém, não mais que 8%.

Ao analisar as feições lineares regionais e também locais, nota-se a existência de um eixo N-S que separa dois padrões de relevo: o Planalto Dissecado de Bambuí a oeste e o Planalto Tabular de Lagoa da Prata a leste. Este eixo vem desde o vale do rio São Miguel na Província Cárstica, secciona o Vale do São Francisco e continua a norte passando também pelo rio Bambuí. Há a possibilidade de um abatimento estrutural que interferiu no nível de base regional, que pode ter provocado a formação de uma bacia na região do Planalto Tabular, já

que têm-se registros de sedimentos advindos do Planalto de Arcos – Córrego Fundo a leste da área, além da existência das coberturas detrítico-lateríticas.

***d) Planalto Fluvio-cárstico Doresópolis-Iguatama***

Este Planalto corresponde a uma zona diferenciada dentro do contexto da Folha Piumhi, o qual faz parte do domínio dos calcipelitos, limitando-se à Província Cárstica de Arcos – Pains - Doresópolis. Diante da estratigrafia do Grupo Bambuí na área de estudo, com a base em calcipelitos e o topo em calcários, pode-se dizer que existe na região do Planalto uma zona de transição entre um ambiente essencialmente cárstico para um ambiente fluvio-cárstico, onde os processos fluviais e de dissecação entram em evidência conjuntamente aos processos de dissolução. Observa-se a presença de diversos afloramentos calcários em algumas áreas, bem como, a existência de sumidouros nas drenagens e formações de lagoas naturais, em alguns pontos.

Verifica-se a ocorrência de planícies ou áreas úmidas que não foram localizadas no mapa geológico da CPRM devido à escala. Além disso, ressalta-se a existência da Lagoa da Inhuma, repousada sobre uma depressão alongada no eixo de dois lineamentos estruturais, a qual será tratada com maior detalhe mais adiante.

No que se refere à topografia, a altitude varia de 640 a 740 m, com declividades que não ultrapassam os 20%, caracterizando em algumas áreas um relevo plano, associado à existência de lagoas (Foto 13) e em outras, um relevo suave ondulado a ondulado, este último recorrente nos arredores da cidade de Doresópolis. A densidade de drenagem é baixa nos locais onde acontecem as principais feições fluvio-cársticas, com pontos de sumidouros, que indicam a



existência de fluxos subterrâneos. Os maiores índices de Dd ocorrem também próximos à Doresópolis.

Foto 13: Modelado plano no Planalto Fluvio-cárstico de Doresópolis – Iguatama. Ao fundo observa um relevo suave ondulado.



Autora: MARTINS, 2011.

No que se refere à Lagoa da Inhumana, a mesma representa uma feição peculiar dentro do Planalto, pois está assentada sobre em uma depressão fechada, ou seja, não possui um canal de alimentação perene e bem definido. Ao observar em imagens e em campo, tal depressão pode ser considerada como uma uvala, partindo do pressuposto de que o carste antes ali presente passou por processos de dissolução. Isto pode ter sido acentuado pela secção de lineamentos estruturais que contribuíram para o rebaixamento da área. Não é possível afirmar com clareza a origem da feição, porém, o terreno e a estrutura ali presentes contribuem para tal aferição. Com a formação da depressão, surgiu a possibilidade da captura de drenagem do rio São Francisco, na época das cheias, processo que formou o corpo d'água da Lagoa da Inhumana.

No campo é possível visualizar elementos que levam a essa lógica, como por exemplo, o caminho preferencial da água das cheias, as características da vegetação após ficarem parcialmente submersas, e a criação de processos erosivos intensos (Figura 19, Foto 14 e Foto 15).

Figura 19: Lagoa da Inhuma e sua ligação indireta com o rio São Francisco.



Fonte: Google Earth, 2011.

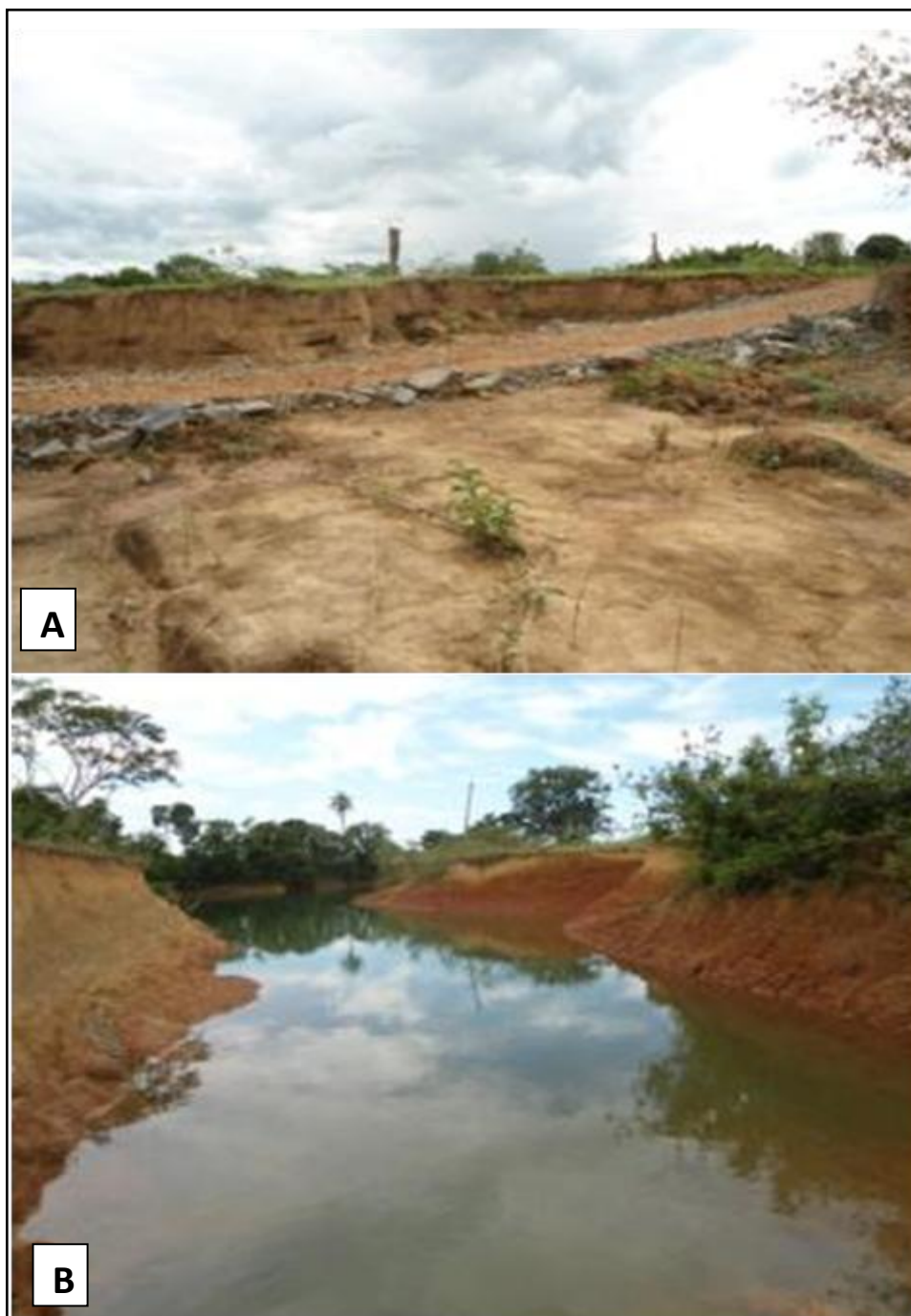
Foto 14: A) Detalhe de tronco depositado sobre a vegetação, em função da vazão do São Francisco em época de cheia, a vazante se dá no sentido da Lagoa; B) Detalhe de fotografia de moradores da área, os quais presenciam sazonalmente a subida do nível do rio.



Autores: MARTINS, 2012 (B); SILVA, 2012 (A).



Foto 15: A) Processos erosivos em desenvolvimento devido à vazão do rio; B) Braço da Lagoa da Inhuma.



Autora: MARTINS, 2012.

***e) Província Cárstica de Arcos – Pains – Dorésópolis***

A Província Cárstica de Arcos – Pains – Dorésópolis refere-se a uma região cárstica com escarpas em maciços contínuos ou isolados de calcários e presença de cavidades subterrâneas. No entorno dos maciços aparece um relevo aplainado e/ou colinoso, exaltando a existência de exocarste bem definido, com ocorrência de dolinas, uvalas, vales cegos, sumidouros e surgências. A drenagem é comandada pelo rio São Francisco que constitui o nível de base regional, pelo rio São Miguel e Ribeirão dos Patos, constituindo os principais cursos d'água (RIBEIRO et al, 2008).

A região cárstica de Arcos-Pains-Dorésópolis é representada pelos sedimentos da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, correspondente à fácies carbonática do Grupo, na qual se encontram rochas como o calcário, calcário com dolomita e calcários dolomíticos. Em geral, as características dos carbonatos no Grupo Bambuí estão associadas às rochas pelíticas (argilito, siltito), como é possível observar na região de estudo. Estas condições irão determinar um relevo cárstico coberto por espessa camada de solos, oriundos da decomposição dos pelitos (RIBEIRO et al, 2008; PILÓ, 2000).

De acordo com Ribeiro et al (2008), os calcários da Província têm poucas impurezas, o que reflete em uma baixa participação dessas rochas na formação dos solos na região, pois, de acordo com Hardt (2004) a existência de solos sobre as rochas cársticas também tem explicação na presença de impurezas junto aos minerais formadores do material parental. O que significa que quanto mais puro for o calcário, menor a camada de solo formada sobre o mesmo. Do contrário, se houver um teor maior de impurezas, mais profundo e desenvolvido serão os solos derivados da rocha. Portanto, entende-se que a origem dos solos presentes no

decorrer das unidades morfológicas da área de estudo são provenientes, principalmente, do intemperismo dos pelitos ali presentes.

A rede de drenagem de uma região cárstica é caracterizada pela predominância dos fluxos subterrâneos. Entretanto, na área de estudo, a rede de drenagem superficial, em geral, é bem desenvolvida, representando fluxos contínuos de água. Em alguns trechos é possível observar que os vales são interrompidos pela ocorrência de sumidouros e ressurgências indicando a existência de fluxos subterrâneos. A presença da drenagem superficial densa pode estar associada à camada argilosa criada pela intercalação dos pelitos, que diminui a tendência de infiltração da água. Assim, a superfície exocárstica de Arcos-Pains-Doresópolis apresenta cursos d'água intermitentes e perenes que dão forma à superfícies similares às regiões não cársticas. Entretanto, a drenagem característica do carste, total ou parcialmente capturada pelos fluxos subterrâneos, a diferencia das superfícies não cársticas. Caso semelhante, foi descrito por Travassos (2010) na região de Cordisburgo, em Minas Gerais.

Outro aspecto importante, que deve ser abordado ao se estudar a morfologia da Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, é sobre o controle estrutural e geológico desenvolvido na região em função da reativação tectônica ocorrida durante a Era Cenozoica, o que contribuiu para o maior desenvolvimento do carste. Essa região pode ter sido afetada indiretamente por tais processos, por estar localizada na borda sudoeste do Cráton do São Francisco, próximo à Faixa de dobramentos Brasília. Valadão e Domingues (1999), citados por Valadão (2009), consideram que, no Mioceno, as bordas do Cráton sofreram o soerguimento intracontinental de maior magnitude no contexto regional do território brasileiro. Saadi (1993) reitera essa hipótese. Assim, os aspectos são condicionados por lineamentos estruturais, criando zonas preferenciais de ocorrência de dolinas, paredões, maciços calcários, sumidouros, surgências/ressurgências, entre outros.

Um exemplo da influência tectônica ocorre no vale do rio São Miguel, que separa dois compartimentos distintos, através de um eixo N-S, conforme já citado anteriormente.

No que se refere à compartimentação geomorfológica da área, Pizarro (1988) propôs uma classificação em nível de Província, uma vez que a maioria dos trabalhos relacionados à região é apresentada em escalas mais detalhadas e de caráter isolado. No intuito de contribuir para estudos regionais, o autor diferenciou a Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis em quatro blocos com características geológico-geomorfológicas particulares.

Pizarro (1998) utilizou como principal critério de definição dos compartimentos, os cursos d'água mais importantes que cortam a Província, ou seja, o rio São Miguel (a leste), o Ribeirão dos Patos (no centro) e o rio São Francisco (a oeste). Deste modo, os blocos ficaram assim divididos:

- Bloco São Miguel: situado a leste da Província, é o maior compartimento; possui um carste contínuo de maciços calcários, por vezes, intercalado a rochas pelíticas. Detém a maior parte das cavernas da região (cerca de 80%);
- Bloco Intermediário, dividido em Domínio Centro-Sul e Domínio Norte (Faixa Capoeirão): localiza-se entre o Bloco São Miguel e Bloco Ribeirão dos Patos, em sentido N-S. O Domínio Centro-Sul apresenta afloramentos calcários esparsos em meio às rochas pelíticas, enquanto o Domínio Norte compreende um conjunto de maciços sucessivos;
- Bloco Ribeirão dos Patos: é constituído por duas faixas contínuas de maciços calcários, separado por uma faixa de rochas pelíticas;
- Bloco São Francisco: é representado pela Faixa Canyon do São Francisco e Faixa Arraial Novo. A primeira constitui o canyon do referido rio e apresenta calcários contínuos. Já a segunda, refere-se à existência de maciços isolados, à margem esquerda do rio, do lado NE da localidade de Arraial Novo.

Essa classificação foi utilizada como base para delinear o mapeamento da região proposto por esse trabalho. Foram feitas adaptações nos limites definidos por Pizarro (1998), a partir da compartimentação topográfica da área e modificação na nomenclatura das unidades para que se encaixem na classificação proposta nesta dissertação.

Diante dos aspectos morfológicos descritos anteriormente e a partir das análises do MDE com seus derivados (hipsometria, clinografia, perfis topográficos, modelo 3D, entre outros) foi possível representar as regiões morfológicas homogêneas da área de estudo. Essas unidades estão sintetizadas no Quadro 8, seguidas das informações fisiográficas e morfológicas de cada uma.



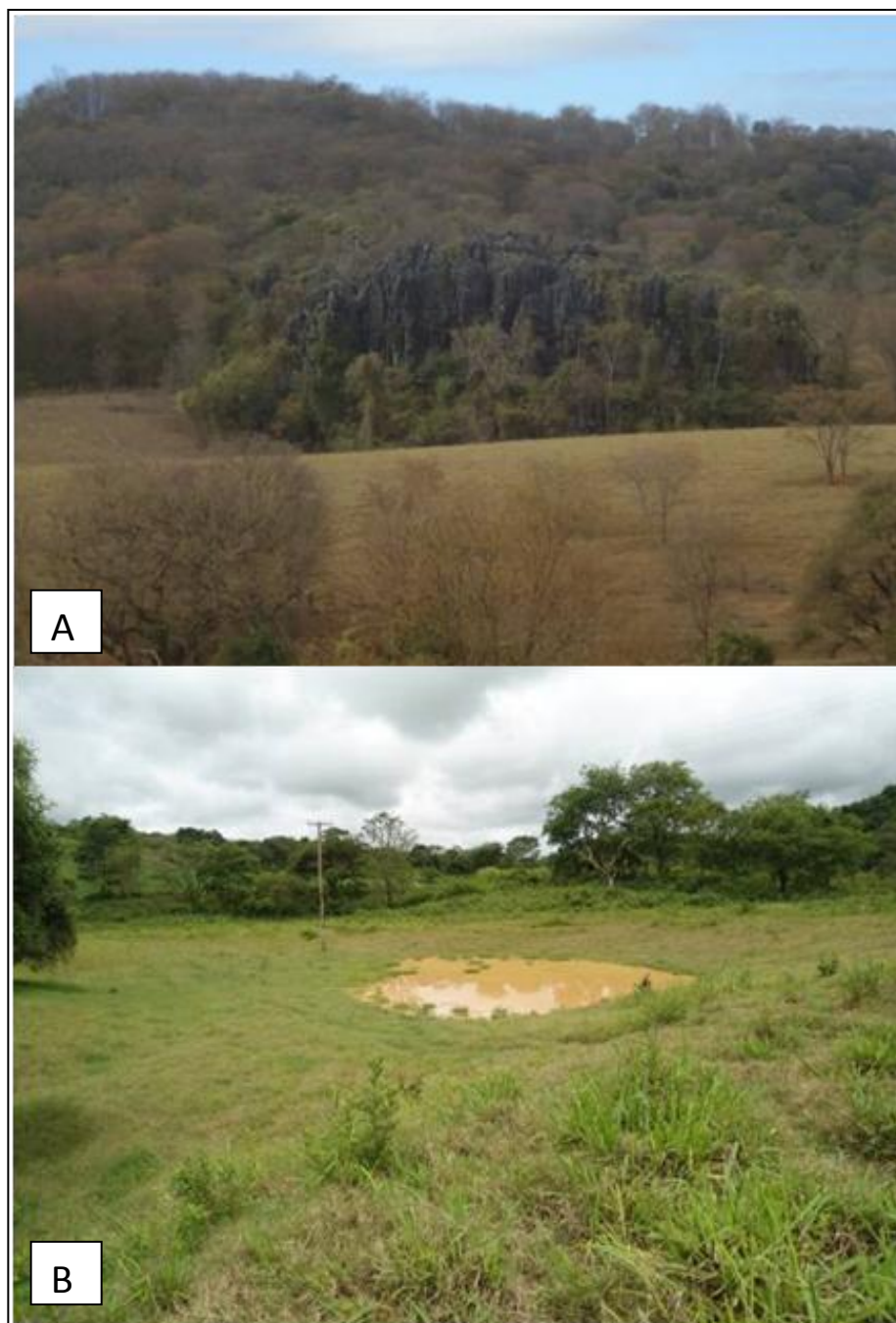
Quadro 8: Unidades de relevo na Província Cárstica de Arcos – Pains – Doresópolis.

<b>Unidades Morfoesculturais</b>	<b>Intervalo Altimétrico</b>	<b>Declividades Predominantes</b>	<b>Morfologia</b>
<b><i>Planalto Cárstico Leste do São Miguel</i></b>	Entre as cotas de 700 e 1.000 metros, a leste do vale do rio São Miguel.	Declives acima de 4% chegando a alcançar até 45%..	É caracterizada pela presença marcante dos maciços calcários que constituem paredões abruptos marcados por lapiás, já bastante erodidos. No entorno dos maciços, a superfície apresenta declividade moderada representando amplas colinas (Foto 16A), ora com fluxo superficial, ora subsuperficial. Esta unidade, em termos de drenagem interrompida, é a mais representativa, com grande número de sumidouros e ressurgências, que refletem na formação de vales cegos. As dolinas (Foto 16B) e as uvalas são recorrentes, indicando um carste relativamente bem desenvolvido. Predominam os modelados de carste exumado (Ke), com densidade de drenagem muito baixa a baixa.
<b><i>Planalto Cárstico Oeste do São Miguel</i></b>	Entre as cotas 700 e 1.000 metros, a oeste do vale do rio São Miguel.	Ao norte e ao sul presença de declives entre 9 a 45%. No centro da unidade, declividades predominantes abaixo de 20%.	Representada por uma drenagem superficial bem desenvolvida, sem indicações de captura subterrânea. Tais características são indicativas da presença de rochas pelíticas. Na parte centro-sul, as distâncias interfluviais aumentam, o que caracteriza amplas colinas de baixa declividade, com afloramentos esparsos. No extremo sul, os declives voltam a aumentar, indicando um relevo mais acidentado (Foto 17). Os maciços calcários tornam-se menos frequentes, passam a ocorrer isolados ao norte da unidade. Poucas dolinas e uvalas foram mapeadas na escala de trabalho. Há uma intercalação de modelados em carste encoberto (Kc) e carste exumado (Ke), com algumas áreas de baixa densidade de drenagem. (Continua)

<p>(Continuação)</p> <p><b><i>Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos</i></b></p>	<p>Abaixo da cota de 700 metros, corresponde ao vale do rio homônimo.</p>	<p>Predomínio de declives abaixo de 8%. Na parte central, ocorrem áreas com declividades superiores a 9%.</p>	<p>Constitui-se por uma larga área plana, que em alguns pontos está suscetível à inundação e em outros, já se apresenta úmida. Em praticamente toda a extensão do Ribeirão dos Patos há afloramentos calcários. A jusante do Ribeirão, na parte norte da Unidade, formam-se maciços abruptos com lapiás, destacando-se os processos de dissolução. Destacam-se também as dolinas, uvalas, sumidouros, ressurgências e vales cegos, de grande beleza cênica (Foto 18). A rede de drenagem em alguns trechos é contínua e desenvolvida, enquanto que em outros, desaparece em sumidouros e chega a formar belas lagoas com afloramento calcário. Outra característica peculiar da Depressão Ribeirão dos Patos corresponde às lagoas, que são representativas (em dimensões e quantidade) ao se comparar com outras unidades. Como exemplo pode-se citar a Lagoa dos Martins (Foto 19), a sudoeste da unidade. Predominam os modelados de carste exumado (Ke), com densidades de drenagem baixa a média.</p>
<p><b><i>Planalto Cárstico do São Francisco</i></b></p>	<p>Entre as cotas de 700 a 850 metros, constitui o vale do rio de mesmo nome.</p>	<p>Predominam declives até 8%. Chega a ultrapassar 45% no entalhamento do rio São Francisco.</p>	<p>A feição mais representativa desta unidade é o Canyon do São Francisco (Foto 20). O mesmo foi sulcado pelo rio e chega a atingir 80 metros de altura (BARROS, 2009), delineando paredões rochosos que acompanham as curvas fluviais. Observa-se também afloramentos calcários, dolinas, uvalas e vales cegos. Há uma intercalação de modelados em carste encoberto (Kc) e carste exumado (Ke), com densidades de drenagem baixa a média.</p>

Org.: MARTINS, 2012.

Foto 16: A) Maciços calcários no Planalto Cárstico Leste do São Miguel, cercados por colinas; B) Dolina no Planalto Cárstico Leste do São Miguel.



Autora: MARTINS, 2011 e 2012.

Foto 17: Relevo acidentado ao Sul do Planalto Cárstico Oeste do São Miguel;



Autora: MARTINS, 2011.

Foto 18: Sumidouro na Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos.



Autora: MARTINS, 2012.

Foto 19: Lagoa dos Martins (Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos).



Autora: MARTINS, 2011.

Foto 20: Canyon no Planalto Cárstico do São Francisco.



Autora: MARTINS, 2012.



Em relação à exploração mineralógica, ganha grande destaque a extração de calcários (Foto 21). Apesar do desenvolvimento econômico que tais atividades ofereceram à região, tal avanço trouxe, também, diversos problemas ambientais que são alvo de estudos e propostas para melhoria da situação. Ribeiro et al (2008) citam a existência de várias empresas de extração clandestinas, as quais já foram embargadas pelos órgãos responsáveis. Além disso, os autores concluem que a ausência de uma legislação específica para as atividades contribui para o depauperamento do meio ambiente, incluindo o patrimônio arqueológico ali existente.

Outra preocupação é a água, um importante recurso com grande potencial na área devido às condições climáticas, capacidade de infiltração das rochas calcárias e fluxos subterrâneos desenvolvidos. Tais características alavancam a expansão das atividades agropecuárias, indústria e turismo, as quais, realizadas desordenadamente, implicam na perda da qualidade e desperdício desse recurso (RIBEIRO et al, 2008).

Foto 21: Extração de calcários próximo à Arcos.



Autora: MARTINS, 2012.

### 5.1.2.3. Unidade Morfoestrutural Embasamento

A Unidade Morfoestrutural Embasamento refere-se à área de ocorrência dos ortognaisses e granitóides do Cráton do São Francisco, bem como compreende uma parcela da área recoberta por calcipelitos próxima a Arcos e Córrego Fundo. Localiza-se a leste e sudeste da Folha Piumhi.

As áreas de embasamento cratônico geralmente revelam modelados côncavos, apresentam relevos ondulados e com vales bem encaixados. Os processos de dissecação são predominantes, principalmente aqueles associados à erosão e entalhamento fluvial. Nesta Unidade Morfoestrutural foi mapeada apenas uma Unidade Morfoescultural, a qual será descrita a seguir.

#### *a) Planalto Dissecado de Arcos – Córrego Fundo*

O Planalto Dissecado de Arcos – Córrego Fundo apresenta altitudes entre 700 a 960 m. Possui um relevo marcado no extremo leste por um médio entalhamento dos vales e alta densidade de drenagem, com declividades predominantes superiores a 20% que o caracterizam como forte ondulado; e no sudoeste, nos arredores da cidade de Córrego Fundo, há ocorrência de áreas com baixa densidade de drenagem, porém com forte entalhamento dos vales e declividades variáveis entre < 3 a 20%, caracterizando um padrão dissecado com topos planos. Outros modelados caracterizados por topos planos são encontrados, como por exemplo, onde se localiza a cidade de Arcos, além de modelados convexos com baixa a alta densidade de drenagem e fraco a médio aprofundamento dos vales a sudeste de Córrego Fundo (Foto 22).

A principal feição relacionada a lineamentos estruturais corresponde ao vale do rio Candonga, assentado sobre um graben, conforme já citado anteriormente. Não foram observados muitos lineamentos estruturais nítidos nessa região da área de estudo.

Foto 22: Modelado com topos planos próximo à Córrego Fundo.



Autora: MARTINS, 2011.

#### 5.1.2.4. Unidade Morfoestrutural Sistema de Empurrões

A Unidade Morfoestrutural Sistema de Empurrões corresponde à área de influência da Faixa Brasília, que impulsionou um conjunto de forças de empurrão formando tal estrutura. Equivale a diversos tipos de rochas com variados graus de metamorfismo, desde quartzitos, gnaisses, metaconglomerados, entre outros.

Tal unidade corresponde ao conjunto dos **Relevos Estruturais**, por ser de origem tectônica, mas passam pelo processo de Dissecção, uma vez que estão expostos à ação dos processos



exógenos. A unidade dos Relevos Estruturais ocorre na porção sudoeste da área de estudo e está representada pela Serra de Piumhi.

*a) Serra de Piumhi*

A Serra de Piumhi é caracterizada pelas altitudes maiores que 780 m, ultrapassando os 1.200 m em alguns trechos do topo. Corresponde a um modelado dissecado de topos aguçados (Da), com média a alta densidade de drenagem e médio a forte entalhamento dos vales. As declividades variam de 9 – 20 % nas cotas mais baixas, sendo que a partir dos 900 m predominam os declives de 20 – 45%, e acima de 1.080 m podem ocorrer intervalos > 45%.

A Serra é alongada na direção N-S (Foto 23), apresenta vertentes íngremes, depósitos coluviais e diversos afloramentos rochosos, que revelam planos de fratura e alto grau de mergulho.

Foto 23: Serra de Piumhi.



Autora: MARTINS, 2011.

Tais condições geomorfológicas contribuem para a elaboração de um relevo com vales propícios ao aparecimento de um ambiente úmido, com formação de matas densas nos fundos dos vales e vegetação rala nas vertentes. Têm-se conhecimento do interesse pela exploração mineralógica, que conforme Ferrari (1996), tal região possui um potencial metalogenético (cobre, níquel, zinco, ouro, cromo e elementos do grupo da platina) de grande interesse para empresas e também como foco de pesquisas em universidades.

#### *5.1.3. Mapa Geomorfológico*

Diante do exposto, apresenta-se o Mapa Geomorfológico da Folha Piumhi, o qual demonstra a espacialização das unidades de relevo (Morfoestruturas, Morfoesculturas, Padrões de formas semelhantes e Tipos de formas) além das formas pontuais representadas por simbologias (Mapa 8). A legenda será apresentada de acordo com o Quadro 9:

Quadro 9: Legenda do Mapa Geomorfológico de Piumhi.

<i>Domínio Morfoestrutural</i>	<i>1º Táxon</i>	<i>2º Táxon</i>	<i>3º Táxon</i>	<i>4º Táxon</i>	<i>Formas destacadas por simbologias</i>
	<i>Unidades Morfoestruturais</i>	<i>Unidades Morfoesculturais</i>	<i>Padrões de formas</i>	<i>Tipos de Formas</i>	-
Cráton do São Francisco	Depósitos Aluvionares Cenozoicos	Planície Aluvial do São Francisco Planície Aluvial do São Miguel Planície Aluvial do Rio Santana Planície Aluvial do Rio Preto Planície Aluvial do Rio Bambuí Outras Planícies	Apf; Apfl.	Apf; Apfl.	Paleomeandros; Vales de fratura.
	Bacia Sedimentar do São Francisco	Planalto Tabular de Lagoa da Prata	Dc; Dp; Dt.	Dc21; Dc22; Dc23; Dp; Dt21; Dt22.	Vales de fratura.
		Planalto Dissecado de Bambuí	Dc, Dp, Dt; Kc.	Dc21; Dc22; Dc23; Dc24; Dc32; Dc33; Dc34; Dp; Dt21; Dt22; Dt23, Kc1; Kc2; Kc3..	Vales de fratura; Escarpas; Dolinas; Sumidouros.
		Planalto Dissecado de Piumhi-Pimenta	Dc; Dt.	Dc13; Dc22; Dc24; Dc32; Dc33; Dt32.	Vales de fratura; Dolinas.
		Planalto Fluvio-cárstico de Doresópolis-Iguatama	Dk.	Dk21; Dk22; Dk23; Dk24; Dk33; Dk34.	Vales de fratura; Depressão.
		Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos	Kc; Ke.	Kc2; Kc3; Ke1; Ke2; Ke3, Ke4.	Dolinas; Uvalas; Sumidouros, Ressurgências; Maciços calcários; Cristas; Escarpas.
		Planalto Cárstico do São Francisco	Kc; Ke.	Kc1; Kc2; Kc3; Kc4; Ke2; Ke3, Ke4.	Dolinas; Uvalas; Sumidouros, Ressurgências; Maciços calcários; Cristas; Escarpas.
		Planalto Cárstico Oeste do São Miguel	Kc; Ke.	Kc1; Kc2; Kc3; Ke1; Ke2; Ke3, Ke4.	Dolinas; Uvalas; Sumidouros, Ressurgências; Maciços calcários; Cristas; Escarpas.
		Planalto Cárstico Leste do São Miguel	Ke.	Ke1; Ke2; Ke3.	Dolinas; Uvalas; Sumidouros, Ressurgências; Maciços calcários; Cristas; Escarpas.
	Embasamento	Planalto Dissecado de Arcos – Córrego Fundo	Dc; Dt.	Dc21; Dc22; Dc23; Dc24; Dc31, Dc32; Dc33; Dc34; Dt21; Dt41.	Vales de fratura.
Faixa de dobramentos Brasília	Sistema de Empurrões	Serra de Piumhi	EDa.	EDa33; EDa34.	Cristas; Escarpas.

Org.: MARTINS, 2013.



MAPA GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA PIUMHI - MINAS GERAIS (SF-23-V-B-II)



## CAPÍTULO 6



*"Oh! Minas Gerais  
Oh! Minas Gerais  
Quem te conhece  
Não esqueces jamais*

*Oh! Minas Gerais.*

*Lindos campos batidos de sol  
Ondulando num verde sem fim  
E as montanhas que, à luz do arrebol,  
Têm perfume de rosa e jasmim. "*  
*(Hino de Minas Gerais)*

## 6. CONCLUSÕES

Diante da elaboração do mapeamento geomorfológico da Folha Piumhi, foi possível chegar a algumas considerações a respeito de sua dinâmica geomorfológica, incluindo as possibilidades de evolução que o relevo da região sugere.

Conforme já indicado nas justificativas deste trabalho, a área é dotada de grande importância geográfica, e claramente geomorfológica, tendo em vista a diversidade de formas geradas e esculpidas sobre as diferentes estruturas ali presentes. O estudo geomorfológico ganha importância à medida que tenta solucionar a espacialização, hierarquização e explicação das formas e seus antecedentes geomórficos, uma vez que traz à tona as possibilidades de evolução e dinâmica do relevo, assunto que é de suma importância tanto para a academia científica, quanto para os setores de planejamento e gestão do território.

É importante conhecer como funciona a superfície que o ser humano habita, já que este é extremamente dependente daquilo que o sustenta sob os seus pés, suas construções, seus cultivos, etc. De utilidade saber, também, até que ponto as forças que originam tais feições geomorfológicas atuam e atuarão tanto na escala local quanto regional, sem, portanto, esquecer das questões ambientais intimamente relacionadas a esses aspectos.

A geologia de grande parte da Folha Piumhi está principalmente condicionada à Formação Sete Lagoas, motivo pelo qual lhe é dado maior destaque no conjunto das formas mapeadas na área de estudo. A estratigrafia, levantada por alguns autores, demonstra que toda a região esteve encoberta pelas camadas de calcários, sobrepostas aos calcipelitos. As condições altimétricas indicam a posição elevada dos calcários residuais, ou seja, da Província Cárstica de Arcos – Pains – Doresópolis, que outrora ocupara todo o Planalto Fluvio-cárstico de Doresópolis - Iguatama, o Planalto Dissecado de Bambuí e o Planalto Tabular de Lagoa da

Prata, atualmente em níveis topográficos mais baixos que os terrenos adjacentes da Província. Tal constatação se justifica também pela ocorrência de calcários em áreas de topos próximos à Bambuí, bem como, pelas feições fluvio-cársticas da Lagoa da Inhumas e a presença de afloramentos residuais e pontuais em diversos locais nos planaltos citados, inclusive com ocorrências de dolinas, feições típicas do carste.

As características dos maciços calcários, profundamente sulcados pelos lapiaz, demonstram a atuação do clima e do tempo sobre os pacotes rochosos. Os processos de dissolução prosseguem corroendo os carbonatos e delineando cada feição cárstica, ajudados pelo clima em que se encontram e pelas feições lineares estruturais que indicam a ação tectônica na área, facilitando o trabalho da água sobre as rochas. A tendência está no arrasamento da superfície cárstica que poderá ser fluvio-cárstica e então, superfície de dissecação.

Destaca-se, entretanto, que estudos mais aprofundados são necessários para o maior conhecimento da área e sua dinâmica, incluindo mapeamentos em escalas maiores (1:25.000, por exemplo), que possibilitam um maior detalhamento em áreas amostrais importantes para o entendimento do relevo. Necessita-se, também, de um levantamento de dados cronológicos por datação relativa e absoluta. No caso das áreas cársticas, o aprofundamento dos estudos da geomorfologia endocárstica e ampliação dos detalhes do mapeamento se fazem necessários.

A grande preocupação que se observa a respeito da Folha Piumhi refere-se à Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, que é alvo de pesquisas científicas desde o século XIX, dada a sua importância no cenário cárstico/espeleológico mineiro e também nacional. Vários trabalhos norteiam os estudos sobre a área, sobretudo, aqueles de cunho geológico, espeleológico e biológico. Com relação à sua geomorfologia, têm-se trabalhos que descrevem a morfologia cárstica, mas que deixam a desejar no que se refere à espacialização de tais feições para que estejam representadas em mapas.

Acredita-se que o intuito desta dissertação ao propor o objetivo de elaboração do mapa geomorfológico de semi-detalle, a partir da identificação, classificação e descrição das formas do relevo foi alcançado, podendo servir como base para estudos futuros, tanto nos setores científicos quanto nos de gestão ambiental. Isto deve refletir sobre a interferência antrópica na área, que modifica os ambientes e a sua dinâmica, principalmente por se tratar de uma região com grande interesse mineralógico.

Em suma, diversos outros aspectos podem ser abordados dentro do contexto da Folha Piumhi. Os municípios pertencentes à região de influência das áreas cársticas, além do desenvolvimento econômico propiciado pela mineração dos recursos naturais encontrados, podem ser beneficiados pelas belezas naturais desencadeadas pela superfície cárstica, tais como paredões rochosos, dolinas e uvalas recobertas por lagoas, incluindo, também, grutas e cavernas. A natureza geomorfológica é riquíssima na região, possui uma potencialidade que pode ser aproveitada dentro dos princípios de conservação e preservação ambiental.



## 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.

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1986, cap. 2, p. 33-74.

ALKMIM, F. F. O que faz de cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: MANTESSO NETO, V; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; BRITO NEVES, B. (Org.), **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida. São Paulo; Editora Beca, 2004. p. 17-35.

ALKMIM; F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A Bacia Intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e Cenários Evolutivos. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.), **Bacia do São Francisco**: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001, p. 9-30.

ALMEIDA, F. F. M. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, 1969, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG-Núcleo da Bahia, 1969. p. 29-46.

ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco e suas faixas marginais de dobramentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Resumos dos Trabalhos...** Belo Horizonte: SBG-Núcleo de Minas Gerais, 1976. p. 214-215.

ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco. In: REUNIÃO PREPARATÓRIA PARA O SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, 1977, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG-Núcleo da Bahia, 1978. p. 13-14. [cópia parcial]

ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo: SBG, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim. Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro: DNPM, n. 241, p. 1-36, 1967.

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.

ARAÚJO, A. **Métodos e técnicas de pesquisa em Geomorfologia**. Apresentação em PowerPoint. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/assisaa/metodos-e-tecnicas-de-pesquisa-em-geomorfologia>>. Acesso em julho de 2012.

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.

BARROS, L. **Grutas e Cavernas da Província Cárstica do Alto São Francisco, Minas Gerais**. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <<http://www.grutasecavernas.fot.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2012.

BARROS, L. **Grutas e Cavernas da Província Cárstica do Alto São Francisco, Minas Gerais**. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <<http://www.grutasecavernas.fot.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2012.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. (Org.), **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 1998. 188p. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/)>. Acesso em: out. 2010.

CARVALHO, T. M; BAYER, M. Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia** – Ano 9, n. 1, 2008.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147p.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: jan. 2012.

CECAV-Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas do CECav, situação em 01/02/2012. Disponível em: <[http://www4.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id\\_menu=228](http://www4.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228)> Acesso em 14 abril de 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 2 ed. 11<sup>o</sup> reimpressão, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

CORRÊA, A. C. B.; FONSÊCA, D. N. Lineamentos de Drenagem e de Relevo como Subsídio para a Caracterização Morfoestrutural e Reativações Neotectônicas da Área da Bacia do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional – MG. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set. 2010

DEMEK, J. **Generalization of Geomorphological Maps**, in Progress Made in Geomorphological Mapping, Bmo, 1967.

DIAS, F. S.; VELÁSQUES, L. N. M. Hidrogeologia da bacia do rio São Miguel, municípios de Pains e Arcos – MG. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10 a 13 de setembro de 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABAS, 2002. p. 1-20.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EVANS, I. S.; HENGL, T.; GORSEVSKI, P. Applications in Geomorphology. HENGL, T.; REUTER, H. I. **Geomorphometry**: concepts, software, applications. Developments in Soil Science, vol. 33, Hungary: ELSEVIER, 2009, p. 497-526.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Universidade Estadual do Ceará. Apostila. 2002. Disponível em: < <http://www.dqi.ufms.br/~lp4/apostilaMetodologia.pdf> >. Acesso em: janeiro de 2012.

FONSECA, M. A.; DARDENNE, M. A.; UHLEIN, A. Faixa Brasília setor setentrional: estilos estruturais e Arcabouço tectônico. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo: USP, 25(4), p. 267-278, dez.1995.

GIANNINI, P. C. F. Depósitos e Rochas Sedimentares. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.), **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000. 2 reimpressão, 2003. Cap. 14. p. 285-304.

GLOSSÁRIO GEOLÓGICO ILUSTRADO. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/ig/glossario/>>. Acesso em: janeiro de 2012.

GPS. **Sistema de Posicionamento Global. Apostila. Disponível em:** <<http://pt.scribd.com/doc/48185743/GPS>>. Acesso em: janeiro de 2012.

HARDT, R. **Aspectos da morfologia cárstica da Serra do Calcário – Cocalinho – MT.** 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP, 2004.

HENGL, T.; EVANS, I. S. Mathematical and Digital Models of the Land Surface. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. **Geomorphometry: concepts, software, applications.** Developments in Soil Science, vol. 33, Hungary: ELSEVIER, 2009, p. 3-30.

HIRUMA, S. T.; ROCCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão, SP. **Revista do Instituto Geológico**, IG São Paulo, 20(1/2), p. 5-19, jan/dez 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Clima do Brasil.** Escala 1:5.000.000, 2002. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/mapas\\_murais/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/)>. Acesso em: 10 abr. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia.** IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed., Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5)

KARMANN, I. Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.), **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos, 2000. 2 reimpressão, 2003. Cap. 7. p. 113-138.

KOHLER, H. C. **Geomorfologia Cárstica na região de Lagoa Santa – MG.** 1989, 113f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.), **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 7, p. 309-334.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M.B., PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado**

**brasileiro.** Conservation International do Brasil, Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2010.

MACMILLAN, R. A.; SHARY, P. A. Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. HENGL, T.; REUTER, H. I. **Geomorphometry**: concepts, software, applications. Developments in Soil Science, vol. 33, Hungary: ELSEVIER, 2009, p. 227-254.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento Digital de Imagens**, Rio de Janeiro: Brasport, 1999. ISBN 8574520098.

MARTINS-NETO, M. A.; PINTO, C. P. A Bacia do São Francisco: definição e base de dados. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.), **Bacia do São Francisco**: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001. p. 1-30.

NEVES, B. B. B. A história dos continentes: trajetórias e tramas tectônicas. In: MANTESSO NETO, V; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; BRITO NEVES, B. (Org.), **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida. São Paulo; Editora Beca, 2004. p. 123-149.

OLIVEIRA, D. B.; MORENO, R. S.; MIRANDA, D. J.; RIBEIRO, C. S.; SEOANE, J. C. S.; MELO, C. L. Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4157-4163.

PALHA, W. S. M.; CARVALHO, A. S. Extração automática de lineamentos e análise neotectônica preliminar da região hidrográfica centro amazonense utilizando dados de interferometria de radar. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Goiânia, Brasil. **Anais...** 16-21 abril 2005, INPE, p. 1839-1846.

PATRUS, M. L. R. A.; SANTOS, A. C. S.; FIGUEIREDO, V. L. S.F.; MATOS, A. R.; MENEZES, I. C. R. Parcela Mineira da Bacia do Rio São Francisco: caracterização hidroclimática e avaliação dos recursos hídrico de superfície. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.), **Bacia do São Francisco**: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001, p. 285-326.

PAVLOPOULOS, K.; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Mapping geomorphological Environments**. Berlin: Springer, 2009.

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.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.  
PILO, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.1, n.1, p.88-102, 2000.

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. In CUNHA, S.B; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

PIZARRO, A.P. Compartimentação Geológica-Geomorfológica da Província Carbonática-Espeleológica Arcos-Pains-Doresópolis-MG. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte. **Anais...**, B.H, SBG-MG, 1998.

PONÇANO, W. L.; BISTRICHI, C. A.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, M. A.; PIRES NETO, A. C.; ALMEIDA, F. F. M. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...** [S.l.]: SBG-Núcleo de São Paulo, 1979. v. 2, p. 253-262.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. v. 31, Rio de Janeiro, Folha SE-22. Goiânia, 1983. 768p.

REUTER, H. I.; NELSON, A. Geomorphometry in ESRI Packages. HENGL, T.; REUTER, H. I. **Geomorphometry: concepts, software, applications**. Developments ion Soil Science, vol. 33, Hungary: ELSEVIER, 2009, p. 269-292.

RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; SENRA, A. S.; VALERIANO, C. M.; TROUW, R. A. J. **Geologia da Folha Piumhi SF.23-V-B-II**. Minas Gerais: UFRJ/CPRM, 2008.

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.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.), **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000. 2 reimpressão, 2003. Cap. 10. p. 191-214.

RODRIGUES, S. C. **Análise Empírico-Experimental da Fragilidade Relevo-Solo no Cristalino do Planalto Paulistano**: sub bacia do reservatório Billings. 1998. 265 f. Tese

(Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

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**, 16, 2005, p. 81-90.

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

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n.6, São Paulo: Edusp, p. 17-30, 1992.

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.

ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; FACHINELLO, A.; CÂNDIDO, L. A.; SILVA, A. R.; SUERTEGARAY, D. M. A. **Terra**: feições ilustradas. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, 1 (1), p. 1-15, 1993.

SAADI, A.; CARDOSO, G. G. C.; MORAIS, M. S. Neotectônica e carstificação na Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis/MG. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, SBG-MG, 1988.

SALAMUNI, E. **Neotectônica e Morfotectônica**: Aula 3 – Estudo das paisagens, geomorfologia. Apostila. Disponível em:  
<<http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/neotectonica/aula3.pdf>>. Acesso em: dez. 2012.

SALOME, A.L., VAN DORSSER, H.J. Examples of 1:50000 scale geomorphological map of part of the Ardennes. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, Berlin, v.26, n.4, p.481-489, dez. 1982.

SANTOS, A. R. A tectônica e as formas de relevo. In: FLORENZANO, T. G. (Org.), **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 5, p. 129-158.

SCHOBENHAUS, C.; BRITO NEVES, B. B. A geologia do Brasil no contexto da plataforma sul-americana. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (EdS.), **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.

SENA, E.; SOARES, B. F.; TRAVASSOS, L. E. P. Panorama inicial dos estudos pedológicos em regiões de carste tradicional. In: 31º CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA ESPELEODIVERSIDADE: ENSINO E CONSERVAÇÃO, 2011, Ponta Grossa. **Anais...** Campinas/Ponta Grossa: SBE/UEPG, 2011. p. 111-114. Disponível em <[http://www.sbe.com.br/anais31cbe/31cbe\\_111-114.pdf](http://www.sbe.com.br/anais31cbe/31cbe_111-114.pdf)>. Acesso em 14 mar. 2013.

SILVA, T. I. ; RODRIGUES, S. C. A utilização de SIGs e técnicas de Geoprocessamento a partir de imagens da SRTM para a Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Médio-Baixo Curso do Rio Araguari/MG. **Caderno de Geografia** (PUCMG. Impresso), v. 20, p. 58-73, 2010.

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, 2009a.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Tutorial de Cartografia Geomorfológica. **Revista Geográfica Acadêmica** , v.3, p.1 - 65, 2009b.

SOUZA, L. H. 2006. **Representação gráfica de feições lineares do relevo: Proposta de aplicação de simbologia linear digital na Cartografia geomorfológica**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

TRAVASSOS, L. E. P. **Considerações sobre o carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: Tradição Planalto, 2010.

TRAVASSOS, L. E. P. Interações entre a Carstologia e a Geografia Cultural. **RA'EGA**, Paraná, v. 22, p. 95-154, 2011.



TRAVASSOS, L. E. P. Sugestões de melhoria na seção sobre o carste [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[thallitaisabela@yahoo.com.br](mailto:thallitaisabela@yahoo.com.br)> em 15 mar. 2013a.

TRAVASSOS, L. E. P. Sugestões de melhoria na seção a simbologia cárstica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[thallitaisabela@yahoo.com.br](mailto:thallitaisabela@yahoo.com.br)> em 21 mar. 2013b.

VALADÃO, R. C. Geodinâmica de Superfícies de Aplanamento, Desnudação Continental e Tectônica Ativa como Condicionantes da Megageomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.2, p.77-90, 2009.

VALERIANO, C. M.; DARDENNE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES, L. S.; SEER, H. J. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; NEVES, B. B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida**. São Paulo: Editora Beca, 2004. Cap. XXXII, p. 575-593.