

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO SÃO  
FRANCISCO-MG**

**Dhulia Alves de Souza**

**UBERLÂNDIA / MG**  
**2017**

**Dhulia Alves de Souza**

**ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO SÃO  
FRANCISCO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para Título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Ensino, Método e Técnica em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rosa

**UBERLÂNDIA / MG  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S729z      Souza, Dhulia Alves de, 1990-  
2017      Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto São  
Francisco-MG / Dhulia Alves de Souza. - 2017.  
80 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.  
Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2017.23>  
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Bacias hidrográficas - Minas Gerais - Teses.  
3. Bacias hidrográficas - Diagnóstico - Teses. 4. São Francisco, Rio,  
Bacia - Teses. I. Rosa, Roberto. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

---

## **AGRADECIMENTO**

Tenho GRATIDÃO a Deus e todos aqueles que fizeram parte da minha vida, amigos e familiares que contribuíram de forma significativa para a conclusão de mais uma etapa tão importante. Não foi uma caminhada fácil, houveram pedras que tiveram que ser retiradas uma a uma para que eu pudesse ao alcançar o objetivo final.

E é claro não posso deixar de agradecer e destacar que sou imensamente grata ao Professor Roberto Rosa, por ter aceitado me orientar faltando meses para o fim de todo o processo.

E por fim apresento um parágrafo de um autor desconhecido, mas que relata um pouco desses dois anos de mestrado

A vida é feita de dias de chuva e dias de sol,

Cada um tem seu motivo para existir.

Dias de sol tornam a vida mais bela,

Mas dias de chuva trazem o necessário para a vida crescer.



## RESUMO

A dissertação em questão, propõe um zoneamento ambiental de bacia hidrográfica adotando como área de estudo o perímetro denominado como Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco, a qual encontra-se na região sudoeste do estado de Minas Gerais, abrangendo áreas territoriais dos municípios de São Roque de Minas, Vargem Bonita e Piumhi. Traz ainda uma abordagem frente ao zoneamento e as duas metodologias utilizadas frequentemente. A metodologia aplicada segue a diretrizes proposta por Crepani et al. (2001) e determina para a área unidades que são classificadas conforme sua estabilidade/vulnerabilidade ambiental. Partindo dessas unidades, realizou-se o cruzamento temático na plataforma ArcGis 10.2, onde foi possível realizar o zoneamento da área. No zoneamento da bacia hidrográfica foram definidas duas unidades sendo estas: área de impedimento legal (seguindo as normas exigidas pelo Código Florestal), são áreas que preservam ou devem ser preservadas ou que restringe a ocupação antrópica, como as áreas de preservação permanente – APP e Parques Nacionais (Unidades de Conservação), e a segunda unidade denominada como área produtiva consolidada. Ao analisar o mapa de zoneamento destaca-se que uma parte considerável da bacia encontra-se em (aproximadamente 44%) apresenta alguma restrição legal para o uso antrópico e com relação as áreas produtivas consolidadas são classificadas cinco unidades onde: a unidade estável encontra-se nas proximidades do PARna da Serra da Canastra, a unidade moderadamente estável abrange maior percentual dentro da bacia, já a unidade medianamente est./vulne. encontra-se espaçada mas tem maior concentração próximo ao leito principal (Rio São Francisco), da mesma forma acontece com a unidade moderadamente vulnerável, e pôr fim a unidade vulnerável é presente na bacia mas com área insignificante.

**Palavras-Chaves:** Bacia hidrográfica, diagnóstico, zoneamento ambiental.

## ABSTRACT

The dissertation proposes an environmental zoning of the river basin, adopting as a study area the perimeter known as the Upper São Francisco Hydrographic Basin, which is located in the southwestern region of the state of Minas Gerais, encompassing territorial areas of the municipalities of São Roque de Minas, Vargem Bonita and Piumhi. It also provides an approach to zoning and the two commonly used methodologies. The applied methodology follows the guidelines proposed by Crepani et al. (2001) and determines for the area units that are classified according to their environmental stability / vulnerability. Starting from these units, the thematic crossing in the platform ArcGis 10.2 was realized, where it was possible to realize the zoning of the area. In the watershed zoning, two units were defined as areas of legal impediment (following the standards required by the Forest Code), are areas that preserve or must be preserved or that restrict anthropic occupation, such as the permanent preservation areas - APP and National Parks (Conservation Units), and the second unit denominated as consolidated productive area. When analyzing the zoning map it is highlighted that a considerable part of the basin is in (approximately 44%) presents some legal restriction for the anthropic use and in relation to the consolidated productive areas are classified five units where: In the vicinity of the Serra da Canastra PARna, the moderately stable unit comprises a larger percentage within the basin, while the unit is moderately stable. It is spaced but has a higher concentration near the main river bed (São Francisco River), so does the moderately vulnerable unit, and ending the vulnerable unit is present in the basin but with insignificant area.

**Keywords:** Hydrographic basin, diagnosis, environmental zoning.

## FIGURAS

Figura 1: Classes de fragilidade por tipos de solos .....	21
Figura 2: Grau de proteção por tipo de cobertura vegetal .....	22
Figura 3: Fluxograma apresentando as informações necessárias para a geração da carta de Zoneamento .....	29
Figura 4: Fluxogramas de geração das áreas de APPs .....	32
Figura 5: Mapas utilizados para definição de zonas ambientais da bacia em estudo .....	34
Figura 6: Imagem demonstrando afloramento de quartzito no topo da Serra da Canastra e a escarpa da Serra da Babilônia .....	43
Figura 7: Imagem da Serra da Babilônia demonstrando afloramento rochoso .....	43
Figura 8: Corte demonstrando colúvio de cascalho .....	45
Figura 9: Processo erosivo de comum ocorrência no Grupo Bambuí .....	46
Figura 10: Vários processos erosivos ocorrendo nas vertentes .....	47
Figura 11: Material de coloração 10R 4/6, encontrado apenas nas áreas de baixa ocorrência de processos erosivos .....	47
Figura 12: Unidade Geomorfológica Planalto São Francisco, relevo ondulado .....	53
Figura 13: Unidade Planalto São Francisco, relevo suave com topo plano .....	53
Figura 14: Processo erosivo ocorrendo na unidade Planalto São Francisco, próximo ao leito principal .....	54
Figura 15: Unidade Planalto do São Francisco, processos erosivos ocorrendo em vertentes com inclinação de 14% .....	54
Figura 16: Imagem do Google Earth com os pontos de onde foram obtidas as imagens das Figuras 16 e 17 .....	55
Figura 17: Planalto Dissecado da Faixa Canastra, com relevo característico de colinas e ao fundo a escarpa da Serra da Canastra .....	56
Figura 18: Planalto Dissecado da Faixa Canastra com padrão de morros com topos angulosos .....	56
Figura 19: Unidade Geomorfológica Superfície Cimeira .....	57
Figura 20: Padrão de drenagem em treliça .....	57
Figura 21: Unidade geomorfológica - Planalto Dissecado do Sistema de Intrusão Piumhi .....	58
Figura 22: Unidade geomorfológica denominada de Serras e Cristas Isoladas .....	59
Figura 23: Imagem demonstrando vegetação natural da parte alta da Serra da Canastra .....	62
Figura 24: Imagem demonstrando o uso de pastagem e vegetação natural .....	63
Figura 25: Imagem demonstrando agricultura perene .....	63
Figura 26: Cultura de Milho .....	64
Figura 27: Silvicultura .....	64
Figura 28: Imagem de São José do Barreiro .....	65
Figura 29: PARna Serra da Canastra (imagem A) e APP de curso d'água (imagem B) .....	67
Figura 30: Mata Ciliar (APP de curso d'água) .....	69
Figura 31: Imagem demonstrando remanescentes florestais e pastagens .....	70
Figura 32: A imagem apresenta um relevo suave com cultura perene .....	71
Figura 33: Processo erosivo em vertente e área de pastagem .....	71

## MAPAS

Mapa 1: Localização da área de estudo.....	13
Mapa 2: Localização do Cráton São Francisco e da Faixa de Dobramento Brasília.....	39
Mapa 3: Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do Alto Rio São Francisco .....	40
Mapa 4: Hipsometria da área de estudo .....	49
Mapa 5: Declividade da área de estudo.....	50
Mapa 6: Mapa Geomorfológico da área de estudo.....	52
Mapa 7: Classes de Solo da área de estudo .....	61
Mapa 8: Classes de uso da Terra da área de estudo .....	66
Mapa 9: áreas de Uso Restrito.....	68
Mapa 10: Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco .....	73

## QUADROS

Quadro 1: Matriz dos índices de dissecação do relevo .....	20
Quadro 2: Materiais utilizados na pesquisa.....	27
Quadro 3: Classes de Estabilidade .....	33
Quadro 4: Demonstrativo de unidades geológicas, litológicas e tipos de rochas presentes na área de estudo.....	41
Quadro 5: Correlação das colunas estratigráficas dos Grupos Canastra e Ibiá .....	44

## Sumário

CAPÍTULO 01 .....	10
1. INTRODUÇÃO .....	11
1.2 Justificativa.....	14
CAPÍTULO 02 .....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 Zoneamento Ambiental .....	16
CAPÍTULO 03 .....	25
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS .....	26
3.2 Materiais.....	26
3.3 Metodologia .....	27
3.4 Técnicas e Procedimentos Operacionais .....	29
CAPÍTULO 04 .....	35
4. DIAGNOSTICO AMBIENTAL.....	36
4.1 Aspectos Geológicos .....	36
4.2 Aspectos Geomorfológicos .....	47
4.3 Aspectos Pedológicos .....	59
4.4 Usos da Terra.....	62
4.5 Áreas de Uso Restrito.....	67
5. ZONEAMENTO AMBIENTAL.....	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	74
REFERÊNCIAS.....	76

# **CAPÍTULO 01**



## 1.INTRODUÇÃO

Por décadas o homem vem alterando o meio ambiente natural em função de sua forma de ocupação do espaço geográfico e sua utilização dos recursos naturais. A partir do século XX, essas alterações ganharam maior intensidade, devido ao grande crescimento demográfico, a evolução e expansão urbana, agrícola e industrial, sem o planejamento necessário, alterando o equilíbrio dos sistemas ambientais.

Sporl e Ross (2004), destacam que as intervenções humanas no meio natural fazem com que os sistemas ambientais apresentem maior ou menor fragilidade em função de suas características “genéticas” e que qualquer modificação nos diferentes componentes da natureza como relevo, solo, vegetação clima e recursos hídricos provoca o comprometimento da funcionalidade do sistema, rompendo o seu estado de equilíbrio dinâmico.

Drew (2005) aponta que

embora as atividades destinadas a alterar o ambiente, na sua maioria, tenham a intenção de ser benéficas do ponto de vista humano, o grau de inter-relação dos fenômenos naturais a que nos referimos explica que mudanças inesperadas, ou atéreações em cadeia, venham a resultar daquilo que pretendia ser uma ‘benfeitoria’ isolada. A intensidade dessas ações inadvertidas depende em primeiro lugar do esforço (ou tensão) aplicado ao sistema pelo homem e, em segundo lugar, do grau desuscetibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema.

Assim, surge a necessidade de se realizar estudos integrados da paisagem a fim de direcionar decisões, diretrizes ações que diminuam o impacto e/ou alteração no meio natural. Nesse sentido o zoneamento ambiental aparece como um mecanismo da gestão ambiental, pois o mesmo consiste em realizar uma análise integrada do meio, considerando os impactos ocasionados pela ação humana e a capacidade de suporte do meio ambiente, possibilitando assim, a elaboração de diretrizes específicas para cada unidade territorial ou zonas (DICIONARIO AMBIENTAL, 2013).

Segundo Carvalho (2014), as bacias hidrográficas vêm sendo adotadas como área preferencial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, destacando que o planejamento das bacias, com relação ao seu conceito, conceitualmente se altera pois, em um primeiro momento o enfoque do planejamento das bacias era o manejo de águas,

posteriormente, com uma concepção da bacia como um conjunto de fatores ambientais e, mais atual como uma visão de planejamento integrado. Nesse contexto, vários são os zoneamentos realizados em bacias hidrográficas, Leite (2011), destaca que diversos autores como Chirstofolleti (1979), Mendonça (1993), Beltrame (1994), Guerra et al. (2005), dentre outros, consideram a bacia hidrográfica uma unidade geográfica ideal para estudos que destinam-se a integração entre dados das atividades humanas e do meio físico-natural. Leite ainda continua e salienta que o “zoneamento ambiental de uma bacia hidrográfica nessa concepção pressupõe a integração de diversas informações a respeito de sua estrutura e funcionamento” (LEITE, 2011 p. 19).

Nesse sentido, por se tratar de uma integração de informações, o zoneamento ambiental tem contado com as técnicas de geoprocessamento pelas mesmas possibilitar a integração e o gerenciamento de dados espaciais e não espaciais. Fitz (2008 p. 11), salienta que o geoprocessamento proporciona avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em outros aspectos relacionados a estrutura do espaço geográfico.

Nessa lógica, este trabalho propõe realizar o zoneamento ambiental da área intitulada como Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco afim de disponibilizar um material que venha expor as potencialidades da mesma.

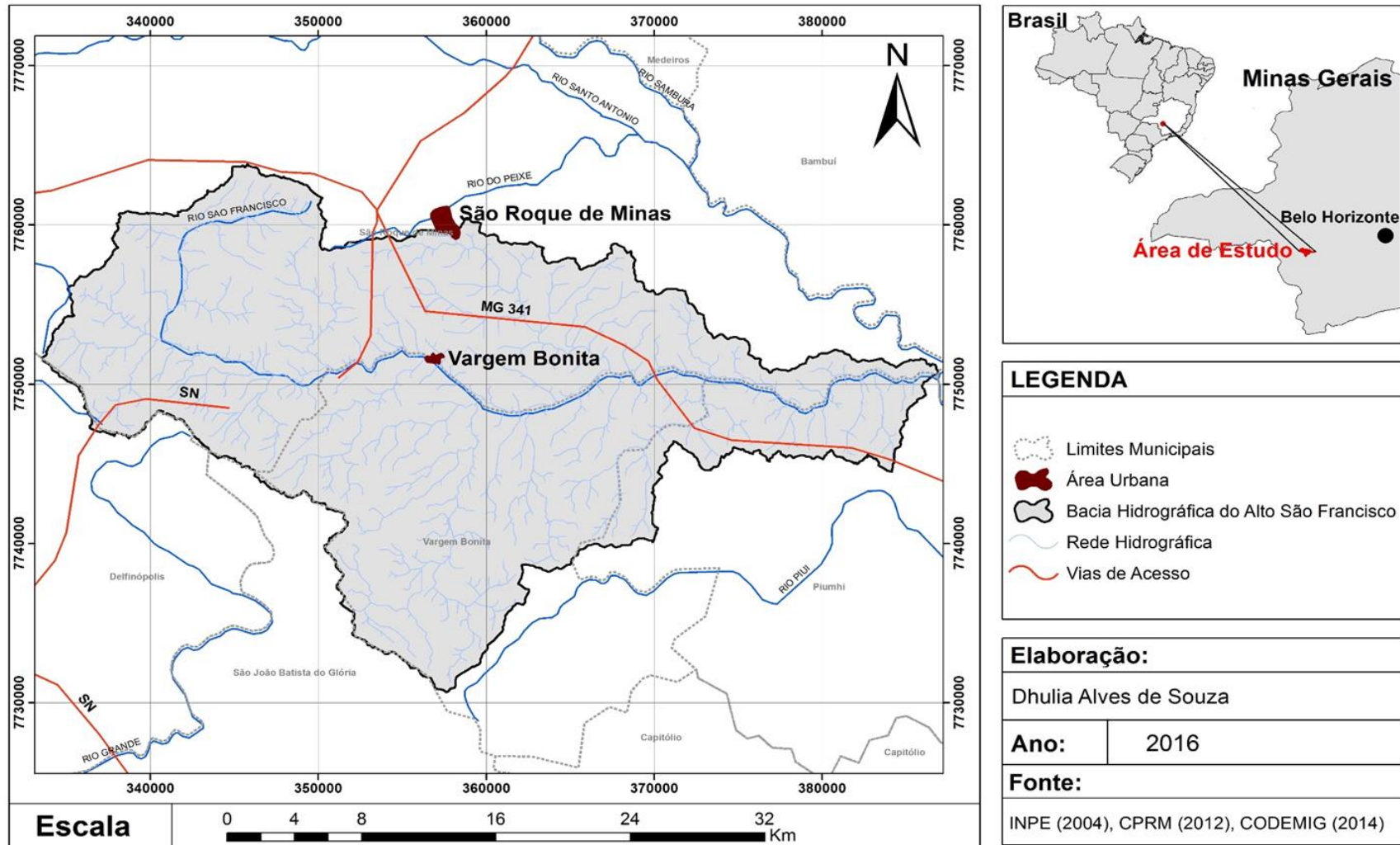
Vale expor que o nome da bacia deriva do curso d'água principal, o Rio São Francisco que possui uma extensão total de 2.700km desembocando no Oceano Atlântico entre os estados de Sergipe e Alagoas. A extensão do rio que se encontra no perímetro da área de estudo, iniciando na nascente do rio São Francisco (no alto da Serra da Canastra) e percorre uma extensão aproximada de 68,7 km até a foz que onde o mesmo encontra com o rio Samburá.

A Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco (Mapa 01), localiza-se na região sudoeste do estado de Minas Gerais recobrando uma superfície de 786km<sup>2</sup>, abrangendo parte dos municípios de São Roque de Minas (onde ocupando uma área de 423,33km<sup>2</sup>), Vargem Bonita (ocupando 287km<sup>2</sup>) e Piumhi (ocupando 75,93km<sup>2</sup>).



Mapa 1: Localização da área de estudo

## Localização da Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco



## 1.2 Justificativa

A escolha da área de estudo para a elaboração de um zoneamento ambiental, adveio pela mesma apresentar uma variação de uso e ocupação do solo que engloba usos agrossilvopastoris, mineração, unidade de conservação, turísticos e científicos. Ademais trata-se de uma área de contato entre dois eventos geológicos distintos que condicionou a variação topográfica, litológica, pedológica, das formas superficiais e consequentemente a forma de uso do solo.

Além dessas características a área apresenta uma quantidade expressiva de processos erosivos e outro ponto a se destacar é que na área da bacia encontra-se uma porção do Parque Nacional da Serra da Canastra (Unidade de Conservação), a qual tem grande importância no que diz respeito a proteção do ambiente físico-natural (recursos hídricos, Patrimônio Geológico e Geomorfológico e) e na preservação da biodiversidade (ICMBio, IBAMA 2005).

Dessa forma a elaboração de um zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Alto São Francisco será de suma importância para a área, por proporcionar um estudo integrado dos fatores físicos da bacia, contextualizando as vulnerabilidades, potencialidades e adequabilidades além de gerar um documento cartográfico resultante do zoneamento, o qual representa a base cartográfica necessária para o planejamento da sustentação ecológica, econômica e social (SANCHEZ; SILVA, 1995).

## CAPÍTULO 02



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para o estudo em questão foram fichados e avaliados conteúdos frente ao tema zoneamento ambiental. Dessa forma, o capítulo em questão apresentará estudos e metodologias que estão intimamente relacionados ao zoneamento ambiental.

### **2.1 Zoneamento Ambiental**

O homem por séculos vem alterando o meio ambiente natural para atender seus interesses e/ou necessidades. As modificações realizadas pelo homem nesse meio natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínuo (ROSS, 1990).

Como uma forma de amenizar o impacto causado pelas intervenções humanas no meio natural, e na busca por uma boa qualidade ambiental, tem-se realizado estudos associando parâmetros físicos, químicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos, de forma a elaborar cenários mais previsíveis com riscos minimizados.

Neste contexto o zoneamento ambiental, por proporcionar um estudo integrado apoiando-se no diagnóstico como o objetivo de identificar subunidades territoriais relativamente homogêneas no interior de unidades territoriais maiores, entra como base principal para a elaboração de um ordenamento físico-territorial, a fim de um desenvolvimento sustentável (BACANI; LUCHIARI, 2014; ZEE [20--], FERREIRA; CUPOLILLO, 2016).

Segundo Ferreira e Cupolillo (2016), o diagnóstico ambiental territorial deve possibilitar conhecer a situação do meio ambiente, objetivando traçar estratégias ou tomar decisões para prevenir, controlar ou corrigir degradação, levando em consideração que uma unidade territorial nunca deve ser diagnosticada como se fosse algo imutável. Dessa forma deve-se considerar a dimensão espacial e a temporal evitando assim uma figura restrita ao momento, mas toda uma história processual e funcional. Os mesmos ainda prosseguem dizendo que (FERREIRA; CUPOLILLO, 2016 p. 1429)

Os relatórios de diagnóstico ambiental devem apresentar o estado dos principais elementos do meio físico, biótico e socioeconômico, modificados ou passíveis de modificação devido a apropriação antrópica dos recursos naturais no interior e na área de influência das unidades territoriais. [...] na tentativa de oferecer informações sobre fragilidades e potencialidades, dando subsídios fundamentais para o zoneamento, planejamento e gestão ambiental.

Fontanella et al. (2009) Também destacam que o diagnóstico ambiental define-se como o conhecimento de todos os aspectos ambientais de uma área em diferentes escalas (país, estado, bacia hidrográfica, município) para a caracterização da sua qualidade ambiental, sendo que para a elaboração do diagnóstico ambiental envolve interpretar a situação ambiental problemática, a partir da interação e da dinâmica de seus componentes, quer relacionado aos elementos físicos e biológicos, quer aos fatores sócio-culturais.

O zoneamento ambiental é utilizado desde a década de oitenta com a finalidade de auxiliar na gestão ambiental de unidades de conservação ou de grandes áreas territoriais. Atualmente o uso do zoneamento tem sido bastante utilizado como um instrumento de apoio ao planejamento em áreas menores como as bacias hidrográficas e áreas urbanas (COLLARES, PEREIRA).

Alguns autores como Sanchez e Silva (1995) destacam que zonear significa desagregar o espaço em zona ou áreas que delimitam algum tipo de especificidade ou aspectos comuns, ou homogeneidade interna. Sua função é ordenar a diversidade de sistemas naturais, definindo a compartimentalização e comportamentos dessa diversidade, para que as diferentes ofertas ou produtos da natureza deixem de ser estimadas como objetos imediatos de consumo e sejam valorizadas como expressões sensíveis de uma dinâmica, cuja compreensão condiciona a sustentabilidade do desenvolvimento.

Brito (2001, p. 5) cita Carneiro e Coelho (1987) os quais conceituam “zoneamento como sendo um instrumento para a ordenação de subespaço, que emerge basicamente de um conjunto de interações e atitudes que, contrastando com a dinâmica

dos processos naturais e sociais nele ocorrentes, vão permitir a obtenção de princípios e parâmetros relativos a sua utilização.” Já Ab’Saber (1987) expõe que o conceito de zoneamento requer um grande conhecimento prévio, onde seu uso em um determinado espaço exige método, reflexão e estratégias próprias, utilizando de uma multidisciplinaridade plena, por propor-se a identificar as potencialidades específicas ou preferenciais de cada um dos subespaços da área de estudo.

O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, salienta que o zoneamento ambiental, como uma ferramenta de planejamento integrado, se mostra como um meio para o ordenamento do uso racional dos recursos naturais, garantindo a manutenção da biodiversidade, os processos naturais e serviços ambientais ecossistêmicos. Esta necessidade de ordenamento territorial se viu imprescindível devido ao acelerado avanço da fronteira agrícola, a intensificação da urbanização e industrialização associados à escassez de recursos orçamentários destinados ao controle dessas atividades.

Lima, Rempel e Echardt (2007), citam a Lei Federal 6.938, de 31 de ago. de 1981, onde, em suma, o zoneamento ambiental prevê a preservação, a reabilitação e a recuperação da qualidade ambiental. O mesmo tem por objeto o desenvolvimento socioeconômico condicionado à manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e melhoria das condições de vida do homem, trabalhando, sobretudo, com indicadores ambientais ressaltando as potencialidades, propensões e fragilidades do meio natural.

Ainda com a lei citada acima, a mesma apresenta as características do zoneamento ecológico econômico do Brasil (ZEE), destacando (BRASIL, 1981):

- O zoneamento como um instrumento de organização do território
- O ZEE na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais.
- Busca a sustentabilidade ecológica, econômica e social, com vistas a compatibilizar o crescimento econômico e a proteção dos recursos naturais, em favor das presentes e futuras gerações, em decorrência do

reconhecimento de valor intrínseco à biodiversidade e a seus componentes;

Bacani e Luchiari (2014), citam Becker e Egler (1996) o qual destaca que o zoneamento ambiental deve atender as seguintes questões:

- ✓ Representar instrumento técnico de informações sobre o território, necessária para a sua ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais;
- ✓ Prover uma informação integrada em uma base geográfica;
- ✓ Ser condicionante de planejamento e gestão para o desenvolvimento em bases sustentáveis, colocando-se como instrumento corretivo e estimulador desse desenvolvimento.

Segundo Ross (1994) os estudos integrados de um determinado espaço, inferem na compreensão da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas. Dessa forma a elaboração do zoneamento ambiental deve iniciar da adoção de uma metodologia baseada no entendimento das características e da dinâmica do ambiente natural e sócio econômico, tendo em vista uma integração multidisciplinar por meio de uma síntese do conhecimento a respeito da realidade pesquisada. Nesse sentido, pode-se destacar as metodologias propostas por Ross (1994) e Crepani (1996), que segundo Florenzano (2011 p. 122), são dois sistemas de mapeamento integrado que vêm sendo utilizados na elaboração de zoneamentos ambientais.

No que diz respeito a metodologia de Ross, o mesmo pauta-se no estudo das fragilidades dos ambientes naturais e das Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), o qual definiu que os ambientes, quando em equilíbrio dinâmico se mostram estáveis e quando em desequilíbrio se mostram instáveis. Visando tal conceito como subsídio ao Planejamento Ambiental, Ross, ampliou o uso do mesmo, estabelecendo Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de estabilidade e instabilidade emergente em vários graus, variando entre muito fraca a muito forte.

Segundo Ross (1994), as unidades de fragilidade devem ser resultantes da análise do relevo, solo, cobertura vegetal e clima. O cruzamento desses elementos propicia um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPORL; ROSS, 2004). Tal modelo sugere que cada variável, seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade, sendo esses valores classificados da seguinte forma: variáveis com valores próximos a 1,0 representam unidades mais estáveis, valores próximos a 3,0 indicam unidades intermediárias e as unidades mais vulneráveis apresentam valores próximos a 5,0. Dessa forma são destacadas as seguintes variáveis com suas respectivas classificações:

➤ **Índice de dissecação do relevo** - tem por base a matriz dos índices de dissecação do relevo (Quadro 01), e se organiza da seguinte forma:

1. Muito Fraca (da matriz) – 11
2. Fraca (da matriz) – 21, 22, 12
3. Média (da matriz) – 31, 32, 33, 13, 23
4. Forte (da matriz) – 41, 42, 43, 44, 14, 24, 34 ...
5. Muito Forte (da matriz) – 51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45...

Quadro 1: Matriz dos índices de dissecação do relevo

Grau de entalhamento dos vales (classes) (1º Algarismo)	Dimensão interfluvial média (classes) (2º Algarismo)				
	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

➤ **Declividade** – as classes de declividade tiveram como base os intervalos determinados pelos estudos de Capacidade de Uso de Aptidão Agrícola associados aos valores já conhecidos de limites críticos de geotecnia (SPORL; ROSS, 2004). Assim as classes de declividade são hierarquizadas da seguinte forma (Tabela 01):



Tabela 1: Grau de fragilidade por classe de declividade

<b>Fragilidade</b>	<b>Declividade</b>
1 Muito Fraco	<6%
2 Fraco	6 a 12%
3 Médio	12 a 30%
4 Forte	20 a 30%
5 Muito Forte	> 30

Fonte: SPROL; ROSS, 2004

- **Solos** - o critério utilizado para esta variável, segundo Ross (1993), passa pelas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais (Figura 01). Tal variável é hierarquizada classes de fragilidade (1) muito fraca a (5) muito forte (Figura 01).

Figura 1: Classes de fragilidade por tipos de solos

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Tipos de Solos</b>
1-Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa.
2-Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura media/argilosa
3-Média	Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura media/argilosa.
4-Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura media/arenosa, Cambissolos
5-Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Fonte: ROSS, 1994 p. 68

- **Cobertura Vegetal** – esta variável se insere na análise da proteção do solo que apresenta uma hierarquia por grau de proteção. Tal hierarquia varia entre muito alta (1) a muito baixa/nulo (5), tal critério pode ser

observado na figura 02, onde são destacados os tipos de cobertura e seus respectivos graus de proteção.

Figura 2: Grau de proteção por tipo de cobertura vegetal

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1- Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2- Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa), Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau
3-Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas
4-Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento)
5-Muito baixa a nula	áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: ROSS, 1994 p. 69

- **Pluviosidade** – este apresenta categoria hierárquica de varia entre muito fraca (1) a muito forte (5) (SPORL; ROSS, 2004).

Dessa forma tal análise possibilita categorizar unidades de fragilidade muito baixa (variáveis favoráveis) a fragilidade muito forte (variáveis desfavoráveis), a partir de uma carta síntese, permitindo a identificação de áreas críticas do ponto de vista da fragilidade potencial natural.

No que se refere ao método proposto por Crepani et al. 1996, o mesmo teve por finalidade realizar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia, a vista disto, os mesmos desenvolveram uma metodologia para a geração de cartas de vulnerabilidade a erosão do solo, a partir da ecodinâmica de Tricart (1997) fundamentando-se na relação

morfogênese/pedogênese e na utilização de imagens de satélite (Landsat), por permitir uma visão sinótica e holística da paisagem.

Florenzano (2011), destaca que os critérios desenvolvidos por Crepani et al. (1996), fundamenta-se nas categorias morfodinâmicas estabelecidas por Tricart (1997), sendo estes os meios estáveis (cobertura vegetal densa; dissecação moderada; e ausência de manifestações vulcânicas), meios intergrades (equilíbrio entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas); e por último meios fortemente instáveis (representado condições bioclimáticas agressivas, relevo fortemente dissecado, presença de solos rasos, cobertura vegetal inexistente, planícies e fundo de vales sujeitos a inundação, e geodinâmica interna intensa.

Nesse seguimento a metodologia em questão, pauta-se primeiramente na elaboração de mapas de unidades homogêneas de paisagens (UTBs), a partir da interpretação de imagens Landsat sensor TM composição colorida 345BGR, associando com informações preexistentes como os mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de cobertura vegetal e dados climáticos.

Posteriormente são estabelecidos graus de vulnerabilidade a cada unidade ambiental identificada, segundo as relações entre os processos de morfogênese e pedogênese, onde quando a morfogênese for predominante, prevalecem os processos erosivos, os quais modificam o relevo, e quando predomina a pedogênese, prevalecem os processos capazes de formar os solos (CREPANI et al. 1996; FLORENZANO, 2011). Dessa forma a vulnerabilidade é expressa em valores de estabilidade para cada unidade ambiental, sendo os valores variando entre 1 e 3 totalizando 21 valores. Na tabela 02, são apresentadas as classes de vulnerabilidade a perda de solo, destacando que os valores próximos a 1,0, caracterizam o predomínio dos processos de pedogênese, enquanto os valores próximos a 2 representa estabilidade intermediária e por fim os valores próximos a 3 caracterizam o predomínio da morfogênese.

Como resultado final, a metodologia de Crepani et al. 1996, expõe a vulnerabilidade de cada unidade ambiental em função de cada tema avaliado, geologia, geomorfologia, vegetação, solos e clima. O valor de cada unidade é resultante das médias aritméticas dos valores individuais (conforma equação que segue abaixo),

representando tais unidades de paisagem dentro da escala de vulnerabilidade a perda de solo.

$$V = \frac{G+R+S+Vg+c}{5}$$

Sendo:

V – Vulnerabilidade da unidade de paisagem;

G – Vulnerabilidade para o tema Geologia;

R – Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

S – Vulnerabilidade para o tema Solo;

Vg – Vulnerabilidade para o tema Vegetação/Uso do solo;

C – Vulnerabilidade para o tema Clima

Tabela 2: Escala de Vulnerabilidade a perda de solo das unidades de paisagem

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0		VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		2,7			255	153	0	
U5	U	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5	E		255	255	0	
U7	N	2,4	S		204	255	0	
U8	E	2,3	T		153	255	0	
U9	R	2,2	A	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1	B		51	255	0	
U11	B	2,0	I		0	255	0	
U12	I	1,9	L		0	255	51	
U13	L	1,8	I	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A		0	255	204	
U16	A	1,5	D		0	255	255	
U17	D	1,4	E	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0	↓		0	0	255	

Fonte: CREPANI et. al., 2001, pag. 22

Visto a base teórica frete ao tema e as metodologias atualmente utilizadas, o capítulo a seguir, apresentará a metodologia definida e suas adaptações para a elaboração de um zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Alto São Francisco e demais procedimentos para tal.

## **CAPÍTULO 03**



### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS**

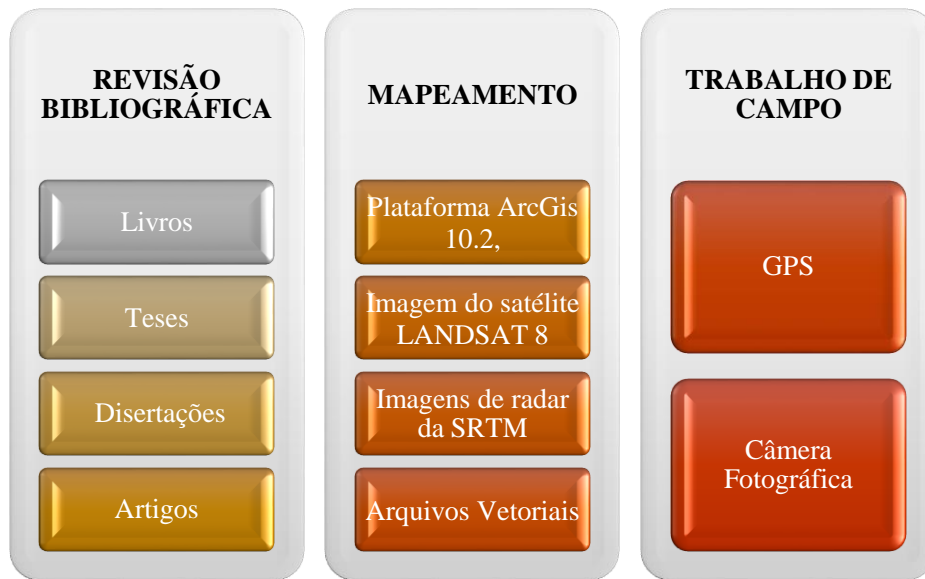
Após a discussão descrita no embasamento teórico da pesquisa, neste item é apresentado o método e técnicas determinados para a realização do zoneamento ambiental, partindo do princípio que “uma metodologia compreende um conjunto de conceitos, postulados técnicos, métodos, classificações e recursos tecnológicos de investigação”(Zuquette, Randolfi 2004, pág. 49).

Dessa forma o capítulo em questão foi organizado em subitens destacando metodologia aplicada, técnicas e procedimentos operacionais e materiais utilizados para o cumprimento do objetivo da pesquisa.

#### **3.2 Materiais**

Para a realização do trabalho em questão foram utilizadas (Quadro 02) teses, dissertações, artigos e livros afim de se realizar a revisão bibliográfica. Na elaboração dos resultados foram necessários a utilização da plataforma ArcGis 10.2 a qual possibilitou a elaboração dos mapas, pois o mesmo permite o armazenamento, a edição e a confecção de novos dados vetoriais e raster além desse, se fez necessário obter dados base como imagens do satélite Landsat 8, e de radar da SRTM e arquivos vetoriais com informações frente a geologia, geomorfologia, dentre outros. E por fim, para os trabalhos de campo foram necessários GPS e câmera fotográfica.

Quadro 2: Materiais utilizados na pesquisa



### 3.3 Metodologia

Em síntese grande parte das pesquisas de cunho geográfico possui quatro fases, onde em um primeiro momento se faz uma revisão bibliográfica sobre o tema escolhido determinando os objetivos e a linha a ser trabalhada, pois segundo Libault (1971, p. 03), “nenhuma ciência pode se apoiar apenas sobre bases imaginárias, e necessita de uma fase inicial de constatação”, posteriormente são levantados dados e/ou informações da área de estudo, esses são analisados e tratados possibilitando a elaboração e obtenção de resultados que por sua vez são analisados permitindo chegar a conclusão.

A vista disso, o trabalho em questão seguiu essa linha de raciocínio, destacando que, para realizar o zoneamento ambiental da bacia do Alto São Francisco é utilizado com base metodológica a metodologia proposta por Crepani, et al. (2001), salientando que a mesma foi adequada de forma a atender o objetivo proposto neste trabalho.

A metodologia de Crepani et al. do ano de 1996, foi apresentada no curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e em 2001, no trabalho intitulado por Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Nesse foi desenvolvida uma metodologia para a geração de cartas de vulnerabilidade a erosão, afim de subsidiar o zoneamento ecológico-econômico da Amazônia, fundamentando-se nos processos de formação do relevo e solo (FLORENZANO, 2011; CREPANI, et al. 2001; SPORL; ROSS, 2004).

Segundo Crepani et al. (2001), tal metodologia foi elaborada a partir do conceito de Ecodinâmica de Jean Tricart (1997), que estabelece uma relação entre os processos de morfogênese/pedogênese (sendo que quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos transformadores das formas de relevo) e “da potencialidade para estudos integrados das imagens de satélite que permitem uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem” (CREPANI et al. 2001, p. 11).

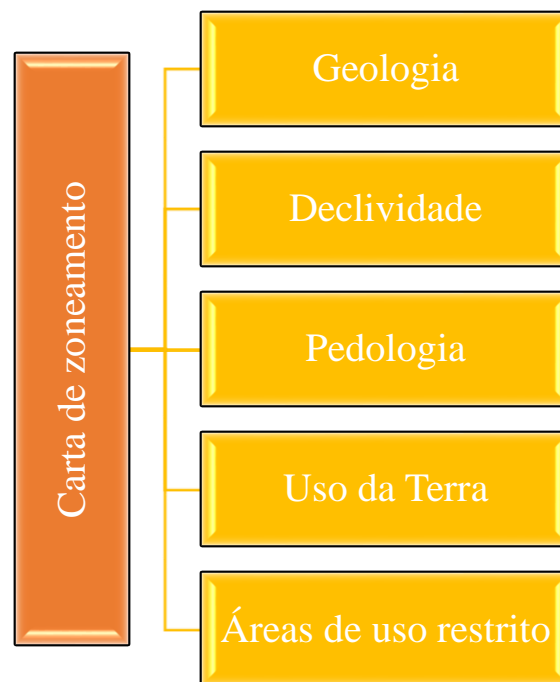
De acordo com a referida metodologia, são definidos os Planos de informações temáticos georreferenciados, sendo: PI Geologia, PI Geomorfologia, PI Pedologia, PI Vegetação e Uso e PI Intensidade Pluviométrica. A intervenção vetorial destes Planos de Informações define o mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem ou Unidades Territoriais básicas (PI UTB) que reuni unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica. Crepani et al. (1996) cita Becker e Egler (1996), pois os mesmos descrevem que as unidades territoriais básicas são células elementares de informação e análise para o zoneamento, onde uma unidade territorial básica é uma entidade geográfica que contém particularidades ambientais que possibilita diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo que, também, possui vínculo dinâmico com as mesmas articulando uma complexa rede integrada.

Posteriormente é feita uma classificação do grau de vulnerabilidade de cada unidade territorial baseada nos processos de morfogênese e pedogênese, sendo a vulnerabilidade expressa por concessão de valores de estabilidade que variam de 1 a 3 podendo alcançar um total de 21 para cada unidade de paisagem. Vale expor que dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades que apresentarem valores mais próximos de 1,0 demonstram maior estabilidade, as unidades com valores próximos a 2,0 apresentam estabilidade intermediária e as unidades que estiverem próximas a 3,0 são consideradas mais vulneráveis (CREPANI et al. 1996, 2001).

A seguir é apresentado o fluxograma geral da metodologia para a elaboração da carta de vulnerabilidade. Posteriormente no tópico que segue são apresentadas as técnicas e os procedimentos operacionais utilizados na elaboração do diagnóstico e zoneamento (Figura 03).



Figura 3: Fluxograma apresentando as informações necessárias para a geração da carta de Zoneamento



### 3.4 Técnicas e Procedimentos Operacionais

Tendo como referência a metodologia citada acima, foram realizados os seguintes procedimentos:

Em primeiro foram reunidas diversas bibliografias frente ao tema a fim de obter uma base teórica metodológica. Após a definição da metodologia, iniciou-se a construção de um banco de dados georreferenciado, onde foram inseridos arquivos vetoriais com informações base e imagens Landsat e SRTM, além de novos arquivos rasters e vetoriais que foram gerados. Com o banco de dados montado e os dados base reunidos, foi possível elaborar mapas de características geológicas, geomorfológicas, hipsométrica, declividade, pedológico, uso da terra, áreas de uso restrito e climáticas. No subitem a seguir são descritas as especificidades de cada mapa.

#### 3.4.1 Mapeamento

Os mapas foram confeccionados em ambiente computacional, mais precisamente na plataforma ArcGis 10.2, a qual baseia-se na estrutura de três aplicativos (SILVA, RODRIGUES, 2009, p. 07), os quais são:

- ✓ *ArcCatalog* – aplicativo este que permite o gerenciamento de arquivos e/ou informações geográficas, sendo possível criar e manejar arquivos e pastas.
- ✓ *ArcMap* – aplicativo o qual permite a visualização, análise, edição e exploração de mapas. Neste local será definida a informação a ser estudado e sua forma de visualização e qualquer conjunto de dados (geográficos ou alfanuméricos) são acrescentados em formato de Layer, ou seja, o ArcMap é um conjunto de Layers de informações no qual é possível um conjunto de funcionalidades.
- ✓ *ArcToolbox* – aplicativo que permite realizar técnicas de geoprocessamento, pois, nele é disponibilizado o acesso a todas as funcionalidades de processamento de dados. Tal ambiente oferece mais de 100 ferramentas e permite a criação de novas rotinas.

Esta fase de mapeamento foi dividida em dois momentos, onde em uma primeira fase foram elaborados mapas afim de realizar o diagnóstico da bacia e uma segunda fase de elaboração do mapa de zoneamento ambiental. Dessa forma, foram feitos os seguintes mapas:

#### **1ª FASE**

##### **➤ Unidades Geológicas**

O mapa geológico da área de estudo foi elaborado a partir de um arquivo *shape* com dados geológicos do estado de Minas Gerais disponibilizado pela CODEMIG (2014), na escala. Tais dados possibilitaram a identificação de oito unidades geológicas presente na bacia, variando entre rochas do tipo metamórficas e sedimentares.

##### **➤ Dados Morfométricos**

Foram elaborados mapas de hipsometria e declividade, os quais fornecem dados numéricos para análise do relevo. Os mesmos foram obtidos a partir da geração do TIN – Triangular Irregular Network, o qual possibilita a representação de uma

superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas, onde cada um dos três vértices armazenam informações sobre a localização (x, y) e sobre os valores de altitude/elevação (z) (SILVA, RODRIGUES, 2009), vale destacar que as classes utilizadas para análise da declividade foram determinadas a partir das classes propostas pela EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006), que possibilitaram identificar relevos planos, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado (Tabela 03).

#### ➤ **Unidades Geomorfológicas**

As unidades geomorfológicas foram obtidas do mapa geomorfológico da Serra da Canastra e entorno elaborado por Souza (2015), em formato *shape*, e editado possibilitando a confecção do mapa de unidades geomorfológicas da área de estudo. Dessa forma foram identificadas cinco unidades geomorfológicas denominadas: Planalto Dissecado da Faixa Canastra, Superfície de Cimeira, Planalto Dissecado do Sistema de Intrusão Piumhi, Serras e Cristas Isoladas e Planalto São Francisco.

Tabela 3: Classes de declividade

<b>Declividade</b>	<b>Discriminação</b>
<b>0 - 3</b>	<b>Relevo plano</b>
<b>3 – 8</b>	<b>Relevo suavemente ondulado</b>
<b>8 – 20</b>	<b>Relevo ondulado</b>
<b>20 – 45</b>	<b>Relevo fortemente ondulado</b>
<b>45 – 75</b>	<b>Relevo montanhoso</b>
<b>&gt; 75</b>	<b>Relevo fortemente montanhoso</b>

EMBRAPA, 2006

#### ➤ **Unidades de coberturas superficiais (solos)**

As referidas unidades foram fornecidas pelo Departamento de Solos e Centro de Ciências Agrárias na escala 1:650.000. Tal arquivo foi editado afim de apresentar um mapa de classes de solos da bacia hidrográfica em estudo. Dessa forma foram identificadas sete classes de solo ou cobertura superficial: Cambissolos háplico Tb distrófico e háplico Tb eutrófico, Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho-

Amarelo distrófico, Neossolo Litólico distrófico, Plintossolo Argilúvico distrófico e por fim são classificadas área com ocorrência de afloramento rochoso.

#### ➤ Unidades de Uso da terra

As unidades de uso da terra foram obtidas do projeto TerraClass Cerrado (2013), o qual realizou o mapeamento do uso e cobertura da terra do cerrado, disponibilizando o arquivo *shapefile* o qual foi inserido no *ArcCataloge* editado no *ArcMap*. Foram identificados seis tipos de usos da terra, classificados como: Agricultura Anual e Perene, Pastagem, Silvicultura, Área Urbana e Vegetação Natural.

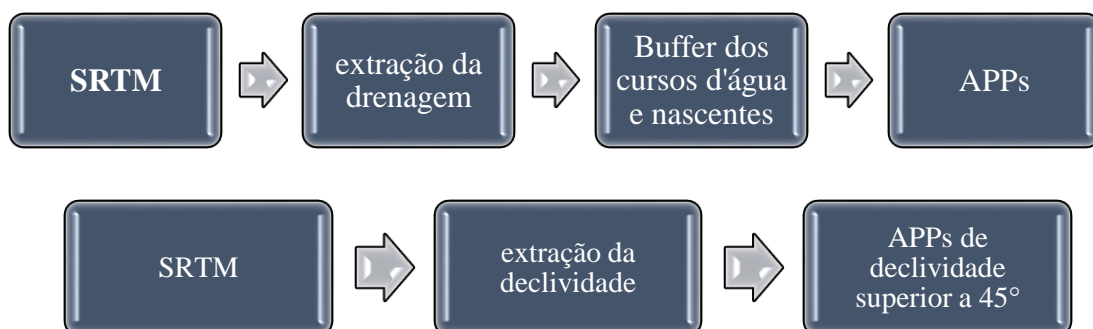
#### ➤ Áreas de Uso Restrito

As áreas de uso restrito, foram definidas como sendo as APPs – áreas de preservação permanente e o Parque Nacional da Serra da Canastra. Com relação ao limite do parque (em formato *shapefile*) foi obtido no site do ICMBio, já as APPs foram geradas de forma semiautomática a partir das ferramentas e extensões do ArcGis e da imagem de radar SRTM (Figura 04), além disso, é válido destacar que as APPs foram definidas segundo o as normas expostas pelo código florestal, que segundo Tupynambá (2011),

são consideradas APPs as faixas de proteção de recursos hídricos de 30 metros, para rios com até 10 metros de largura; de 50 metros, para rios entre 10 e 50 metros de largura; de 100 metros, para rios entre 50 e 200 metros de largura; de 200 metros, para rios entre 200 a 600 metros de largura; e 500 metros, para rios com largura superior a 600 metros. Já o entorno de nascentes precisa de ter um raio mínimo de 50 metros. São ainda consideradas APPs as encostas com declividade superior a 45 graus; [...]

É válido destacar que tais áreas foram sobrepostas a imagem de satélite para analisar se as áreas de APPs estão realmente preservadas.

Figura 4: Fluxogramas de geração das áreas de APPs



## 2° FASE

Essa segunda fase é caracterizada pelo mapa de zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Alto São Francisco. Para a elaboração de tal mapa foram cruzados (Figura 05) os mapas de geologia, declividade, solos, uso da terra e áreas de uso restrito, seguindo o seguinte procedimento:

Antes de realizar a sobreposição controlados mapas, foi necessário converter todos os mapas de vetores para raster atribuindo pesos para cada classe expressa. Os valores (pesos) de estabilidade estabelecido para cada classe variam entre 1 e 3 (Crepani et al. 2001, Leite, 2011), e são destacados no quadro 03 abaixo.

Quadro 3: Classes de Estabilidade

<b>GEOLOGIA</b>	
<b>Unidades Litológicas</b>	<b>Vuln./Estab.</b>
Calcixisto	1,0
Quartzito micáceo	1,2
Filito sericítico e muscovita-clorita-quartzo xisto predominantes	1,7
Associação rítmica pelítico-arenosa	2,3
Metarenito predominante. Podem ocorrer associados: rocha metaultramáfica e metamáfica tholeiíticas, quartzito, metabasalto komatiítico, metavulcânica félsica, formações químico-exalativas, FFB e xisto	1,0
Siltito e arenito fino predominantes, folhelho, lentes carbonáticas	2,8
Argilito e siltito ardorianos, marga, lentes de calcário	2,7
Diamictito, argilito	2,9

<b>DECLIVIDADE</b>	
<b>Classes (%)</b>	<b>Vuln./Estab.</b>
< 3	1,0
3 – 8	1,2
8 – 20	1,8
20 – 45	2,7
45 – 75	2,9
> 75	3,0

<b>COBERTURA SUPERFICIAL</b>	
<b>Classes de solo</b>	<b>Vuln./Estab.</b>
Cambissolo háplico Tb distrófico	2,5
Cambissolo háplico Tb eutrófico	2,5
Latossolo vermelho distrófico	1,0
Latossolo vermelho-amarelo distrófico	1,0
Neossolo litólico distrófico	3,0

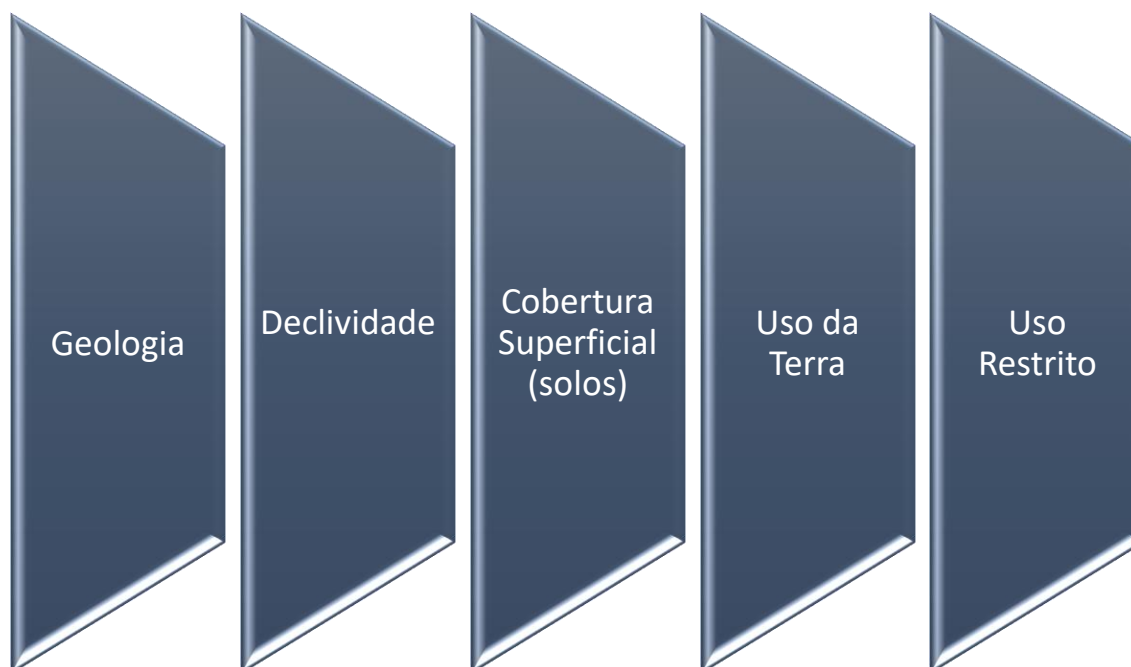
Plintossolo argilúvico distrófico	3,0
Afloramento Rochoso	3,0

<b>USO DA TERRA</b>	
<b>Classes de uso</b>	<b>Vuln./Estab.</b>
Agricultura Perene	2,5
Agricultura Anual	2,3
Silvicultura	2,1
Vegetação natural ou nativa	1,7
Pastagem	3,0

<b>USO RESTRITO</b>	
<b>Áreas com restrições de uso</b>	
Áreas de Preservação Permanente - APP	1,7
Parque Nacional da Serra da Canastra	1,0

Com a geração dos arquivos raster, os mesmos foram sobrepostos possibilitando a geração de cinco classes de estabilidade/vulnerabilidade e posteriormente a edição das zonas ambientais para a bacia hidrográfica do Alto São Francisco. Isto posto, foram definidas duas zonas ambientais, as quais foram denominadas de Área de Impedimento Legal e Área Produtiva Consolidada.

Figura 5: Mapas utilizados para definição de zonas ambientais da bacia em estudo



## **CAPÍTULO 04**



#### **4. DIAGNOSTICO AMBIENTAL**

Diante do objetivo anunciado neste trabalho e dos estudos teóricos e metodológicos frente ao zoneamento ambiental, neste capítulo são apresentados características e aspectos físicos da bacia hidrográfica do Alto São Francisco.

##### **4.1 Aspectos Geológicos**



Segundo Crepani et al. (1996) a geologia compreende as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem, além da história da evolução geológica do ambiente. Dessa forma tem-se que, em um contexto regional, o Brasil encontra-se sobre a Plataforma Sul Americana, a qual é relatada por Almeida (1967), como Plataforma Brasileira, que se estende por uma grande porção na América do Sul e possui um grau de consolidação de seu embasamento bastante avançado. Tal estrutura é constituída por três grandes unidades, sendo estas: Escudo das Guianas, Escudo Brasil-Central e Escudo Atlântico. Estas unidades são subdivididas em sete principais domínios denominados: Escudo das Guianas-Meridional; Província Xingu ou Tapajós; Província Tocantins (Paraguai – Araguaia); Província São Francisco; Província Borborema, Província Mantiqueira e Bacias Fanerozóicas (ALMEIDA, 1967; 1969, PIRES, 1998 apud MARTINS, 2013).

Sobrepondo a área de estudo nesse contexto estrutural regional, percebe-se que a mesma se localiza sobre duas grandes estruturas geológicas, sendo estas: o Cráton do São Francisco, datado do Arqueano, e a Faixa de Dobramento Brasília (que se encontra a sul da Província Tocantins) datada do final do Proterozóico Superior.

Tais estruturas apresentam diferenças litológicas e tectônicas, sendo a região do Cráton, segundo Tomazzoli (1990), composto predominantemente por rochas granito-gnáissicas do período arqueano, que se encontra em grande parte capeada por coberturas sedimentares e vulcano-sedimentares do Proterozóico Superior ou do Fanerozóico. Já a segunda estrutura denominada de Faixa de Dobramento Brasília foi constituída à base de sedimentos e rochas vulcânicas entre os crátons Amazônico e São Francisco e posteriormente com a compressão entre os crátons, estas sequências Vulcano-sedimentares foram completamente dobradas e sofreram metamorfismo originando rochas do tipo xisto ou filito, que predominam nas faixas de dobramentos.

Segundo Alkmim (2004, p. 17), os crátons “são entendidos como partes diferenciadas da litosfera continental, caracterizadas por possuírem espessas e antigas raízes mantélicas”, exibindo “alta resistência mecânica e comportamento tectônico marcado por longa estabilidade.” No que diz respeito ao Cráton do São Francisco (Mpa 03), o mesmo não foi “envolvido na tectogênese brasileira do final do Neoproterozóico, sendo o seu substrato constituído por um bloco arqueano que ficou poupado das orogêneses do Proterozóico e partes de um orógeno paleoproterozóico”.

A Faixa Brasília (Mapa 03), ao contrário do cráton é uma área herdada da orogênese Brasileira, a qual gerou uma rede de faixas de dobramentos separadas por áreas de relativa estabilidade, ou seja, as áreas que não sofreram influência orogênica direta (crátons). Tais faixas de dobramento correspondem a bacias sedimentares mesoproterozóicas e neoproterozóicas que sofreram processos tectônicos de inversão (UHLEIN, et al. 2012). Segundo Uhlein et al. (2012, p. 1), a Faixa Brasília compreende um cinturão de dobramentos que margeia a borda ocidental do Cráton do São Francisco, cobrindo partes dos Estados do Tocantins, Goiás e Minas Gerais, possuindo aproximadamente 1200km de comprimento por 300km de largura.

As duas estruturas citadas, a Faixa de Dobramentos Brasília e o Cráton do São Francisco suportam unidades geológicas de menor dimensão (Quadro 04) como: os Grupos Canastra, Ibiá, Bambuí, Formações Serra da Saudade, Paracatu, Carrancas, Supergrupo Pium-hi, São Francisco Subgrupo Paraopéba, dentre outros. A distribuição e organização dessas unidades citadas, presentes na área de estudo são espacializadas no Mapa 04, onde também são apresentados a litologia, o tipo de rocha e as siglas que representam cada unidade e a área de abrangência de cada unidade dentro da bacia.

Segundo Almeida (1977), o Grupo Ibiá se estruturou a partir do empilhamento de *nappes* e se caracteriza como um cinturão de dobramentos e empurrões a margem sudoeste do Cráton do São Francisco. Tal grupo é dividido em duas formações: Rio Verde e Cubatão (DIAS et al. 2011, PEREIRA, 1992 apud RODRIGUES, 2008).

A Formação Cubatão representa uma pequena área de 2,24% da bacia e se destaca por ser uma unidade que está sobreposta ao Grupo Canastra com notada discordância erosiva, correspondendo a um pacote de rochas de abundante matriz pelito-carbonata encontrando-se seixos de variados tamanhos, constituídos principalmente por quartzo e quartzito (RODRIGUES, 2008, DIAS, 2011).

Mapa 2: Localização do Cráton São Francisco e da Faixa de Dobramento Brasília



#### PROVÍNCIA TOCANTINS

##### Faixa Paraguai - Araguaia

- 1 - Complexo Morro Alto
- 2 - Complexo Serra do Tapa
- 3 - Complexo Quatipuru

##### Faixa Brasília

- 4 - Corpo Morro Feio, Hidrolândia
- 5 - Corpos da região de Abadiânia
- 6 - Campos das Vertentes
- 7 - São Sebastião do Paraíso, Pouso Alegre
- 8 - Corpos da região de Perdizes, Pedrinópolis, Rio Quebra Azul
- 9 - Corpos da Região de Cássia
- 10 - Complexo Petúnia
- 11 - Grupo Canastra, região de Itaú de Minas
- 12 - Região de Lavras e sul da Serra Bocaina
- 13 - Complexo Liberdade

##### Faixa Sunsas - Aguapeí

- 14 - Terreno Rio Alegre

#### PROVÍNCIA BORBOREMA

##### Maciço de Tróia - Tauá

- 15 - Complexo Pedra Branca

##### Faixa Riacho do Pontal

- 16 - Região do Brejo Seco
- 17 - Faixa Rio Preto

##### Faixa Sergipana

- 18 - Domínio Marancó, Morro do Bugi

##### Terreno Alto Moxoto

- 19 - Queimadas - Itatubaa - Itabaiana

##### Terreno Alto Pajeú

- 20 - Suite Serrote de Pedras Pretas

#### PROVÍNCIA MANTIQUEIRA

##### Faixa Araçuaí

- 21 - Região do Rio Piracicaba e Bela Vista de Minas
- 22 - Ribeirão da Folha e São José da Safira
- 23 - Grupo Dom Silvério

##### Faixa da Ribeira

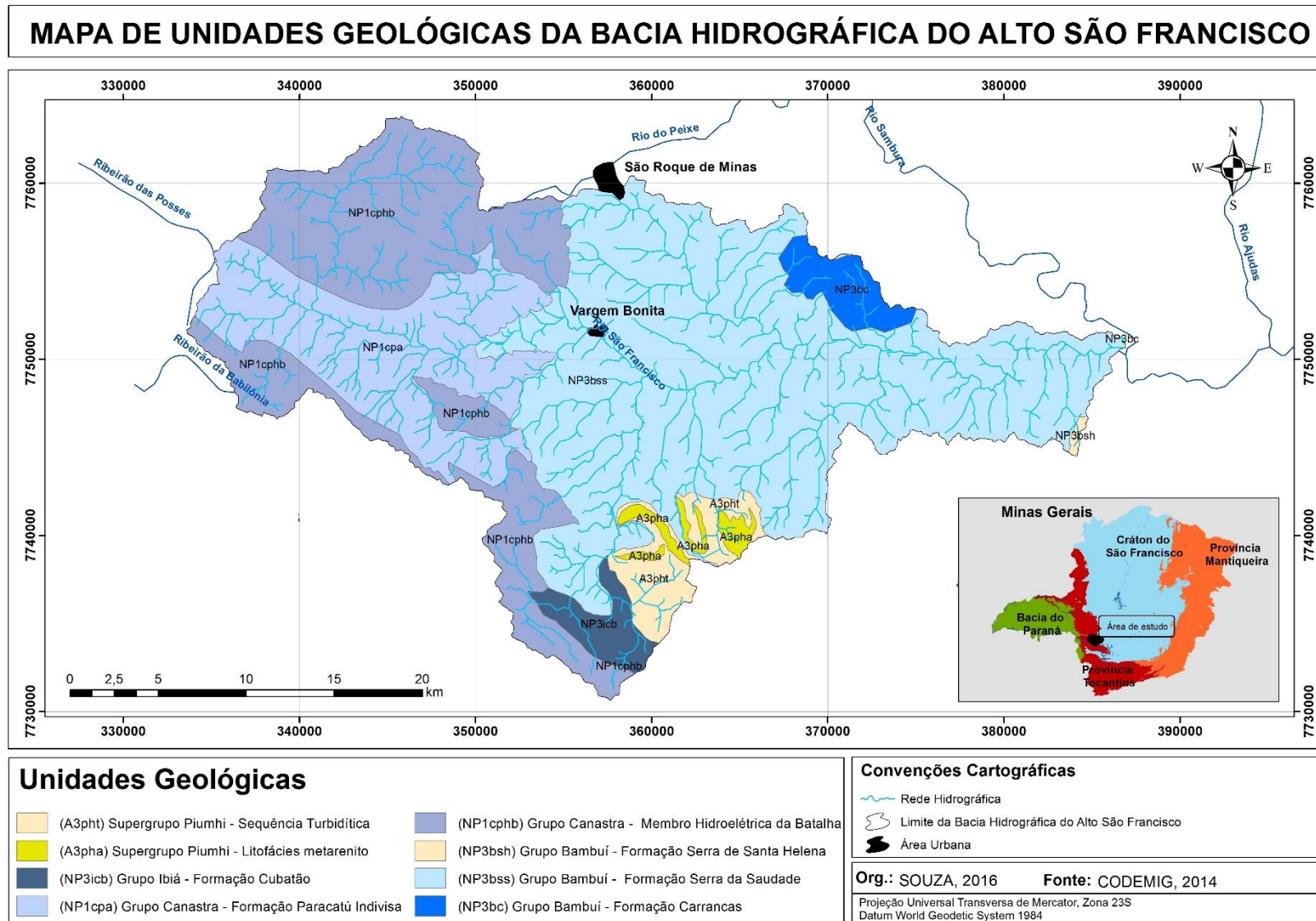
- 24 - Complexo Pirapora do Bom Jesus
- 25 - Grupos São Roque - Açungilui
- 25 - Suite máfica - ultramáfica Piên

##### Faixa Dom Feliciano

- 27 - Corpo Cerro Mantiqueiras
- 28 - Suite ultramáfica Cerro da Mineração
- 29 - Bossoroca, sequência Arroio Lajeadozinho e Campestre

Fonte: SUITA et al., 2004

Mapa 3: Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do Alto Rio São Francisco



Quadro 4: Demonstrativo de unidades geológicas, litológicas e tipos de rochas presentes na área de estudo

GRANDES UNIDADES ESTRUTURAIS		UNIDADES	LITOLOGIA	SIGLA	CLASSE	ÁREA %
PROVINCIA TOCANTINS	FAIXA DE DOBRAMENTO BRASÍLIA	Grupo Ibiá, Formação Cubatão	Calcixisto	NP3icb	Metamórfica	2,24
		Grupo Canastra, Formação Chapada dos Pilões, Membro Hidroelétrica da Batalha	Quartzito micáceo	NP1cphb	Metamórfica	24
		Grupo Canastra, Formação Paracatú indivisa	Filito sericítico e muscovita-clorita-quartzo xisto predominantes	NP1cpa	Metamórfica	16,23
		Supergrupo Pium-hi, Sequência Turbidítica	Associação rítmica pelítico-arenosa	A3pht	Metamórfica	3,53
		Supergrupo Pium-hi, litofácies metarenito	Metarenito predominante. Podem ocorrer associados: rocha metaultramáfica e metamáfica tholeiíticas, quartzito, metabasalto komatiítico, metavulcânica félsica, formações químico-exalativas, FFB e xisto	A3pha	Metamórfica	1,17
CRÁTON DO SÃO FRANCISCO	BACIA SEDIMENTAR DO SÃO FRANCISCO	Supergrupo São Francisco, Grupo Bambuí, Subgrupo Paraopeba, Formação Serra da Saudade	Siltito e arenito fino predominantes, folhelho, lentes carbonáticas	NP3bss	Sedimentar	50,2
		Supergrupo São Francisco, Grupo Bambuí, Subgrupo Paraopeba, Formação Serra de Santa Helena	Argilito e siltito ardorianos, marga, lentes de calcário	NP3bsh	Sedimentar	0,14
		Supergrupo São Francisco, Grupo Bambuí, Formação Carrancas	Diamictito, argilito	NP3bc	Sedimentar	2,5

No que diz respeito ao Grupo Canastra, este exhibe grande representatividade na bacia hidrográfica em estudo, abrangendo uma área de aproximadamente 40%. O Grupo em questão apresenta um espesso pacote metassedimentar, iniciando com expressivo pacote de quartzito, passando gradualmente para xistos e muscovita e/ou biotita gnaisses com intercalações ocasionais de anfibolitos (DIAS, 2011). Segundo o Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra, o Grupo Canastra (2005) é constituído essencialmente de quartzitos puro silicosos, quartzitos argilosos sericíticos e cloríticos, ou ainda na forma de mica xistos/filitos com intercalações de quartzitos. Esta litologia sustenta relevos elevados acomodando chapadões e as encostas e vales esculpidos com material mais macios a base de xistos, filitos e quartzitos argilosos. Além disso, nas bordas dos chapadões a inclinação é acentuada e abrupta, delineando segmentos estruturais individualizados e vales com direcionamento preferencial de NW/SE.

Freitas Silva e Darlene (1994 apud ALMEIDA 2009), propõem uma divisão estratigráfica do Grupo em discussão, sendo este composto pelas formações Paracatu a qual é constituída por filitos carbonosos cinza escuro com intercalações de quartzitos finos e Chapada dos Pilões composta por intercalações regulares de quartzitos e filitos (ALMEIDA, 2009; RODRIGUES, 2008).

Nas imagens que segue abaixo (Figura 6, 7), são demonstradas as Serras da Canastra e da Babilônia, áreas as quais ocorrem litologias características do Grupo Canastra.



Figura 6: Imagem demonstrando afloramento de quartzito no topo da Serra da Canastra e a escarpa da Serra da Babilônia



Fonte: SOUZA, 2016

Figura 7: Imagem da Serra da Babilônia demonstrando afloramento rochoso



Fonte: SOUZA, 2016

Vale destacar que o Grupo Canastra e Ibiá passaram por algumas alterações, no que diz respeito a classificação e/ou descrição geológica, dessa forma o Quadro 05 mostra a correlação das divisões de diversos trabalhos para os referidos grupos.

Quadro 5: Correlação das colunas estratigráficas dos Grupos Canastra e Ibiá

Campos-Neto (1984)		Pereira et al. (1994)		Freita-Silva & Dardenne (1994)			Dardenne (2000)		Rodrigues (2008)	
Fm. Ibiá	Meta-grauvaca	Grupo Ibiá	Fm. Rio Verde	Grupo Ibiá			Grupo Ibiá	Fm. Rio Verde	Grupo Ibiá	Fm. Rio Verde
	Meta- para conglomerado		Fm. Cubatão					Fm. Cubatão		
Grupo Canastra	Unid. Psamo-Pelítica Superior	Grupo Canastra	Fm. Superior	Subgrupo Cahapada dos Pilões	Fm. Serra da Batalha		Grupo Canastra	Fm. Serra da Batalha	Grupo Canastra	Fm. Chapada dos Pilões
	Unid. Quartzítica Intermediária				Fm. Serra da Urucânia					
	Unid. Quartzítica Inferior		Fm. Intermediária					Fm. Serra da Anta		
			Fm. Inferior	Subgrupo Paracatu	Fm. Morro do Ouro	Fm. Serra do Landim		Fm. Serra do Landim		

Fonte: DIAS, 2011

Outra unidade também presente na área de estudo é o supergrupo Piumhi, que trata-se de um sistema bastante complexo que se constitui como um sistema de empurrões composto por uma lasca tectônica de tipo greenstone belt e granitoides. A unidade inclui derrames basálticos e komatiíticos com estruturas almofadadas e spinifex, vulcanitos básicos, intermediários e ácidos. As rochas mostram variável grau de deformação em fácies xisto-verde, mas em geral, os atributos primários estão relativamente bem preservados (CPRM, 2008).

Segundo a CODEMIG (2014), nas litofácies de metarenito, há a predominância de metarenitos, mas podem ocorrer associados a rocha metaultramáfica e metamáfica tholeiíticas, quartzito, metabasalto komatiítico, metavulcânica félsica, formações químico-exalativas, FFB e xisto. Já as associação rítmica pelítico-arenosa, recobre a escama de faixa greenstone de Piumhuí e aparece empurrada sobre a Formação Samburá, constituída essencialmente por wackes e arenitos feldspatolíticos e pelitos cinzentos (CPRM, 2008)



O Supergrupo Piumhi representa uma área de 4,7%, e é válido expor, que no trabalho de campo realizado, na região de ocorrência do mesmo, foram identificados afloramentos de quartzitos e colúvios de cascalhos de matriz quartzíticas, com granulometria variando de tamanho e organizados de forma que os cascalhos mais angulosos encontravam-se na parte inferior e os menores sobrepostos a estes. Na imagen08 são demonstradas tais afirmações.

Figura 8: Corte demonstrando colúvio de cascalho



Fonte: SOUZA, 2016

Com relação ao Grupo Bambuí, o mesmo tem origem marinha, pois segundo Almeida (1977) é o resultado da sedimentação marinha proveniente de uma fase de submersão do cráton São Francisco. Esse se caracteriza por uma alternância de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos (MARTINS-NETO, ALKMIM, 2001) e é organizado em sete formações sendo: Carrancas a qual é composta por Diamictitos e

argilitos; Serra de Santa Helena composta predominantemente por folhelhos e siltitos laminados e segundo Dias (2011, p. 22) “são encontradas estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada e plano-paralela”; Serra da Saudade composta por argilitos, siltitos ardorianos, marga, e lentes de calcário; além dessas, há também as formações Sete Lagoas, Samburá, Lagoa do Jacaré e Três Marias.

O Grupo Bambuí representa uma área expressiva na bacia hidrográfica do alto São Francisco, chegando a englobar uma área de 53% (aproximadamente). Nas figuras que seguem (Figura 09, 10) são demonstrados o material superficial presente nessa área de ocorrência do Grupo em discussão, sendo possível observar que grande parte da área há ocorrência de processos erosivos caracterizando um material friável, e é válido expor que as áreas de menor ocorrência desses processos, observou-se um material de cor avermelhada (Figura 11), que não é encontrado nos locais onde a erosão é mais intensa.

Figura 9: Processo erosivo de comum ocorrência no Grupo Bambuí



Fonte: SOUZA, 2016



Figura 10: Vários processos erosivos ocorrendo nas vertentes



Fonte: SOUZA, 2016

Figura 11: Material de coloração 10R 4/6, encontrado apenas nas áreas de baixa ocorrência de processos erosivos



Fonte: SOUZA, 2016

#### ***4.2 Aspectos Geomorfológicos***

Segundo a metodologia de Crepani (1996, 2001), a geomorfologia oferece informações frente a morfometria que influenciam de forma significativa os processos ecodinâmicos. Nesse sentido, são destacadas informações referentes a hipsometria, declividades e compartimentação do relevo.

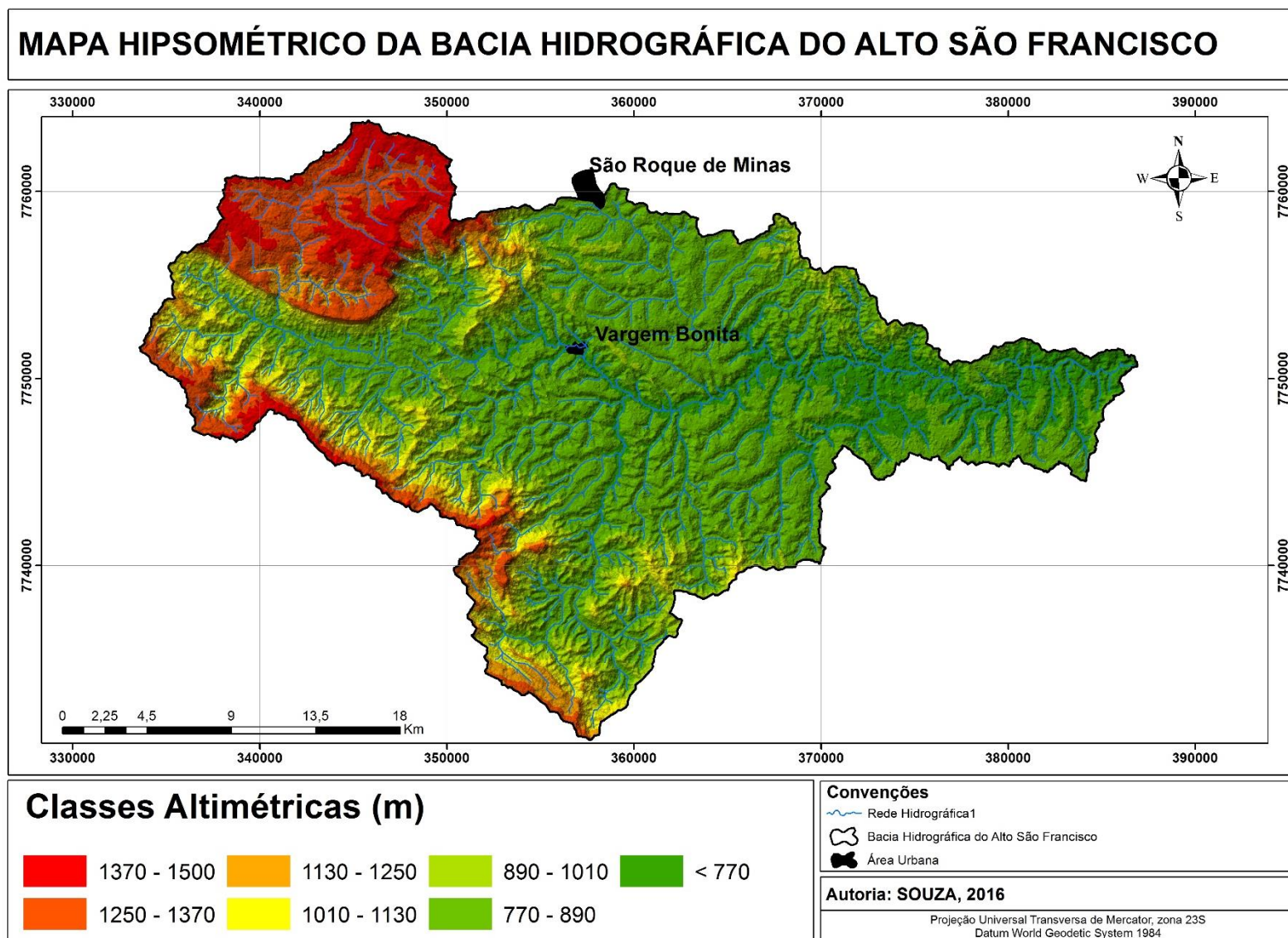
➤ *Hipsometria*

A bacia hidrográfica do Alto São Francisco demonstra uma variação altimétrica dentro das cotas de 650 a 1500 (Mapa 05). Ao analisar o mapa hipsométrico, percebe-se que as áreas mais elevadas que varia entre 1250 a 1490 metros, destacando as Serras da Canastra e da Babilônia (abrangendo uma pequena faixa desta última Serra, que se encontra a sudoeste). Há um segundo patamar altimétrico de tons amarelados, que variam entre as cotas de 1010 e 1250 metros que se encontra entre e no entorno das serras, já citadas, e por fim um terceiro patamar, com cotas inferiores a 1010 metros, representado pelos tons de verde, abrange uma área aproximada de 70% do total da bacia.

➤ *Declividade*

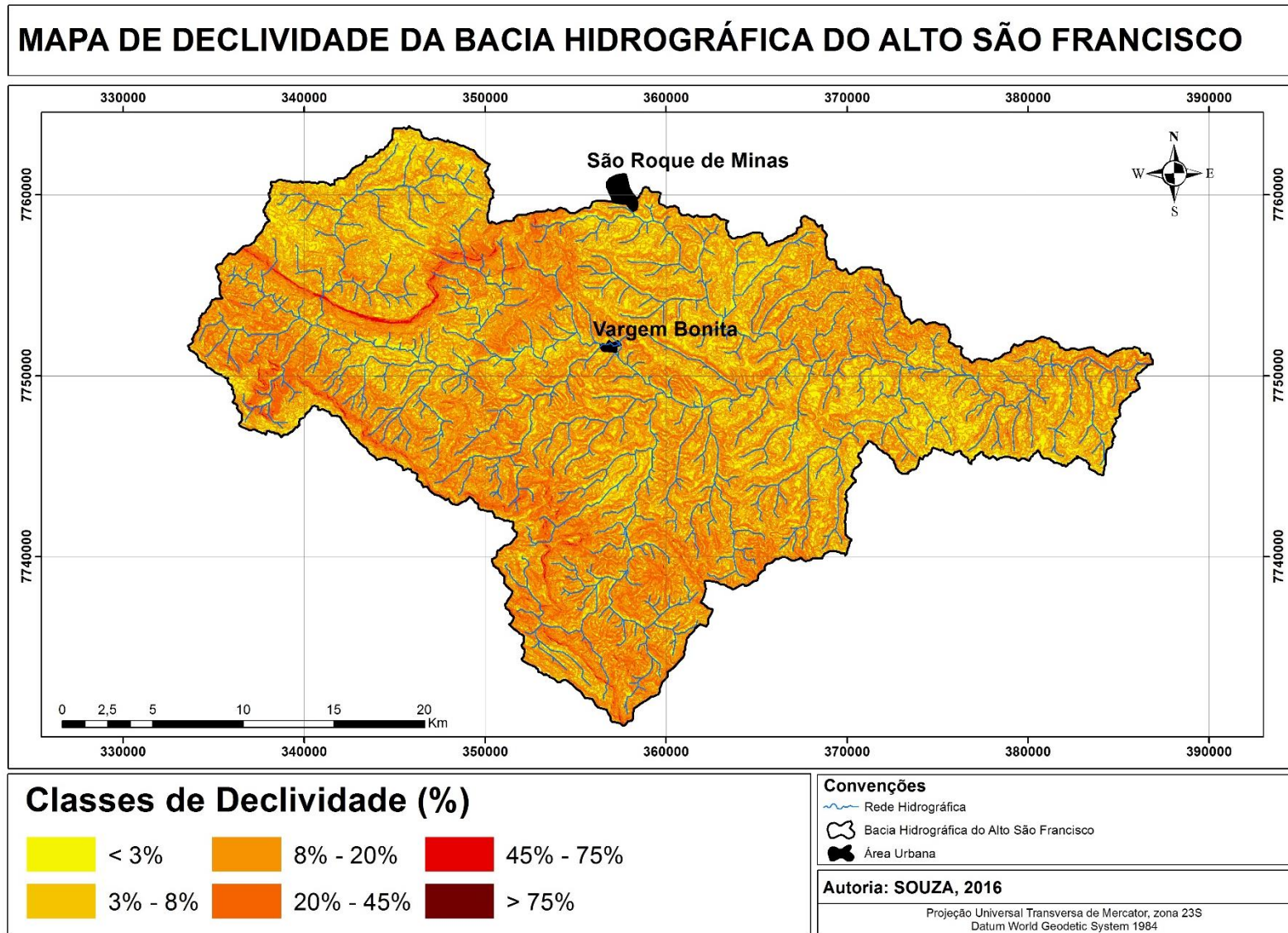
A declividade (Mapa 06) é um dado morfométrico que contribui na identificação de relevos com formas planas, com padrões diferentes de ondulações (suave, ondulado e forte ondulado) e vertentes com alto grau de inclinação, caracterizando as formas escarpadas. Dessa forma, o mapa de declividade da bacia em estudo, possui seis intervalos de declividade, onde o intervalo menor que 3% representam áreas planas e tem grande frequência na bacia, representando, principalmente, topos planos; o intervalo de 8 a 20% graus é o mais representativo na área de estudo, correspondendo a relevos ondulados; já o intervalo entre 20 a 45% graus destaca relevos mais dissecados que são mais comuns próximos as drenagens principais ou de maior volume. Com relação ao intervalo de maior declive, este se encontra com maior frequência, nas escarpas das Serras da Canastra e Babilônia.

Mapa 4: Hipsometria da área de estudo





Mapa 5: Declividade da área de estudo



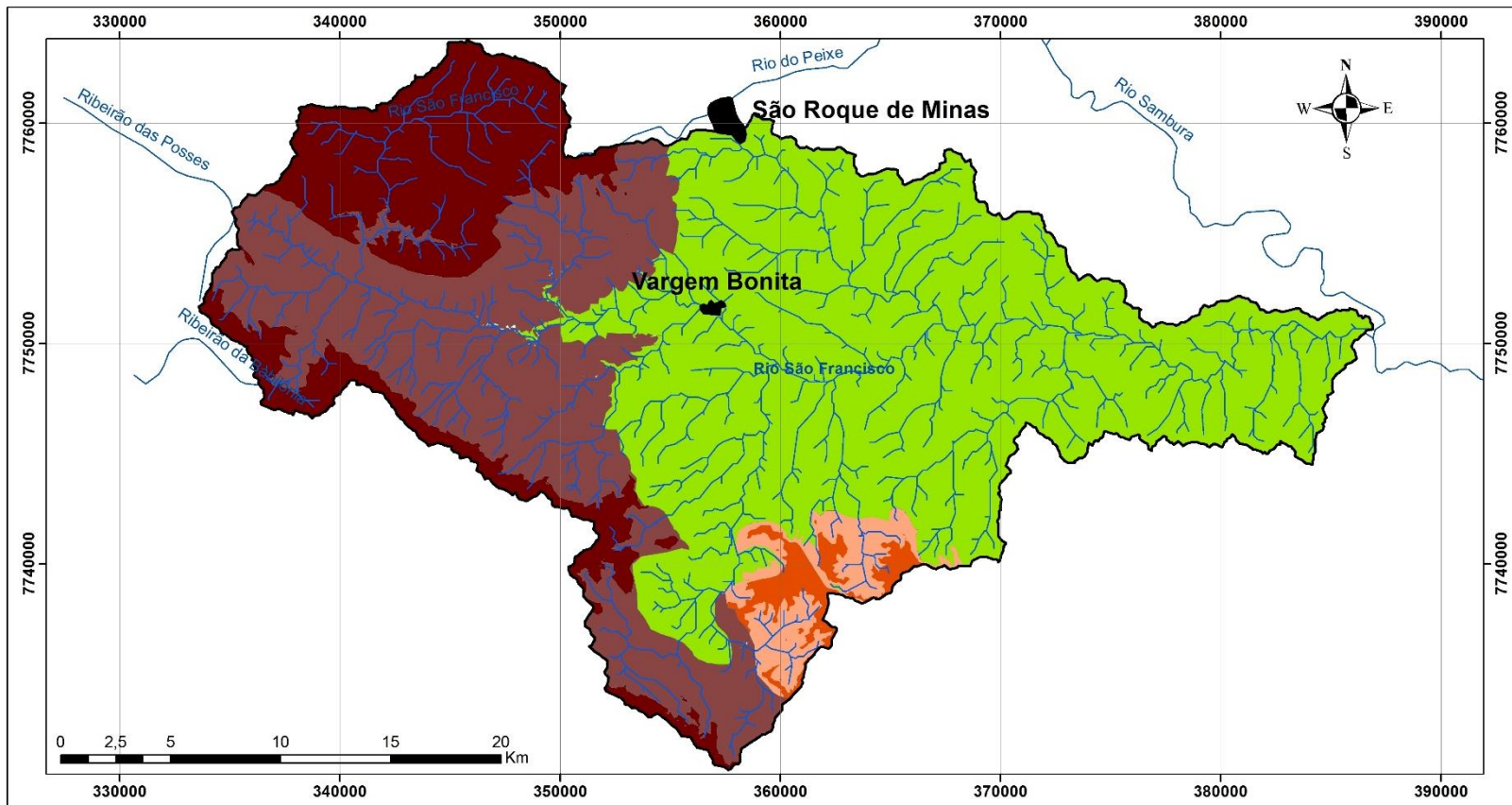
### ➤ *Unidades Geomorfológicas*

Na bacia hidrográfica do Alto São Francisco foram identificadas seis unidades geomorfológicas (Mapa 07), dentro das áreas denominadas como Faixa Canastra, Sistema de Intrusão Piumhi e Bacia Bambuí. Dentre estas unidades, o **Planalto São Francisco**, tem destaque pois o mesmo representa 53% da área da bacia em questão. O relevo do planalto, demonstra uma altimetria que varia entre 651 a 900 metros, declives que variam entre 0 e 25°, caracterizando um relevo ondulado com topos alternado entre planos e convexos, sendo este último mais frequente. Além disso, é válido destacar que na região nordeste (entre os rios Samburá e São Francisco) da unidade geomorfológica em questão, há a ocorrência de um grande número de processos erosivos, demonstrando um relevo mais dissecado com topos mais angulosos e de menor dimensão, vales mais encaixados e vertentes podendo chegar a 36° de inclinação, caracterizando algumas localidades como um relevo forte ondulado (EMBRAPA, 2006).

Nas imagens que seguem abaixo, são demonstrados: na Figura 14, relevo ondulado com topo convexo, declividade em torno de 19°, vale encaixado e a presença de algumas ravinas; Figura 12, relevo suave ondulado, topo plano, vertentes com declividade em torno de 5°; Figura 13, processo erosivo ocorrendo próximo ao rio São Francisco em vertente com inclinação de 26° e por último na Figura 14, pode-se observar processos erosivos em uma vertente com inclinação de 13°, nessas áreas onde foram obtidas as imagens das Figuras 14 (Ponto 02) e 15 (Ponto 01), os topos são de menor dimensão e mais angulosos. Na Figura 16 é apresentada uma imagem obtida do Google Earth de 2016, nessa pode-se observar os pontos 01 e 02 que representam o local das Figuras 14 e 15, além disso, pode-se notar a rugosidade do relevo onde os divisores de águas são curtos e em algumas localidades, tais divisores quase não existem, ou seja, as drenagens estão quase se unindo.

Mapa 6: Mapa Geomorfológico da área de estudo

## MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO SÃO FRANCISCO



### Unidades Geomorfológicas

#### Faixa Canastra

Planalto Dissecado

Superfície Cimeira

#### Sistema de Intrusão Piumhi

Planalto Dissecado

Serras e Cristas Isoladas

#### Bacia Bambuí

Planalto São Francisco

### Convenções

Área Urbana

Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco

Rede Hidrográfica

Autoria: SOUZA, 2016 Fonte: SOUZA, 2015

Projeção Universal Transversa de Mercator, zona 23S  
Datum World Geodetic System 1984



Figura 12: Unidade Geomorfológica Planalto São Francisco, relevo ondulado



Figura 13: Unidade Planalto São Francisco, relevo suave com topo plano



Figura 14: Processo erosivo ocorrendo na unidade Planalto São Francisco, próximo ao leito principal.

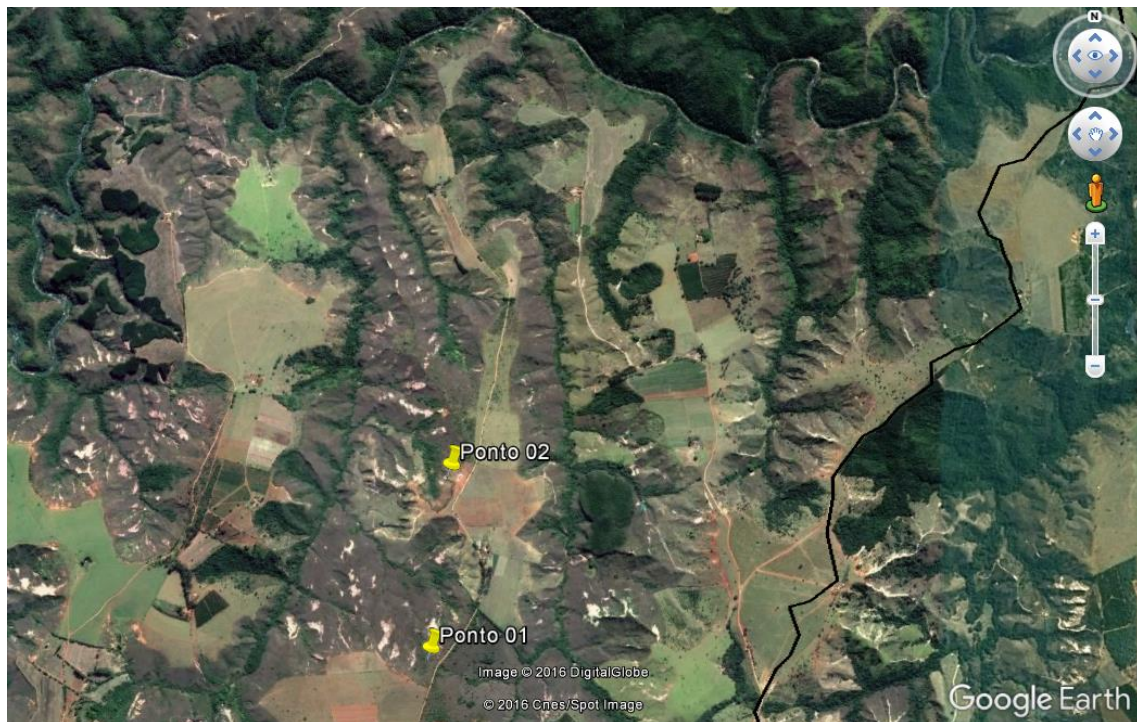


Figura 15: Unidade Planalto do São Francisco, processos erosivos ocorrendo em vertentes com inclinação de 14%





Figura 16: Imagem do Google Earth com os pontos de onde foram obtidas as imagens das Figuras 16 e 17



A unidade denominada como Faixa Canastra, possui duas subunidades geomorfológicas, sendo o Planalto Dissecado e a Superfície Cimeira. Com relação ao **Planalto Dissecado**, o mesmo ocupa uma área de 27,67%, possui um patamar altimétrico que varia entre 870 a 1200 metros, declives que variam entre o intervalo de 0 a 25 graus, caracterizando um relevo de colinas com topos (em sua maioria) convexos e morros com topos mais angulosos (ocorrem mais próximos as Serras da Babilônia e Canastra), com uma declividade que pode chegar a 37 graus de inclinação. Nas figuras 17 e 18, são apresentadas imagens dos padrões de relevo citadas.

Figura 17: Planalto Dissecado da Faixa Canastra, com relevo característico de colinas e ao fundo a escarpa da Serra da Canastra

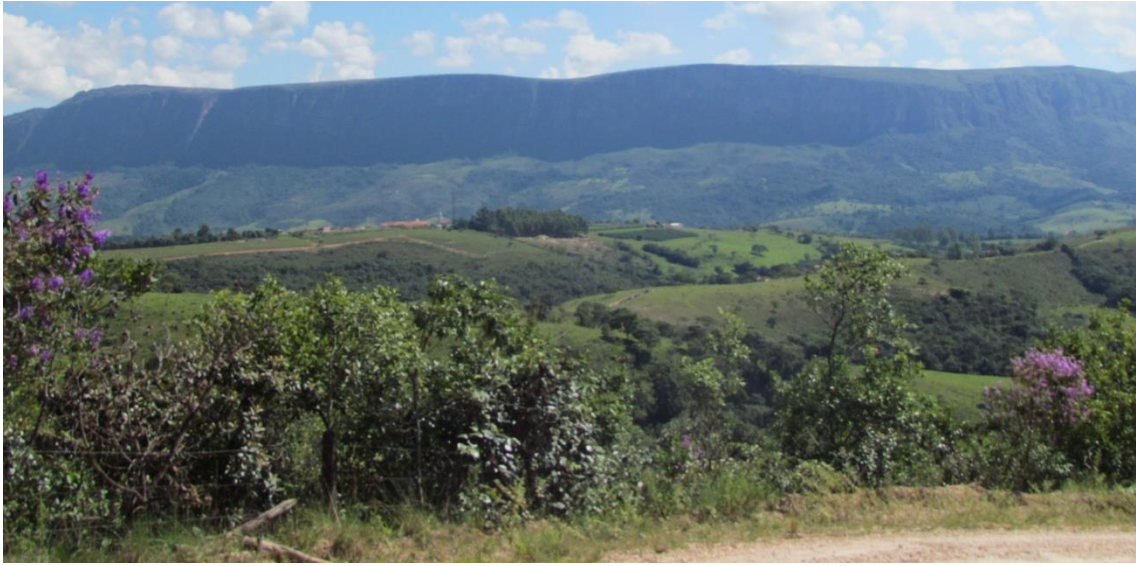


Figura 18: Planalto Dissecado da Faixa Canastra com padrão de morros com topos angulosos





A **Superfície de Cimeira**, localizada nos topos das Serras da Canastra e da Babilônia, representa a unidade mais elevadas da bacia hidrográfica podendo atingir a cota de 1495 metros. A mesma recobre uma superfície de 15,97% e possui formas de relevo ora plano ora ondulado onde a declividade pode chegar a 15° de inclinação (Figura 19). Nessas ondulações há ocorrência de afloramento de rochas de classe metamórfica (quartzitos), e é válido expor que tal unidade é delimitada por escarpas, as quais podem chegar a atingir quase 90 graus de inclinação, essa estrutura evidencia o controle estrutural da Faixa Canastra, assim como o padrão de drenagem que é exposto na Figura 19.

Figura 19: Unidade Geomorfológica Superfície Cimeira



Figura 20: Padrão de drenagem em treliça



Com relação ao Sistema de Intrusão Piumhi, o mesmo possui duas unidades geomorfológicas denominadas de Planalto Dissecado e Serras e Cristas Isoladas. A unidade **Planalto Dissecado**(Figura 21), apresenta altitudes que variam entre 715m a 890m e possui um relevo de característica dessecado, com formas onduladas e topos convexos, declives moderados que variam entre o intervalo de 0 a 25 graus de inclinação.

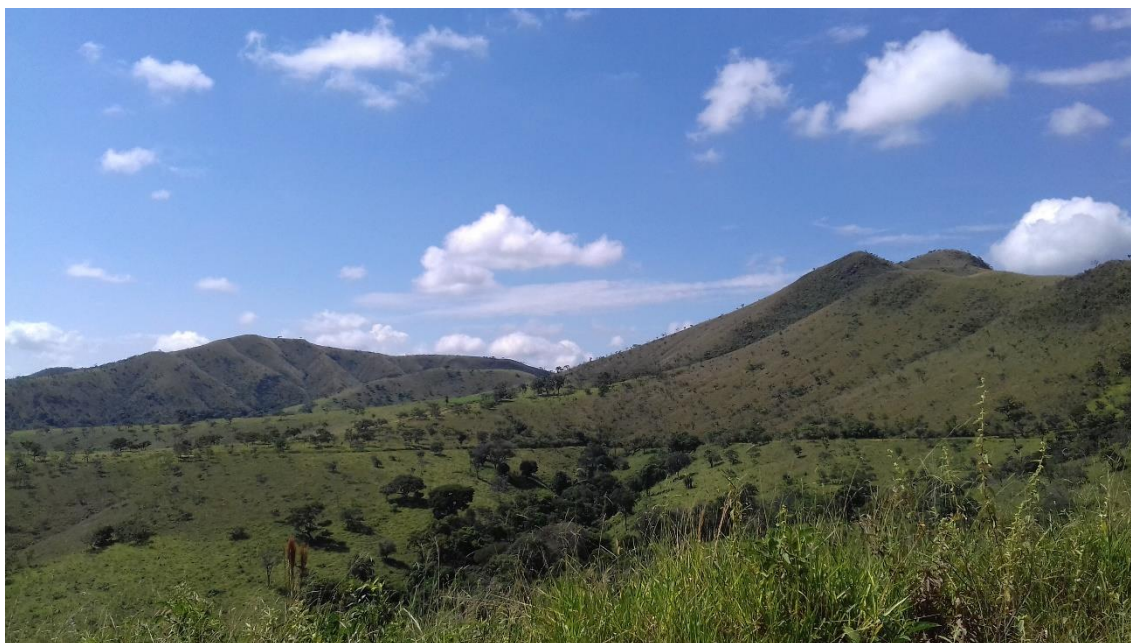
Figura 21: Unidade geomorfológica - Planalto Dissecado do Sistema de Intrusão Piumhi



As **Serras e Cristas Isoladas**, expressam altimetria elevada que variando entre as cotas de 919 e 990 metros, expondo formas dobradas com presença de cristas, ou seja, topos mais aguçados, destacando declives íngremes que podem atingis a classe de 37° de inclinação. Na figura 22, é possível observar ao fundo, uma área mais elevada com um relevo de formas angulosas.



Figura 22: Unidade geomorfológica denominada de Serras e Cristas Isoladas



#### ***4.3 Aspectos Pedológicos***

Crepani (2001), destaca que a pedologia participa da caracterização morfodinâmica da paisagem, onde a maturidade dos solos indica se os processos erosivos prevalecem ou na morfogênese que geram solos pouco desenvolvidos, ou se as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese gerando solos lixiviados e bem desenvolvidos.

Nesse sentido, as classes encontradas na bacia são solos do tipo, Cambissolo, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Plintossolo Argilúvico, Neossolo Litólico e Afloramento rochoso. Os mesmos são identificados e especializados no Mapa 08 que segue abaixo.

O **Latossolo Vermelho** representam uma área de 26% da bacia, e de acordo com Sousa e Lobato, tal classe é um solo mineral não-hidromórfico, profundo (normalmente superiores a 2 m), horizontes B muito espesso (> 50 cm) com sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados; as cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas, geralmente escuras no A, vivas no B e mais claras no C. A sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à

massa do solo aspecto maciço poroso; apresenta estrutura granular muito pequena; é macio quando seco e altamente friáveis quando úmido.

O **Latossolo Vermelho-Amarelo** se expressa em uma área de 8% da bacia a sudoeste. O mesmo pode-se associar a relevos plano, suave ondulado ou ondulado e ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade.

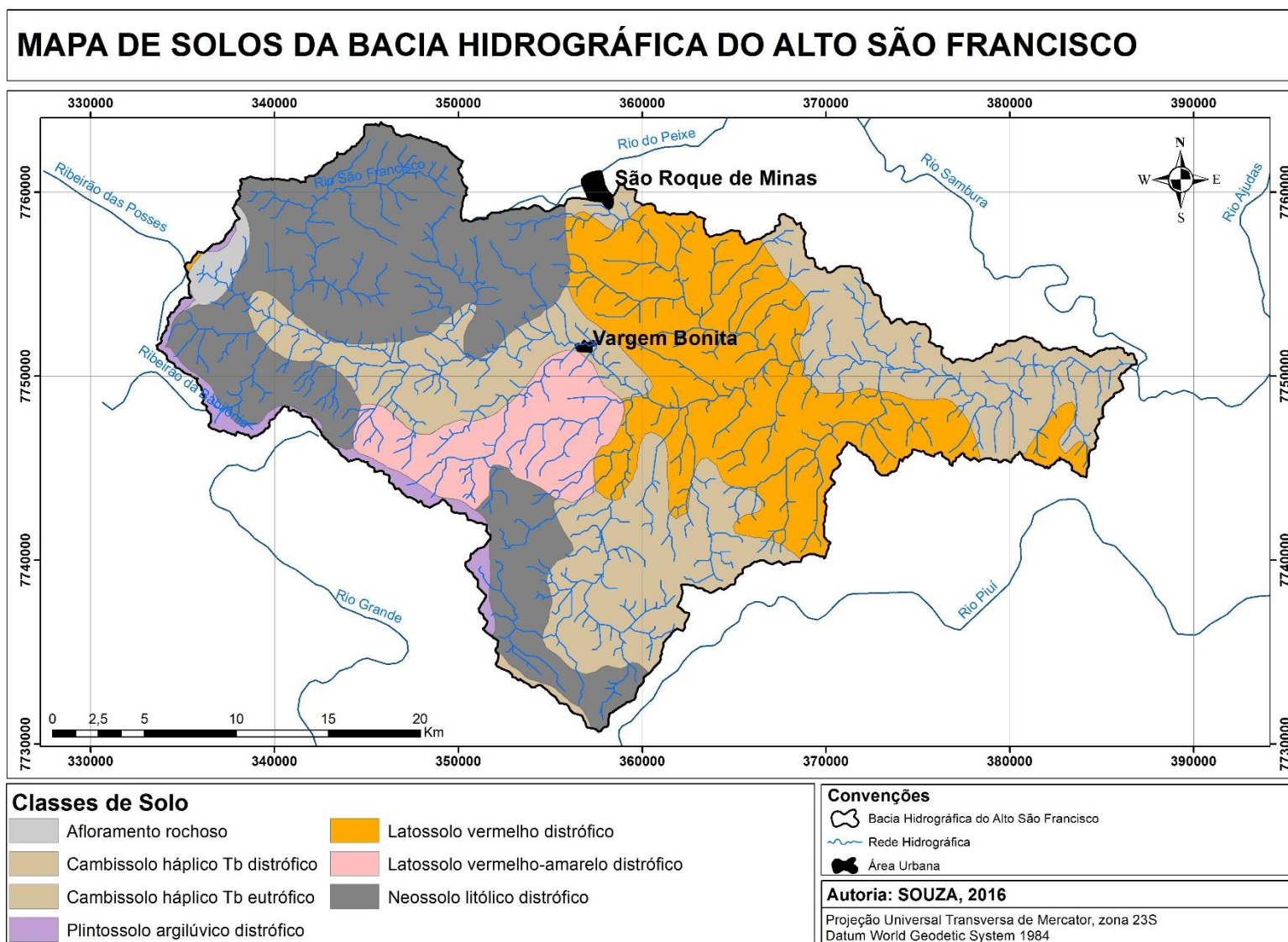
O solo **Plintossolo Argilúvico** representa 2% em área. O mesmo apresenta uma camada de acumulação de argila, abaixo do horizonte A superficial, apresentando uma drenagem variável, podendo ocorrer excesso de água temporário até excesso prolongado de água durante o ano.

Os **Cambissolos** abrangem uma área de 32% da bacia, caracterizando um solo fortemente drenado, raso a profundo, de cor bruna ou bruno-amarelada, e de alta a baixa saturação por bases e atividades químicas da fração coloidal. O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o solum, geralmente, apresenta teores uniformes de argila. A estrutura do horizonte B pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solo com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços (JARBAS, et al.).

E por fim, o **Neossolo Litólico** atinge uma área de 30% da bacia, ocorre nas áreas de afloramento rochoso nos setores sul e oeste. É um solo pouco desenvolvidos, rasos, geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50cm, estado associado a relevo mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA)



Mapa 7: Classes de Solo da área de estudo



#### 4.4 Usos da Terra

Com relação aos aspectos do uso da Terra da bacia hidrográfica em questão, foram identificadas seis tipos de uso (Mapa 09), sendo: Agricultura perene e anual, pastagem, vegetação natural, silvicultura e área urbana.

O tipo de uso denominado como **vegetação natural ou nativa** (Figura 23) possui características da vegetação do Bioma Cerrado, variando entre campo limpo, campo sujo, campo cerrado e cerradão. Tal classe se destaca, pois a mesma possui uma área de 390,66 km<sup>2</sup> (quase 50% do total da bacia) e tem maior concentração na região do Parque Nacional da Serra da Canastra (que se encontra a oeste da bacia).

Figura 23: Imagem demonstrando vegetação natural da parte alta da Serra da Canastra



O segundo tipo de uso mais expressivo na bacia é o de **pastagem**, que recobre uma área de 358,25 km<sup>2</sup>, totalizando 45,52% da área em estudo. Essa unidade de uso encontra-se principalmente na região central e norte da bacia hidrográfica, onde há o maior índice de processos erosivos. Na Figura 24 é demonstrada uma imagem com dois tipos de uso, sendo a pastagem e a vegetação natural, além de processos erosivos ocorrendo na vertente, de dimensão considerável.

Figura 24: Imagem demonstrando o uso de pastagem e vegetação natural



A **Agricultura Perenere** cobre uma área de 25,30 km<sup>2</sup> (3,21%), destacando principalmente a cultura de café, concentrando principalmente em área mais planas ou leve mente onduladas (Figura 25).

Figura 25: Imagem demonstrando agricultura perene



A **agricultura anual e a silvicultura** são pouco expressivas na área de estudo, representando 6,92km<sup>2</sup> e 4,71km<sup>2</sup> respectivamente. Estas unidades de uso representam pequenas área dispersas na bacia. Nas imagens que seguem abaixo, são demonstradas



uma cultura de milho (Figura 26) em vertente com declividade de 8° de inclinação e silvicultura em topo e na vertente suave com inclinação de 9° (Figura 27).

Figura 26: Cultura de Milho



Figura 27: Silvicultura



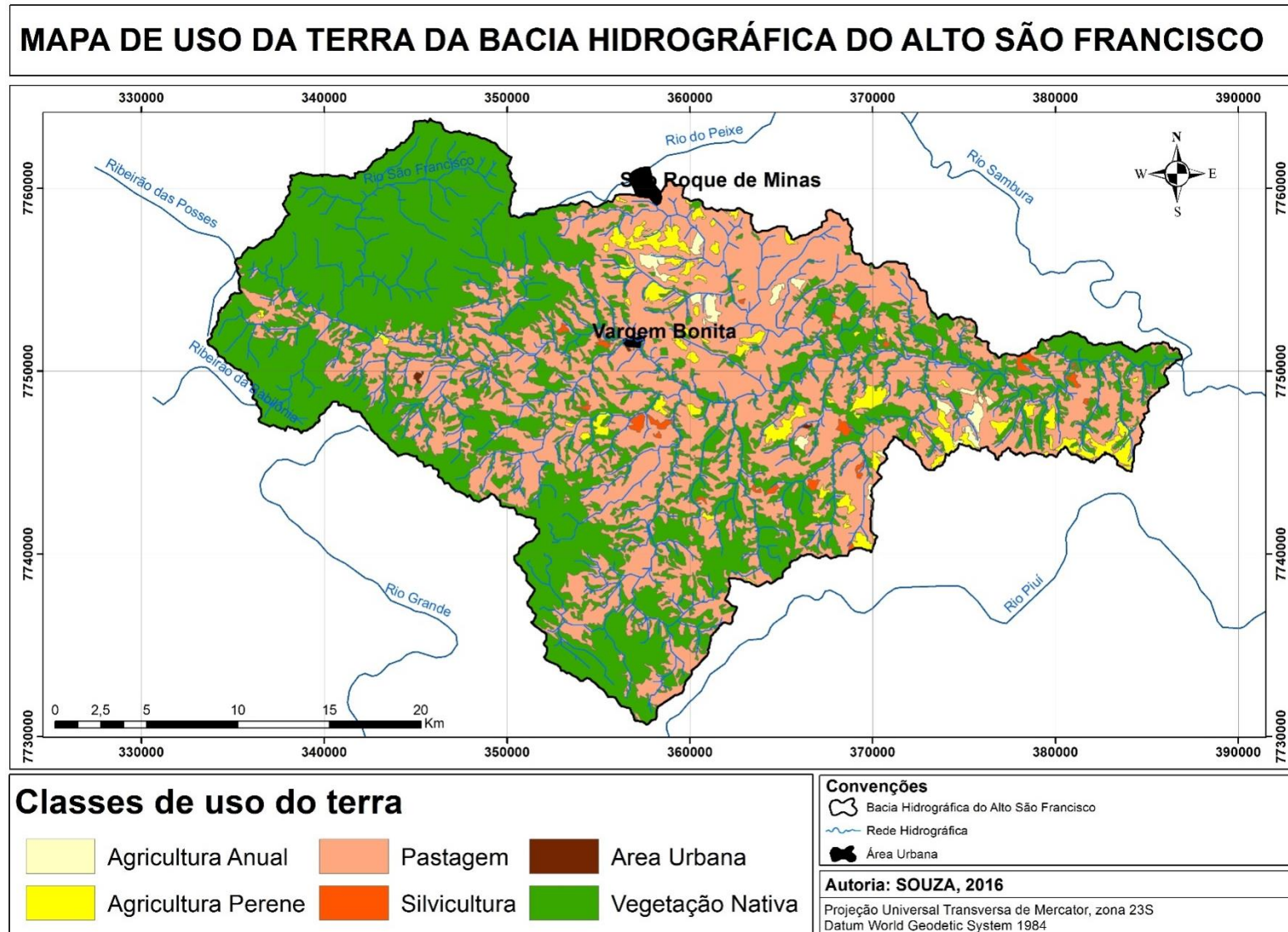
A última classe de uso da terra é representada pelas áreas urbanas que recobrem apenas 0,87km<sup>2</sup>, e são expressas pelos distritos de São José do Barreiro (Figura 28), Campinópolis e pelos municípios de Vargem bonita e São Roque de Minas.

Figura 28: Imagem de São José do Barreiro





Mapa 8: Classes de uso da Terra da área de estudo

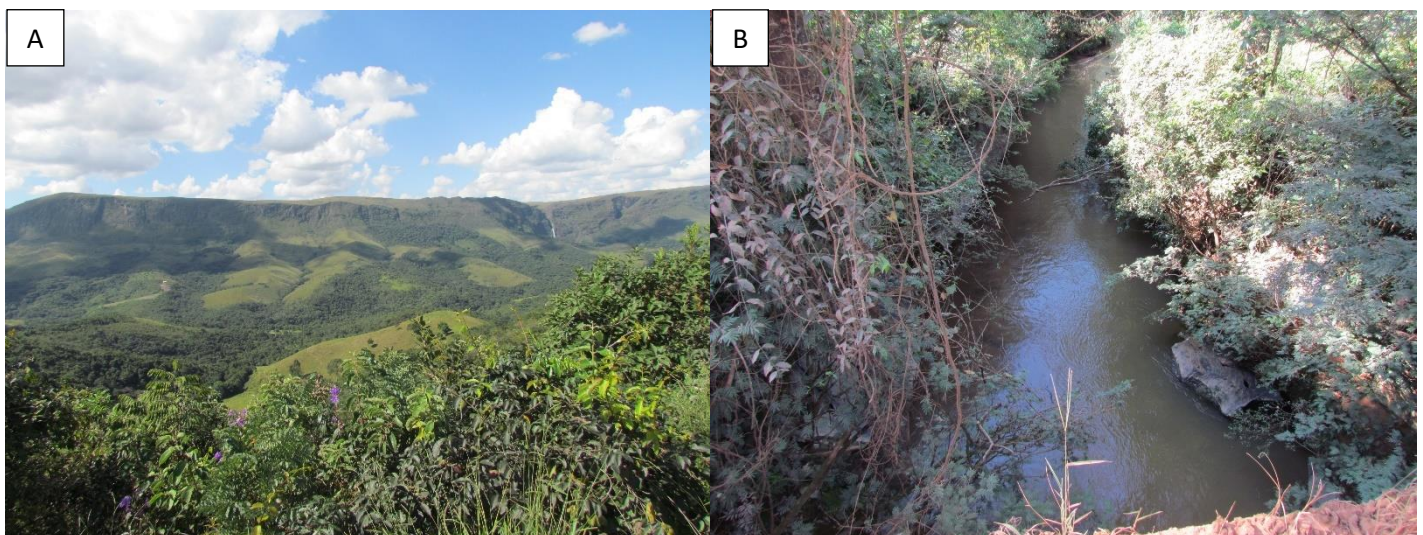


#### 4.5 Áreas de Uso Restrito

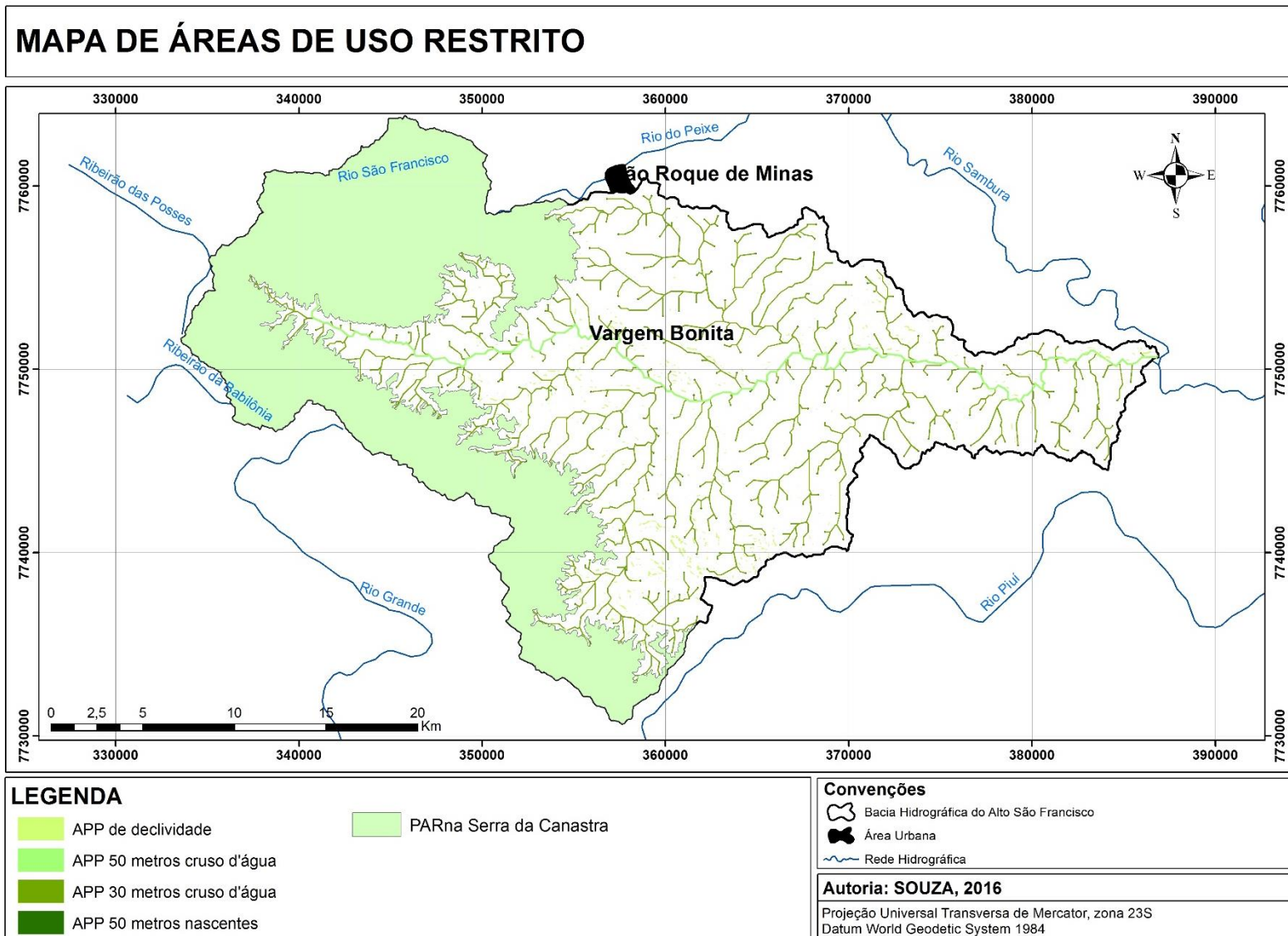
As áreas de uso restrito foram definidas como sendo todas as áreas que possuem algum impedimento legal. Dessa forma, foram mapeadas APP – Áreas de Preservação Permanente, as quais segundo Lei Federal, tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas e o PARna da Serra da Canastra (Figura 09-A), que segundo o regulamento nacional, os Parques Nacionais são áreas geográficas extensas e delimitadas, dotadas de atributos naturais excepcionais, objeto de preservação permanente, submetidas à condição de inalienabilidade e indisponibilidade no seu todo, sendo destinado para fins científicos, culturais: educativos e recreativos e, criados e administrados pelo Governo Federal, constituem bens da União destinados ao uso comum do povo, cabendo às autoridades, motivadas pelas razões de sua criação, preservá-los e mantê-los intocáveis.

Com relação as áreas de abrangência de tais uso, destaca-se o Parque Nacional da Serra da Canastra, que abrange uma área de 274km<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente 35% da bacia, já as APP de declividade, curso d'água (Figura e nascente representam uma área aproximada de 73km<sup>2</sup>. No mapa 09 que segue abaixo, são apresentadas tais áreas.

Figura 29: PARna Serra da Canastra (imagem A) e APP de curso d'água (imagem B)



Mapa 9:áreas de Uso Restrito





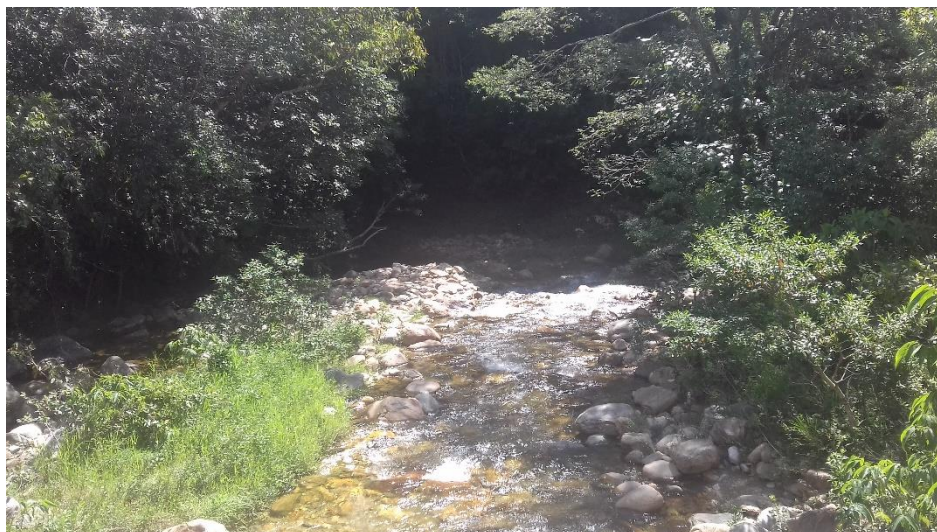
## 5. ZONEAMENTO AMBIENTAL

Segundo Sanchez e Silva (1995) o processo de zoneamento ambiental conduz a um produto cartográfico que expressa o nível de conhecimento científico e tecnológico disponível para compreender e integrar as variáveis ambientais e projetar o ambiente segundo suas reais potencialidades. Dessa forma, os produtos cartográficos obtidos na fase de diagnóstico e análise possibilitaram realizar o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Alto São Francisco. Nesta fase de Zoneamento foram identificadas duas zonas denominadas de área de impedimento legal e área produtiva consolidada (Mapa 10).

As áreas identificadas na bacia em estudo denominadas de área produtiva consolidada, apresentam características cujo uso produtivo é consolidado e que são utilizadas para o desenvolvimento humano, esta são classificadas em área produtiva estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável. Nesse sentido pode-se destacar que as áreas:

- *Estáveis* encontram-se nas proximidades do limite do PARna Serra da Canastra, são áreas mais preservadas, no que diz respeito a presença de vegetação nativa. Segundo Tricat (1977) são áreas que, apresentam vegetação suficiente para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. A utilização antrópica não é muito considerável e quando há uso o mesmo é caracterizado pela exploração pecuária. Vale destacar que as APP nesta unidade são consideravelmente preservadas (Figura 30).

Figura 30: Mata Ciliar (APP de curso d'água)



- *Moderadamente estável* tem grande ocorrência na área de estudo correspondendo a áreas de uso agropecuária somados a remanescentes florestais. Os declives são inferiores a 20% apresentando terrenos ondulados com topos planos/convexos (Figura 31).

Figura 31: Imagem demonstrando remanescentes florestais e pastagens



- *Medianamente Estável/Vulnerável* possui uma área considerável na bacia, mas não tanto quando a unidade anterior (moderada), a área de abrangência do mesmo varia entre relevos planos a fortemente ondulado com declives que variam de menores que 3% a 40%. O tipo de uso caracteriza por agropecuária, sendo uma grande parte uso agrícola. Com relação aos remanescentes florestais há pouca presença destes.
- *Moderadamente Vulnerável* ocupa uma área menor que a unidade citada acima, tem maior frequência nas proximidades do rio São Francisco e na região sudoeste da bacia hidrográfica. São área de maior declive, acima de 20%, utilizadas em grande parte para pastagem. Vale destacar que nessas áreas há uma ocorrência considerável de processos erosivos nas vertentes, que podem ser caracterizadas pela pouca ou falta de vegetação e um material superficial muito friável (Figura 33).



Figura 32: A imagem apresenta um relevo suave com cultura perene



Figura 33: Processo erosivo em vertente e área de pastagem



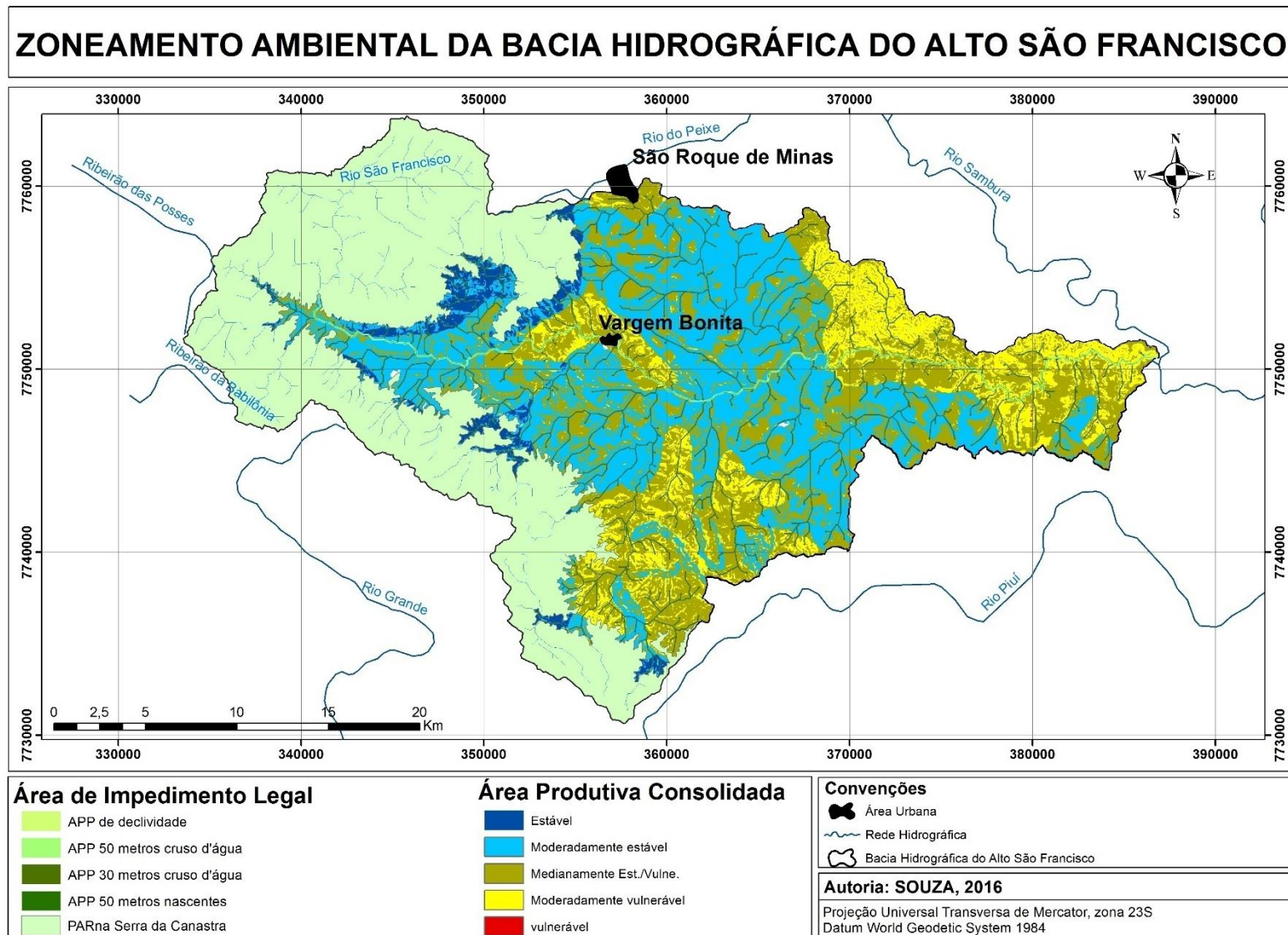
- *Vulnerável*, esta unidade não ocorre na bacia hidrográfica do Alto Rio São Francisco.

A segunda unidade definida na bacia hidrográfica em estudo, se caracteriza por áreas que apresentam algum impedimento ou restrição legal. Dessa forma foram delimitadas áreas de APPs de declividade, de curso d'água e nascentes e unidades de conservação (PARna Serra da Canastra). Esta representa uma área total da bacia de

aproximadamente 347km<sup>2</sup>, ou seja, 44% da bacia, sendo que o Parque Nacional da Serra da Canastra representa 35%. É válido salientar que as áreas de APP não são bem preservadas principalmente nas regiões mais degradadas, onde há maior índice de processos erosivos, onde o uso antrópico (agrossilvipastoril) é mais intenso, que é o caso das áreas determinadas como moderadamente vulneráveis.



Mapa 10: Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação humana frente ao uso sustentável dos recursos naturais e/ou a minimização do impacto causado pela ação antrópica, tem incentivado estudos e políticas públicas para tais fins. Dessa forma, o zoneamento ambiental tem-se destacado, pois o mesmo além de proporcionar um material cartográfico que se apresenta como base do planejamento ele também disponibiliza uma diversidade de material e dados sobre a área de estudo devido a fase de diagnóstico.

A vista disso, o presente trabalho buscou, através da compreensão de diferentes variáveis realizar o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Alto São Francisco tendo como base metodológica os pressupostos de Crepani et al. realizando as adequações necessárias para tal zoneamento.

Nesse sentido é válido salientar que a metodologia e as técnicas aplicadas para a realização do zoneamento se mostrou satisfatória, pois permitiram gerar um mapa de zonas sendo determinadas áreas de impedimento legal e produtiva consolidada, além de uma diversidade de informações e material cartográfico obtido na fase de diagnóstico.

No que diz respeito as áreas de impedimento legal são apresentadas cinco classes, sendo áreas de preservação permanente de nascentes, declividade acima de 45%, cursos d'água inferior a 10m e entre 10m e 50m, e PARna Serra da Canastra. Estas áreas possuem em comum a preservação e a não supressão de vegetação, segundo o código florestal. Mas ao observar tais delimitadas em conjunto com uma imagem de satélite foi possível notar que há degradação e a não preservação de remanescentes e/ou vegetação nativa nas margens dos cursos d'água, sendo essa vegetação totalmente retirada ou não obedecendo a metragem exigida. Tal fato ocorre com grande frequência na região oeste da bacia onde o uso agrossilvopastoril é mais intenso. Isto posto, vê-se a necessidade de ser realizado uma fiscalização mais intensa a fim de realizar a recuperação das áreas desmatadas e/ou a manutenção das mesmas.

Com relação as áreas produtiva consolidada que se caracteriza por cinco classes variando entre estável a vulnerável, destaca-se as unidades determinadas como moderadamente vulnerável, pois essa apresenta um relevo mais dissecado com a ocorrência de um número considerável de processos erosivos nas vertentes. Dessa forma

tem se a necessidade de uma atenção maior a estas áreas, no que se refere ao tipo e forma de uso da terra nessas áreas.

Em referência as técnicas utilizadas o Geoprocessamento, as mesmas se mostraram de suma importância para a pesquisa em questão, pois permitiram trabalhar com uma gama de dados georreferenciados, possibilitando a identificação, mensuração e qualificação dos aspectos físicos da bacia. Proporcionando agilidade na análise e facilidade no cruzamento de informações.

No mais o zoneamento ambiental realizado a partir dos seus mapas e textos sínteses da Bacia Hidrográfica do Alto Rio São Francisco, classificou os diversos cenários em diferentes níveis de instabilidade e vulnerabilidade ambiental. A vista disso, tanto os mapas derivados do zoneamento quanto o próprio zoneamento são mapas e informações essenciais para o ordenamento da área visando uma ocupação racional e preservação dos espaços.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: Questões de escala e método. **Estudos Anuários**, São Paulo, v. 3 n. 5 jan./abr. 1989. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v3n5/v3n5a02.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. **Regiões Hidrográficas do São Francisco**: Águas que contribuem para o desenvolvimento de 521 municípios. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/SaoFrancisco.aspx>>. Acesso em: 10 ago. 2016

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

ALMEIDA, B. S. **Geoquímica dos filtros carbonosos do depósito Morro do Ouro, Paracatu**, Minas Gerais. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 7 p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, J. R. de; TERTULIANO, M. F. Diagnose dos sistemas ambientais: métodos e indicadores. In: Cunha, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2004. p. 115 – 171.

ALVARENGA, A. S.; MORAES, M. F. Utilização de imagens LANDSAT-8 para caracterização da cobertura vegetal. Jun. 2014. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. **GeoUSP: espaço e tempo**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014.

BRASIL. Lei nº 6.938 de agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 25 jul. 2016



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Mapeamento do uso e cobertura do cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília: MMA, 67 p. 2015.

CAMARA MUNICIPAL DE VARGEM BONITA. **História e fotos de Vargem Bonita**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.vargembonita.mg.leg.br/institucional/historia>>. Acesso: 05 out. 2016

CAMARGO, A. F. M. (Ed.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilheus: Editus, 2002. 281p.

CARMO, J. P. de A.; SILVA, P. D. D'ouvidio. A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2010. p. 1 – 9.

CARVALHO, R. G. de As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 36. p. 26-43, 2014.

CAVEDON, A. D.; SHINZATO, E. **Levantamento de reconhecimento dos solos**. CPRM. Disponível em:  
<[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade/ps/solos/solos\\_levantamento.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade/ps/solos/solos_levantamento.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2016.

CODEMIG, **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. 2014. Disponível em:  
<<http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>. Acesso em: 10 maio 2016.

COLLARES, E. G.; PEREIRA, T. C. de F. K. **Zoneamento Ambiental como Instrumento de Gestão de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<http://www.crea-mg.org.br/publicacoes/Pages/Zoneamento-Ambiental-como-Instrumento-de-Gestao-de-Bacias-Hidrograficas.aspx>>. Acesso em: 21 Jul. 2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBHSF. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

CPRM. Arquivos Vetoriais. Mapas estaduais de geodiversidade. Disponível em:  
<<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. **Programa Geológico do Brasil Levantamentos Geológicos Básicos: Geologia da Folha Piumhi SF.23-V-B-II**. 2008. Disponível em:

<[http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10468/Geologia\\_Piumhi.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10468/Geologia_Piumhi.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 20 out 2014.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

CREPANI, E. et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento Ecológico- Econômico**. São José dos Campos. INPE, maio de 1996, 18p.

DIAS, P. H. A. et al. O Grupo Ibiá (Faixa Brasília Meridional): evidências isotópicas Sm-Nd e U-Pb de bacia colisional tipo flysch. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 19, n. 2, p. 90 – 99, 2011.

DIAS, P. H. A. **Estratigrafia dos grupos Canastra e Ibiá (Faixa Brasília Meridional) na região de Ibiá, Minas Gerais**: Caracterização e estudo de proveniência sedimentar com base em estudos isotópicos U-Pb e Sm-Nd. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

DICIONARIO AMBIENTAL. **O que é zoneamento eológico-econômico**. 2013. Disponível em: <http://www.oeco.org.br>>. Acesso em: 15 out. 2016.

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

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Texto, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. Introdução a Geomorfologia. In: \_\_\_\_\_. **Geomorfologia: conceito e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, cap 1, 2011. p. 11-30.

\_\_\_\_\_. Cartografia. In: \_\_\_\_\_. **Geomorfologia: conceito e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, cap 4, 2011. p. 105-127.

FONTANELLA A. et al. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha, Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1 p. 23-41, jan./mar. 2009.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S. dos S. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em Geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v.2, n.2, p.73-83, 2008.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. D. Dicionário Geológico-Geomorfológico. ed. 9, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 76.

HONDA, S. C. de A. L. et al. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). *Revista brasileira de Gestão Urbana*

IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra**. Brasília: IBAMA-Diretoria de Ecossistemas/ MMA, 2005. 250 p.

IBGE. Histórico de São Roque de Minas – MG. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=316430>>. Acesso em: 04 out. 2016

IBGE. Piumhi. 2007. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/piumhi.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

ICMBio. Parna da Serra da Canastra. Disponível em:<<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2090>>. Acesso em 08 mar. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Zoneamento Ambiental**. Brasília. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/zoneamento-ambiental>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

JARBAS J. et al. **Cambissolos**. EMBRAPA. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g798rt3o02wx5ok0wtedt3n5ubswf.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3o02wx5ok0wtedt3n5ubswf.html)>. Acesso em: 05 out. 2016

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2. ed. 2009.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA.

LEITE, E. F. **Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental:** o exemplo da bacia hidrográfica do rio Formiga – TO. 2011. 228 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

LIBAULT, André. Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, IGEO/USP, n. 1, p. 1-14. 1971.

LIMA, D. F. B de; REMPEL, C.; ECKHARDT, R. R. Análise Ambiental da bacia hidrográfica do rio Taquari proposta de zoneamento ambiental. **Geografia**: revista do departamento de geociências da Universidade Federal de Londrina, Londrina, v. 19, n. 1, p. 51 – 78. Jan./jun. 2007

Martins-Neto, M.A.; Alkmim, F.F. 2001. **Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozóicas do paleocontinente São Francisco e suas margens:** Registro da quebra de Rodínia e colagem de Gondwana. In: Pinto, C.P., Martins-Neto, M.A. (ed.) Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais, SBG/Núcleo MG, 31-54.

MARTINS, T. I. S. **Mapeamento geomorfológico da folha Piumhi, Minas Gerais.** 2013. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

MEDEIROS J. S. de **Banco de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território.** São Paulo. p. 137. Tese (doutoramento em geografia física) – USP. Departamento de Geografia, jul. 1999.

MENESES, NETTO, 2001 – **Sensoriamento Remoto:** reflectância dos alvos naturais. Brasília: Embrapa, 2001, 262p.

MMA/IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra.** 2005. Disponível em:<[http://www.serradacanastra.com.br/wp-content/themes/serradacanastra-child/arquivos/pdf/2\\_pn.pdf](http://www.serradacanastra.com.br/wp-content/themes/serradacanastra-child/arquivos/pdf/2_pn.pdf)>. Acesso em: 08 mai 2015.

MONTAÑO, M. et al. O zoneamento ambiental e sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, Itajubá, n. 6, p. 49 – 64, jun. 2007.

PEREIRA et al. **Estudo do compartimento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes**. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n6/v11n06a10.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A.;

RODRIGUES, J. B. **Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí** – Um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd. 2008. 141f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7, ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 262 p.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia, 1996. 104 p.

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

\_\_\_\_\_. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do departamento de Geografia**, São Paulo: FFLCH-USP, p. 63 – 74, 1994.

SÁNCHEZ, Roberto O.; SILVA, Teresa Cardoso da. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. **Cad. Geociências**. Rio de Janeiro, n. 14:47-53, abr. /jun. 1995.

SCOLFORO, J. R. et al. **Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais**. Disponível em: < <http://www.zee.mg.gov.br/>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia**. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras-MG. 1995.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Tutorial de Cartografia Geomorfológica. **Revista Geográfica Acadêmica**, Goiás, v. 3, n. 2, 64 p. Dez. 2009.

SOUZA, D. A. de. **Mapa Geomorfológico da Serra da Canastra e Entorno**. 2015. 66 f. Monografia – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

SOUZA, D. M. G de; LOBATO, E. Glei Pouco Húmico / Gleissolo Háplico. EMBRAPA. Acesso em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_95\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_95_10112005101956.html)>. Acesso em: 05 nov. 2016.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 15. p. 39 – 49, 2004.

SUITA, M.T.F. et al. Complexos ofiolíticos do Brasil e a metalogenia comparada das faixas Araçuaí e Brasília. In: PEREIRA, E; CASTROVIEJO, R.; ORTIZ, F. (eds). *Complejos Ofiolíticos en Iberoamérica: guías de prospección para metales preciosos*. Madrid, **Rede CYTED**, 379p. cap. 5, p. 101-132, 2004.

TEIXEIRA, A. L. de A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informações Geográficas**. Rio Claro: Edição do Autor, 1992. 80 p.

TOMAZZOLI, E. R. Evolução Geológica do Brasil Central. **Sociedade e Natureza**. v. 2 n. 3, p. 11-29. Jun. 1990.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE. 1977. 96 p.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.