

VANESSA MENDES LANA

**UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE: ESTUDO DE CASO PARA A BACIA DO RIO SÃO  
FRANCISCO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

VANESSA MENDES LANA

**UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE: ESTUDO DE CASO PARA A BACIA DO RIO SÃO  
FRANCISCO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de fevereiro de 2011

---

Prof. Elias Silva  
(Co-orientador)

---

Prof. Vicente Paulo Soares  
(Co-orientador)

---

Prof. João Augusto Alves Meira Neto

---

Prof. Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro  
(Orientador)

*A Jesus,*

*pois “todas as coisas foram feitas por intermédio dele, e sem ele nada do que foi feito se fez” (João 1:3).*

## AGRADECIMENTOS

A Jesus, pela vida, e vida em abundância, cujo amor e misericórdia me sustentam em Suas mãos;

Ao Professor Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro, pela atenção, dedicação, compreensão e paciência durante toda a caminhada deste trabalho;

Aos coorientadores Professores Elias Silva e Vicente Paulo Soares, pelo apoio e cooperação;

Ao Professor José Marinaldo Gleriani, pelo auxílio e disposição em contribuir com meu trabalho;

Ao pessoal da Secretaria da Pós do DEF, Ritinha, Alexandre e Alfredo, pela competência no que fazem;

Ao Chiquinho e Cida, que abriram muitas portas para que eu pudesse fazer o que precisava;

À equipe do Laboratório de Geoprocessamento do DEF, Sady Menezes, Cleverson Lima, Simone Rodrigues, Thamires Pacheco, Robert Silva, Fabrício Rodrigues, Getúlio Domingues, Kelly Barros e Julianne Oliveira, pelo apoio no trabalho, pelo incentivo nas horas de dificuldades e pela companhia agradável;

Aos demais professores do DEF, que contribuíram para meu aprendizado e desenvolvimento profissional;

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de pesquisa;

Ao pessoal do Centro de Estudos em Desenvolvimento Florestal (CEDEF) da Vila Gianetti da UFV, pela concessão das imagens RapidEye e dos dados de unidades de conservação de Minas Gerais para auxílio no meu trabalho;

Aos meus pais, José Geraldo de Lana, um exemplo de determinação e humildade, que tudo fez para que eu tivesse uma vida melhor, e minha mãe, Neusa Maria Mendes Lana, exemplo de paciência e amor, que me firmou pelas suas orações e dedicação;

Aos meus irmãos, Teresa Cristina Mendes Lana e Almerindo Mendes Lana, pelo carinho, incentivo e muitas risadas;

Aos colegas e amigos de curso, pelo aprendizado e companhia durante esses dois anos no mestrado;

Às irmãs de república Poliana e Roberta, e aos amigos Leandro e Sete, por me apoiarem com sua companhia agradável e acolhedora;

Às minhas irmãs Katryne e Fernanda, que de forma muito especial são grandes instrumentos de Deus na minha vida, bem como as demais “meninas-bola”;

Ao pessoal da Assembléia de Deus - Ministério Missão, que muito me ensinou e contribuiu para que eu chegasse até aqui;

Ao Pedro, meu amigo, namorado, noivo e marido, presente do Deus Vivo e Fiel, “alguém que eu nunca vi na minha vida”, por tudo;

A todas as pessoas que passaram por mim nesta caminhada, cada qual usada por Jesus para um importante propósito na minha vida.

## **BIOGRAFIA**

VANESSA MENDES LANA, filha de José Geraldo de Lana e Neusa Maria Mendes Lana, nasceu em 18 de abril de 1986, em Coimbra, MG.

Em 2004, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em Engenharia Florestal em janeiro de 2009.

Em março de 2009, iniciou o Programa de Pós-Graduação no Departamento de Engenharia Florestal da UFV, em nível de Mestrado em Ciência Florestal, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2011.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	3
1.2. OBJETIVOS .....	4
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	4
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3. ÁREA DE ESTUDO.....	5
1.3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	7
1.3.2. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS.....	8
1.3.3. ASPECTOS AMBIENTAIS.....	9
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	13
2.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO .....	15
2.3. MAPEAMENTO DE USO E CONFLITO DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL .....	19
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>PREPARAÇÃO DE BASES DE DADOS VETORIAIS DO IBGE NO ARCGIS</b>	
<b>9.3.1. PARA GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO</b>	
<b>HIDROGRAFICAMENTE CONDICIONADOS (MDEHCS).....</b>	<b>22</b>
1. INTRODUÇÃO .....	22
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
2.1. Base de dados e softwares utilizados .....	24
2.2. Elaboração da sequência de etapas de edição da base de dados.....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
3.1. Pré-edição das imagens escaneadas para vetorização.....	26
3.2. Preparação das bases vetoriais hidrográficas.....	29
3.3. Preparação das bases vetoriais topográficas .....	32
3.4. Base de dados final para geração do MDEHC.....	33
4. CONCLUSÕES .....	36

## **CAPÍTULO 2**

### **DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG .....37**

1. INTRODUÇÃO .....	37
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
2.1. <i>Base de dados e softwares utilizados</i> .....	39
2.2. <i>Geração do modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (MEDHC)</i> .....	39
2.3. <i>Delimitação das áreas de preservação permanente</i> .....	41
2.3.1. <i>Delimitação das áreas de preservação permanente ao longo das linhas de cumeada</i> .....	42
2.3.2. <i>Delimitação das áreas de preservação permanente de topos de morro.</i> 44	
2.3.3. <i>Delimitação das áreas de preservação permanente de encostas declivosas</i> .....	46
2.3.4. <i>Delimitação das áreas de preservação permanente do entorno de nascentes</i> .....	46
2.3.5. <i>Delimitação das áreas de preservação permanente das zonas ripárias.</i> 47	
2.4. <i>Delimitação das Unidades de Conservação e suas áreas de preservação permanente</i> .....	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4. CONCLUSÕES .....	58

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG ..... 60**

1. INTRODUÇÃO .....	60
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	61
2.1. <i>Base de dados e softwares utilizados</i> .....	61
2.2. <i>Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 1995-1996</i> .....	63
2.3. <i>Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2003 - 2005</i> .....	63
2.4. <i>Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2010</i> .....	64
2.5. <i>Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal</i> .....	68
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	68
3.1. <i>Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 1995-1996</i> .....	68
3.2. <i>Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2003 - 2005</i> .....	70
3.3. <i>Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2010</i> .....	72
3.4. <i>Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal</i> .....	74
4. CONCLUSÕES .....	76



## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISE TEMPORAL DO CONFLITO DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG .....77**

1. INTRODUÇÃO .....	77
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	79
2.1. <i>Base de dados e softwares utilizados</i> .....	79
2.2. <i>Análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal</i> .....	79
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	80
3.1. <i>Análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) da bacia hidrográfica</i> .....	80
3.2. <i>Análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas unidades de conservação (UCs)</i> .....	86
3.2.1. <i>Parque Estadual de Campos Altos</i> .....	86
3.2.2. <i>Parque Nacional da Serra da Canastra</i> .....	89
4. CONCLUSÕES .....	93
<b>3. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>

## RESUMO

LANA, Vanessa Mendes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Unidades de conservação e áreas de preservação permanente: estudo de caso para a bacia do Rio São Francisco.** Orientador: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro. Coorientadores: Elias Silva e Vicente Paulo Soares.

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco, situada entre as coordenadas 46,67° - 45,09° O e 19,06° - 20,36° S, pertence à bacia hidrográfica da represa hidroelétrica de Três Marias – MG, que por sua vez insere-se na grande bacia hidrográfica do Rio São Francisco. A escolha desta área realizou-se com base na importância ecológica e hidrológica que possui para toda a bacia do São Francisco e para a conservação de remanescentes de vegetação nativa do Cerrado mineiro. Assim, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo principal de fornecer informações sobre o nível de proteção e conservação ambiental, respectivamente, das áreas de preservação permanente (APPs) e unidades de conservação (UCs) desta sub-bacia. Buscou-se determinar se a manutenção do Código Florestal Brasileiro de 1965, como elemento centralizador da política florestal do país, atende aos objetivos para o qual foi proposto. Para tal, a metodologia envolvida abrangeu a geração de Modelos Digitais de Elevação Hidrograficamente Condicionados (MDEHCs) a partir de bases vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para posterior delimitação automática de APPs no software ArcGIS 9.3.1. Após a determinação das APPs, conforme exposto no Código Florestal Brasileiro e na Resolução nº 303 do CONAMA, a análise temporal das imagens de satélite LANDSAT 5 TM permitiu obter informações sobre o conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas APPs e nas UCs daquela sub-bacia. As APPs ocupam 36 % da extensão da região estudada, destacando-se as categorias linhas de cumeada e zonas ripárias. Um aspecto de grande importância para a qualidade ambiental, observado nas APPs, foi a formação de grandes extensões de corredores ecológicos naturais ao longo de toda a sub-bacia, considerando-se a plena observância do Código Florestal. Entretanto, uma vez que houve notável diminuição da cobertura vegetal nativa e aumento das atividades antrópicas na sub-bacia, de modo geral, as APPs encontram-se, em sua maioria, ameaçadas. A UC mais conservada foi o Parque Nacional da Serra da Canastra, que apresentou cerca de 80% e cobertura vegetal

nativa remanescente, apresentando um aumento discreto das atividades antrópicas ao longo dos últimos 14 anos. O Parque Estadual de Campos Altos apresentou grande perda da sua cobertura vegetal nativa para as atividades antrópicas, o que é incoerente com o proposto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) para as UCs de Proteção Integral. Quando estas não cumprem com seus objetivos, vários impactos negativos são gerados, principalmente sobre a peculiar biodiversidade contida no Cerrado desta região da bacia do São Francisco. Conclui-se que as APPs são importantes na formação de corredores ecológicos naturais ao longo de toda a bacia hidrográfica, interligando seus fragmentos entre si e às suas UCs. Este aspecto das APPs comprova a robustez do Código Florestal Brasileiro de 1965 nas suas determinações originais.

# ABSTRACT

LANA, Vanessa Mendes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Conservation units and permanent preservation areas: case study for the São Francisco river basin.** Adviser: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro. Co-advisers: Elias Silva and Vicente Paulo Soares.

The basin of the Rio São Francisco, located between coordinates  $46.67^{\circ}$  -  $45.09^{\circ}$  W and  $19.06^{\circ}$  -  $20.36^{\circ}$  S, belongs to the catchment area of the hydroelectric dam of Três Marias - MG, which in turn is part of the great watershed of the São Francisco River. The choice of this area was carried out based on the ecological and hydrological importance it has for the entire basin of São Francisco and the conservation of remnant native vegetation in the Cerrado Mineiro. Thus, we developed this study with the primary purpose of providing information about the level of environmental protection and conservation, respectively, of permanent preservation areas (PPAs) and conservation units (CUs) of this sub-basin. We sought to determine whether the maintenance of the Brazilian Forest Code of 1965 as a centralized element of forest policy of the country, meets the objectives for which it was proposed. To this end, the methodology involved the generation of Hydrographically Conditioned Digital Elevation Models (HCDEMs) covered from base vectors of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (BIGS) for later automatic delimitation of PPAs in ArcGIS 9.3.1. After determination of PPAs, as outlined in the Brazilian Forest Code and Resolution 303 of CONAMA, the temporal analysis of images LANDSAT 5 TM provided information about the use of conflict land in the PPAs and the CUs that sub-basin. The PPAs occupy 36% of the length of the studied region, especially the categories of ridge lines and riparian zones. One aspect of great importance to the environmental quality in PPAs was observed the formation of large tracts of natural habitat corridors throughout the sub-basin, considering the full observance of the Forest Code. However, since there was a notable decrease in native vegetation and increased human activities in the sub-basin, in general, the PPAs are for the most threatened. The CU that was the most conserved was National Park of Serra Canastra, which showed about 80% of remaining native vegetation, showing a slight increase of human activities over the past 14 years. The State Park of Campos Altos showed widespread loss of native vegetation cover to human activities, which is inconsistent with the proposal in the

National System of Conservation Units (NSCU) for CUs full protection. When these do not meet their goals, several negative impacts are generated mainly on the unique biodiversity of the Cerrado region contained in the basin of São Francisco. PPAs are important in the landscape in the formation of natural corridors throughout the watershed, linking together the fragments and their CUs. This aspect proves the robustness of the Brazilian Forest Code of 1965 in its original determinations.

# 1. INTRODUÇÃO

Em termos de ocupação territorial, o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, depois do Amazônico; é também a mais diversificada savana tropical do mundo. Por ser considerado a última fronteira agrícola do planeta e um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, extrema importância deveria lhe ser dada na tomada de ações para sua conservação (KLINK e MACHADO, 2005).

Entretanto, o que se observa é um aumento cada vez mais preocupante nas taxas de desmatamento do Cerrado ao longo das últimas décadas. Na classificação do IBGE, em 2004 o bioma possuía área original de 204.667.716 hectares, o que equivalia a 21% do território nacional, abrangendo sua porção central (MMA, 2007). Segundo Klink e Machado (2005), as taxas de desmatamento do Cerrado superam em torno de três vezes aquelas da Amazônia, com 22.000 a 30.000 km<sup>2</sup> anuais, o que resultou na eliminação de mais da metade da área de vegetação natural do bioma. Como consequência do desmatamento, há uma intensa fragmentação de habitats, cujos remanescentes de vegetação nativa ficam mais sujeitos ao efeito de borda. Tornam-se, assim, mais suscetíveis à invasão de espécies exóticas, erosão de seus solos, poluição dos seus cursos d'água e aquíferos, alteração nos ciclos biogeoquímicos e redução do suprimento de água doce para uso urbano. Isto é ainda mais preocupante quando se considera que o ciclo hidrológico deste bioma está fortemente ligado ao estoque de água no solo proporcionado pela atividade tamponante da vegetação arbórea-arbustiva nativa na estação seca (KLINK e MACHADO, 2005).

Segundo Klink e Machado (2005), de toda a área central do bioma Cerrado, estima-se que cerca de 41,56% sejam ocupados por pastagens, o que praticamente equipara-se às áreas de vegetação nativa remanescentes. Ainda de acordo com esses autores, o sistema pastoril predominante utiliza espécies de gramíneas exóticas de origem africana, que ocupam mais de 500.000 km<sup>2</sup> no bioma, indesejáveis, do ponto de vista ecológico, por serem agressivas e competirem com a vegetação nativa. Como agravante, estes autores ainda afirmam que metade das pastagens plantadas encontra-se degradada, com reduzida cobertura vegetal e invasão por espécies vegetais não consumidas pelo gado. A elevada produção de biomassa pelas gramíneas exóticas acumula-se na época seca, formando uma camada inflamável e favorecendo a ocorrência de incêndios pelas elevadas temperaturas e reduzida umidade relativa do ar nesses ambientes. No mesmo trabalho, os autores acima citam as monoculturas,

principalmente de soja, como a segunda maior atividade de uso da terra e cobertura vegetal no bioma, cobrindo mais de 100.000 km<sup>2</sup>. Ademais, a utilização de fertilizantes e calcário para correção dos solos do Cerrado, ácidos e ricos em alumínio, contribui para a contaminação dos recursos hídricos, dependendo do relevo, do escoamento da água no solo, da época e intensidade de aplicação, dentre outros motivos.

Bem assim, estima-se que a perda de solo por erosão, nos mais de 45.000 km<sup>2</sup> de áreas abandonadas do Cerrado, pode alcançar mais de 130 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A biodiversidade é impactada negativamente e o clima e o regime de chuvas locais podem ser afetados. Com o desmatamento, estima-se que possa haver mais de 10% de redução na taxa de precipitação anual, um aumento na frequência de veranicos e um aumento de 0,5°C na temperatura média do ar superficial (KLINK e MACHADO, 2005). Conseqüentemente, as atividades agrícolas e pecuárias, principais responsáveis por este quadro, serão também prejudicadas.

Apesar do avanço das fronteiras agrícolas no Cerrado e da urgente necessidade de se proteger o que ainda resta desse bioma, pouca atenção é dada para a conservação da sua biodiversidade em relação aos biomas Amazônia e Mata Atlântica. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), apenas 0,85% da área do Cerrado é integralmente protegida na forma de unidades de conservação (por exemplo, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Parque Nacional das Emas no Estado de Goiás) (MMA, 2007). Já Klink e Machado (2005) afirmam que 2,2% do bioma estão legalmente protegidos. Estes autores revelam que mais de 20% das espécies endêmicas e ameaçadas de extinção se encontram fora das áreas protegidas.

O Cerrado mineiro, que ocupa cerca de 57% de sua extensão territorial, não foge à situação geral do bioma. Segundo o Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais (2008), o que resta do bioma Cerrado no Estado está classificado como regiões de Extremamente Alta e Alta Prioridade de conservação. Analisando esta situação em nível de bacia hidrográfica, a questão de prioridade de conservação torna-se ainda mais urgente, uma vez que é a porção da paisagem intimamente relacionada à manutenção da qualidade dos recursos ecológicos e hídricos.

A bacia hidrográfica é considerada a referência para a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), bem como para a aplicação dos parâmetros concernentes às áreas de preservação permanente (APPs) pela Resolução nº 303 do CONAMA (BRASIL, 2002) e para o plano de manejo das unidades de conservação – UCs (BRASIL, 2000). Portanto, estudos realizados em APPs e UCs de bacias

hidrográficas em regiões do Cerrado são de grande importância para visões mais amplas da situação ambiental deste bioma em locais específicos.

Das bacias hidrográficas do Brasil localizadas em território de Cerrado mineiro destaca-se a bacia do Rio São Francisco, que possui a maior parte das suas cabeceiras inteiramente dentro deste bioma ou em regiões de transição com a Mata Atlântica e Caatinga (LIMA e SILVA, 2002). A área de drenagem da represa de Três Marias, localizada na região do Alto São Francisco, acolhe a nascente deste rio de integração nacional, na Serra da Canastra, além de contemplar as cabeceiras de muitos de seus importantes afluentes.

Na bacia hidrográfica de Três Marias – MG localiza-se a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, que abrange desde a região próxima à sua nascente até o início do lago da represa onde o Cerrado é o bioma predominante. Estes três aspectos já são suficientes para embasar a importância desta sub-bacia hidrográfica no contexto ambiental e econômico da bacia de Três Marias e, conseqüentemente, de toda a bacia do São Francisco.

Em vista destes e outros motivos, a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco tornou-se objeto do presente estudo, com o objetivo principal de fornecer informações sobre a qualidade ambiental desta área por intermédio da delimitação de suas áreas de preservação permanente (APPs) e unidades de conservação (UCs), analisando também o uso da terra e cobertura vegetal ao longo dos últimos anos. Busca-se elucidar, à luz da ciência, como o Código Florestal Brasileiro – que determina as APPs – e o SNUC – que determina as UCs – estão sendo considerados na preservação e conservação do bioma Cerrado na área de estudo.

## **1.1. RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

A sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco localiza-se numa importante área do Cerrado mineiro que abriga espécies de fauna e flora consideradas ameaçadas de extinção, muitas das quais são endêmicas desta região (CARVALHO et al., 2008). Sob o ponto de vista hidrológico, contempla o Rio São Francisco, de extremo valor para a distribuição de água para consumo humano e agricultura, principalmente para as regiões Sudeste e Nordeste do Brasil.

Em termos de inovação em pesquisa científica, este trabalho é pioneiro no detalhamento das principais etapas para a geração de Modelos Digitais de Elevação



Hidrograficamente Condicionados (MDEHCs) utilizados como base para muitos estudos ambientais, dentre os quais se destaca a delimitação de APPs. A metodologia de delimitação de APPs aqui aplicada contempla os corpos d'água (rios de margem dupla, lagoas, lagos e represas) na geração dos MDEHCs, fornecendo resultados mais coerentes com a realidade da hidrografia da região de estudo. A quantificação da extensão de corredores ecológicos formados naturalmente pelas APPs ao longo da paisagem e a análise do conflito de uso da terra e cobertura vegetal em UCs também são inusitados.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal deste trabalho é estudar o nível de preservação e conservação ambiental proporcionado, respectivamente, pelas APPs e UCs da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG. Utilizando metodologias simples e ao mesmo tempo inovadoras em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), busca-se determinar se a manutenção do Código Florestal Brasileiro de 1965, como elemento centralizador da política florestal do país, é apta para o cumprimento dos objetivos para o qual foi concebido. Os resultados gerados constituem importante referencial para a condução de estudos similares em outras sub-bacias hidrográficas.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

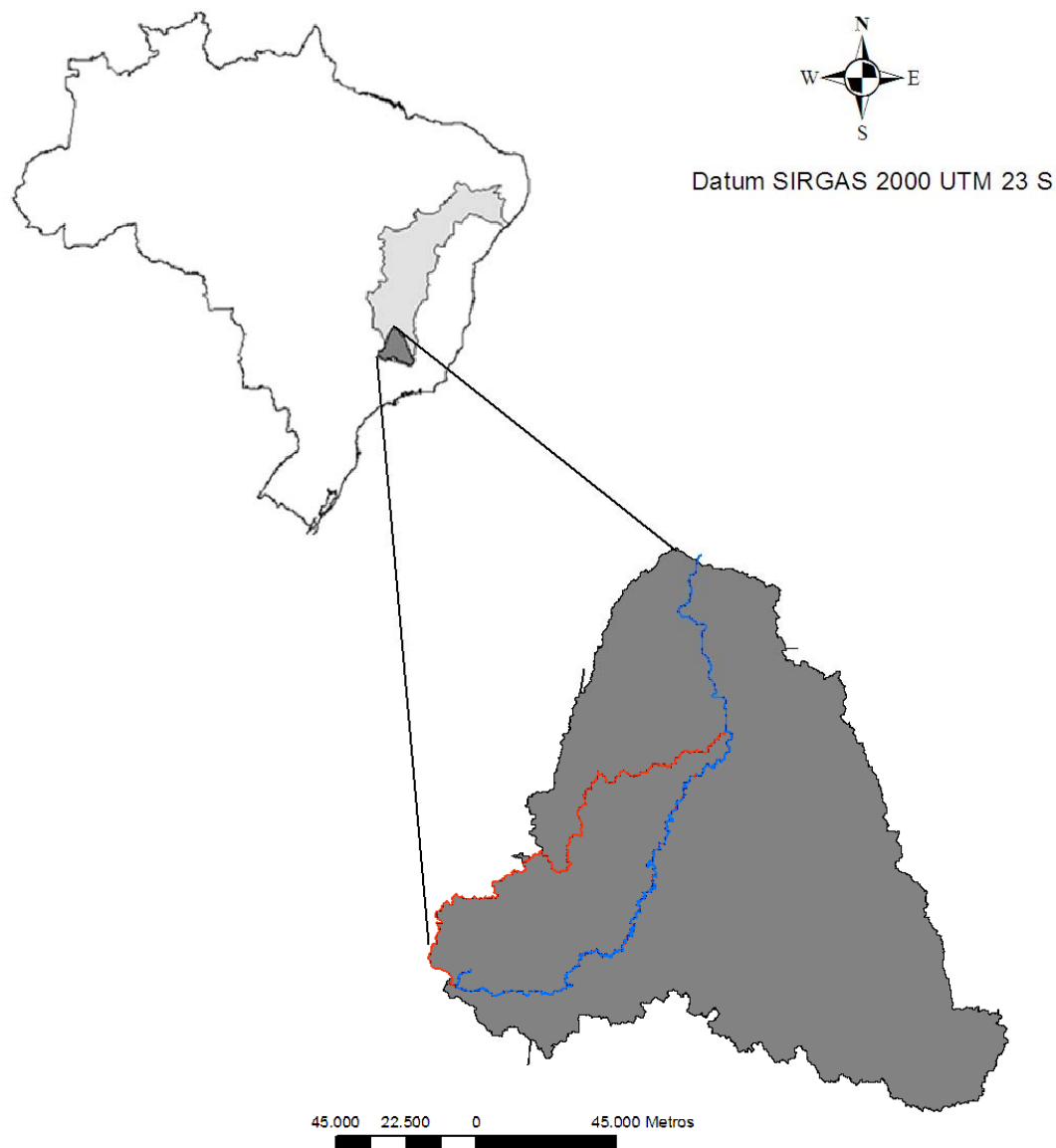
Os objetivos específicos deste trabalho podem ser assim dispostos:

- Demonstrar a importância da qualidade da base de dados utilizada para a geração de MDEHCs, uma vez que estes são também base para os mais diversos tipos de estudos;
- Delimitar, de forma automática, as APPs da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG;

- Verificar se as APPs formam corredores ecológicos naturais em uma região de Cerrado;
- Mapear o uso da terra e cobertura vegetal para a área de estudo e realizar sua análise temporal ao longo dos últimos anos;
- Analisar o conflito de uso da terra e cobertura vegetal em termos de APPs e UCs;
- Verificar se o Código Florestal Brasileiro de 1965 se mantém adequado para a conservação e proteção dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica localizada em região de Cerrado.

### **1.3. ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo, abrangendo cerca de 9.000 Km<sup>2</sup>, situada entre as coordenadas 46,67° - 45,09° O e 19,06° - 20,36° S refere-se à sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, que se localiza na porção oeste da bacia hidrográfica da represa hidroelétrica de Três Marias, que por sua vez, pertence à grande bacia hidrográfica do Rio São Francisco, na sub-região do Alto São Francisco (Figura 1).



### Legenda

- Rio São Francisco
- Sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco
- Bacia hidrográfica de Três Marias
- Bacia hidrográfica do Rio São Francisco

**Figura 1.** Localização da área de estudo, sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, pertencente à bacia hidrográfica de Três Marias, MG, parte da grande bacia hidrográfica do Rio São Francisco.

### 1.3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Segundo a classificação de Koepen, o Alto São Francisco insere-se na região de clima tropical semi-árido, com verões chuvosos de novembro a abril, cujas chuvas geram  $\frac{3}{4}$  do escoamento total do Rio São Francisco (CODEVASF, 2006) e período seco de maio a outubro, com disponibilidade hídrica entre 10 e 20 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (MMA, 2010).

Na classificação bioclimática de Gaussen e Bagnouls, a região possui áreas que se enquadram no tipo 4bTh (termoxeroquimênico médio) - tropical quente com seca média, com índice xerotérmico entre 100 e 150 e outras no tipo 4cTh (termoxeroquimênico atenuado) - tropical quente de seca atenuada, com estação seca mais curta e índice xerotérmico de 40 a 100 (AMARAL et al., 2004). A temperatura média anual é de 23°C, com registros de mínima inferior a 0°C em algumas áreas e 2.300 mm de evaporação anual (CODEVASF, 2006).

A geologia da área de estudo tem sua origem no Proterozóico da Era Pré-Cambriana, com diversas unidades geotectônicas e extensos cinturões orogênicos (ROSA e JUNQUEIRA, 2002). Destaca-se o Grupo Bambuí, caracterizado por dobras, falhas ou fraturas, que proporcionam lineamentos bem marcados no relevo. Localiza-se na região da Depressão do São Francisco, formada pelo próprio rio, entre o Planalto do Divisor São Francisco-Tocantins e o Planalto do Espinhaço, com direcionamento N-S. O relevo compreende regiões relativamente planas e baixas, com altitude média de 500 m, ligeiramente inclinadas para o norte e regiões de topografia ligeiramente acidentada, onde se localizam as montanhas que compõem a Serra do Espinhaço, com altitudes de 1.000 a 1.300 m (AMARAL et al., 2004; CODEVASF, 2006; COURA, 2006).

Os tipos de solos predominantes são Latossolos e Podzólicos, embora também se encontrem Areias Quartzosas, Cambissolos e Litossolos na porção sul e nas áreas mais inclinadas. As formações rochosas constituem-se de arenitos, ardósias e calcários (CODEVASF, 2006; COURA, 2006).

A sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco está inserida no bioma Cerrado, contendo especificamente, os seguintes tipos de cobertura vegetal, conforme classificação de imagens de satélite realizada por MIRANDA et al. (2002): Campos Inundáveis, Campos Limpos, Florestas Arbustivas-arbóreas Abertas, Florestas Arbustivas-arbóreas Densas, Floresta Estacional Decidual Densa, Floresta Ombrófila Aberta e Savanas Arbustivas. As principais espécies predominantes nessa região de Cerrado são: copaíba (*Copaifera langsdorffii*), lixeira (*Curatella americana*),

pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), pau-terra (*Qualea grandiflora*) e pequi (*Caryocar brasiliensis*) (ROSA e JUNQUEIRA, 2002).

Em meio às coberturas vegetais naturais encontram-se mosaicos de agricultura, pastagem e vegetação arbórea alterada, bem como mosaicos de vegetação não-arbórea pastejada e pequena agricultura. Este quadro demonstra o elevado grau de antropização da região (ROSA e JUNQUEIRA, 2002).

### 1.3.2. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A urbanização da região provocou êxodo rural, uma vez que o meio de vida baseado na agricultura de subsistência e na vida na fazenda foi, aos poucos, sendo substituído pela facilidade do acesso a bens e serviços no meio urbano. Ademais, o desenvolvimento tecnológico da agricultura substituiu o emprego de mão-de-obra e técnicas tradicionais por máquinas e sistemas intensivos de produção, que diversificou a disponibilidade de alimentos em todas as épocas do ano (MINAS GERAIS, 2008).

Entretanto, o pequeno agricultor pode ter se sentido desestimulado a comercializar seus produtos, o que poderia tê-lo incentivado a lotear grandes extensões de terra em várias áreas menores. Este raciocínio pode embasar uma justificativa para o fato de que a maior parte das terras concentra-se na posse de pequenos proprietários rurais.

A economia da região contempla-se basicamente na exploração dos recursos naturais hidroenergéticos, no turismo, na produção florestal e na agropecuária. Por pertencer à bacia hidrográfica do Rio São Francisco, rio de grande importância nacional, os municípios constituem atrativos culturais para todo o país.

As características de clima, solo e relevo favorecem o desenvolvimento de extensos plantios florestais de *Eucalyptus* sp., bem como o cultivo de arroz, algodão, café, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, soja, tomate, trigo e diversas olerícolas. Quanto à pecuária, destaca-se o rebanho de gado de corte e leiteiro (ROSA e JUNQUEIRA, 2002).

Segundo dados do IBGE (2009), o PIB per capita médio dos municípios que abrangem a região estudada foi R\$ 9.570 em 2009, sendo que Três Marias apresentou valor discrepante em relação aos demais, com R\$ 37.516. Tal fato pode ser justificado pela força do ecoturismo e potencial pesqueiro da cidade, em decorrência da presença do grande lago que deu o nome à mesma. Aliado a isto, a Usina Hidrelétrica de Três

Marias, administrada pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), é potencial geradora de empregos, permitindo maior arrecadação de tributos pelo município, devido aos investimentos diretos e indiretos que são feitos nos setores agropecuário, comercial e de serviços.

No meio rural notam-se problemas com a infra-estrutura das vias de acesso, o que dificulta o escoamento da produção agropecuária e até mesmo o acesso da população aos serviços oferecidos no centro urbano. Nas zonas urbanas dos municípios, o problema viário está na depreciação do capeamento asfáltico, que em muitos locais é inexistente ou inacabado. Aliado a isto, a ausência do transporte ferroviário na região gera maior demanda sobre o sistema rodoviário (MINAS GERAIS, 2008).

De forma geral, a região carece de melhoria no sistema público de saúde e na disponibilização de leitos hospitalares, principalmente quanto ao atendimento às camadas menos favorecidas da população. Quanto à saúde, as endemias e zoonoses não são constatadas na região (MINAS GERAIS, 2008).

Desde a década de 90 observa-se um crescente processo de desenvolvimento sócio-econômico dos municípios da região de estudo. Entretanto, ainda há uma forte demanda por melhorias em saneamento básico, infra-estrutura econômica, ambiental e social para oferecer melhoria na qualidade de vida de toda a população (ROSA e JUNQUEIRA, 2002).

### **1.3.3. ASPECTOS AMBIENTAIS**

O Alto São Francisco é a principal área mineradora de toda a bacia do São Francisco, principalmente devido à região do Quadrilátero Ferrífero, nas proximidades de Belo Horizonte (ROSA e JUNQUEIRA, 2002). Mais especificamente na área de estudo deste trabalho, as regiões dos Rios Abaeté, Borrachudo e Indaiá são intensamente exploradas por lavras, na sua maioria, ilegais.

Em 2006 foram encontradas de 40 a 60 lavras de porte médio ao longo das APPs marginais a estes rios e 149 pontos de lavras ilegais e 109 dragas de sucção na área de drenagem que contempla os Rios Abaeté, Borrachudo e Tiros. Como consequência, grandes áreas foram assoreadas, matas ciliares destruídas e a qualidade das águas comprometida, principalmente pela presença de metais tóxicos decorrentes do garimpo, como o Cromo (MENDES e VIOLA, 2007).

Nos corpos d'água Rio Indaiá, Rio Borrachudo, Rio São Francisco e Ribeirão Marmelada foram encontrados os seguintes parâmetros de índice de qualidade da água que não atenderam ao limite legal: Alumínio e Ferro dissolvidos, Fósforo e Manganês total, cor verdadeira, sólidos em suspensão totais, turbidez e coliformes termotolerantes (IGAM, 2009).

O assoreamento e a contaminação química das águas causados pelas atividades ilegais de mineração e descarga de efluentes industriais e domésticos são os principais responsáveis por este quadro. A redução da qualidade da água compromete a qualidade ambiental de uma forma geral e, mais especificamente, o equilíbrio trófico das comunidades de fauna e flora locais. Por ser uma região de cabeceira, os danos ambientais se estendem para os demais cursos d'água desta sub-bacia e da bacia do Rio São Francisco.

Uma questão importante é o comprometimento da sobrevivência e reprodução dos peixes nestes ambientes, uma vez que a pesca artesanal é um elemento cultural e fator de sobrevivência de muitas populações ribeirinhas. Aliado a isto, o aumento populacional gerou grande demanda pelo consumo de peixes agravando, a longo prazo, a capacidade que a natureza possui de reequilibrar as populações e desenvolver mecanismos adaptativos frente às novas condições ambientais. Deste modo, a atividade pesqueira de água doce na região tornou-se comprometida, levando ao empobrecimento das populações que vivem desta prática (GODINHO, 2001).

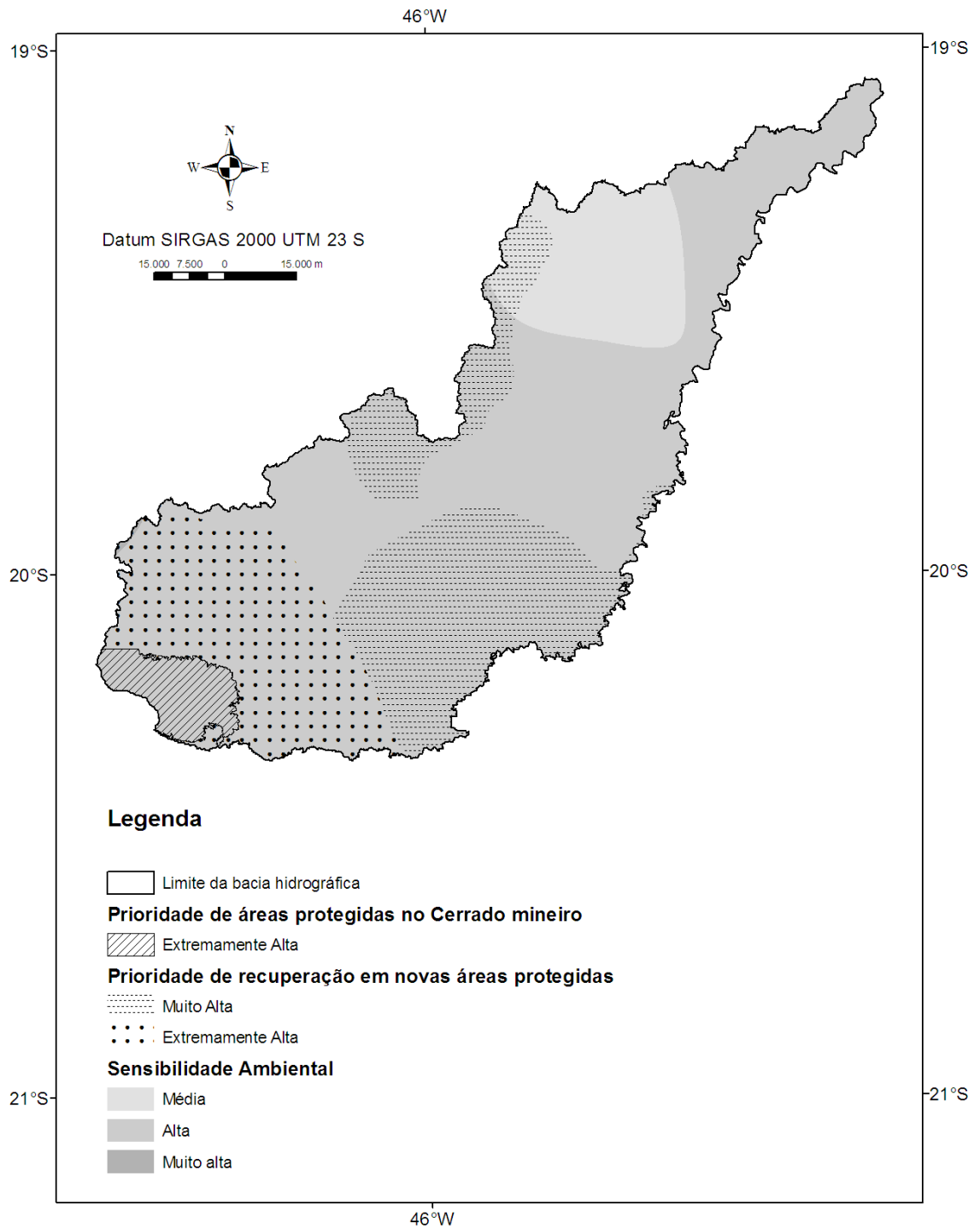
A derrubada da vegetação nativa para a produção de carvão é outro problema na região. Grande parte desta atividade ainda é realizada de forma ilegal, apesar da participação das florestas plantadas na geração de madeira para produção de energia. O município de Felixlândia produz cerca de 17.826 toneladas anuais de carvão de florestas nativas, sendo o quarto maior município produtor de carvão de nativas do Brasil. Três Marias é o quarto município brasileiro produtor de carvão de floresta plantada de *Eucalyptus* e *Pinus*, com 125.873 toneladas de extrações autorizadas legalmente (OBSERVATÓRIO SÓCIO-AMBIENTAL DO SÃO FRANCISCO, 2009).

O lago da represa de Três Marias é outro corpo d'água que vem sofrendo impactos ambientais cada vez mais graves, devido, principalmente, à retirada das matas ciliares, ocupação desordenada e falta de proteção das nascentes (RIBEIRO, 2004). Deste modo, caminha-se para condições em que as margens desprotegidas diminuem a infiltração da água no solo e aumentam o escoamento superficial, favorecendo o aumento danoso da vazão dos corpos d'água em épocas chuvosas.

Segundo o MMA (2006), que determinou as prioridades de conservação de áreas protegidas no Cerrado, em relação às já existentes, e as regiões potenciais para implantação de novas áreas, a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco encontra-se numa condição de destaque (Figura 2). Devido à sua rica e peculiar biodiversidade, o Parque Nacional da Serra da Canastra é considerado de extremamente alta prioridade, o que também estende-se às suas proximidades, colocando-as na posição de destaque para a criação de novas áreas protegidas.

Outro levantamento também realizado pelo MMA (2006) foi a análise de sensibilidade ambiental que considera, dentre outros, as áreas prioritárias de conservação da biodiversidade, a rede de drenagem e as UCs (DESTRO et al., 2009). A maior parte da área deste estudo encontra-se em alta sensibilidade ambiental, o que reforça a necessidade de estudos e ações para a conservação de sua biodiversidade remanescente.





**Figura 2.** Prioridades de conservação para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme dados do MMA (2006).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

As APPs foram definidas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965), em seus artigos 2º e 3º, como sendo “*área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*” (BRASIL, 1965).

A Lei nº 7.511, de 07 de julho de 1986, alterou a alínea "a" do artigo 2º do Código Florestal brasileiro, que trata da largura marginal de proteção de cursos d'água (BRASIL, 1986). Entretanto esta alteração foi revogada pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989, prevalecendo suas modificações até hoje (BRASIL, 1989). A Resolução CONAMA nº 303, de 13 de maio de 2002, estabeleceu parâmetros, definições e limites referentes às APPs, adotando a bacia hidrográfica como sua unidade de aplicação (BRASIL, 2002). Posteriormente, a Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006, dispôs sobre a intervenção ou supressão de vegetação nestas áreas quando forem casos de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2006). Somente com a Instrução Normativa nº 5, de 8 de setembro de 2009, definiu-se e caracterizou-se a metodologia para a restauração e recuperação das APPs (MMA, 2009).

Conforme alínea "a" do artigo 2º de BRASIL (1965), as florestas e demais formas de vegetação natural são consideradas APPs desde que situadas nos seguintes espaços da paisagem:

- a) Em faixas marginais ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, iniciando-se pelo seu nível mais alto, sendo: 30 m para os cursos d'água de menos de 10 m de largura; 50 m para os cursos d'água de 10 a 50 m de largura; 100 m para os cursos d'água de 50 a 200 m de largura; 200 m para os cursos d'água de 200 a 600 m de largura e 500 m para os cursos d'água de largura superior a 600 m;
- b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
- c) Em raio mínimo de 50 m de largura a partir de nascentes, perenes ou intermitentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", não importando a sua localização topográfica;

- d) No topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) Nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa sempre superior a 100 m em projeções horizontais;
- h) Em altitude superior a 1.800 m, independente da vegetação.

Existem também outras condições que não se enquadram nas categorias definidas acima e caracterizam as florestas e outras vegetações naturais como APPs. Isto é válido para situações que visem à atenuação da erosão das terras, fixação de dunas, proteção ao longo de rodovias e ferrovias por meio de faixas marginais, defesa do território nacional a critério das autoridades militares, proteção de sítios de beleza excepcional ou de valor científico ou histórico, refúgio para exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção, manutenção do ambiente necessário à vida de populações silvícolas e em casos de assegurar as condições de bem-estar público. Em áreas urbanas definidas por lei municipal, as faixas de proteção definidas para cada categoria de APP devem considerar também os planos diretores e as leis de uso da terra e cobertura vegetal (BRASIL, 1965).

Para que as APPs possam cumprir com suas funções ambientais e sociais é preciso que elas sejam devidamente delimitadas, restauradas e/ou recuperadas. Os SIGs, quando integrados ao Sensoriamento Remoto, comparativamente aos métodos manuais de delimitação de APPs, proporcionam resultados objetivos, replicáveis, de maior exatidão e confiabilidade, além de serem facilmente acessíveis por contarem com bancos de dados digitais. Diversos trabalhos têm aplicado as ferramentas do ambiente SIG para a delimitação de APPs (HOTT et al., 2005; RIBEIRO et al., 2005; ALMEIDA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007; VICTORIA et al., 2008), comprovando sua adequação às necessidades atuais de estudos em áreas protegidas.

Dentre os softwares de SIGs mais utilizados para a delimitação de APPs tem-se o ArcGIS, desenvolvido pelo Environmental Systems Research Institute (ESRI). Neste ambiente de geoprocessamento, Ribeiro et al. (2005) desenvolveram metodologias para a delimitação automática de APPs em terços de morro, linhas de cumeada, margens de rios, entorno de nascentes e encostas do terreno superiores a 45° de inclinação.

A delimitação das APPs, outrora um desafio para a adequada implementação da Política Florestal no Brasil, hoje já não se constitui um empecilho, embora não haja

ainda um padrão definido de metodologia para a identificação das áreas protegidas em todo o país. A discussão atual acerca das APPs no Brasil tem-se dado, equivocadamente, em torno de propostas de alteração dos parâmetros concernentes à sua delimitação no terreno, bem como os mecanismos de fiscalização adotados pelos órgãos públicos, ao invés de avaliar sua efetividade como instrumento de preservação ambiental.

Desde 2009 tramita no Congresso Nacional uma série de propostas alegando a necessidade de se flexibilizar o Código Florestal Brasileiro para uma política florestal mais justa para com os pequenos produtores e que não interfira no crescimento e desenvolvimento do país. Sob estas e outras justificativas, diversas sugestões têm sido feitas desde então, como a alteração dos valores de proteção das APPs marginais dos cursos d'água, nova definição sobre topo de morro e até mesmo eliminação das APPs em áreas de entorno de nascentes, margens de rios e linhas de cumeada (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2010; MMA, 2010).

Vários segmentos da sociedade têm se manifestado contra a aprovação destas propostas, uma vez que elas favoreceriam os grandes produtores e a questão dos pequenos proprietários rurais não seria beneficiada de fato; além da prioridade ambiental, que deveria ser o escopo da política florestal, ser deixada em último plano. Apesar de, até o presente momento, uma posição final em relação ao futuro da política florestal brasileira não ter sido definida, deve-se considerar cautelosamente todas as propostas que venham alterá-la em seu objetivo primordial, principalmente quanto às APPs, devido à importância dessas áreas para a qualidade do ambiente.

## **2.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

A Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, conhecida como Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, em seu Art. 2º § 1º, define Unidade de Conservação (UC) como *“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”* (BRASIL, 2000).

Embora cada categoria de UCs tenha seu objetivo específico, de modo geral o SNUC tem como objetivos a manutenção da diversidade biológica e dos recursos

genéticos; a proteção de espécies ameaçadas de extinção, em nível local e nacional; a preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais; a contribuição para o uso sustentável dos recursos naturais; a proteção de paisagens naturais de notável beleza cênica; a proteção de características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; a proteção e recuperação de recursos hídricos e edáficos; a recuperação ou restauração dos ecossistemas degradados; o incentivo às atividades de pesquisa científica, estudos, monitoramento ambiental, educação/interpretação ambiental e turismo ecológico; a valorização econômica e social da diversidade biológica e a subsistência de populações tradicionais, bem como seu desenvolvimento sócio-econômico (BRASIL, 2000).

Nas instâncias federal, estadual e municipal, o SNUC define e regulamenta dois grupos de categorias de UCs: de Proteção Integral e de Uso Sustentável. As UCs de Proteção Integral têm como objetivo principal a preservação da natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, salvo as exceções previstas na Lei 9.985, de 18 de julho de 2000 e Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, que visa regulamentá-la.

Na categoria de UC de Proteção Integral destaca-se o Parque Nacional (PARNA), de posse e domínio públicos, que tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, sendo permitida a realização de pesquisas científicas e atividades de educação/interpretação ambiental e turismo ecológico mediante autorização. As denominações Parque Estadual (PAQE) e Parque Natural Municipal (PM) são dadas às unidades criadas, respectivamente, pelo Estado e Município.

Além das suas categorias básicas, o SNUC define ainda Reserva da Biosfera como uma área mais ampla constituída por uma ou várias áreas-núcleo ou zonas de amortecimento ou várias zonas de transição, cuja gestão integrada e sustentável visa preservar a biodiversidade de áreas de domínio público ou privado através do manejo planejado e participativo dos seus recursos naturais.

Minas Gerais possui ainda as Áreas de Proteção Especial Estadual (APEE), que são definidas e demarcadas pelo governo estadual para proteção e conservação de mananciais. As APEEs ficam sob a responsabilidade do Instituto Estadual de Florestas (IEF) e somam atualmente 20 UCs em todo o Estado.

Das UCs registradas no bioma Cerrado, em nível federal, 69% são de Proteção Integral. Para melhorar a conectividade das UCs neste bioma foi criada a Reserva da Biosfera do Cerrado com 29.652.514 ha, sendo um pouco maior que a Reserva da

Biosfera da Mata Atlântica, que possui 29.473.484 ha (RYLANDS e BRANDON, 2005).

Desde a criação do SNUC, o governo de Minas Gerais vem trabalhando para a melhoria da conservação da biodiversidade no Estado por meio da criação de UCs. Um dos incentivos foi a Lei nº 13.803, de 27 de dezembro de 2000, que colocou as UCs como critério para o ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços) ambiental, estimulando a ampliação de áreas protegidas no estado. Em 2002, Minas Gerais revogou a Lei nº 10.561, de 27 de dezembro de 1991 e criou a nova Lei Florestal, a Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002, que passou a tratar de forma mais específica as questões de proteção à biodiversidade. A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) tem investido na efetivação da política de implantação do Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) desde 2005 (DRUMMOND et al., 2005).

Mesmo com todas estas iniciativas, muito ainda há para ser aprimorado em relação ao sistema de gestão das UCs no estado. Lima *et al.* (2005) estudaram a efetividade do manejo das UCs de Proteção Integral de Minas Gerais e concluíram, de forma geral, que a instituição das UCs no estado não visa o cumprimento dos objetivos específicos da sua criação ou aqueles pertencentes a cada categoria. Do total destas UCs, 23 constituem o que os autores chamam “unidades de papel”, por terem nível insatisfatório de manejo e outras 34 não possuíam nem previsão da elaboração do plano de manejo. A superfície protegida no estado (aproximadamente 4,28 m<sup>2</sup>/hab) é ínfima perto do ideal sugerido para a manutenção da diversidade biológica original (10 m<sup>2</sup>/hab), além de não representar significativamente os diferentes habitats e biomas que necessitam ser conservados (DRUMMOND et al., 2005).

Os problemas mais observados nas UCs de Minas Gerais se repetem nas UCs dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso, os quais são: nenhum hectare desapropriado ou indenizado, nenhum funcionário, nenhuma obra de infra-estrutura, ausência de financiamento para sua gestão, ausência de programas de proteção ou controle de incêndios, inexistência de plano de manejo (LIMA et al., 2005). Além destes, Drummond et al. (2005) citam: falta de informações sobre as características físicas, biológicas e de infra-estrutura das UCs, criação de UCs sem critérios técnicos adequados, falta de pessoal capacitado para a administração das UCs, inexistência de conselhos consultivos, inexistência de alternativas sustentáveis de geração de trabalho e renda nas comunidades do entorno das UCs, definição inadequada das categorias de manejo, falta de estrutura administrativo-financeira de suporte à demanda de criação e

monitoramento de RPPNs e APAs, falta de incentivo técnico e financeiro aos proprietários para o estabelecimento das RPPNs, criação de APAs municipais sem representatividade da biodiversidade, inexistência de um banco de dados para controle e monitoramento das Reservas Florestais, isolamento dos fragmentos sem promover sua conectividade, dentre outros.

Muitas UCs podem ter sido criadas apenas para atenderem a interesses sociais ou políticos, para atenderem situações emergenciais em momentos de crise ambiental ou somente para se receber o ICMS ambiental proposto pelo Estado. Ou seja, a maioria das UCs é criada sem a intenção de ser efetivamente implantada, acarretando a falta de indenização das áreas desapropriadas, desestabilização cultural, expectativas não-atendidas, redução da produção e do processo de desenvolvimento regional, dentre outros (LIMA et al., 2005). A fiscalização dos processos administrativos e gerenciais das UCs é falha, originando um sistema pouco articulado e redundante, o que contribui para as situações acima (LIMA et al., 2005; BACELLAR-SCHITTINI et al., 2007).

Lima et al. (2005) afirmam que a atual gestão do SNUC mostra-se deficiente na conservação da biodiversidade, ao observarem o crescente aumento da lista de espécies de fauna e flora ameaçados de extinção. Pode-se embasar esta afirmativa pelo trabalho de Drummond *et al.* (2005), que estudaram a existência de espécies de mamíferos ameaçadas de extinção em Minas Gerais incluídas dentro das suas UCs. Essas espécies, quando fora da proteção efetiva das UCs, foram denominadas “espécies-lacuna” e somaram 12 do total de 40, o que equivale a 30% do total.

Seis espécies (15%) estavam parcialmente protegidas e as demais (22 espécies ou 65% do total) foram consideradas protegidas, ou seja, dentro das UCs. Os edentados e os ungulados estão quase totalmente inseridos no grupo de espécies ameaçadas de extinção protegidas e os pequenos mamíferos e os primatas são a maioria das espécies-lacuna. Apesar de a maior parte das espécies estar protegida pelas UCs, os pequenos mamíferos e primatas apresentam distribuição geográfica restrita e relevante importância ecológica, além de serem menos tolerantes às variações ambientais do que os edentados e ungulados, o que justifica a necessidade urgente de protegê-los.

A seleção de novas áreas protegidas a serem contempladas como UCs deve basear-se em conhecimentos ecológicos para que os melhores locais sejam escolhidos, analisando parâmetros de representatividade das UCs já existentes, o uso dos recursos no entorno e o conjunto de UCs criadas para estabelecer uma conectividade entre as áreas. Desta forma, os corredores ecológicos podem unir diferentes ecótipos, visando manter os diferentes processos ecológicos, comunidades biológicas, redes de interações

biológicas e serviços ecossistêmicos, nos níveis locais e regionais (DRUMMOND et al., 2005).

Além disso, é preciso melhorar a fiscalização e o planejamento das UCs brasileiras para que elas possam cumprir plenamente suas funções e permitir que os recursos públicos sejam usados de forma mais justa, viabilizando os interesses de conservação ambiental com o desenvolvimento social. É necessária uma mudança de atitude dos órgãos responsáveis pela gestão das UCs, para que seja trabalhada a conscientização da sociedade sobre o seu papel essencial na execução das políticas públicas. Apenas o estabelecimento de UCs não é suficiente para a conservação da biodiversidade de processos ecossistêmicos. Drummond et al. (2005) sugerem que haja revisão de muitas premissas das leis ambientais para que sejam consideradas a presença de ameaças como espécies exóticas invasoras e aquecimento global, focando uma visão de dinâmica ecológica prioritariamente preventiva.

### **2.3. MAPEAMENTO DE USO E CONFLITO DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL**

Quando áreas da paisagem que possuem amparo legal para sua conservação ou proteção são indevidamente ocupadas por outras atividades não concernentes às suas funções ambientais, tem-se o denominado conflito de uso da terra e cobertura vegetal. No Brasil, as APPs, as reservas legais (RLs), as terras indígenas, as Unidades de Conservação (UCs), os corredores ecológicos e as reservas da biosfera constituem as chamadas áreas protegidas.

A primeira etapa para a identificação dos conflitos de uso da terra e cobertura vegetal nestas áreas é a delimitação das mesmas na paisagem conforme as determinações legais. Diversos trabalhos têm utilizado a delimitação das APPs para estudos de conflito de uso da terra e cobertura vegetal. Oliveira et al. (2008) estudaram uma área do entorno do Parque Nacional do Caparaó, MG, e identificaram oito diferentes classes de uso da terra e cobertura vegetal, sendo que as classes cafezal e pastagem ocupavam indevidamente 73,75% das APPs. Situação semelhante foi observada por Nascimento et al. (2005), que detectaram 74,73% das APPs da bacia hidrográfica do Rio Alegre, ES, ocupadas por cafezais e pastagens. Vestena e Thomaz



(2006) encontraram 58% das APPs da bacia do Rio das Pedras, PR, em desobediência legal quanto ao uso da terra e cobertura vegetal.

Na maior parte das vezes, as APPs são delimitadas depois de longos períodos de ocupação urbana e rural de uma região, havendo casos em que ainda não possuem suas áreas corretamente definidas na paisagem. Este fato, aliado ao desconhecimento do proprietário rural acerca dessa obrigatoriedade ou falta de apoio técnico para que o mesmo possa demarcá-las, contribui para que as APPs sejam indevidamente ocupadas por construções, mineração, agricultura, pecuária e plantios florestais.

O monitoramento das APPs em todo o território brasileiro é de suma importância para o estabelecimento de planos e estratégias de conservação e proteção da biodiversidade existente. O desenvolvimento acelerado da economia do Brasil tem levado ao desmatamento de grandes extensões de áreas em todos os biomas brasileiros. Somente para o Cerrado, a taxa anual de desmatamento em setembro de 2009 foi de 21 mil km<sup>2</sup>/ano (PNUD, 2009).

A fragmentação da vegetação nativa oferece riscos à manutenção da biodiversidade, principalmente quando não há corredores ecológicos interligando-os estrategicamente para que sejam mantidos níveis adequados de fluxos gênicos e tróficos. Deste modo, é preciso que o governo e a sociedade se associem para uma correta estruturação de planejamento de delimitação e fiscalização das APPs, promovendo o equilíbrio sustentável entre a proteção e conservação do meio ambiente e o uso da terra e cobertura vegetal por atividades antrópicas.

O Sensoriamento Remoto, por meio de imagens orbitais de diferentes resoluções geométricas, tem contribuído grandemente para estudos de uso da terra e cobertura vegetal no Brasil. Vários trabalhos utilizam boas imagens de satélites de acesso gratuito, dentre as quais cita-se a série LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite), desenvolvida pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), a partir da década de 60, especialmente para estudos de recursos naturais terrestres. Desde então, vários sensores e satélites dessa série têm sido desenvolvidos, alguns já inativos e outros ainda em operação.

O LANDSAT 5, lançado em 1984 e ativo até o presente momento, possuía originalmente os sensores MSS (Multispectral Scanner System) e TM (Thematic Mapper), sendo que o primeiro saiu de operação em 1995. Entretanto, não houve perda na aquisição de dados ambientais de qualidade por este satélite, uma vez que o sensor TM opera em 7 bandas (6 multiespectrais e 1 termal), com resolução espacial de 30m para o visível e infravermelho próximo/médio e 120m para o infravermelho termal,

resolução temporal de 16 dias, com área imageada de 185km e resolução radiométrica de 8 bits (INPE, 2009).

Diversos trabalhos relatam a utilização das imagens do LANDSAT 5 TM para atividades de mineração, cartografia e atualização de mapas, monitoramento de desmatamentos e queimadas florestais, estimativas de fitomassa, monitoramento da qualidade da água, mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal, dentre outros (LIU, 2007).

Dentre os métodos de classificação de imagens de satélite mais utilizados, a classificação supervisionada pixel a pixel é uma das mais aplicadas em estudos em bacias hidrográficas (SILVA et al., 2007; YOUNG e CARMO, 2007). Segundo Vieira et al. (2005), esta classificação é a mais utilizada em análises quantitativas em Sensoriamento Remoto por considerar informações importantes para a identificação dos diversos temas das imagens, usando vários tipos de algoritmos para determinação dos valores dos pixels. Dentre esses algoritmos, o da máxima verossimilhança (MAXVER) apresenta bons resultados para estudos de uso da terra e cobertura vegetal (AGUIAR et al., 2010).

# CAPÍTULO 1

## PREPARAÇÃO DE BASES DE DADOS VETORIAIS DO IBGE NO ARCGIS 9.3.1. PARA GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO HIDROGRAFICAMENTE CONDICIONADOS (MDEHCs)

### 1. INTRODUÇÃO

Estudos que envolvem análises ambientais têm se beneficiado grandemente do avanço da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Isto porque, dentre outras vantagens, os SIGs oferecem um ambiente interativo de trabalho, no qual várias bases de dados robustas podem ser analisadas simultaneamente, proporcionando resultados com boa precisão, acurácia e confiabilidade. Além disso, as diversas formas de apresentação dos resultados (mapas interativos, visualizações em 3D, tabelas, gráficos, entre outros) ajustam-se dinamicamente para atender às necessidades dos usuários (RIBEIRO et al, 2010). Neste sentido, têm-se os Modelos Digitais de Elevação (MDEs), que são estruturas computacionais de representação tridimensional do relevo da superfície terrestre.

Os MDEs são considerados uma classe ou um subconjunto dos Modelos Numéricos de Terreno (MNTs) onde a propriedade representada matematicamente por recursos computacionais é a *altitude*. Usualmente os MDEs são gerados por interpoladores de uma rede de grade triangular denominada *TIN (Triangular Irregular Network)* com base em algoritmos da triangulação de Delaunay (FELGUEIRAS e CÂMARA, 2004).

O fato de os MDEs representarem a altitude do relevo de forma dinâmica permite uma vasta possibilidade de aplicações, abrangendo projetos de engenharia, análise de visibilidade do terreno, análise de orientação direcional com relação a fatores micrometeorológicos, estudos temporais de alteração em florestas, cálculos de volumes de água em reservatórios, delineamento de bacias hidrográficas, delimitação de áreas de preservação permanente, etc (ASPIAZÚ et al., 1990; RIBEIRO et al., 2002). Além destas aplicações, os MDEs também podem ser utilizados na ortorretificação de imagens de satélites, uma vez que conferem praticidade e confiabilidade ao processo (CAMARGO et al., 2009).

Quando os MDEs apresentam conformidade entre o traçado da hidrografia mapeada e o trajeto do escoamento superficial derivado numericamente eles são chamados de Modelos Digitais de Elevação Hidrograficamente Condicionados (MDEHCs), anteriormente denominados de Modelos Digitais de Elevação Hidrológicamente Consistentes. O termo “hidrograficamente condicionado” foi adotado por melhor descrever a coerência da imposição da hidrografia ao terreno (RIBEIRO et al., 2005). Independente da finalidade de utilização de um MDEHC, a consistência hidrográfica garante a remoção de depressões espúrias e a correta continuidade da direção de escoamento da água superficial no terreno, levando a resultados mais coerentes com a realidade (RIBEIRO et al., 2002).

Sensores como o ASTER, EROS-A, IKONOS II, QuickBird, SPOT-5 e SRTM são os mais comumente usados para obtenção de MDEs, dado o baixo custo de suas imagens e sua disponibilidade para uma vasta região do globo terrestre. Entretanto, diversos trabalhos relatam que MDEs obtidos por sensores ópticos possuem a desvantagem de apresentarem valores espúrios, restrições de definição à apresentação de dados em grandes escalas, inconsistência hidrológica, dentre outras (CAMARGO et al., 2009). Para corrigir ou minimizar estas incongruências faz-se necessário um pré-processamento dos dados de entrada (BARROS, 2006).

Os MDEs, e também os MDEHCs, podem ser gerados a partir da interpolação de bases hidrográficas e topográficas obtidas de levantamentos aerofotogramétricos. No Brasil, a fonte oficial deste tipo de dados é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste caso, pode-se utilizar a base vetorial no formato dgn ou a base de imagens escaneadas em formato raster, ambas disponibilizadas gratuitamente no site deste órgão.

Lima et al. (2010) verificaram que a vetorização das imagens escaneadas do IBGE no ArcGIS 9.3.1 para obtenção dos vetores de hidrografia e topografia é preferencial para a preparação de bases de dados consistentes, comparativamente aos vetores em dgn obtidos diretamente do site deste instituto. Os vetores em dgn costumam apresentar inconsistências topológicas e hidrográficas quando comparados com os mapas que os originaram, além de alguns casos onde se observam problemas de georreferenciamento. Por isso, o tempo despendido para a vetorização das imagens dos mapas escaneados pode ser, muitas vezes, compensado pela qualidade da base de dados obtida. Além disso, a utilização do módulo ArcScan do ArcGIS no processo de vetorização torna menos onerosa esta fase da preparação da base de dados.

Por esses motivos, quando a consistência hidrográfica é fator fundamental para a realização de um estudo, MDEHCs produzidos a partir de dados aerofotogramétricos geralmente possuem maior confiabilidade, principalmente quando o controle de qualidade é realizado desde o processo de obtenção dos vetores. A decisão pela utilização de dados de satélites, levantamentos aerofotogramétricos e outros, dependerá, principalmente, do nível de detalhamento requerido, dos recursos disponíveis, do tempo para execução do trabalho e da experiência do profissional em manipular os dados que lhe são oferecidos.

Apesar da utilização de dados aerofotogramétricos, a princípio, ser mais indicada para estudos mais detalhados a partir de MDEHCs, estes precisam passar por uma série de etapas de pré-processamento para garantir que o MDEHC gerado seja o mais coerente possível com a verdadeira representação do relevo e sua drenagem.

Sob estas considerações, este trabalho propõe definir as principais etapas para a preparação de uma base de dados consistente, obtida a partir da vetorização de imagens escaneadas de mapas do IBGE, no software ArcGIS 9.3.1, com a finalidade de se obter um MDEHC adequado para usos posteriores em aplicações ambientais.

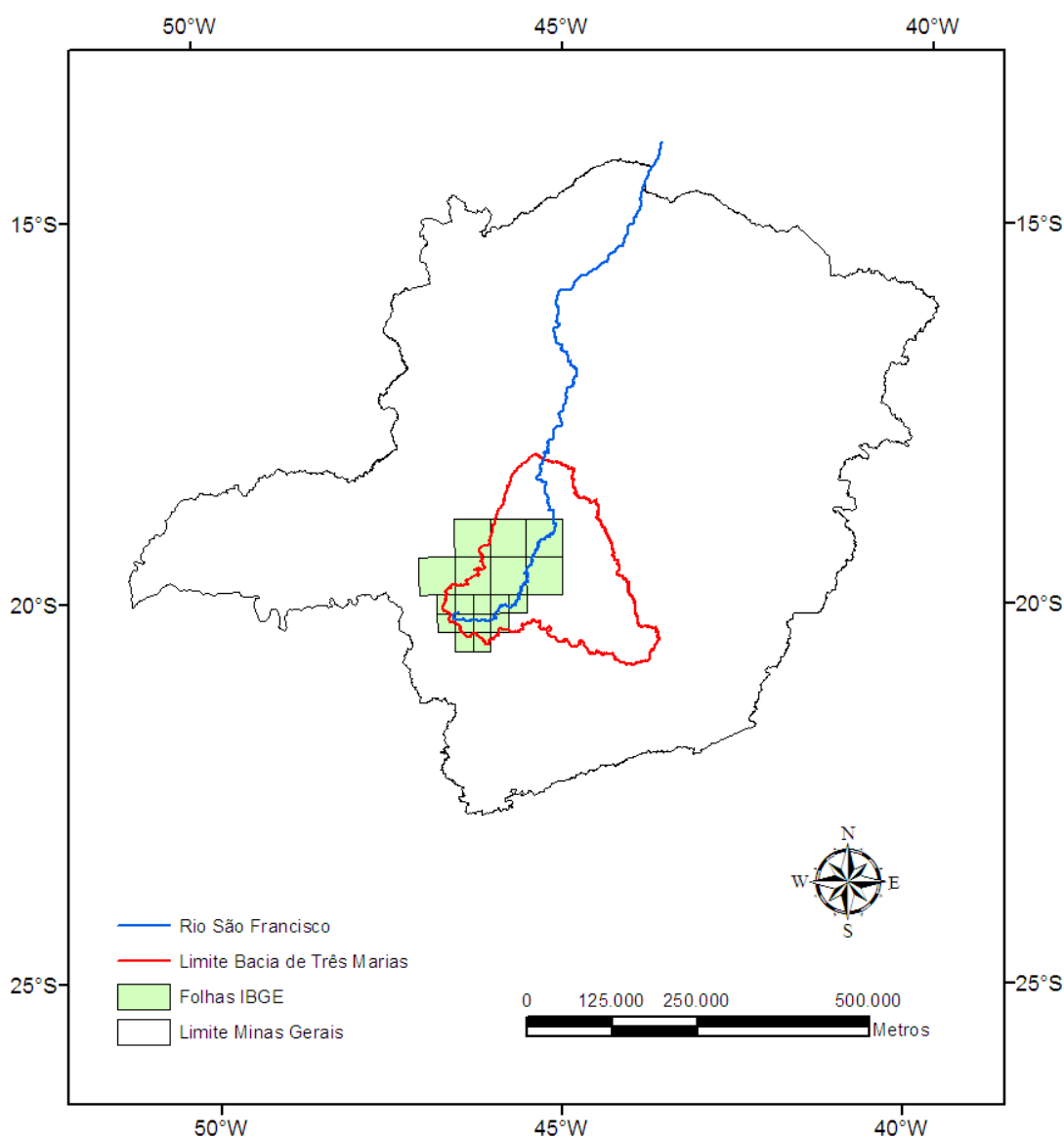
## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Base de dados e softwares utilizados**

Foram utilizadas 18 cartas do IBGE (IBGE, 2010) contendo dados de hidrografia e curvas de nível em formato raster (TIFF), nas escalas 1:50.000 e 1:100.000, referentes a uma parte da bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais, nomeadas: Abaeté (2494), Araxá (2528), Bambuí (25691), Bom Despacho (2532), Campos Altos (2530), Capitólio (26042), Dolores do Indaiá (2493), Furnas (26041), Lagoa da Prata (25692), Luz (2531), Piumhi (25693), Rio Ajudas (25682), Rio Piuí (24684), São Gotardo (2492), São Roque de Minas (25681), Serra da Canastra (25672), Serra da Guarita (25674) e Vargem Bonita (25683). Fez-se necessário também utilizar as respectivas folhas de identificação das cartas (Figura 1), a partir das quais criou-se um único polígono para delimitar a área total de estudo. Realizou-se o download de todos os arquivos disponíveis no IBGE para cada uma das bases de dados; entretanto, os

mais utilizados foram os mapas de hidrografia e topografia, o grid de referência e os vetores dgn dos pontos cotados.

O software utilizado foi o ArcGIS 9.3.1 (ESRI, 2009), em seus módulos ArcMap (para manipulação visual dos dados e confecção dos mapas), ArcScan (para a vetorização das imagens escaneadas dos mapas do IBGE), ArcCatalog (para o armazenamento e estruturação da base de dados), ArcToolbox (para a aplicação das ferramentas necessárias para executar os comandos de manipulação dos dados) e ArcGIS Desktop Help (para consultas a respeito do software).



**Figura 1.** Localização da área de estudo: sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, pertencente à bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais, e as respectivas cartas do IBGE, nas escalas 1:50.000 e 1:100.000.

## **2.2. Elaboração da sequência de etapas de edição da base de dados**

As imagens escaneadas foram georreferenciadas adotando-se o sistema de projeção UTM, Zona 23S e datum Córrego Alegre, em conformidade com a grade de referência de cada carta, disponibilizada em formato vetorial (dgn) no próprio site do IBGE. Os valores do erro quadrático médio obtidos durante o georreferenciamento das cartas foram inferiores a 0,5 m. Posteriormente, os dados foram projetados para SIRGAS 2000, datum oficialmente adotado no Brasil. A própria grade foi exportada como uma classe de feições lineares para servir de referência na vetorização das imagens e articulação das bases vetoriais durante os processos de edição.

De posse das imagens escaneadas dos mapas do IBGE corretamente georreferenciadas, procedeu-se ao desenvolvimento e compilação das principais etapas para a confecção de uma base de dados vetorial consistente para geração do MDEHC no software ArcGIS 9.3.1. Para a configuração dos ambientes das ferramentas utilizadas consultou-se o ArcGIS Desktop Help.

Didaticamente, a preparação da base de dados foi dividida em: pré-edição das imagens escaneadas para vetorização, preparação das bases vetoriais hidrográficas, preparação das bases vetoriais topográficas e base de dados final para geração do MDEHC.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

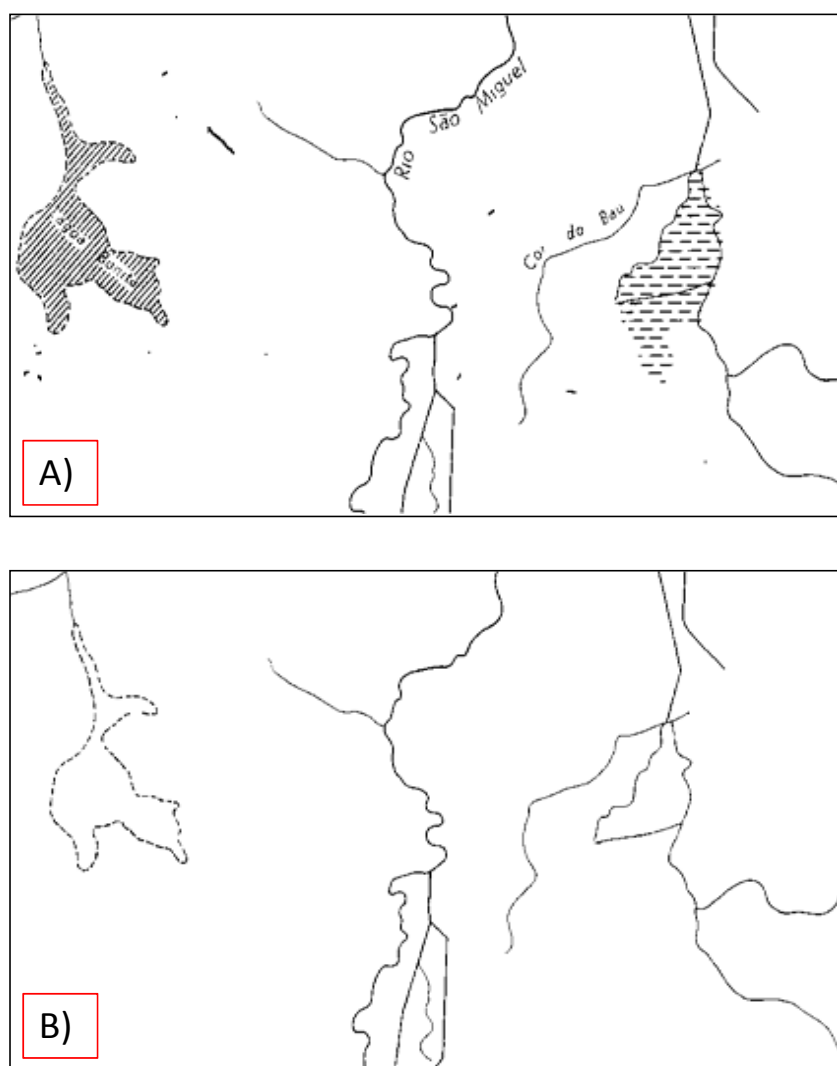
### **3.1. Pré-edição das imagens escaneadas para vetorização**

As etapas de pré-edição e edição das bases de dados para geração de um MDEHC foram realizadas, a princípio, individualmente para cada carta do IBGE da região de estudo. A última etapa foi a criação de uma única base de dados vetorial hidrográfica e uma única base de dados vetorial topográfica para toda a área de trabalho.

A vetorização das imagens escaneadas do IBGE é feita no módulo ArcScan do ArcGIS. Para tal, é necessário que elas estejam configuradas para representação em valores únicos (0 e 1) e que seja criada uma classe de feição linear vazia para receber os dados posteriormente vetorizados. Este procedimento foi realizado individualmente para

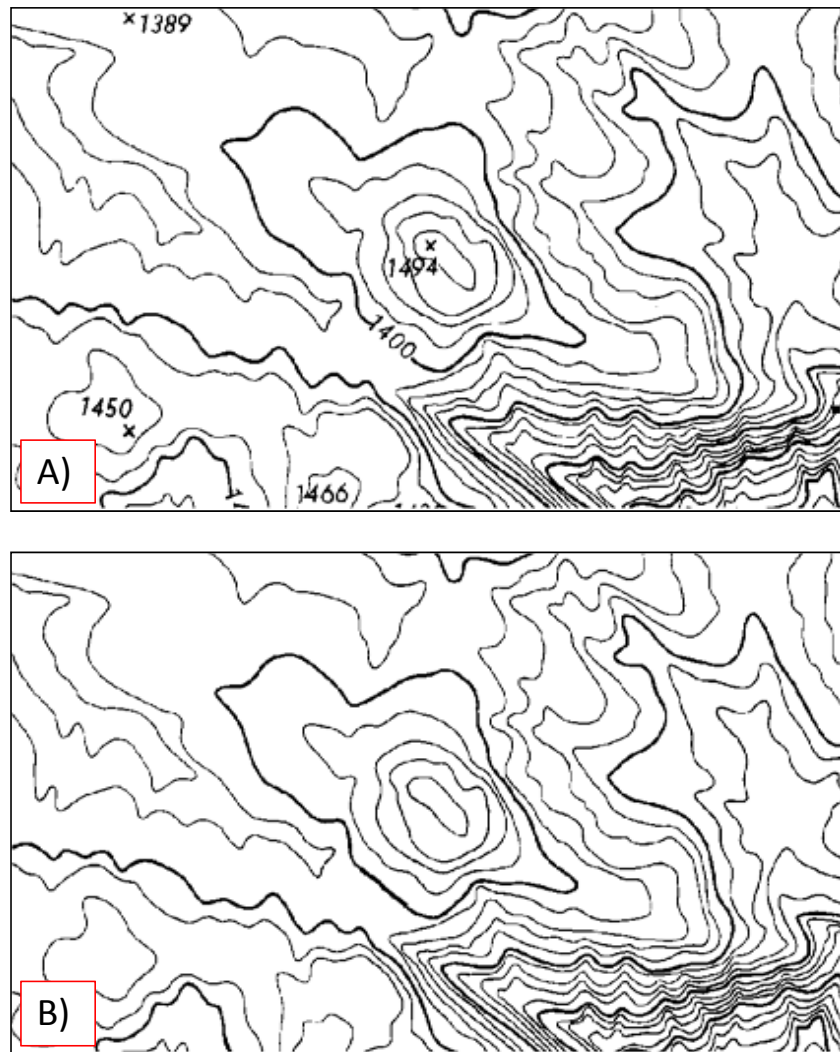
cada carta do IBGE, totalizando-se 18 classes de feições lineares de hidrografia e 18 classes de feições lineares para topografia.

As ferramentas de limpeza do ArcScan, disponíveis na barra *Raster Cleanup*, foram utilizadas para remoção das informações desnecessárias como nomes, números e imperfeições presentes nas imagens. Para os mapas hidrográficos deixaram-se apenas os traçados dos rios e outros tipos de corpos d'água (rios de margem dupla, lagos, lagoas e represas). Quando estes apresentaram alguma forma de preenchimento por hachuras, símbolos, etc, efetuou-se uma limpeza para deixar apenas os segmentos que delineavam os rios e corpos d'água de interesse (Figura 2). Para os mapas topográficos, restaram apenas os traçados correspondentes às curvas de nível (Figura 3).



**Figura 2.** Em A, parte de uma imagem escaneada do mapa de hidrografia de uma das cartas do IBGE da região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, antes da limpeza pré-vetorização. Em B, a mesma parte da imagem após o processo de limpeza para retirada das informações indesejáveis para a posterior vetorização.



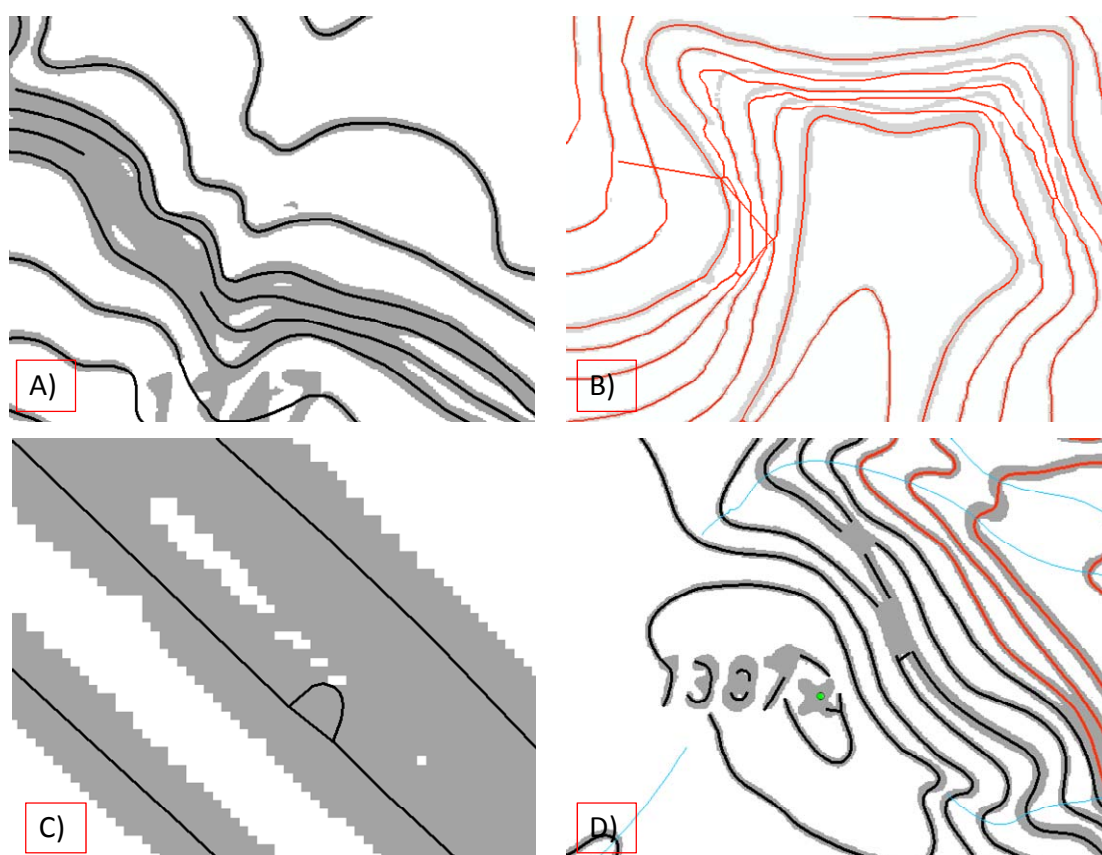


**Figura 3.** Em A, parte de uma imagem escaneada do mapa topográfico de uma das cartas do IBGE da região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, antes da limpeza pré-vetorização. Em B, a mesma parte da imagem após o processo de limpeza para retirada das informações indesejáveis para a posterior vetorização.

Para garantir melhor qualidade no processo de vetorização, realizou-se uma inspeção visual em todas as cartas para a correção de pixels incompletos e remoção de pixels indesejados. O operador é quem determina, a partir de uma cuidadosa análise subjetiva, a aptidão das imagens escaneadas para a etapa de vetorização. Assim, foram vetorizadas, uma a uma, as cartas topográficas e hidrográficas do IBGE.

A etapa de preparação das imagens para vetorização é crítica para as demais fases da edição da base de dados, uma vez que a qualidade da base vetorial final é diretamente relacionada à qualidade da limpeza das imagens escaneadas. Menos tempo será gasto na correção de imperfeições e incongruências nas bases vetoriais hidrográficas e topográficas se maior atenção for despendida às rotinas da fase de pré-vetorização.

Após a vetorização, nova inspeção visual foi feita com os mapas originais em raster (imagens escaneadas), georreferenciados anteriormente, colocados como plano de fundo para aferir quaisquer inconsistências que possam ter persistido após a vetorização. A Figura 4 mostra algumas imperfeições possíveis de serem encontradas numa base de dados vetorial quando há falhas na edição pré-vetorização, o que é mais crítico para as curvas de nível. Estas devem ser corrigidas para uso posterior na geração do MDEHC.



**Figura 4.** Inconsistências observadas em vetores de curvas de nível cujo processo de edição pré-vetorização não atendeu à demanda da qualidade das imagens para uma boa geração de vetores: A) e C) curvas de nível muito próximas, cujos pixels misturam entre si e geram, respectivamente, espaços falhos e segmentos indesejados nos vetores; B) falhas negligenciadas na imagem que causaram distorção nos vetores gerados; D) vetores gerados pela permanência do valor do ponto cotado na imagem e falhas nas curvas de nível devido à união de curvas na imagem.

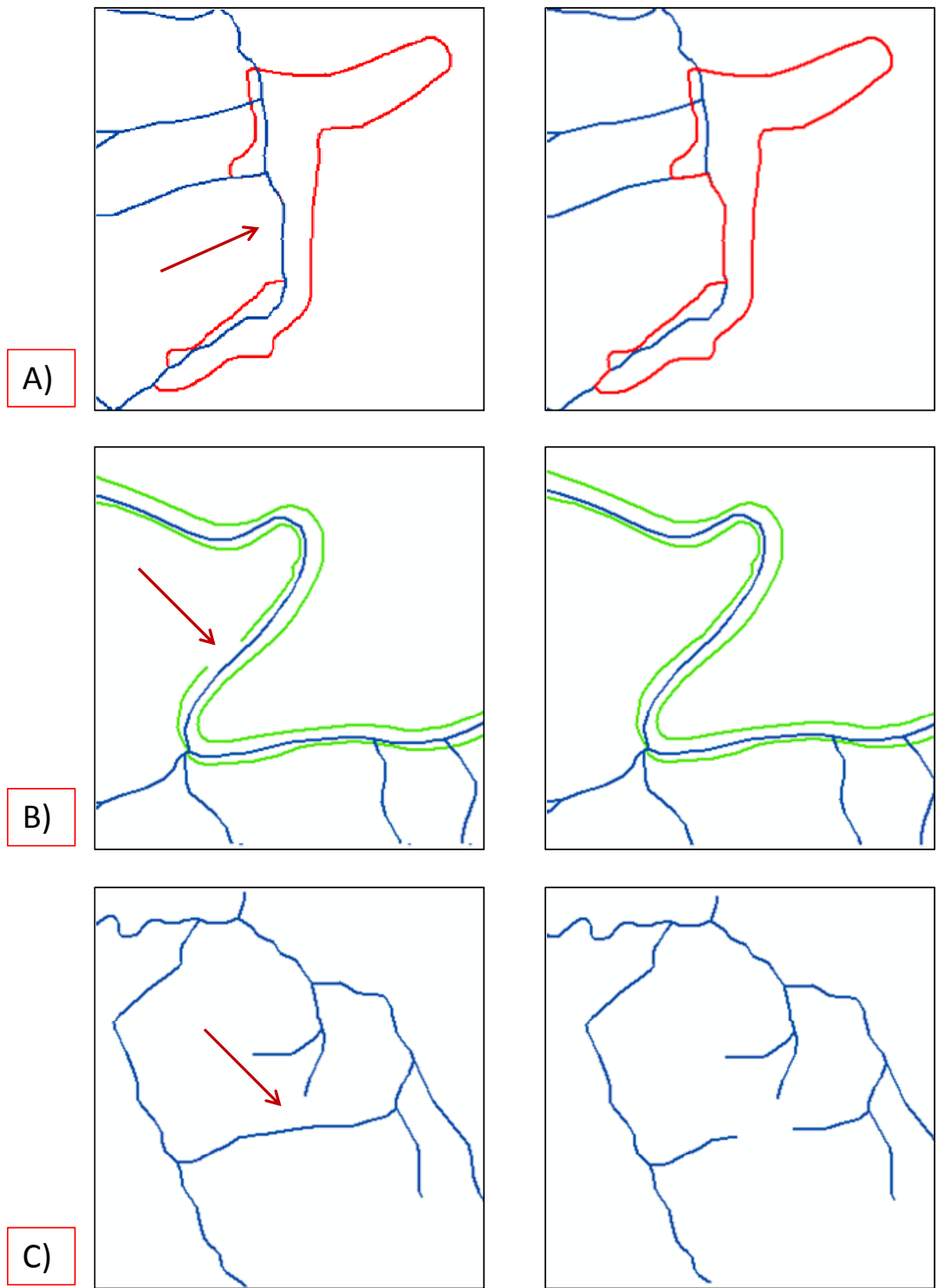
### 3.2. Preparação das bases vetoriais hidrográficas

Após a vetorização, alguns cuidados devem ser observados entre as bases de dados hidrográfica e topográfica, sendo necessário, portanto, dar tratamentos distintos à edição de cada uma destas.

Os erros mais comuns encontrados na base de dados hidrográfica são ocasionados quando os segmentos de rios e corpos d'água possuem nós falsos, nós soltos, pontos inconsistentes de interseção, dentre outros. Para identificar de forma automática estes erros, criaram-se topologias no ArcCatalog para cada feição da base vetorial correspondente a cada uma das cartas do IBGE. As regras adotadas foram: *Must Not Have (Dangles, Pseudos)* e *Must Not (Intersect, Self-Intersect, Overlap, Self-Overlap)*.

Criadas as topologias para cada base vetorial hidrográfica, estas foram adicionadas no ArcMap e, em modo de edição, as imperfeições detectadas pelas regras foram corrigidas. Novamente no ambiente ArcCatalog, para confirmar a conectividade dos segmentos hidrográficos, as topologias foram substituídas pela criação de redes geométricas para cada base vetorial. As redes geométricas foram adicionadas no ArcMap para confirmar as consistências e corrigir as possíveis imperfeições restantes. Para reforçar a qualidade das edições, realizou-se uma última inspeção visual para cada base individualmente.

No caso dos corpos d'água, algumas edições manuais ainda são necessárias. Como exemplos, podem-se citar segmentos incompletos que precisam ser editados para dar a correta continuidade aos corpos d'água em relação à hidrografia unifilar que o contorna (Figura 5A), união de segmentos incompletos ao longo de cursos d'água (Figura 5B) e remoção de *loopings* formados indevidamente durante o processo de vetorização (Figura 5C).



**Figura 5.** Alguns exemplos de casos em que são necessárias edições manuais na base de dados vetorial hidrográfica. As setas indicam os pontos a serem editados, as imagens à esquerda são situações antes das edições e, respectivamente à sua direita, as mesmas após as edições. Em A, um corpo d'água antes e após o ajuste de sua borda limítrofe com o rio que o contorna. Em B, um rio de margem dupla antes e após a união de um trecho de sua margem. Em C, um looping formado incorretamente pelo processo de vetorização antes e após sua edição.

### 3.3. Preparação das bases vetoriais topográficas

Relembrando, na fase pré-vetorização foram retirados todos os valores das cotas das curvas de nível e dos pontos cotados, restando apenas os contornos das primeiras. Logo, apenas as curvas de nível foram vetorizadas até esta etapa.

As curvas de nível foram editadas para as bases de dados de cada carta do IBGE pelas mesmas regras de topologia utilizadas para eliminação de dados inconsistentes na base hidrográfica. Corrigidas as devidas imperfeições, as curvas de nível devem receber os valores de suas cotas, uma vez que estes não são adicionados automaticamente pelo processo de vetorização.

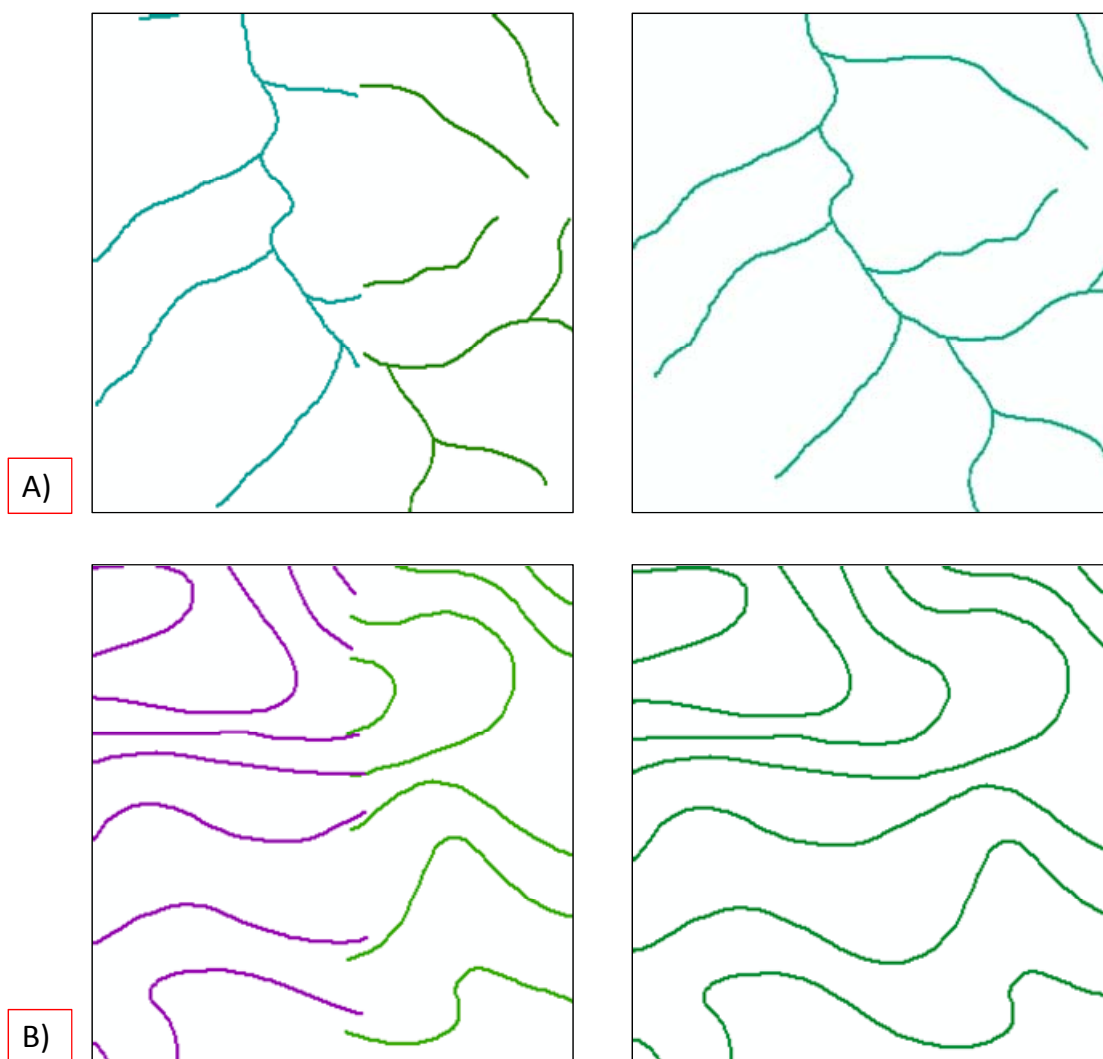
Para que na tabela de atributos dos dados das curvas de nível sejam identificadas suas cotas, tornou-se necessário utilizar ferramentas adicionais. A ferramenta utilizada foi o script *CalcContour*, fornecido gratuitamente pelo fabricante do ArcGIS - ESRI (Environmental Systems Research Institute), conforme rotina descrita por Lana et al. (2010).

O assinalamento das cotas às curvas de nível torna-se mais eficiente quando elas estão adequadamente editadas, sem nós soltos e segmentos duplicados ou interceptados. Quando a edição destas inconsistências é feita posteriormente, corre-se o risco de eliminar os valores das cotas de segmentos cotados ao uni-los com segmentos não cotados. Observou-se também que assinalar as cotas com a tabela de atributos disponível para visualização, durante este processo de edição, possibilita a observação das curvas que realmente tiveram suas cotas adicionadas, uma vez que o *CalcContour* pode, inexplicavelmente, algumas vezes falhar durante este processo.

Para complementar a representação topográfica, deve-se adicionar os pontos cotados e seus valores de cotas. O modo mais prático de se obter os pontos cotados nas cartas do IBGE é através da exportação de suas representações no formato vetorial dgn, disponível juntamente com as demais imagens escaneadas dos mapas. Para utilização destes dados, foi preciso convertê-los do formato dgn para o formato *Geodatabase Annotation* do ArcGIS. Os pontos cotados disponibilizados pelo IBGE, diferentemente das curvas de nível, já possuem os seus valores de cotas armazenados em suas tabelas de atributos.

### 3.4. Base de dados final para geração do MDEHC

Após as edições individuais nas bases de dados vetoriais hidrográficas e topográficas para cada carta do IBGE, é preciso obter uma única base hidrográfica e uma única base topográfica para toda a região de estudo. Este procedimento de união de bases de dados de cartas vizinhas chama-se ajuste de bordas (Figura 6).



**Figura 6.** Ajustes de borda a serem feitos nas bases de hidrografia (A) e topografia (B), em cartas do IBGE adjacentes.

Para esta etapa, além das ferramentas do *Editor* e *Advanced Editing* do ArcGIS, foi utilizado o ambiente *Spatial Adjustment*. Após a edição das bordas, novas topologias e redes geométricas foram criadas para averiguar a consistência das duas novas bases geradas. Após a edição, as topologias e redes geométricas foram excluídas da geobase no ArcCatalog.

Em relação à base hidrográfica, para a geração do MDEHC, é necessário identificar *Lakes* como áreas de depressões (lagos, lagoas e represas), *Sinks* como depressões reais (fozes, centroides e sumidouros), *Boundary* como o limite da região e *Stream* como hidrografia unifilar conectada orientada. Portanto, os corpos d'água e rios de margem dupla foram individualizados da hidrografia unifilar e convertidos em polígonos. Para os lagos, lagoas e represas foram calculados seus centroides, enquanto que para cada rio de margem dupla geraram-se as respectivas linhas de centro. Tais linhas representam de forma unifilar os rios de margem dupla, sendo utilizadas em substituição destes no restante da hidrografia unifilar.

Todas as fozes e regiões cársticas foram identificadas e agrupadas com os centróides dos corpos d'água numa única classe de feições do tipo ponto. A hidrografia unifilar foi orientada na direção do escoamento, tendo sua conectividade garantida pelos processos anteriores de edição.

Em relação à base topográfica, é necessária a individualização de dados denominados *Point Elevation* (pontos cotados) e *Contour* (curvas de nível).

Para a hidrografia, apesar da base de dados do IBGE para a região de estudo deste trabalho estar em duas escalas distintas, não foram observadas diferenças na densidade da rede hidrográfica entre as regiões de transição das escalas. Entretanto, para as curvas de nível, as diferenças foram nítidas. Neste caso, é imprescindível o assinalamento das cotas das curvas de nível em cada carta individualmente antes do ajuste de bordas. Isto se justifica pela necessidade de se unirem corretamente as curvas adjacentes, uma vez que na escala de 1:50.000 o pequeno espaçamento entre as mesmas pode gerar dúvidas na interpretação da continuidade de uma mesma curva de nível localizada em uma carta adjacente.

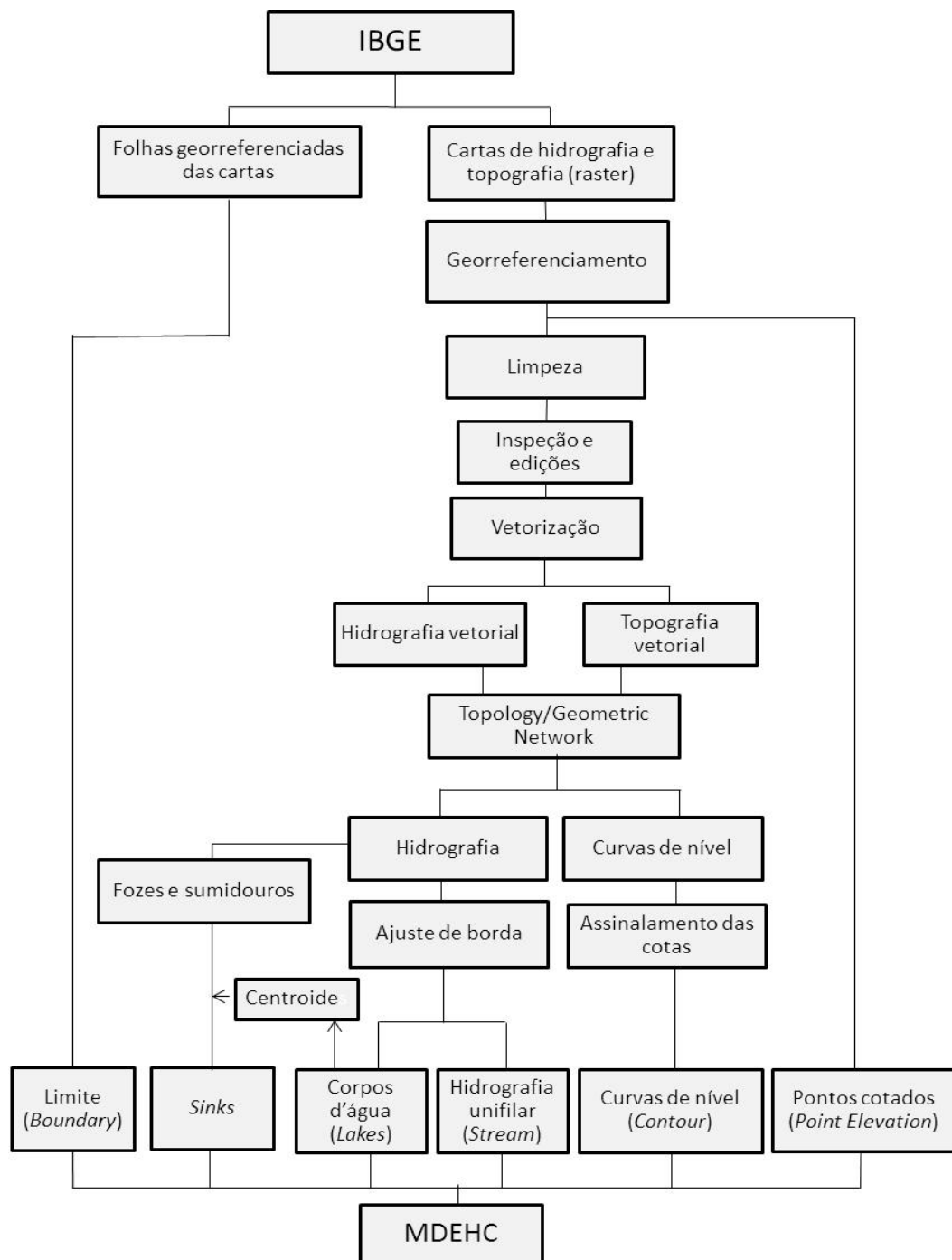
Para os pontos cotados, a união das bases individuais de cada carta foi feita utilizando-se a ferramenta *Merge*, do ArcToolbox. Neste caso, não foi necessário fazer ajuste de bordas, uma vez que se trata de feições pontuais. Entretanto, o ajuste de bordas para a hidrografia e curvas de nível, realizado manualmente pelas ferramentas de edição, garante a correta continuidade das feições ao longo de toda a área de estudo.

Após o ajuste de bordas das cartas de hidrografia e curvas de nível é recomendável a criação de nova topologia e rede geométrica, como uma última análise automática para correção de possíveis imperfeições nos dados.

O último passo para a edição da base de dados foi a caracterização dos talwegues, que é o ajuste das curvas de nível em relação à hidrografia para remoção de incoerências na representação do relevo em relação à drenagem. Esta etapa é realizada

visualmente ao longo de toda a base de dados e é de extrema importância para garantir que o MDE seja hidrograficamente condicionado.

As principais etapas necessárias para a preparação de uma base de dados final para a geração de um MDEHC a partir da vetorização de imagens escaneadas de mapas do IBGE encontram-se na Figura 7.



**Figura 7.** Síntese das principais etapas para a geração de uma base de dados consistente, no ArcGIS, utilizando dados de hidrografia e topografia obtidos do IBGE, visando a geração de um MDEHC (modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado).



## 4. CONCLUSÕES

A etapa de preparação das bases de dados topográfica e hidrográfica é necessária para que haja consistência na representação do relevo, garantindo maior qualidade dos MDEHCs gerados para estudos ambientais. Apesar de o IBGE ser uma das fontes mais utilizadas para esta finalidade em pesquisas no Brasil, notou-se a importância do pré-tratamento de suas bases de dados disponibilizadas gratuitamente na internet.

Deve-se considerar, entretanto, que as inconsistências observadas nos dados do IBGE provavelmente são inerentes ao processo de aquisição e escaneamento/digitalização para posterior disponibilização aos usuários. Quanto à fase de aquisição, os objetivos do levantamento aerofotogramétrico do território brasileiro na década de 70 limitavam-se apenas ao mapeamento do país. Décadas depois estes dados são utilizados de forma interativa e dinâmica em ambientes informatizados por técnicas de geoprocessamento. Era de se esperar, obviamente, que estes dados não atendessem a alguns requisitos dos sistemas de informações geográficas.

Ademais, o escaneamento dos mapas naturalmente gera distorções de inclinação e rotação nas imagens. A digitalização manual dos dados dos mapas em papel é também fonte de muitos erros relacionados à interação usuário – mesa digitalizadora, onde se observa a morosidade e o baixo controle do processo. Quando não há uma padronização das metodologias a serem utilizadas pela equipe responsável por disponibilizar as bases de dados oficiais, a subjetividade das interpretações e configurações dos dados é ainda mais relevante e deve também ser considerada como responsável pelas inconsistências nas bases de dados.

Nota-se que, apesar do tempo despendido na edição das imagens digitais de bases topográficas e hidrográficas do IBGE e das limitações observadas em relação ao desempenho do software utilizado (ArcGIS), há uma compensação posterior de tempo gasto na geração do MDEHC. Isto porque nesta etapa, qualquer inconsistência hidrográfica e topográfica interrompe a geração do MDEHC, sendo necessário então, retornar à base de dados em busca dos erros para eliminá-los.

A base de dados gerada pelo processo de vetorização e edição aqui proposto é mais confiável para a geração de MDEHCs em comparação aos dados utilizados diretamente do IBGE, sem um tratamento prévio. A fase de edição dos dados é crítica para que os resultados gerados a partir destes sejam confiáveis e precisos e deve receber maior importância por parte dos usuários, pois a qualidade dos MDEHCs reflete em seus usos posteriores.

## CAPÍTULO 2

# DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG

### 1. INTRODUÇÃO

A legislação ambiental do Brasil é considerada uma das mais modernas e abrangentes em comparação às de outros países (RIBEIRO et al., 2004). Um dos seus aspectos que justificam tal afirmativa é a definição de áreas de preservação permanente (APPs) na paisagem “*com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*” (BRASIL, 1965). Vários estudos demonstram a aplicação das APPs em diversos biomas e condições topográficas do país, comprovando a eficácia da definição do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) e dos parâmetros de sua delimitação ditados pela Resolução CONAMA nº 303, de 13 de maio de 2002, em adaptarem-se adequadamente a diferentes ambientes na paisagem (RIBEIRO et al., 2010).

Complementarmente, para a proteção ou conservação de ambientes especiais da paisagem não contemplados pelas APPs, a legislação ambiental brasileira conta com a definição de unidades de conservação (UCs) pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, denominada Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O objetivo específico da criação de uma UC dependerá da categoria em que esta for inserida (Proteção Integral ou Uso Sustentável). Entretanto, de forma geral, pode-se afirmar que as UCs são criadas para a proteção ou conservação dos ecossistemas brasileiros, visando manter a diversidade biológica e genética dos seus recursos naturais, além de proteger espécies ameaçadas de extinção e características relevantes das paisagens, inserindo o homem no contexto ambiental como ator chave no processo de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2000).

Apesar de todo o aparato que a política ambiental brasileira possui para disciplinar e delimitar as interferências antrópicas no meio ambiente, a falta de

mecanismos eficientes de fiscalização por parte dos órgãos públicos tem gerado uma lacuna entre os objetivos propostos e a realidade das áreas protegidas no país. Grande parte das APPs delimitadas em estudos dos mais diversos está em situação de conflito de uso da terra e cobertura vegetal (NASCIMENTO et al., 2005; VESTENA e THOMAZ, 2006; OLIVEIRA et al., 2008; GONÇALVES, 2009; MENDONÇA et al., 2010). As UCs criadas muitas vezes não passam do papel, constituindo-se em perda dos recursos públicos investidos. Outras não cumprem com seus objetivos ambientais em decorrência da falta de planejamento adequado para sua delimitação e instalação (LIMA et al., 2005; BACELLAR-SCHITTINI et al., 2007).

Ao longo dos anos tem-se desenvolvido uma postura desfavorável às APPs como cerne do mecanismo de proteção ambiental do território brasileiro. Um dos argumentos utilizados é que estas áreas inviabilizam o crescimento e o desenvolvimento das atividades humanas necessárias à expansão econômica e social do país. Talvez ainda mais fortemente divulgado seja o argumento de que as APPs constituem entrave para o pequeno produtor rural usufruir da disponibilidade dos recursos naturais em sua propriedade. Deste modo, nota-se que, aos poucos, a cultura ambiental brasileira foi-se voltando para as UCs como mecanismo para se conciliar o uso da terra e cobertura vegetal com a conservação e a proteção do meio ambiente.

O próprio Código Florestal apresenta alternativas de uso antrópico em APPs aplicáveis para pequenas propriedades. Esta flexibilização não é observada para as categorias de Proteção Integral de UCs, dado que estas unidades devem ser desapropriadas quando houver propriedades particulares na área de interesse. Além disso, toda UC contempla os recursos hídricos em caráter de impedimento de uso antrópico, o que não é observado nas regiões de APPs.

Observando unicamente as definições de APPs e UCs em seus respectivos diplomas legais, o Código Florestal Brasileiro é mais amplo e lógico na alocação de áreas protegidas no terreno, uma vez que trata de toda a topossequência de uma paisagem de forma contínua ao longo da bacia hidrográfica. Sob o ponto de vista ecológico, portanto, as APPs deveriam proporcionar melhores condições de proteção dos recursos naturais em uma bacia hidrográfica e, conseqüentemente, em toda uma paisagem, comparativamente às UCs. Para melhor embasar estas afirmativas, torna-se necessário avaliá-las em estudos de casos em bacias hidrográficas do território brasileiro.

Tendo-se em vista as considerações acima explicitadas, este trabalho possui o objetivo de delimitar de modo automático em ambiente SIG (Sistemas de Informações

Geográficas) as APPs da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, a oeste da bacia hidrográfica de Três Marias – MG, e as UCs nela inseridas.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Base de dados e softwares utilizados**

Para a delimitação automática das APPs, utilizaram-se bases de dados vetoriais de hidrografia e topografia obtidas pela vetorização e edição de mapas escaneados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), recobrindo a região da margem esquerda da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, à montante do reservatório da Usina Hidrelétrica Três Marias, Minas Gerais. Para a representação da região foram necessárias 18 cartas do IBGE, sendo que 11 delas encontravam-se na escala de 1:50.000 e 7 na de 1:100.000. Os dados originais encontravam-se no datum Córrego Alegre, sistema de projeção UTM, zona 23S e foram, posteriormente, projetados para o datum SIRGAS 2000.

Os dados vetoriais do IBGE foram editados no software ArcGIS 9.3.1 (ESRI, 2009) e a base de dados final (hidrográfica e topográfica) foi processada no interpolador ANUDEM 5.2 (HUTCHINSON, 2006) para a geração do modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (MDEHC). Esse modelo é o alicerce para a delimitação automática das APPs no ambiente ArcGIS.

### **2.2. Geração do modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (MDEHC)**

O Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) representa o trajeto real da drenagem no relevo, sendo a base ideal para a aplicação dos parâmetros da Resolução nº 303/02 do CONAMA em suas diversas categorias. Isso é possível pela coincidência existente entre a drenagem derivada numericamente pelo interpolador e a hidrografia real retratada na base de dados original.

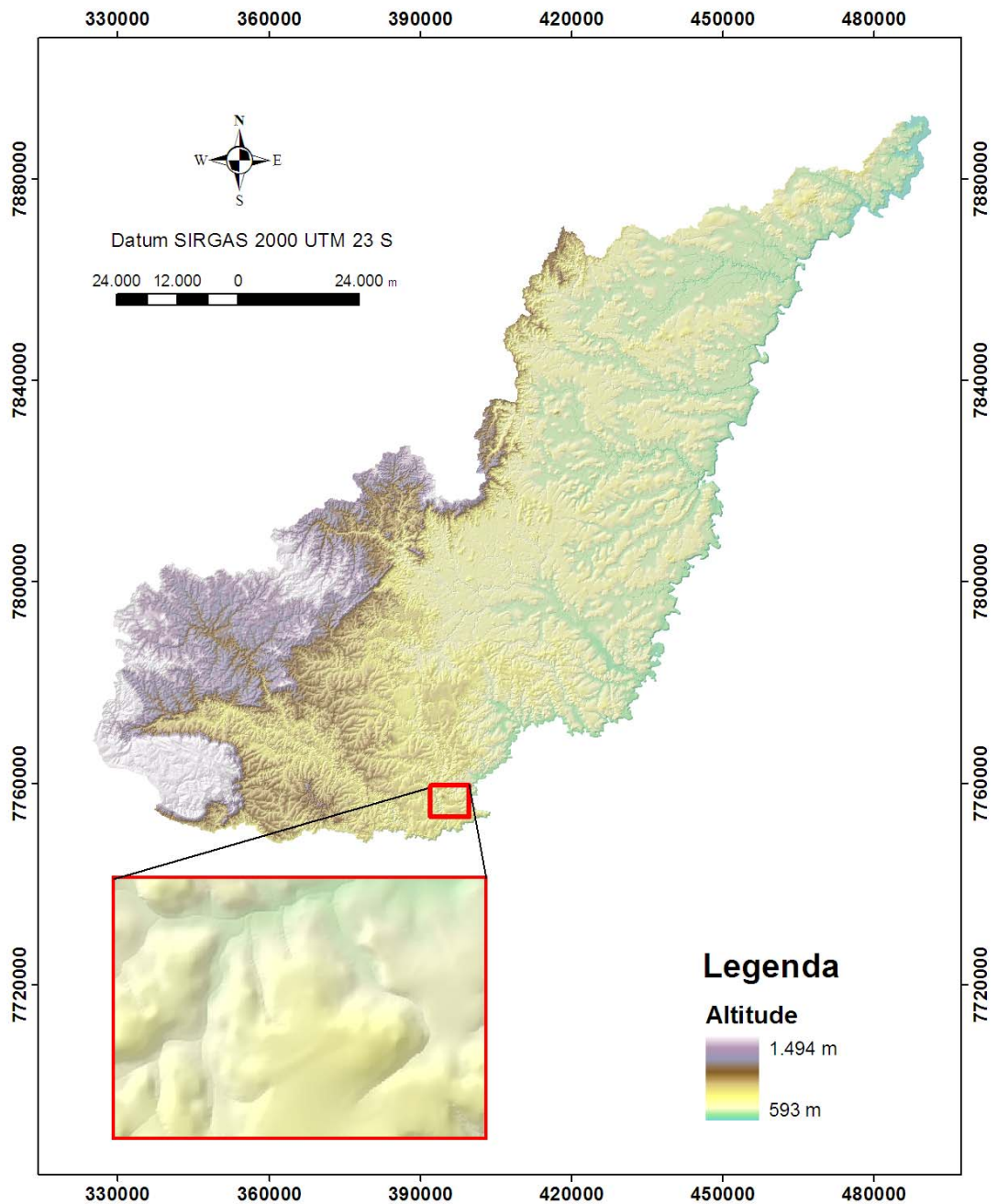
A base de dados utilizada para a geração do MDEHC foi obtida a partir da edição dos dados vetorizados dos mapas escaneados da topografia e hidrografia. A

partir destes foram derivados os seguintes temas digitais (dados de entrada do ANUDEM):

- a) limite (*boundary*): feição poligonal que delimita o espaço geográfico da base de dados;
- b) corpos d'água (*lakes*): representação dos rios de margem dupla, lagos, lagoas e represas;
- c) hidrografia unifilar (*stream*): rios de margem simples e rios de margem dupla (representados por linhas de centro, sem bifurcações) formando uma rede hidrográfica conectada e orientada no sentido do escoamento superficial da água;
- d) fozes, sumidouros e centróides (*sinks*): identificação de todas as fozes dos trechos da hidrografia presentes na área de estudo; geração do centróide para cada polígono formado pelos corpos d'água; e sumidouros, como aqueles encontrados nas regiões cársticas;
- e) curvas de nível (*contour*): curvas de nível com suas cotas assinaladas, cujos talwegues foram caracterizados através da referência da hidrografia unifilar;
- f) pontos cotados (*point elevation*): pontos representando a localização e altitude dos cumes das elevações.

Estas bases digitais foram convertidas para o formato *coverage* e, posteriormente, exportadas para o formato ASCII para que, só então, pudessem ser utilizadas pelo ANUDEM 5.2 para a geração do respectivo MDE. Impôs-se uma resolução geométrica de 10m, compatível com o padrão de exatidão das cartas topográficas utilizadas. O modelo assim produzido foi então importado para o formato-padrão do ArcGIS.

A etapa posterior foi refinar o MDE, eliminando eventuais depressões espúrias, impondo-se o traçado da hidrografia mapeada e efetuando-se o aprofundamento do relevo ao longo de suas calhas. Depressões espúrias são descontinuidades do terreno que impedem o fluxo natural do escoamento superficial da água. Ao final desses procedimentos, produziu-se uma nova grade de direção de escoamento da água na superfície do terreno (RIBEIRO et al., 2005). O MDEHC assim produzido é ilustrado na Figura 1. O limite da bacia hidrográfica da região de estudo pode assim ser automaticamente extraído e utilizado para as demais etapas da delimitação das APPs.



**Figura 1.** Modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG. Em destaque, detalhe de talvegues.

### 2.3. Delimitação das áreas de preservação permanente

A Resolução nº 303/02 do CONAMA define parâmetros para a delimitação das APPs, considerando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Assim sendo, as APPs da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, Três Marias – MG, foram delimitadas segundo a metodologia para delimitação automática

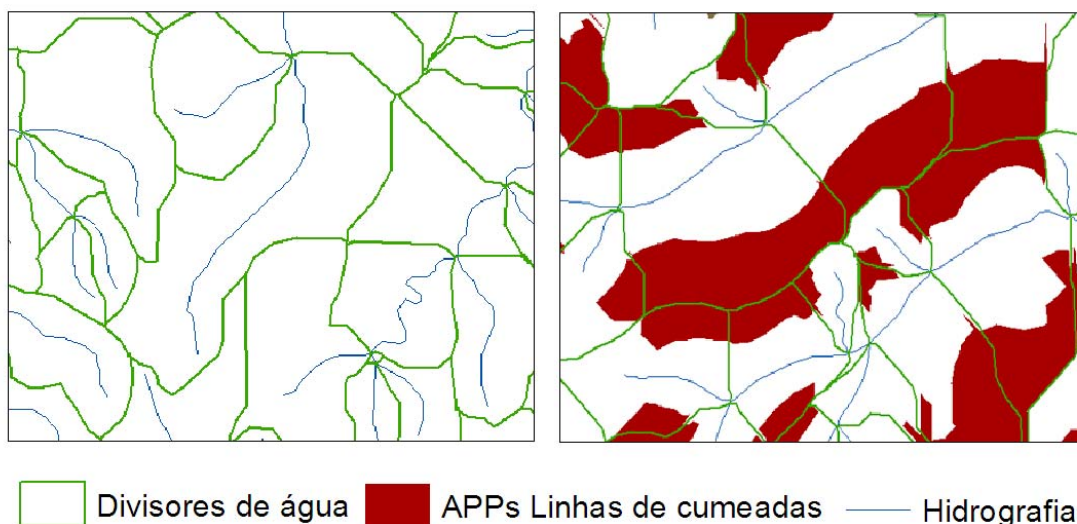
desenvolvida por Ribeiro et al. (2005). A partir de um modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (MDEHC), foram mapeadas as seguintes categorias de APPs:

- a) linhas de cumeada;
- b) terço superior dos morros;
- c) encostas declivosas;
- d) entorno de nascentes e suas áreas de contribuição;
- e) zonas ripárias.

Após a delimitação e quantificação de cada uma destas categorias, calculou-se a porcentagem de ocupação dessas áreas protegidas nessa porção bacia hidrográfica do rio São Francisco. A área de sobreposição das categorias também foi quantificada e apresentada em termos percentuais na área de estudo. Exceto a geração do MDEHC, as demais etapas foram todas realizadas no ArcGIS 9.3.1.

### **2.3.1. Delimitação das áreas de preservação permanente ao longo das linhas de cumeada**

Segundo a Resolução nº 303/02 do CONAMA, as linhas de cumeada constituem os divisores de água num terreno, sendo determinadas por linhas contínuas que conectam uma seqüência de topos de morros ou montanhas. Dadas as definições de morro (*elevação com cota de topo em relação à base entre 50 e 300m, com encostas superiores a 30% na linha de maior declividade*) e de montanha (*mais de 300m entre base e cota superior*) constantes daquela resolução, podem-se ter casos em que as regiões ao longo dos divisores de água não sejam classificadas como APPs de cumeada; isso ocorre quando o divisor d'água estiver associado a elevações do terreno que não se encaixam nestas definições (Figura 2).

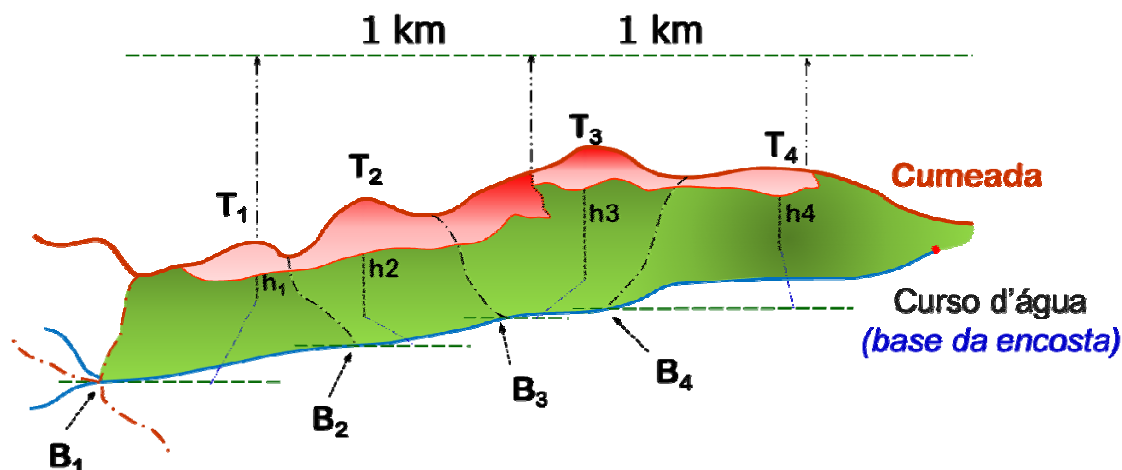


**Figura 2.** Divisores de água formados pelas bacias de contribuição de cada segmento da hidrografia, com destaque para aqueles que participam da definição de linhas de cumeada da Resolução nº 303/02 do CONAMA.

A metodologia desenvolvida por Ribeiro et al (2005) propõe a identificação dos divisores d'água a partir da bacia de contribuição de cada segmento (trecho entre nascente-confluência, confluência-confluência ou foz-confluência) da hidrografia. As células do MDEHC mais próximas das linhas que definem esses divisores foram identificadas como pertencentes ao terço superior da encosta e somente foram classificadas como células das linhas de cumeada quando as elevações do terreno satisfizeram às condições de morro e montanha.

Para diferenciar os morros e montanhas das demais elevações do terreno, identificou-se ao longo de um divisor d'água o morro com o cume de menor altitude. Sua altura foi usada para calcular uma nova cota da curva de nível associada ao seu terço superior. A partir da cota do cume de menor altitude criou-se uma linha de cumeada dividida em segmentos de 1 km. A cota do terço superior da encosta de cada um destes segmentos foi recalculada, conforme dita a resolução CONAMA nº 303. Após executar este procedimento para todos os demais divisores d'água da área de estudo, obteve-se um grid com as APPs ao longo das linhas de cumeada (Figura 3).



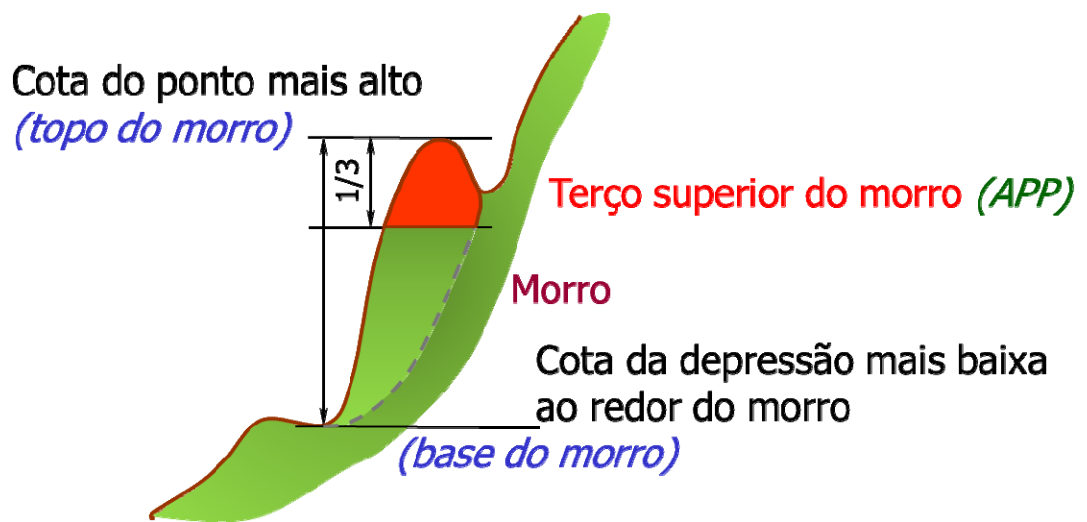


**Figura 3.** Representação esquemática das áreas de preservação permanente (APPs) ao longo das linhas de cumeada, onde: T1 a T4 são os topos de morro, B1 a B4 são as bases de cada morro e h1 a h4 são as respectivas alturas da base ao topo dos morros.  
Fonte: RIBEIRO et al. (2007).

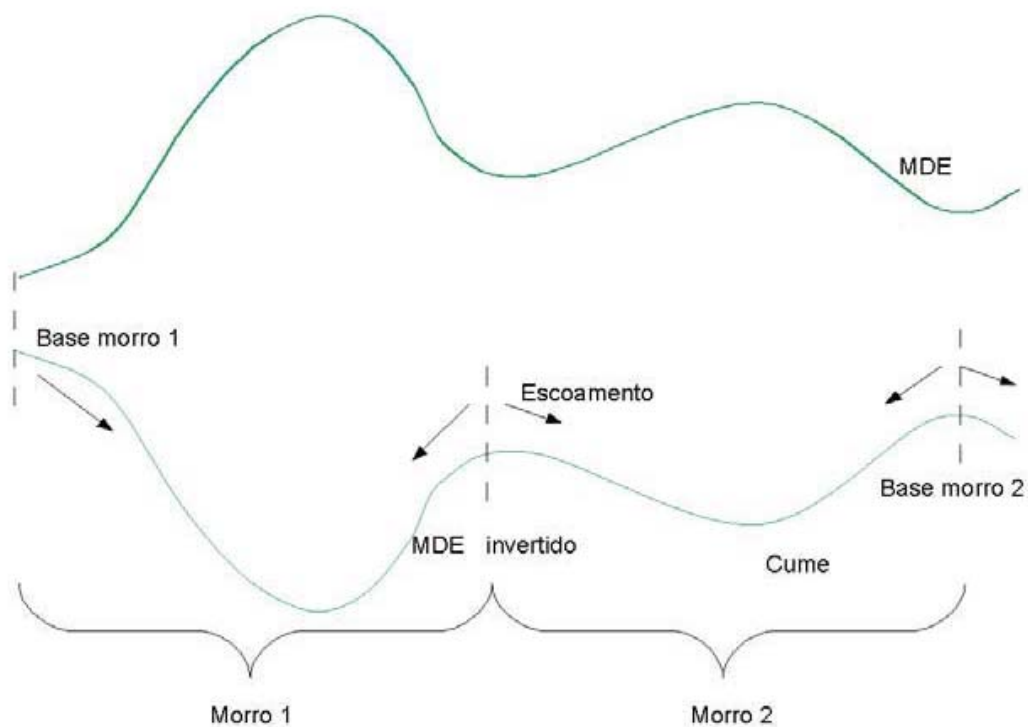
### 2.3.2. Delimitação das áreas de preservação permanente de topos de morro

A base de um morro ou montanha é definida na Resolução nº 303/02 do CONAMA como sendo “o plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor” (BRASIL, 2002). Este conceito pode ser visualizado na Figura 4.

Adotando-se a metodologia de Ribeiro et al (2005), inverteu-se o MDEHC, conforme ilustrado na Figura 5. Com o MDEHC invertido, as elevações foram consideradas como depressões e os contornos das suas bacias de contribuição definiram as respectivas bases dos morros e montanhas. A profundidade das depressões, definida pela diferença entre o maior e o menor valor das elevações células do MDEHC dentro de cada uma dessas *bacias*, determinou a altura das elevações. Posteriormente, agruparam-se as elevações cujos cumes distavam entre si de até 500m e determinaram-se os respectivos terços superiores.



**Figura 4.** Representação esquemática dos conceitos de topo e base de morro determinados pela Resolução no 303/02 do CONAMA, utilizados para delimitação das áreas de preservação permanente (APPs) de topos de morro.  
Fonte: RIBEIRO et al. (2007).



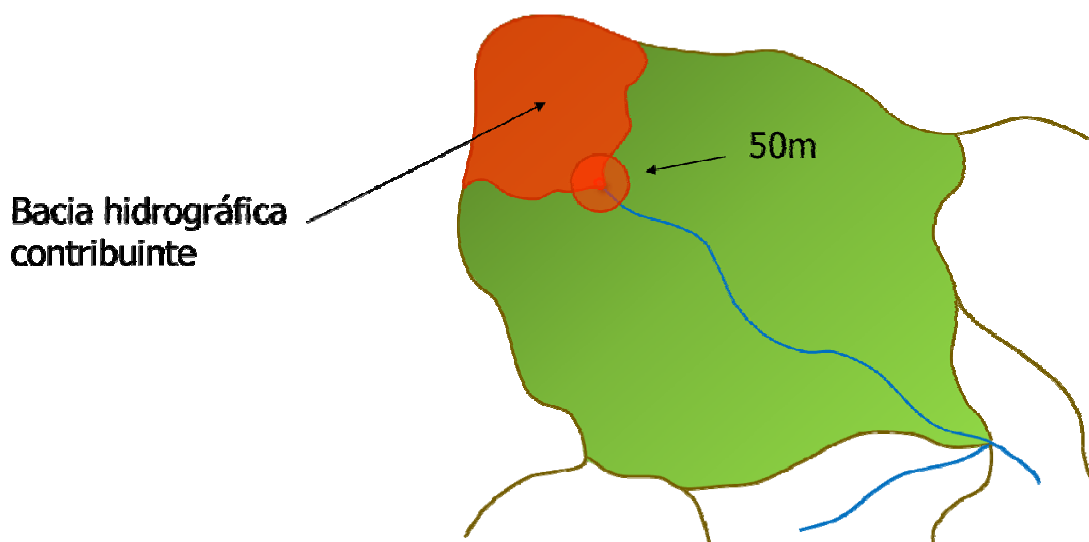
**Figura 5.** Representação esquemática da inversão do relevo para determinação das bases de morro e montanha.  
Fonte: VICTORIA et al. (2008).

### 2.3.3. Delimitação das áreas de preservação permanente de encostas declivosas

As APPs definidas pela Resolução nº 303/02 do CONAMA como APPs de encostas declivosas são aquelas áreas com declividade superior a 100% (ou 45°) na linha de maior declive. Para delimitar esta categoria, gerou-se um mapa de declividade percentual do terreno a partir do MDEHC.

### 2.3.4. Delimitação das áreas de preservação permanente do entorno de nascentes

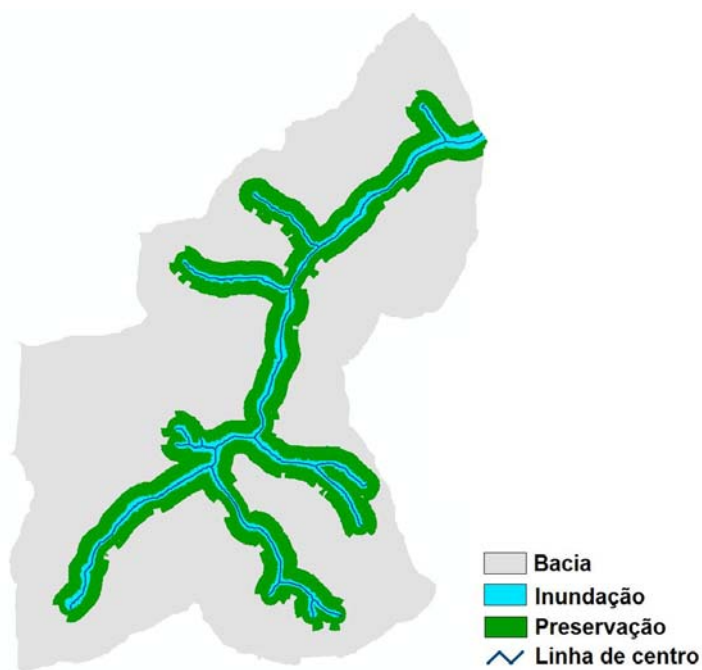
As áreas de contribuição de cada nascente são zonas críticas para a recarga dos lençóis freáticos e manutenção da qualidade das águas, evitando-se a contaminação dos caudais em seu nascedouro. Estas foram obtidas delimitando-se a bacia de contribuição à montante da nascente, tendo como fonte de dados o grid de direção de escoamento. A região assim definida foi sobreposta à área de um círculo com um raio de 50 m centrado em cada nascente, de forma a constituir o total de APPs do entorno das nascentes (Figura 6).



**Figura 6.** Representação de uma nascente de um curso d'água, sua bacia de contribuição e sua área de preservação permanente (APP) definida para um raio de 50 m.  
Fonte: RIBEIRO et al. (2007).

### 2.3.5. Delimitação das áreas de preservação permanente das zonas ripárias

A Resolução nº 303/02 do CONAMA define as zonas ripárias como faixas marginais de um curso d'água delimitadas a partir da projeção horizontal do seu nível mais alto, que é aquele atingido em ocasião de cheia sazonal, ainda que o curso d'água seja intermitente. A esta projeção chama-se planície de inundação e ela é a referência para a delimitação das APPs de margens de rios (Figura 7).



**Figura 7.** Representação esquemática de uma planície de inundação e sua linha de centro, necessárias para a delimitação das áreas de preservação permanentes (APPs) das zonas ripárias, numa bacia hidrográfica.

Fonte: RIBEIRO et al. (2007).

De posse da direção de escoamento superficial da água obtida pelo MDEHC, determinaram-se as áreas de contribuição no nível da confluência da hidrografia com a represa de Três Marias – MG, simulando-se uma cheia de 1m de altura que se propagou, rio acima, por toda a rede hidrográfica. A planície de inundação foi mapeada e sua linha de centro determinada. A partir desta, determinou-se a largura da planície de inundação para toda a bacia hidrográfica, que foi utilizada para delimitação das APPs ripárias, conforme a Tabela 1 (RIBEIRO et al., 2004).

Esta mesma resolução define APPs ao redor de corpos d'água como lagos, lagoas e reservatórios de água naturais ou artificiais, mas para estes não é considerada uma zona de inundação. Estas APPs foram determinadas conforme as especificações da

Tabela 2 e agrupadas na classe de APPs de zonas ripárias, para facilitar a análise dos resultados.

**Tabela 1.** Faixas de largura das áreas de preservação permanente em função da largura do curso d'água em seu nível mais alto, conforme Resolução nº 303/02 do CONAMA.

<b>Largura (m) da planície de inundação dos cursos d'água</b>	<b>Largura mínima (m) da APP ripária correspondente</b>
< 10	30
10 - 50	50
50 - 200	100
200 - 600	200
> 600	500

**Tabela 2.** Áreas de preservação permanente ao redor de lagos, lagoas e reservatórios de água naturais ou artificiais, conforme Resolução nº 303/02 do CONAMA.

<b>Localização dos lagos, lagoas ou reservatórios de água</b>	<b>Largura mínima (m) da APP</b>
Áreas urbanas consolidadas*	30
Áreas rurais (com até 20 ha de superfície d'água)	50
Demais áreas rurais e superfícies d'água	100

\*Áreas urbanas consolidadas são definidas conforme parâmetros da mesma resolução.

#### **2.4. Delimitação das Unidades de Conservação e suas áreas de preservação permanente**

Os limites das unidades de conservação da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, foram determinados a partir da base de dados de UCs da bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais, cedida pelo Centro de Estudos e Desenvolvimento Florestal (CEDEF, UFV), unidade do Instituto Estadual de Florestas (IEF, MG). Os dados estavam atualizados para o mês de novembro de 2010 (CEDEF, 2010).

No ArcGIS 9.3.1, as UCs foram extraídas com base no limite da bacia hidrográfica da área de estudo gerado em processos anteriores de edição do MDEHC. As áreas das UCs foram computadas em hectares.

Após a delimitação das APPs para a bacia hidrográfica, quantificaram-se as APPs totais e as categorias de linhas de cumeadas e zonas ripárias para cada UC. Segundo as definições apresentadas na Resolução do CONAMA nº 09/96 e no SNUC, as APPs de linhas de cumeadas e zonas ripárias integram os denominados corredores ecológicos. Assim, após a quantificação das áreas destas APPs em cada UC, calcularam-se as larguras dos corredores por elas formados. Para tal, as áreas das APPs de linhas de cumeadas foram divididas pela soma do comprimento dos arcos dos divisores d'água. Semelhantemente, as áreas das APPs de zonas ripárias foram divididas pelo comprimento da hidrografia, gerando-se as larguras dos corredores ripários.

Estes cálculos foram efetuados tanto em nível das UCs quanto de forma geral para toda a bacia hidrográfica. De posse destes dados, pode-se observar, em termos de extensão e distribuição espacial, o papel das APPs na formação de corredores ecológicos comparativamente ao mecanismo de proteção ambiental proposto pelo SNUC para as categorias de parques.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, possui 907.065 ha, dentre os quais 327.341 ha são ocupados por áreas de preservação permanente. Isso equivale a 36% da área total, restando então 64% (579.724 ha) de área para ocupação humana.

Estes valores assemelham-se aos encontrados por outros autores que estudaram bacias hidrográficas localizadas em diferentes condições topográficas e diferentes biomas, como Nascimento et al. (2005), que identificaram 45,95% da bacia do Rio Alegre (ES) em APPs no bioma Mata Atlântica, em relevo predominantemente acidentado; Nowatzki et al. (2010) que, para a bacia do Rio Sagrado (PR) na Mata Atlântica, em região de relevo acidentado, encontraram 49,2% de sua extensão em APPs; Gonçalves (2009), que concluiu que 57% da bacia hidrográfica do Rio Camapuã/Brumado, no Cerrado mineiro, com relevo plano, classificava-se como APPs; Oliveira et al. (2007), que encontraram 56,82% de APPs no município de São Leopoldo (RS), Pampa sulino de relevo plano.

As metodologias utilizadas por esses autores para delimitação das APPs têm-se mostrado facilmente aplicáveis a condições topográficas bastante diversas e a biomas distintos. Tais resultados denotam que o Código Florestal de 1965 possui uma estrutura inerentemente flexível para proteção e conservação ambiental dos diversos biomas brasileiros, abrangendo tipologias geográficas variadas e respeitando suas peculiaridades, conforme demonstrado por Ribeiro et al. (2010).

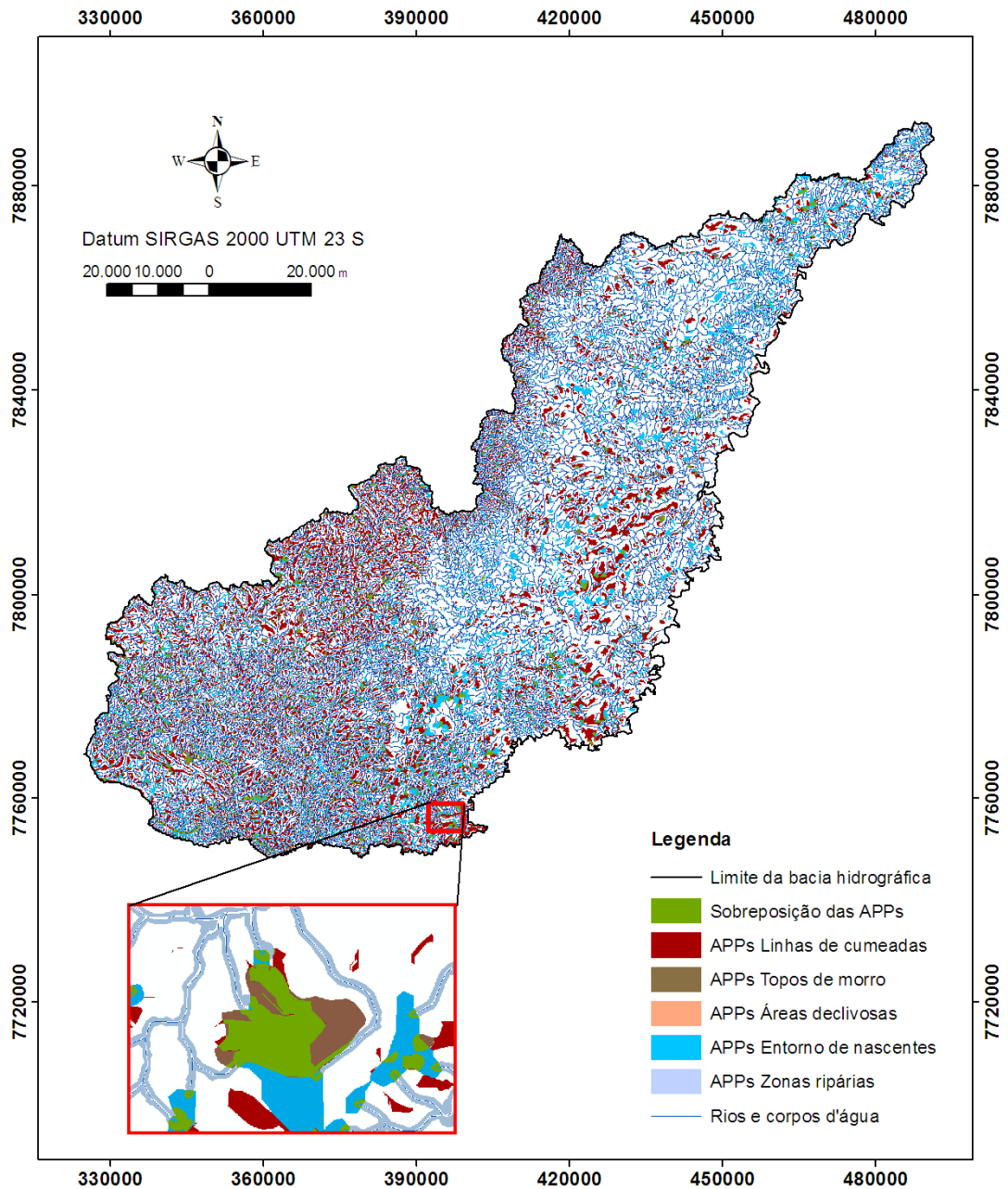
Das cinco categorias de APPs delimitadas, as áreas individuais em hectares, excluindo-se as áreas de sobreposição, e as porcentagens de ocupação em relação à área total da bacia são, respectivamente: APPs de cumeadas, 131.926 ha (14,54%); APPs de topos de morros, 5.340 ha (0,59%); APPs de áreas declivosas, 17 ha (0,00191%); APPs de entorno de nascentes, 70.518 ha (7,77%) e APPs de zonas ripárias, 95.938 ha (10,58%) (Tabela 1 e Figura 8). A distribuição espacial das categorias individuais de APPs pode ser observada na Figura 9.

As APPs situadas em topos de morro e em áreas declivosas, juntas, não chegam a ocupar 1% da bacia hidrográfica, o que pode ser justificado pela região ser de relevo suave, com declividade dominante inferior a 8% (Figura 10).

Quando analisadas em termos do total das APPs, as categorias, em ordem decrescente de participação, são: ao longo das linhas de cumeadas (40,29%), zonas ripárias (29,32%), no entorno de nascentes (21,54%), áreas de sobreposição (7,21%), nos topos de morro (1,63%) e em áreas declivosas (0,0053%) (Tabela 3).

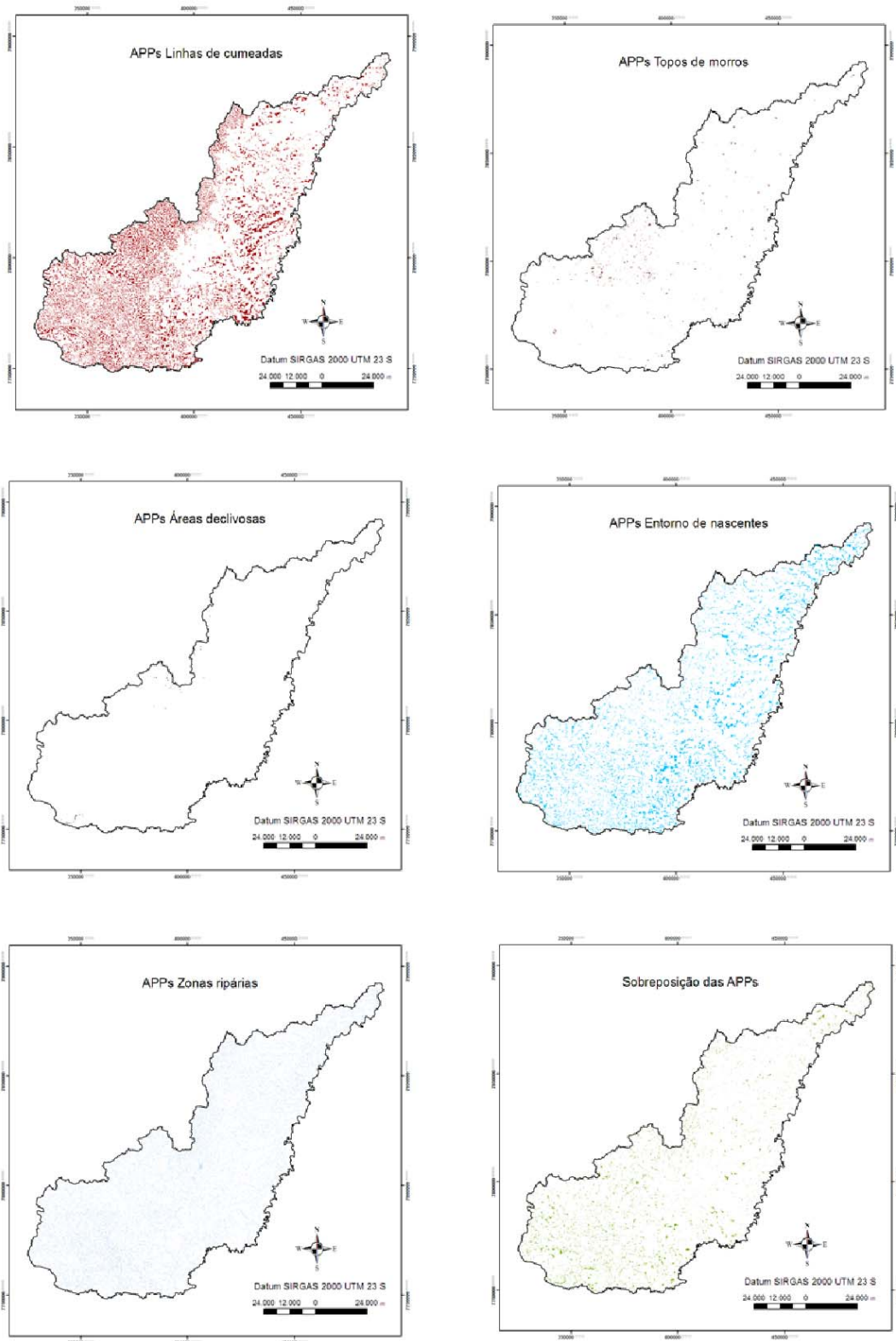
**Tabela 3.** Áreas de preservação permanente (APPs) delimitadas na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, em hectares e percentual de ocupação da área total da bacia.

<b>Categoria de APP</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (% em relação à bacia)</b>	<b>Área (% em relação ao total de APPs)</b>
Linhas de cumeadas	131.926	14,54	40,29
Topos de morro	5.340	0,59	1,63
Áreas declivosas	17	0,00191	0,0053
Entorno de nascentes	70.518	7,77	21,54
Zonas ripárias	95.938	10,58	29,32
<b>Sub-total</b>	<b>303.739</b>	<b>33,48</b>	<b>92,79</b>
Sobreposição	23.602	2,6	7,21
<b>Total</b>	<b>327.341</b>	<b>36,08</b>	<b>100</b>

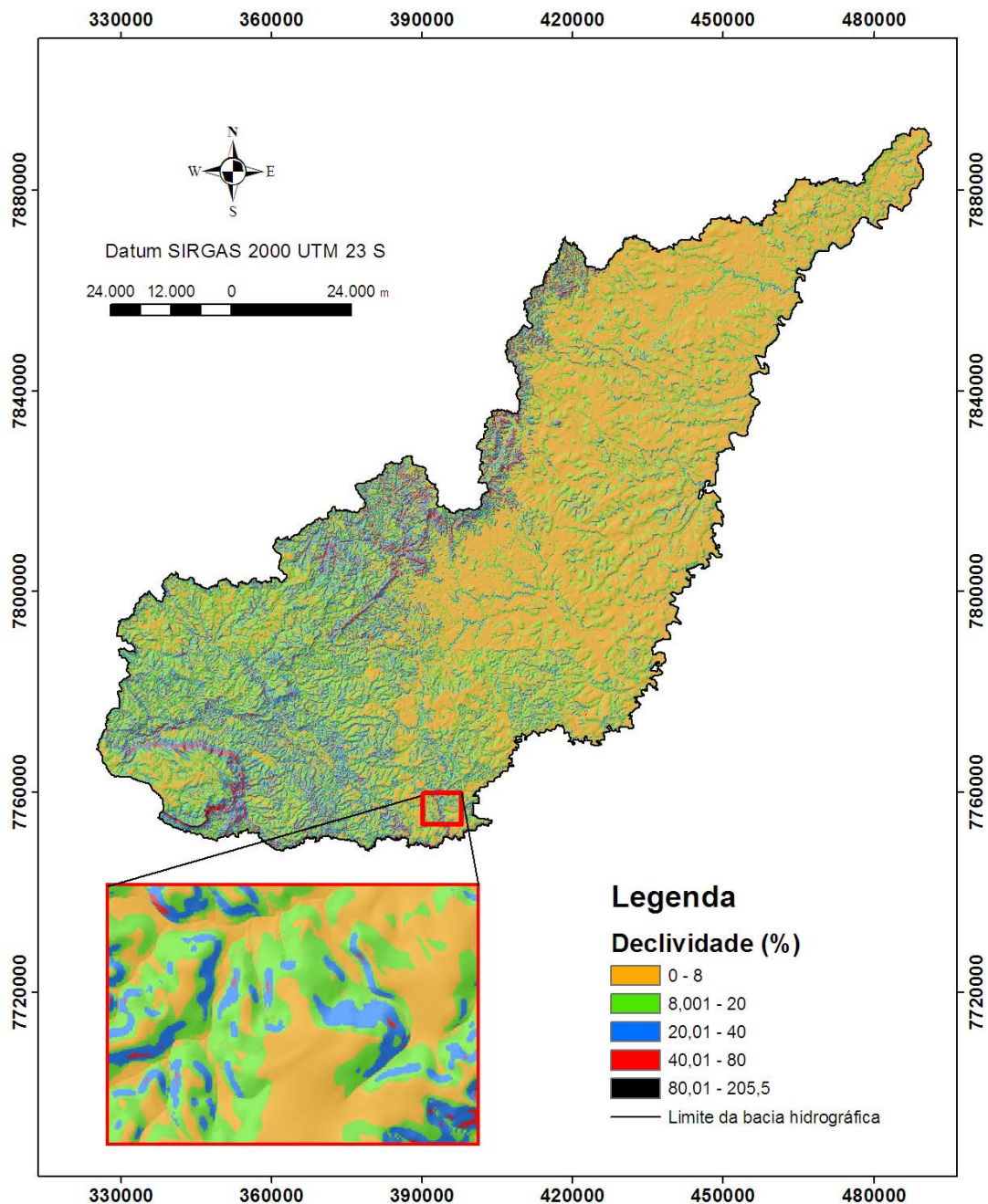


**Figura 8.** Áreas de preservação permanente delimitadas para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, em cinco categorias (linhas de cumeadas, topos de morro, áreas declivosas, entorno de nascentes e zonas ripárias) e áreas de sobreposição.





**Figura 9.** Distribuição individual das áreas de preservação permanentes delimitadas para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, em cinco categorias (linhas de cumeadas, topos de morro, áreas declivosas, entorno de nascentes e zonas ripárias) e áreas de sobreposição.



**Figura 10.** Declividade (em percentual) para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.

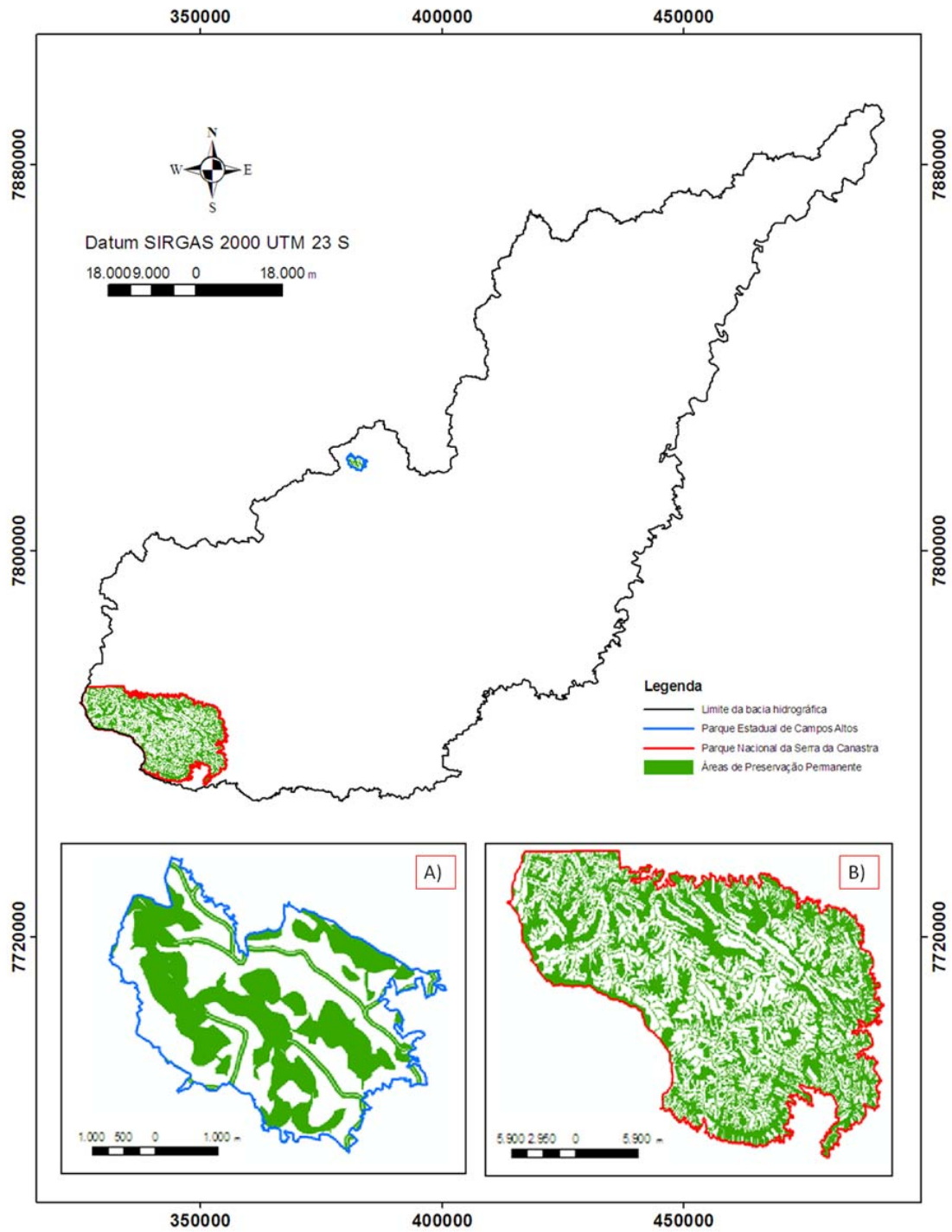
Entretanto, dos 327.341 ha das APPs, 23.602 ha (2,6% da bacia hidrográfica) correspondem a áreas de sobreposição. As categorias de maior sobreposição foram as APPs linhas de cumeadas com as APPs de entorno de nascentes e topos de morro.

Estas áreas de sobreposição são formadas pelo fato de o Código Florestal adotar uma topossequência como norte para a determinação de regiões do relevo geográfica e ecologicamente importantes para a manutenção da qualidade ambiental, ocupando desde

as porções mais planas do terreno até as mais declivosas. Desta forma, pelo fiel cumprimento da legislação florestal brasileira, tende-se a criar naturalmente corredores ecológicos entre diferentes categorias de APPs, o que é de grande importância para a manutenção do fluxo gênico das espécies de fauna e flora que as ocupam, bem como até a própria manutenção destes fragmentos, uma vez que se tende a atenuar os efeitos de borda. Esta sobreposição das APPs, formando corredores ecológicos naturais na paisagem, também foi observada por Gonçalves (2009).

Estas regiões de sobreposição entre as APPs são interessantes para a conexão de fragmentos de vegetação nativa não somente entre as diferentes categorias de APPs determinadas pelo Código Florestal, como também para facilitar a conexão de outros remanescentes e até das próprias APPs com UCs. A Resolução do CONAMA nº 09/96 determina que as matas ciliares e as faixas marginais definidas por lei como corredores ecológicos entre remanescentes, ou seja, as APPs de zonas ripárias e de entorno de nascentes constituem-se corredores. Esta Resolução também dá respaldo legal para as APPs de linha de cumeada serem consideradas corredores ecológicos, uma vez que são importantes para a interligação de fragmentos localizados, principalmente, em sub-bacias hidrográficas distintas.

Na Figura 11 podem ser observadas as APPs inseridas nas duas unidades de conservação da área de estudo, o Parque Estadual de Campos Altos e parte do Parque Nacional da Serra da Canastra, consideradas UCs de Proteção Integral. No Parque Estadual de Campos Altos, elas somam 371 ha, ou seja, 47,38% da área do parque, enquanto que para o Parque Nacional da Serra da Canastra as APPs equivalem a 49,04% do parque (18.112 ha) (Tabela 4).



**Figura 11.** Unidades de conservação instituídas para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG: a) Parque Estadual de Campos Altos e b) Parque Nacional da Serra da Canastra.

**Tabela 4.** Unidades de conservação (UCs) da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, e suas respectivas áreas de abrangência como UCs, áreas de preservação permanentes (APPs) determinadas pelo Código Florestal Brasileiro e percentual de ocupação das APPs nas respectivas UCs.

<b>Unidade de Conservação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (ha) de APPs determinadas pelo Código Florestal</b>	<b>Ocupação das APPs na área da UC (%)</b>
Parque Estadual de Campos Altos	783	371	47,38
Parque Nacional da Serra da Canastra	36.932	18.112	49,04
<b>Total</b>	<b>37.715</b>	<b>18.483</b>	<b>49,01</b>

Considerando as determinações da Resolução nº 09/96 do CONAMA, na necessidade de se criar corredores ecológicos dentro das UCs da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, para interligar internamente seus fragmentos, poder-se-iam computar os valores de APPs de zonas ripárias e linhas de cumeada que, se corretamente protegidas, formariam estes corredores ecológicos naturais (BRASIL, 1996). Na média, ter-se-iam para o Parque Estadual de Campos Altos, 109 m de largura de corredores formados por APPs de linhas de cumeadas, distribuídos numa extensão de 21,7 km, enquanto as APPs de zonas ripárias formariam 10,3 km de corredores com largura média de 60 m. Semelhantemente, o Parque Nacional da Serra da Canastra contaria com corredores de APPs de linhas de cumeada numa extensão média de 1.926,6 km e largura de 41 m em cada lado do divisor, e corredores de APPs de zonas ripárias com largura média de 60 m distribuídos ao longo de 688,25 km de extensão (Tabela 5).

Analisando os corredores ecológicos naturais formados pelas APPs de zonas ripárias e linhas de cumeada em toda a extensão da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, incluindo as áreas dos Parques e considerando que elas estariam realmente protegidas, ter-se-ia 38.744,157 km de corredores ao longo das linhas de cumeadas, com largura média de 34 m, e 16.676,656 km de corredores ao longo das zonas ripárias, com média de 60 m de largura. Deste modo, ter-se-iam ao longo de toda a bacia hidrográfica, 55.420,813 km de extensão de corredores ecológicos numa largura média de 94 m (Tabela 6).

**Tabela 5.** Largura (m) e extensão (Km) dos corredores ecológicos formados naturalmente nas unidades de conservação da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, pelas áreas de preservação permanente de linhas de cumeada e zonas ripárias.

Unidade de Conservação	Corredores ecológicos naturais formados pelas APPs					
	Largura total (m)			Extensão (km)		
	Linhas de cumeadas	Zonas ripárias	Total	Linhas de cumeadas	Zonas ripárias	Total
Parque Estadual de Campos Altos	109	60	165	21,7	10,3	32
Parque Nacional da Serra da Canastra	41	60	101	1.926,6	688,25	2.614,85
<b>Total</b>	<b>150</b>	<b>116</b>	<b>266</b>	<b>1.948,3</b>	<b>698,55</b>	<b>2.646,85</b>

**Tabela 6.** Largura (m) e extensão (Km) dos corredores ecológicos formados naturalmente em toda a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, pelas áreas de preservação permanente de linhas de cumeada e zonas ripárias.

APPs	Largura (m)	Extensão (km)
Linhas de cumeada	34	38.744,157
Zonas ripárias	60	16.676,656
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>55.420,813</b>

O propósito original do SNUC na criação de UCs é atender as áreas não inseridas em APPs que necessitam de outra medida legal para sua proteção, seja por suas características ecológicas, geológicas, culturais ou históricas. Entretanto, o que se observa é que, em muitos trabalhos, as UCs são computadas sem que se considere as APPs como parte destas nos processos de desapropriação e de indenização. O correto seria que se delimitassem as UCs após a delimitação das suas APPs.

Analisando os termos do Código Florestal, as APPs podem sofrer interferência antrópica em casos de utilidade pública, interesse social, implantação de sistemas agroflorestais para pequenas propriedades rurais, dentre outras situações, desde que haja um plano de manejo definido para que suas funções ambientais não sejam suprimidas e quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto (BRASIL, 1965). O SNUC contempla os Parques na categoria de unidades de proteção integral, ou seja, o uso antrópico dá-se apenas de forma indireta, quando não envolve consumo,

coleta, dano ou destruição dos recursos naturais, e as propriedades localizadas em seu interior deverão obrigatoriamente ser desapropriadas (BRASIL, 2000).

Há de se considerar também que o Código Florestal não contempla o recurso hídrico em si como APP, permitindo sua utilização caso seja necessária a obtenção de água que não suprima ou comprometa a regeneração e a manutenção em longo prazo da vegetação nativa. Ao contrário, o estabelecido no SNUC não permite a utilização das águas jurisdicionais. Estas considerações demonstram que o Código Florestal possui vantagens para conciliar o uso dos recursos naturais com a proteção ambiental, comparativamente às unidades de proteção integral do SNUC, excetuando-se os casos em que é necessário criar UCs para proteger áreas ambientalmente sensíveis não contempladas pelas APPs.

#### **4. CONCLUSÕES**

Pelos dados aqui apresentados e discutidos, nota-se que os Sistemas de Informações Geográficas constituem importante ferramenta para auxílio no cumprimento do Código Florestal Brasileiro quanto às APPs, uma vez que permite, de forma dinâmica e confiável, que estas sejam delimitadas e utilizadas para fins de fiscalização e estudos ambientais.

Complementarmente, os SIGs apontam para a aplicabilidade do Código Florestal em diferentes biomas e condições topográficas, cujos parâmetros demonstram respeitar as características intrínsecas de diversas condições ambientais do território brasileiro. Entretanto, em nível de fiscalização por órgãos do governo, é necessário padronizar técnicas de geoprocessamento que serão utilizadas para aferir o cumprimento da proteção ambiental definida por lei.

As APPs mostraram-se eficazes na formação de corredores ecológicos naturais entre áreas protegidas definidas por lei; internamente, em nível de unidades de conservação e, de forma mais ampla, homoganeamente, ao longo da bacia hidrográfica. Este resultado realça a importância de se manterem as determinações do Código Florestal de 1965 e, posteriormente, da Resolução do CONAMA nº 303/02, quanto às APPs.

Na paisagem, as APPs distribuem-se mais uniformemente que as UCs, além de contemplarem toda a sequência topológica do relevo. Atendo-se apenas à extensão territorial, as APPs demonstraram ser mais adequadas para constituírem o foco da

política de proteção ambiental do Brasil do que as UCs. Deve-se considerar, entretanto, que sob o aspecto ecológico, a criação de UCs pode ser necessária para áreas que necessitem de proteção ou conservação peculiar de seus recursos naturais, não contempladas automaticamente em APPs.

Em termos de intervenção antrópica, as APPs são mais flexíveis quanto ao uso e não geram desapropriação de terras privadas, o que as tornam interessantes para conciliar os interesses econômicos e ambientais sem privar-se da qualidade de ambos. Assim como este trabalho, vários outros demonstram que a delimitação das APPs num terreno não o inviabiliza totalmente para o uso em atividades humanas, uma vez que geralmente é permitido o uso legal de 50 a 60% da área. A questão da proteção ambiental de áreas específicas dos terrenos não é apenas necessária sob o ponto ecossistêmico, mas também para garantir que as atividades humanas possam ser executadas aproveitando-se a qualidade dos recursos naturais disponíveis. Como exemplo, em se tratando de atividades agrícolas, pecuárias e florestais, a preservação de parte da propriedade com cobertura vegetal proporciona maior proteção do solo e aproveitamento da água das chuvas, contribuindo positivamente para o desempenho da produção das culturas e dos animais criados.

Estudos posteriores devem ser desenvolvidos a fim de reforçar os resultados obtidos neste trabalho para outros biomas brasileiros, focando-se as análises na formação de corredores ecológicos naturais ao longo da paisagem. Desta forma, ter-se-ão argumentos sólidos para a manutenção do nosso Código Florestal de 1965 como cerne da política ambiental brasileira.



## CAPÍTULO 3

# ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo Lima e Silva (2002), o bioma Cerrado representa 14% da produção hídrica superficial nacional por abranger seis grandes bacias hidrográficas do Brasil, dentre as quais a bacia do São Francisco é a de maior destaque, uma vez que possui a maior parte das suas cabeceiras inteiramente dentro deste bioma ou em regiões de transição com a Mata Atlântica e Caatinga.

A sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, localizada na porção sudoeste da bacia hidrográfica da Represa de Três Marias, é uma destas regiões da bacia do São Francisco com predominância do bioma Cerrado com remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do bioma Mata Atlântica. Esta sub-bacia destaca-se das demais da região do Alto São Francisco por abranger a nascente deste rio na sua porção sudoeste, na Serra da Canastra, além de conter uma adensada malha hidrográfica, com grande potencial para aproveitamento hidroenergético de suas águas e um relevo predominantemente plano, desejável para muitas atividades agropecuárias.

Além de possuir grande potencial para mineração, a sua localização central no Brasil a coloca como alvo da expansão das fronteiras agrícolas no Cerrado. Estas fronteiras têm se deslocado para este bioma visando, principalmente, cultivar grandes extensões de terra com pastagens e monoculturas como a soja, trigo, cana, algodão, eucalipto, dentre outros (BIZARRO et al., 2009; KLINK e MACHADO, 2005; ROSA e JUNQUEIRA, 2002).

Alguns trabalhos mostram que, de forma geral, com o acelerado crescimento da economia brasileira nas últimas décadas, várias bacias hidrográficas têm sofrido alterações no uso e ocupação da terra, perdendo grandes porções da sua cobertura vegetal nativa (GONÇALVES, 2009; BARBOSA et al., 2006; BRITO e PRUDENTE, 2005). Neste contexto, principalmente devido ao contínuo desmatamento sofrido pelo Cerrado, é de se esperar que o uso da terra e cobertura vegetal na sub-bacia hidrográfica

da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, tenha se alterado consideravelmente ao longo dos últimos anos.

Esta mudança é uma questão preocupante quando desenvolvida sem planejamento, uma vez que compromete a qualidade e disponibilidade dos recursos naturais para a manutenção do equilíbrio ambiental e até mesmo influencia sua disponibilidade para uso humano. Isto se torna ainda mais crítico para a sub-bacia em estudo por ser esta uma região de elevada diversidade ecológica, abrangendo locais de alta prioridade de conservação da biodiversidade do Cerrado mineiro, conforme determinado por Carvalho et al (2008).

O aprimoramento das tecnologias em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas tem contribuído fortemente para o mapeamento do uso e ocupação da terra para grandes extensões territoriais. O desenvolvimento de softwares e ferramentas com interfaces cada vez mais amigáveis com o usuário permite a geração de resultados confiáveis e precisos. O Geoprocessamento é também um grande aliado em estudos de análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal por suas técnicas que facilitam a manipulação simultânea de grandes bases de dados.

A importância de estudos temporais de uso da terra e cobertura vegetal consiste na identificação de tendências de expansão das atividades antrópicas na paisagem, servindo como suporte para diversos estudos em conservação ambiental, planejamento urbano, dentre outros. Em se tratando de Unidades de Conservação (UCs) e corredores ecológicos, é um dos principais parâmetros a serem considerados para sua implantação, uma vez que devem ser consideradas zonas de amortecimento que reduzam o efeito de borda e protejam com eficácia a interferência de distúrbios dentro das áreas de vegetação nativa.

Assim, este trabalho possui como objetivos realizar a análise temporal do uso e ocupação da terra na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, localizada na porção oeste da bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Base de dados e softwares utilizados**

Foram utilizadas bases de dados de uso da terra e cobertura vegetal no formato shapefile gerados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

(ROSA E JUNQUEIRA, 2002), produzidas a partir de imagens LANDSAT 5 TM de 1995 e 1996, e pelo Atlas Digital da Flora Nativa e Reflorestamento de Minas Gerais, geradas a partir de imagens LANDSAT TM e ETM<sup>+</sup> datadas de 2003 a 2005 (CARVALHO e SCOLFORO, 2006).

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal mais recente para a área de estudo deste trabalho foi obtido pela classificação supervisionada de imagens LANDSAT 5 TM, datadas de 2010 (INPE, 2010). Imagens RapidEye do ano de 2009, fornecidas pelo CEDEF (2010) para a região de estudo, foram utilizadas para facilitar visual e comparativamente a coleta das amostras das diferentes classes de uso da terra e cobertura vegetal.

Devido às diferentes metodologias empregadas nas classificações de uso da terra e cobertura vegetal destas fontes, padronizaram-se três classes finais de uso da terra e cobertura vegetal, para fins de comparação: água, cobertura vegetal nativa e uso antrópico. Para uma adequada quantificação do conflito de uso da terra e cobertura vegetal na região de estudo, excluiu-se de cada mapa de uso da terra e cobertura vegetal a malha hidrográfica (rios unifilares e corpos d'água, como lagoas, lagos, represas e rios de margem dupla) mapeada a partir de dados de hidrografia dos mapas escaneados do IBGE. Esta hidrografia mapeada contém as áreas de contribuição no nível da confluência da hidrografia com a represa de Três Marias – MG, simulando-se uma cheia de 1 m de altura em propagação rio acima, por toda a rede hidrográfica.

Uma avaliação temporal do uso da terra e cobertura vegetal da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco ao longo dos últimos 14 anos foi realizada comparando-se os valores correspondentes a cada uma das três classes finais de mapeamento nos diferentes estágios de avaliação: 1995 – 1996 (ROSA E JUNQUEIRA, 2002), 2003 – 2005 (Carvalho e Scolforo, 2006) e 2010 (o presente trabalho).

Os softwares utilizados foram REGEEMY (REGEEMY, 2010), para a ortorretificação das imagens LANDSAT 5 TM 2010, ERDAS IMAGINE 9.2 (ERDAS, 2010) para a classificação supervisionada destas imagens e ArcGIS 9.3.1 para as edições nos mapas e as demais análises do uso da terra e cobertura vegetal.

## **2.2. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 1995-1996**

A classificação supervisionada realizada por ROSA e JUNQUEIRA (2002) utilizou imagens de satélite LANDSAT 5 TM dos anos de 1995 e 1996 para estudos na região do Alto São Francisco, MG. As classes identificadas nesta classificação foram: afloramento rochoso, agricultura, água, área degradada, área irrigada, área urbanizada, Campo Cerrado, Campo Limpo, Campo Rupestre, Cerrado/Cerradão, Mata Atlântica, mata ciliar, Mata Seca, pastagem, reflorestamento, várzea e vereda.

Originalmente, o mapa produzido para toda a região do Alto São Francisco continha o datum International 1967, estando no sistema de projeção UTM, zona 23S. Para fins de utilização neste trabalho, no software ArcGIS 9.3.1, converteu-se o mapa para o datum SIRGAS 2000 UTM 23S e recortou-se apenas a área da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, cujo limite foi determinado em estudos anteriores.

Agruparam-se as 17 classes originais em três grandes classes: água, cobertura vegetal nativa (afloramento rochoso, Campo Cerrado, Campo Limpo, Campo Rupestre, Cerrado/Cerradão, Mata Atlântica, mata ciliar, Mata Seca, várzea e vereda) e uso antrópico (agricultura, área degradada, área irrigada, área urbanizada, pastagem, reflorestamento). Para uma adequada quantificação do uso da terra e cobertura vegetal, foram eliminadas as regiões pertencentes à hidrografia mapeada nestes estudos.

## **2.3. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2003 - 2005**

O mapa do uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo referente ao intervalo 2003 – 2005 foi obtido do Atlas Digital do Mapeamento da Flora Nativa e Reflorestamentos de Minas Gerais, que utilizou imagens LANDSAT 5 TM entre 2003 e 2005 para a classificação do uso da terra e cobertura vegetal de todo o Estado mineiro (CARVALHO e SCOLFORO, 2006). Os arquivos estavam projetados no datum SAD 69 e foram reajustados para o datum SIRGAS 2000, sistema de projeção UTM, zona 23S. Recortou-se, então, a região pertencente ao limite da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG. A classificação original realizada constituía-se das seguintes classes: água, Campo, Campo Cerrado, Cerrado, eucalipto, Floresta Estacional Semidecidual, outros, urbanização e veredas. Entretanto, para possibilitar a comparação com os demais mapas de uso da terra e cobertura vegetal, tais

classes foram reagrupadas conforme os seguintes critérios: água; cobertura vegetal nativa (Campo, Campo Cerrado, Cerrado, Floresta Estacional Semidecidual, veredas) e uso antrópico (eucalipto, outros, urbanização). As regiões pertencentes à malha hidrográfica mapeada foram excluídas das classes finais, permitindo a correta quantificação do uso da terra e cobertura vegetal na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, para o período de 2003 – 2005.

#### **2.4. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2010**

Para a geração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal para a sub-bacia hidrográfica do presente estudo, realizou-se a classificação supervisionada das imagens LANDSAT 5 TM órbitas/pontos 219/73 e 219/74 do, datadas de agosto de 2010, nas bandas 2, 3, 4 e 5 (INPE, 2010).

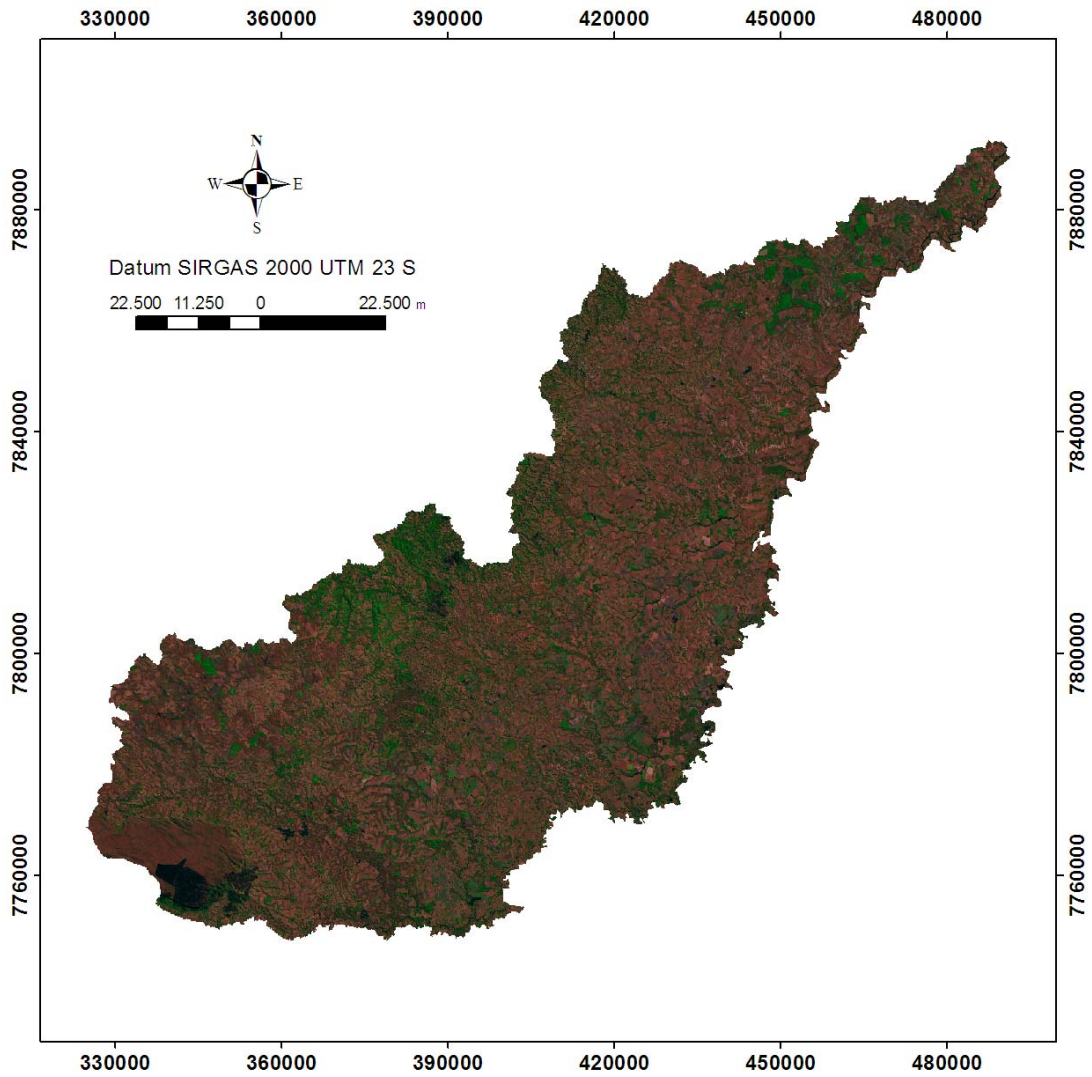
O registro das imagens foi realizada no software REGEMY (2010) a partir de imagens do LANDSAT 5 TM correspondentes às órbitas/pontos 219/73 e 219/74 disponíveis gratuitamente no site Global Land Cover Facility (2010), datadas de 2004, mantendo-se o datum original das cartas, WGS 84. Após o registro, as imagens passaram pelo processo de realce de contraste no software ERDAS IMAGINE 9.2, quando então se fez o mosaico dos pares de imagens correspondentes a cada uma das bandas. O índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi gerado a partir das bandas 3 e 4 para oferecer melhor contraste entre os diferentes tipos de cobertura vegetal na área de estudo, uma vez que a época seca do ano dificulta a individualização de diversos tipos de vegetação durante a classificação da imagem. Os dados foram posteriormente convertidos para o datum SIRGAS 2000.

A imagem a ser classificada resultou da união das bandas 2 a 5 com o NDVI gerado, visualizada na composição R4 G3 B2 e recortada para a área da bacia hidrográfica de estudo (Figura 1). Adotaram-se as seguintes classes iniciais na classificação supervisionada pelo algoritmo da máxima verossimilhança (MAXVER): água, áreas de queimada em vegetação nativa, áreas urbanas, Formações Campestres e Savânicas do Cerrado, Formações Florestais do Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, florestas plantadas e uso antrópico. Foram coletadas 50 amostras representativas de cada uma dessas classes, dentre as quais algumas delas encontram-se ilustradas na Tabela 1.

Devido à época seca do mês de agosto e ao prolongado período de estiagem na região, apenas as imagens LANDSAT 5 TM não foram suficientes para diferenciar algumas feições entre si. Citam-se, como exemplo, as áreas de solo exposto por uso antrópico como as ocupadas por agricultura, que nas imagens LANDSAT confundiam-se facilmente com as formações campestres do Cerrado, já que estas se encontravam raleadas. Por estes motivos e para facilitar a identificação visual das classes, utilizaram-se imagens RapidEye da região de estudo do ano de 2009, cedidas pelo CEDEF (2010).







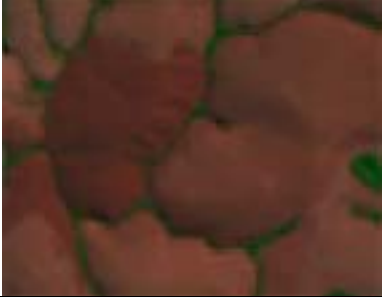



Para comparação com os mapas anteriores de uso da terra e cobertura vegetal da região, as sete classes foram agrupadas em outras três: água, cobertura vegetal nativa (áreas de queimada em vegetação nativa, Formações Campestres e Savânicas do Cerrado, Formações Florestais do Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual) e uso antrópico (áreas urbanas, florestas plantadas e uso antrópico).

Deste mapa final, excluíram-se todas as regiões pertencentes à hidrografia mapeada a partir dos dados do IBGE. Deste modo, pode-se quantificar corretamente o uso da terra e cobertura vegetal na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.



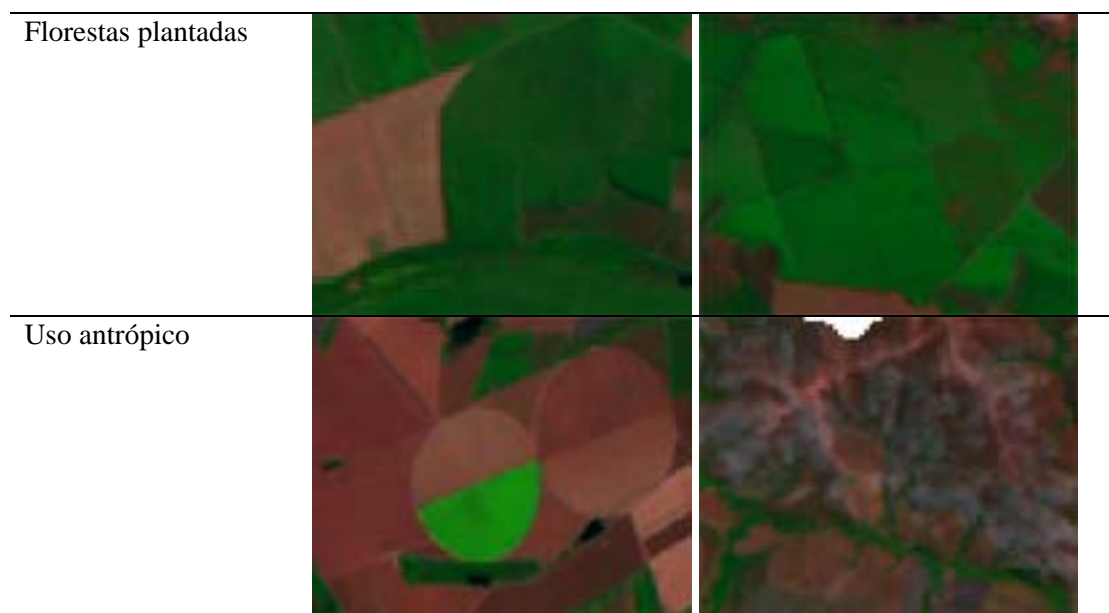
**Figura 1.** Imagem LANDSAT 5 TM visualizada na composição R4 G3 B2 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.

**Tabela 1.** Alguns padrões observados na imagem LANDSAT 5 TM 2010, na composição R4 G3 B2, utilizados para diferenciação das sete classes de uso da terra e cobertura vegetal para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.

Classe de uso da terra e cobertura vegetal	Alguns exemplos na composição colorida R4 G3 B2 das imagens LANDSAT 5 TM 2010	
Água		
Áreas de queimada em vegetação nativa		
Áreas urbanas		
Formações Campestres e Savânicas do Cerrado		
Formações Florestais do Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual		

Continua...





### 2.5. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal

De posse dos três mapas de uso da terra e cobertura vegetal para o período de 1995 a 2010, analisaram-se, ao longo deste intervalo, as áreas pertencentes à cobertura vegetal nativa e ao uso antrópico na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG. Para tal, compararam-se as áreas em termos de hectares e percentual em relação ao total da bacia hidrográfica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 1995-1996

Conforme as edições feitas no mapeamento realizado por ROSA e JUNQUEIRA (2002), a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos anos 1995 – 1996, apresentava-se predominantemente ocupada por sua cobertura vegetal nativa, equivalendo esta a 81,71% (741.120 ha) da sua área total (Tabela 2). Apesar da base de dados da CODEVASF não contemplar a classificação de 0,95 % da bacia hidrográfica, caso esta área tivesse sido inclusa neste trabalho, os percentuais

individuais de cada classe temática provavelmente não seriam significativamente alterados, visto que seriam diluídos entre as três classes.

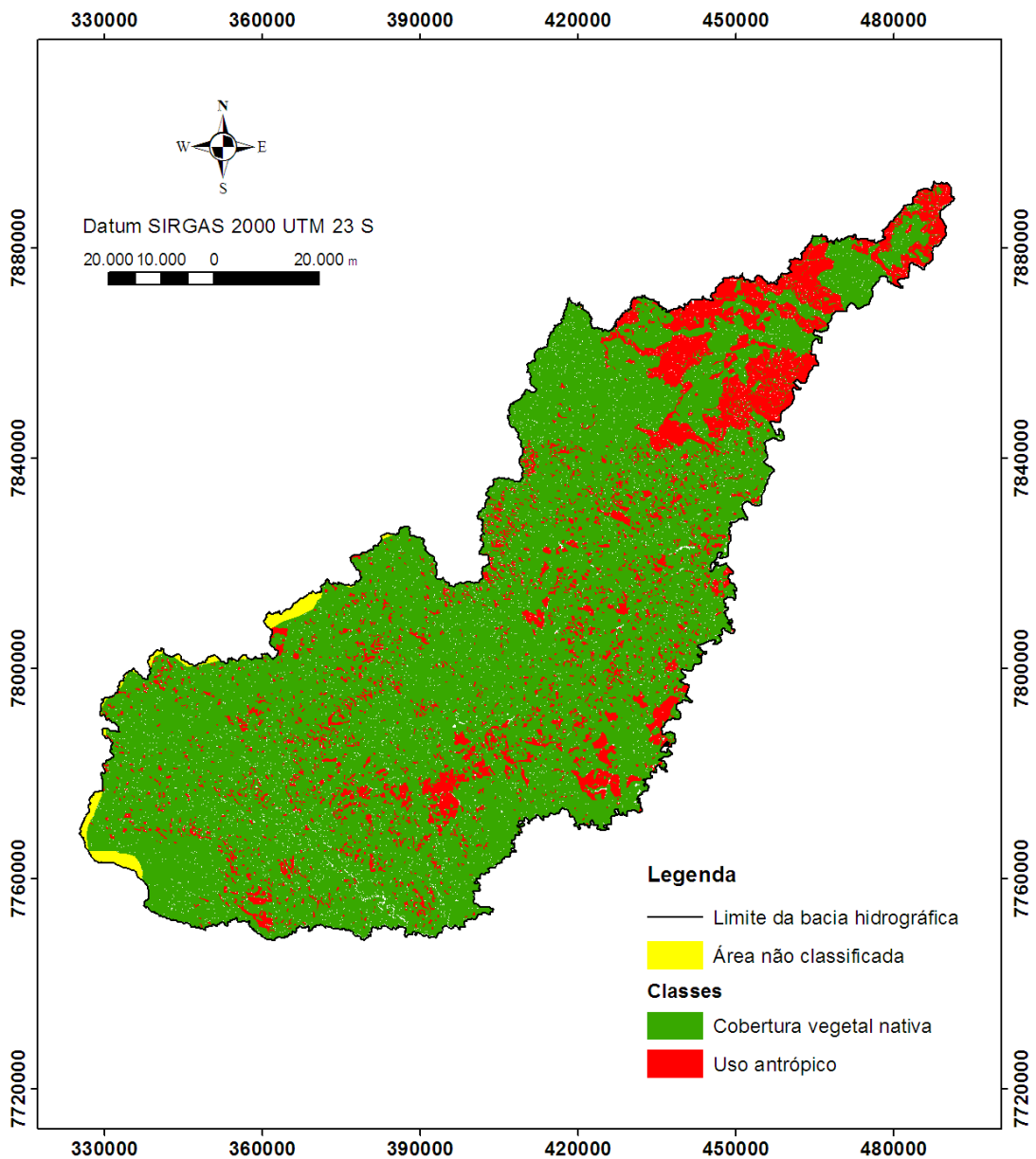
O uso antrópico do solo corresponde a 139.891 ha da bacia (15,42%). Pela observação da Figura 2, nota-se que as áreas de ocupação por atividades humanas concentram-se principalmente mais ao norte da bacia, o que poderia ser justificado pela maior proximidade com a Represa de Três Marias, onde o relevo é mais plano e facilita a ocupação humana, comparativamente à porção sul da bacia, onde o relevo é mais ondulado (Figura 10, pág. 66).

As áreas classificadas como regiões hídricas na bacia ocupam 2.922 ha (0,32%), bastante inferior ao mapeado a partir das bases de dados do IBGE. Provavelmente isso se deve, em parte, à consideração das planícies de inundação no mapeamento da hidrografia neste trabalho. Ademais, a classificação dos recursos hídricos em imagens de satélite sofre interferência da data em que foram produzidas, uma vez que existem rios e corpos d'água intermitentes, principalmente em regiões de clima semi-árido.

**Tabela 2.** Classes de uso da terra e cobertura vegetal do mapeamento realizado por ROSA e JUNQUEIRA (2002), correspondente ao período de 1995 – 1996 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.

<b>Classe de uso da terra e cobertura vegetal (1995 – 1996)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área em relação à bacia hidrográfica (%)</b>
Água	2.922	0,32
Cobertura vegetal nativa	741.120	81,71
Uso antrópico	139.891	15,42
Não-classificada	8.634	0,95
Hidrografia mapeada*	14.497	1,59
<b>Total</b>	<b>907.065</b>	<b>100</b>

\* Não inclui a hidrografia pertencente à área não-classificada.



**Figura 2.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do período 1995 – 1996 para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme edições realizadas na classificação de ROSA e JUNQUEIRA (2002).

### 3.2. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2003 - 2005

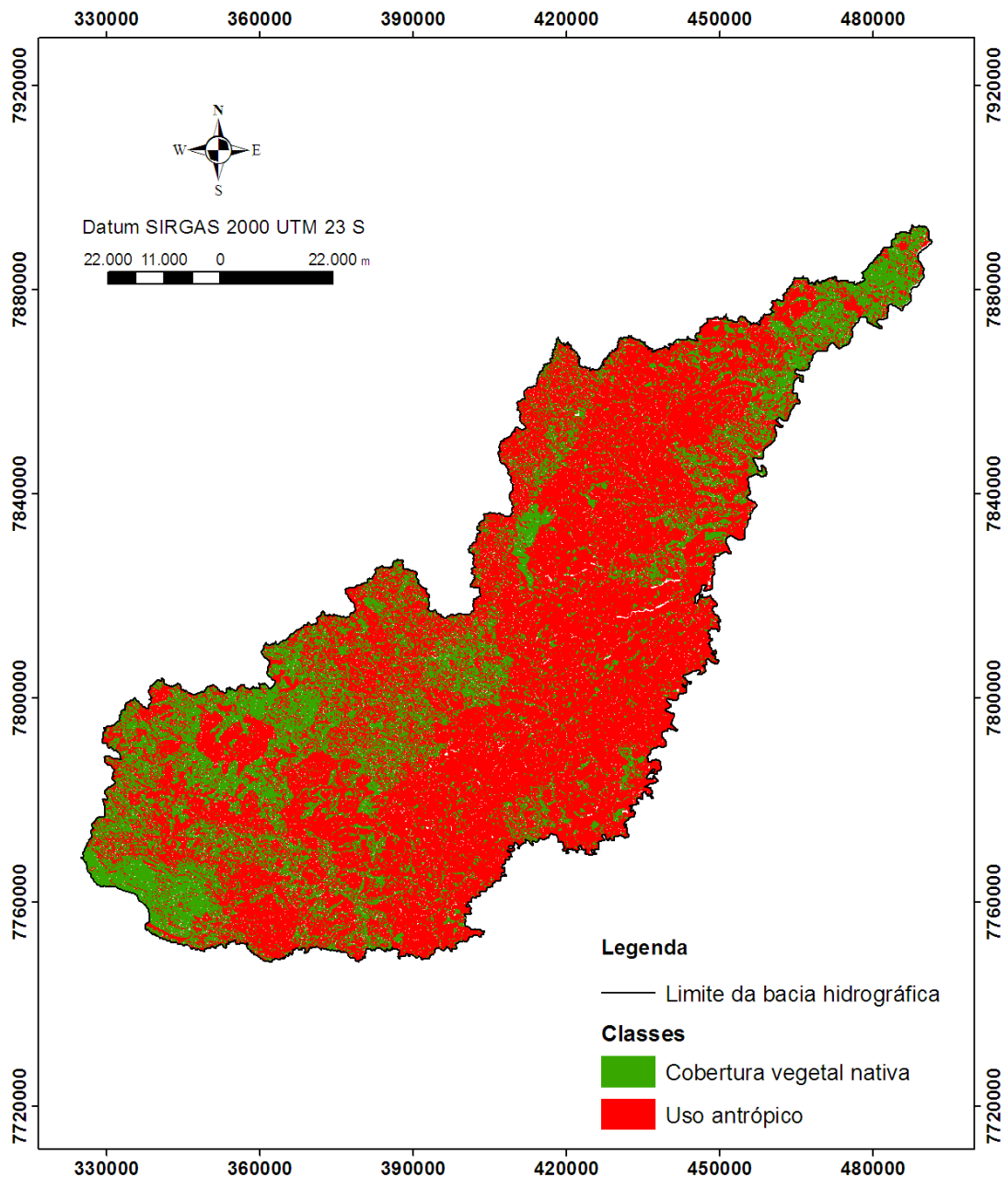
O mapa de uso da terra e cobertura vegetal da terra gerado a partir daquele produzido por Carvalho e Scolforo (2006) indica predominância do uso antrópico na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG. Esta classe ocupa 67,82% da bacia hidrográfica (615.196 ha), enquanto que a cobertura vegetal nativa equivale a 30,28% (274.665) (Tabela 3). As áreas ocupadas por recursos hídricos

mapeadas por Carvalho e Scolforo (2006) equivalem a apenas 0,29% da bacia hidrográfica (2.604 ha), sendo inferiores ao mapeado por este trabalho, semelhantemente ao resultado do item anterior.

No mapa da Figura 3, nota-se que as regiões ocupadas por uso antrópico expandem-se ao longo da extensão da bacia hidrográfica, fragmentando a cobertura vegetal nativa principalmente na sua direção norte-sul.

**Tabela 3.** Classes de uso da terra e cobertura vegetal do mapeamento realizado por Carvalho e Scolforo (2006), correspondente ao período de 2003 – 2005 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.

<b>Classe de uso da terra e cobertura vegetal (2003 – 2005)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área em relação à bacia hidrográfica (%)</b>
Água	2.604	0,29
Cobertura vegetal nativa	274.665	30,28
Uso antrópico	615.196	67,82
Hidrografia mapeada	14.600	1,61
<b>Total</b>	<b>907.065</b>	<b>100</b>



**Figura 3.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do período 2003 – 2005 para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme edições realizadas na classificação de Carvalho e Scolforo (2006).

### 3.3. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal 2010

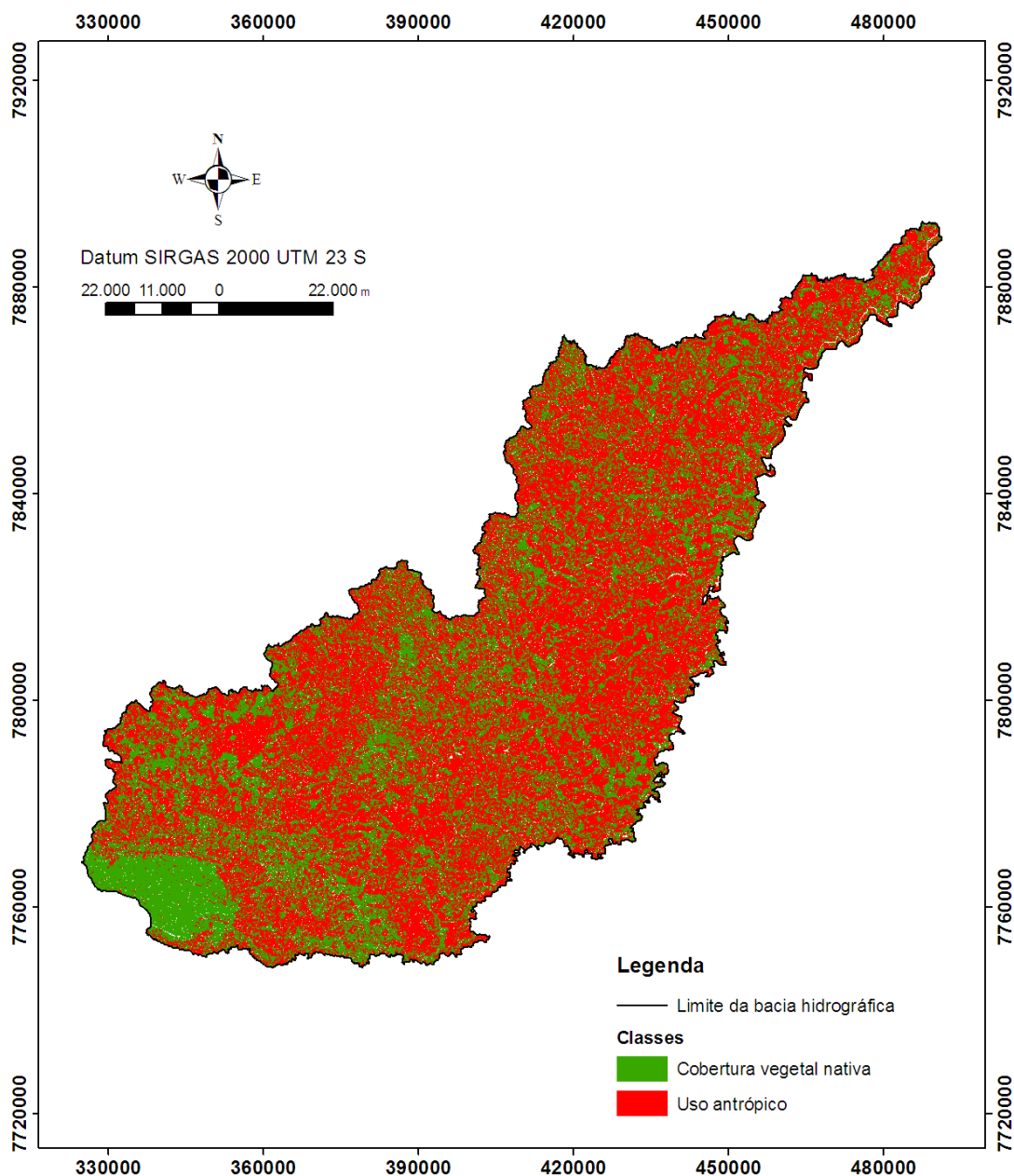
Conforme a classificação do uso da terra e cobertura vegetal da terra para a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, realizada neste trabalho, as classes temáticas, em ordem decrescente de ocupação da bacia hidrográfica,

são: uso antrópico (541.406 ha ou 59,69 % da bacia), cobertura vegetal nativa (348.598 ha ou 38,43 % da bacia) e água (2.461 ha, ou 0,27 % da bacia) (Tabela 4).

A Figura 4 permite a visualização deste quadro de uso da terra e cobertura vegetal ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica. Nota-se a grande fragmentação da cobertura vegetal nativa, uma vez que as atividades antrópicas distribuem-se de forma relativamente homogênea em toda a bacia. O maior fragmento remanescente de vegetação nativa encontra-se ao extremo sul, à esquerda da bacia hidrográfica, e refere-se à parte do Parque Nacional da Serra da Canastra.

**Tabela 4.** Classes de uso da terra e cobertura vegetal do mapeamento realizado neste trabalho, com imagens LANDSAT 5 TM datadas de 2010 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG.

<b>Classe de uso da terra e cobertura vegetal (2010)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área em relação à bacia hidrográfica (%)</b>
Água	2.461	0,27
Cobertura vegetal nativa	348.598	38,43
Uso antrópico	541.406	59,69
Hidrografia mapeada	14.600	1,61
<b>Total</b>	<b>907.065</b>	<b>100</b>



**Figura 4.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme classificação realizada neste trabalho a partir de imagens de satélite LANDSAT 5 TM de 2010.

### 3.4. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal

Ao longo do período 1995 – 2010 não se observaram diferenças entre as classes identificadas como água mapeadas a partir das imagens LANDSAT 5 TM na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG. Entretanto, a cobertura vegetal nativa e o uso antrópico sofreram alterações consideráveis neste intervalo.

As áreas cobertas pela vegetação nativa sofreram grande redução entre 1995 e 2005, caindo de 81,71% para 30,28% de ocupação da bacia. Concomitantemente, a porcentagem de ocupação antrópica aumentou de 15,42% para 67,82% (Tabela 5). A expansão da ocupação antrópica da bacia hidrográfica e a redução da área de cobertura vegetal nativa podem se relacionar diretamente com a aceleração do crescimento e desenvolvimento econômico do país na década de 90, de forma geral, notório em todos os seus estados.

**Tabela 5.** Uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPS) da região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme os mapas de uso da terra e cobertura vegetal para os períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	Áreas equivalentes às classes de uso da terra e cobertura vegetal					
	Água		Cobertura vegetal nativa		Uso antrópico	
	ha	%	ha	%	ha	%
<b>1995 – 1996</b>	2.922	0,32	741.120	81,71	139.891	15,42
<b>2003 – 2005</b>	2.604	0,29	274.665	30,28	615.196	67,82
<b>2010</b>	2.461	0,27	348.598	38,43	541.406	59,69

Observou-se um aumento de 8,15% da cobertura vegetal e uma redução de 8,13% da classe de uso antrópico, comparando-se o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal de 2005 com o de 2010. Este resultado não era esperado, uma vez que as fronteiras agrícolas continuaram se expandindo no Cerrado mineiro neste período. A inclusão da classe Outros mapeada por Carvalho e Scolforo (2006) na classe Uso antrópico pode ter induzido a este resultado, uma vez que é uma classe generalista que poderia contemplar grupos de distintos usos do solo. Entretanto esta foi a decisão mais coerente, pois se a classe Outros fosse incluída na classe Cobertura Vegetal Nativa, ter-se-iam os valores incoerentes de 887.741 ha de vegetação, o que ocuparia 97,86% da bacia hidrográfica.

Comparando-se as Figuras 3 e 4, percebe-se que a expansão do uso antrópico entre 2005 e 2010 realizou-se de forma mais homogênea ao longo de toda a bacia hidrográfica, fragmentando ainda mais os remanescentes de vegetação nativa. Em



termos ecológicos isto é indesejável, uma vez que aumenta os efeitos de borda dos fragmentos e prejudica a manutenção da sua biodiversidade.

#### **4. CONCLUSÕES**

A sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, sofreu um aumento considerável na ocupação das suas terras por atividades antrópicas ao longo dos últimos 14 anos, reduzindo consideravelmente a sua cobertura vegetal nativa. As atividades humanas, que ocupavam em 1995 – 1996 principalmente a porção norte da bacia, próximo ao lago da Represa de Furnas, expandiram-se quase uniformemente para toda sua área ao longo de 2005 a 2010.

Esta situação da fragmentação dos remanescentes de vegetação nativa na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco corresponde ao quadro geral dos demais biomas brasileiros, os quais têm sido afetados, principalmente, pela expansão das fronteiras agrícolas e pelo crescimento da economia brasileira. Além disso, a bacia hidrográfica possui relevo predominantemente plano, constituindo-se um atrativo para a implantação de atividades agrícolas, pecuárias e florestais.

Por ser uma região de intrínseca malha hidrográfica, comportando a nascente do Rio São Francisco, tão importante para o abastecimento de água para grande parte do país, a expansão das atividades antrópicas é indesejável, uma vez que pode comprometer também a qualidade e disponibilidade de água dos seus rios e corpos d'água. Torna-se necessária uma futura análise do conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente da bacia, a fim de se verificar o comprometimento destas porções da paisagem ecologicamente e hidrológicamente importantes para toda a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco.

## **CAPÍTULO 4**

# **ANÁLISE TEMPORAL DO CONFLITO DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA MARGEM ESQUERDA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG**

### **1. INTRODUÇÃO**

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma porção do relevo que capta a água proveniente da precipitação convergindo-a para um ponto de vazão (TUCCI, 1997). Deste modo, afeta diretamente a dinâmica da água e está intimamente relacionada com a diversidade de fauna e flora de uma região. Por estes e outros motivos, foi adotada como unidade básica de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e unidade de aplicação para a delimitação e monitoramento de Áreas de Preservação Permanente - APPs (BRASIL, 2002).

As APPs são porções estratégicas da paisagem no planejamento ambiental em nível de bacia hidrográfica, pois abrangem a topossequência cumeada/topo de morro e montanha – encostas – nascentes – zonas ripárias. Assim, quando respeitadas, permitem a formação de corredores ecológicos naturais de forma contínua ao longo de todo o relevo (GONÇALVES, 2009; RIBEIRO et al., 2010). Sob o ponto de vista ecológico, estas áreas permitem o fluxo gênico entre as populações de fauna e flora, reduzem os efeitos de bordas nos fragmentos remanescentes de vegetação nativa, atenuam os efeitos erosivos no solo e contribuem para a qualidade da água da bacia, dentre outros (LIMA e ZAKIA, 1996; LIMA, 2008).

Além da importância ecológica e hidrológica das APPs, quando corretamente protegidas, estas áreas permitem que a qualidade ambiental da bacia hidrográfica reflita-se também na qualidade dos seus recursos naturais disponíveis para uso humano. Pode-se citar, por exemplo, a qualidade dos solos para a agropecuária e silvicultura, a disponibilidade de água potável para consumo humano e a estabilidade física dos terrenos mais acidentados (BRAGA, 2005; CRIADO e LEAL, 2009).

Entretanto, o que se tem observado nos estudos envolvendo APPs é a ocupação destas áreas por atividades antrópicas, principalmente pastagens, agricultura e urbanização (CARVALHO et al., 2006; SILVA et al., 2007). Este quadro de conflito de

uso da terra e cobertura vegetal em APPs contempla principalmente as margens dos cursos d'água, o terço superior das bacias hidrográficas (linhas de cumeada) e as nascentes (NASCIMENTO et al., 2005; SERIGATTO, 2006).

Uma das causas para os conflitos de uso da terra e cobertura vegetal em APPs em diversas regiões do país é o avanço das fronteiras agrícolas para as porções mais centrais, as quais incluem o Cerrado mineiro (KLINK e MACHADO, 2005). Na região do Alto São Francisco, pertencente à bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais, observa-se a predominância de pastagens e outras atividades antrópicas que se sobressaem aos remanescentes da cobertura vegetal nativa (ROSA E JUNQUEIRA, 2002).

Nesta região localiza-se a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, na qual se inserem dois importantes parques para a conservação de biodiversidades peculiares do bioma Cerrado: o Parque Nacional da Serra da Canastra e o Parque Estadual de Campos Altos. Segundo as determinações do SNUC (BRASIL, 2000), estas unidades pertencem à categoria de Proteção Integral, nas quais é vedado o uso direto dos seus recursos naturais. Deste modo, as atividades antrópicas inseridas nestas Unidades de Conservação (UCs), com exceção das instalações necessárias para administração dos parques, deveriam ser consideradas como conflitos de uso da terra e cobertura vegetal, semelhantemente ao observado para as APPs.

Deste modo, a quantificação dos conflitos de uso da terra e cobertura vegetal existentes na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, fornecerá informações potenciais para o seu planejamento ambiental em nível de APPs e UCs. Se estes conflitos forem avaliados em séries temporais, há ainda a possibilidade de se fornecer aos órgãos ambientais dados para estudos de estimativas de quadros futuros de uso e ocupação da terra nesta bacia hidrográfica.

O presente trabalho tem, como objetivo, realizar uma análise temporal da cobertura vegetal nativa e das atividades antrópicas ao longo dos últimos anos na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, em nível de APPs e UCs, utilizando-se mapas de uso e ocupação da terra gerados em trabalhos prévios.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Base de dados e softwares utilizados**

As APPs utilizadas neste trabalho foram delimitadas previamente a partir de dados de hidrografia e topografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). As seguintes categorias de APPs foram consideradas: linhas de cumeada, topos de morro, áreas declivosas, entorno de nascentes, zonas ripárias e áreas de sobreposição de categorias. Os limites das UCs foram fornecidos pelo CEDEF (2010).

Os mapas de uso da terra e cobertura vegetal foram gerados em estudos anteriores, a partir da edição de mapeamentos realizados por ROSA e JUNQUEIRA (2002) para a região do Alto São Francisco, no período 1995 – 1996, e por Carvalho e Scolforo (2006) para Minas Gerais, no período 2003 – 2005. Utilizou-se também o mapa obtido pela classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 2010. As classes temáticas destes mapas são: água, cobertura vegetal nativa e uso antrópico.

As análises foram realizadas no software ArcGIS 9.3.1. O datum adotado foi SIRGAS 2000 e o sistema de projeção o UTM, zona 23S.

### **2.2. Análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal**

A análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal foi feita considerando-se as áreas de uso antrópico. Para toda a bacia hidrográfica, quantificaram-se os conflitos para as seis categorias de APPs descritas anteriormente.

Para cada uma das UCs quantificou-se o uso e o conflito de uso da terra e cobertura vegetal referente às suas APPs. Considerando que estas são UCs de Proteção Integral, sendo impedido o uso direto de seus recursos naturais, a classe temática de uso antrópico do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi considerada também como área conflitante para toda a extensão das UCs.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) da bacia hidrográfica

No período 1995 – 1996, a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco apresentou 51.537 ha de suas APPs em conflito de uso, o que equivale a 5,67% de sua área total. O conflito de uso nas APPs de entorno de nascentes foi o que mais se destacou dentre os demais, ocupando 2,33% das áreas de conflito em relação a toda a bacia hidrográfica. Analisando em termos de categorias individuais, 21,61% das APPs de zonas ripárias encontravam-se ocupadas por atividades humanas, enquanto as demais apresentaram valores semelhantes de conflito (Tabela 1).

**Tabela 1.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) da região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme o mapa de uso da terra e cobertura vegetal dos períodos 1995 – 1996, adaptado de ROSA e JUNQUEIRA (2002).

Categoria de APP	Conflito de uso da terra e cobertura vegetal		
	Área (ha)	Área em relação à categoria correspondente (%)	Área em relação à extensão da bacia hidrográfica (%)
Linhas de cumeadas	21.168	11,76	0,00022
Topos de morro	587	10,31	1,09
Áreas declivosas	2	10,99	0,06
Entorno de nascentes	15.237	16,04	2,33
Zonas Ripárias	9.890	21,61	1,68
Áreas de sobreposição	4.653	19,71	0,51
<b>Total</b>	<b>51.537</b>	—	<b>5,67</b>

Em relação ao intervalo 2003 – 2005, o conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas APPs aumentou para 24,24% da área da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, o equivalente a 220.243 ha. As APPs de áreas

declivosas foram as que, individualmente, se encontraram com maior percentual de conflito (88,23%), conforme Tabela 2. Entretanto, analisando-se todas as categorias de APPs em conflito na bacia, as linhas de cumeada apresentaram-se ocupando 10,09% da área da bacia, totalizando 91.545 ha de uso antrópico em regiões legalmente definidas como de preservação.

**Tabela 2.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPS) da região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme o mapa de uso da terra e cobertura vegetal dos períodos 2003 – 2005, adaptado de Carvalho e Scolforo (2006).

Categoria de APP	Conflito de uso da terra e cobertura vegetal		
	Área (ha)	Área em relação à categoria correspondente (%)	Área em relação à extensão da bacia hidrográfica (%)
Linhas de cumeadas	91.545	69,39	10,09
Topos de morro	3.310	61,98	0,36
Áreas declivosas	15	88,23	0,0017
Entorno de nascentes	49.951	70,83	5,51
Zonas Ripárias	59.423	61,93	6,55
Áreas de sobreposição	15.999	67,78	1,76
<b>Total</b>	<b>220.243</b>	_____	<b>24,24</b>

Em 2010, as linhas de cumeada ainda apresentaram-se com maior percentual de conflito, representando 8,55% em relação à extensão de área ao longo da bacia hidrográfica, o equivalente a 77.569 ha (Tabela 3). O total de APPs em conflito foi 192.607 ha e comparativamente ao período de 2003 – 2005 houve uma redução de 3,03% de áreas de conflito. O esperado era que o percentual de atividades antrópicas interferindo nas APPs aumentasse neste intervalo ou houvesse, pelo menos, a manutenção dos seus valores.

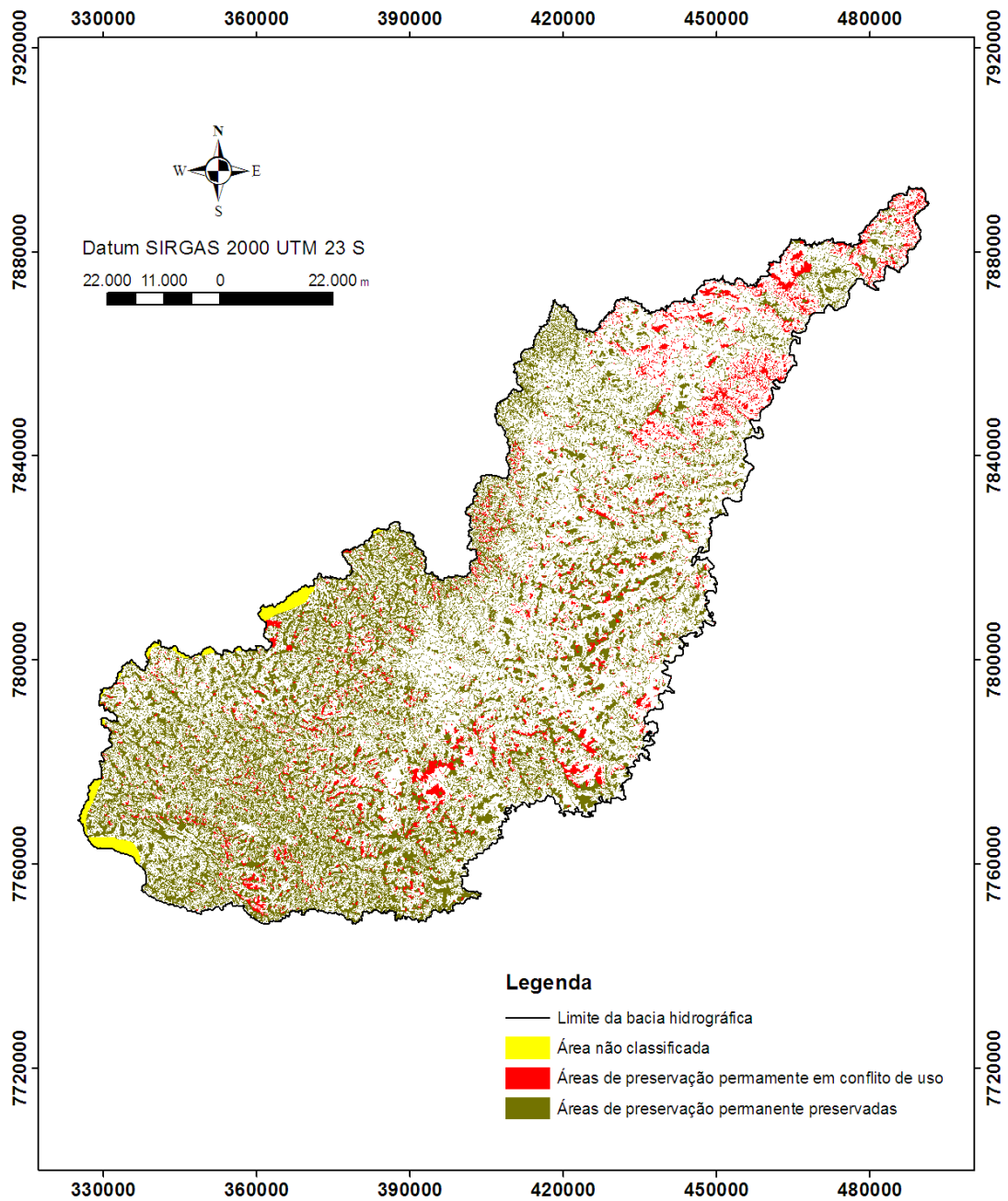
Entretanto esta redução das áreas de conflito pode justificar-se pela incorporação da classe de uso da terra e cobertura vegetal Outros, originalmente mapeada por Carvalho e Scolforo (2006), na classe temática de uso antrópico. Isto ocasionaria maior amplitude entre as categorias de uso que a caracteriza, agrupando distintos usos de solo numa mesma feição.

O aumento de conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas APPs seguiu uma tendência de ocupação das porções mais planas em direção às mais elevadas do relevo, também encontrada no trabalho de Serigatto (2006). Esta autora relata que a ocupação das APPs de nascentes, linhas de cumeada e terço superior de morros tende a diminuir a quantidade de água produzida por uma sub-bacia hidrográfica, principalmente nas épocas de seca, por serem áreas responsáveis pela recarga do lençol freático. Assim sendo, uma das principais conseqüências do conflito de uso da terra e cobertura vegetal em APPs é a ocupação de áreas de importância hidrológica para toda a bacia hidrográfica.

Os mapas de conflito de uso da terra e cobertura vegetal para os períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010 podem ser visualizados, respectivamente, nas Figuras 1, 2 e 3.

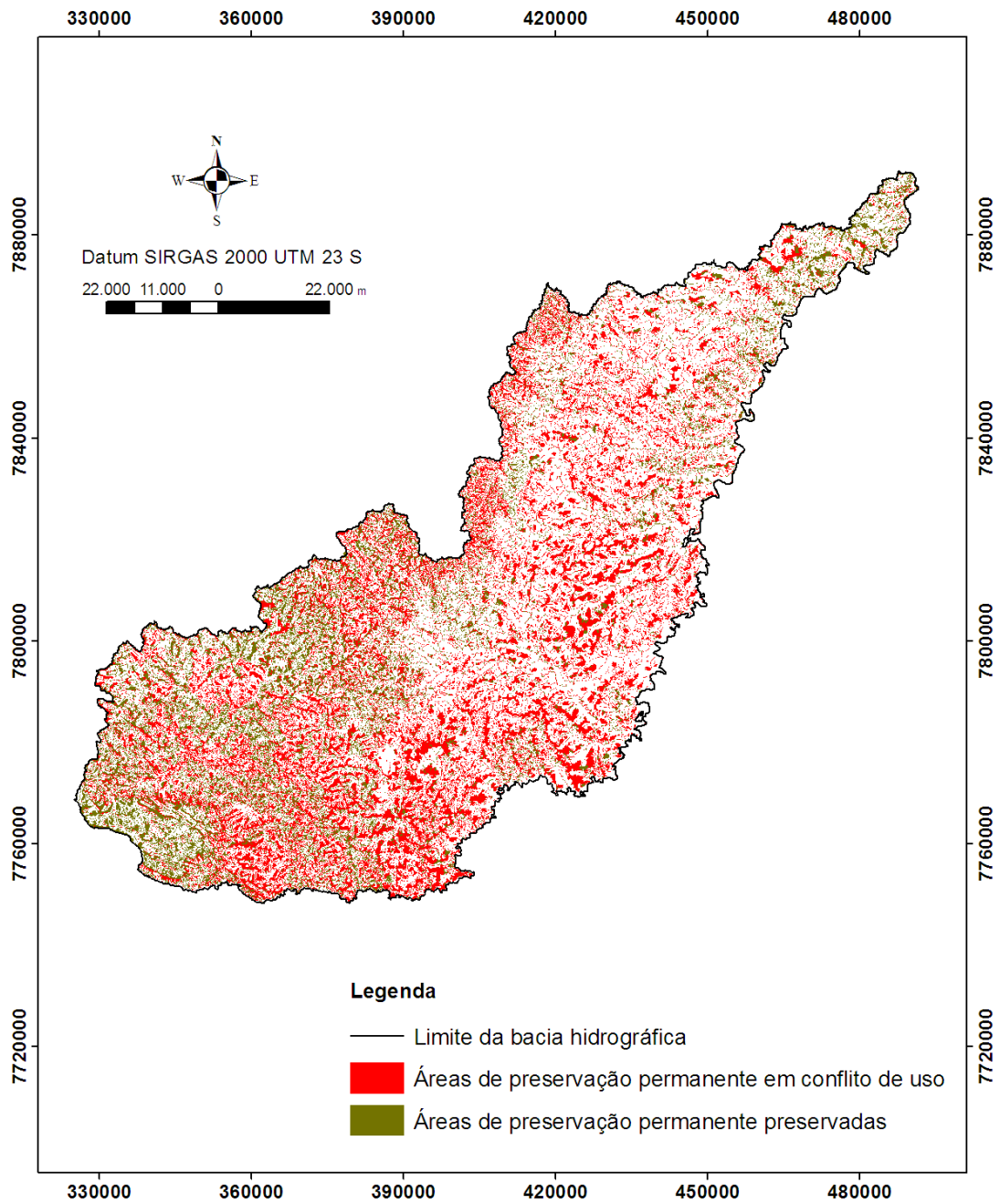
**Tabela 3.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPS) da região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme classificação supervisionada das imagens LANDSAT 5 TM de 2010.

Categoria de APP	Conflito de uso da terra e cobertura vegetal		
	Área (ha)	Área em relação à categoria correspondente (%)	Área em relação à extensão da bacia hidrográfica (%)
Linhas de cumeadas	77.569	58,79	8,55
Topos de morro	3.285	61,51	0,36
Áreas declivosas	7	41,17	0,00077
Entorno de nascentes	42.087	59,68	4,63
Zonas Ripárias	56.426	58,81	6,22
Áreas de sobreposição	13.233	56,06	1,45
<b>Total</b>	<b>192.607</b>	_____	<b>21,21</b>

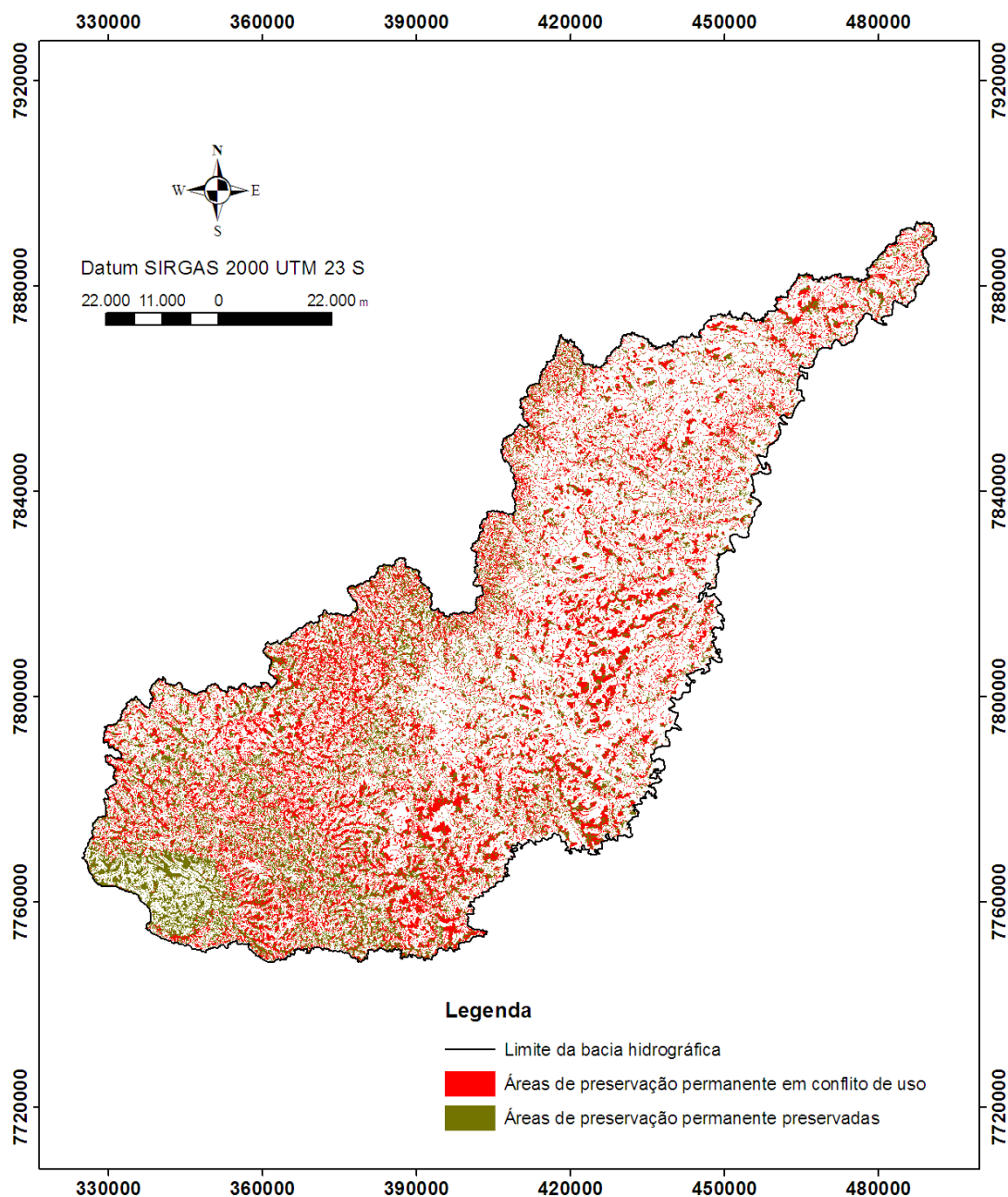


**Figura 1.** Mapa de conflito de uso da terra e cobertura vegetal no período de 1995 – 1996 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme adaptação realizada na classificação de uso da terra e cobertura vegetal por ROSA e JUNQUEIRA (2002).





**Figura 2.** Mapa de conflito de uso da terra e cobertura vegetal no período 2003 – 2005 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme adaptação realizada na classificação de Carvalho e Scolforo (2006).



**Figura 3.** Mapa de conflito de uso da terra e cobertura vegetal no período de 2010 para a região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, conforme classificação supervisionada das imagens LANDSAT 5 TM de 2010.

### **3.2. Análise temporal do conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas unidades de conservação (UCs)**

#### **3.2.1. Parque Estadual de Campos Altos**

No período de 1995 a 2010, o Parque Estadual de Campos Altos experimentou um aumento em torno de 60% nas áreas ocupadas por atividades antrópicas (Tabela 4). Considerando que ele foi criado em novembro de 2004 (IEF, 2010), desde sua implantação, observa-se uma continuidade na perda da sua cobertura vegetal nativa, reduzida hoje a 35,5% da extensão territorial desta UC.

A classe temática Água não foi identificada pelos mapeamentos realizados por Rosa e Junqueira (2002) e Carvalho e Scolforo (2006), provavelmente devido à escala e critérios adotados por estes autores, uma vez que originalmente, a classificação das imagens de satélite foi feita para grandes áreas do território do Estado de Minas Gerais. Entretanto, quando a classificação tornou-se mais direcionada à bacia hidrográfica de estudo, o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal em 2010 identificou 0,0616 ha de recursos hídricos neste parque.

Como consequência do avanço das atividades antrópicas dentro do parque, as áreas de conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas APPs também aumentaram. No período referente à sua criação, havia 17,52% do parque com APPs ocupadas por uso antrópico, que passou para 64,96% em 2010 (Tabela 5).

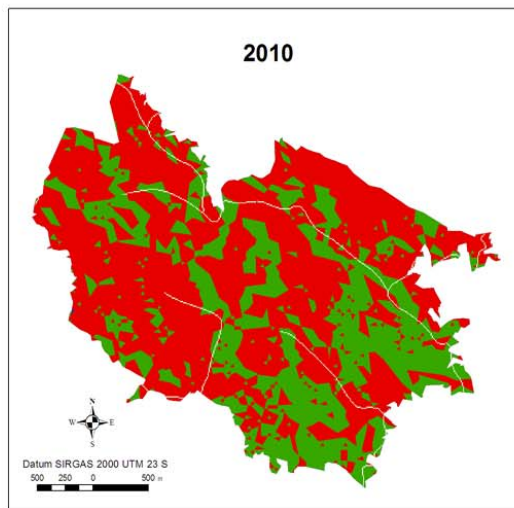
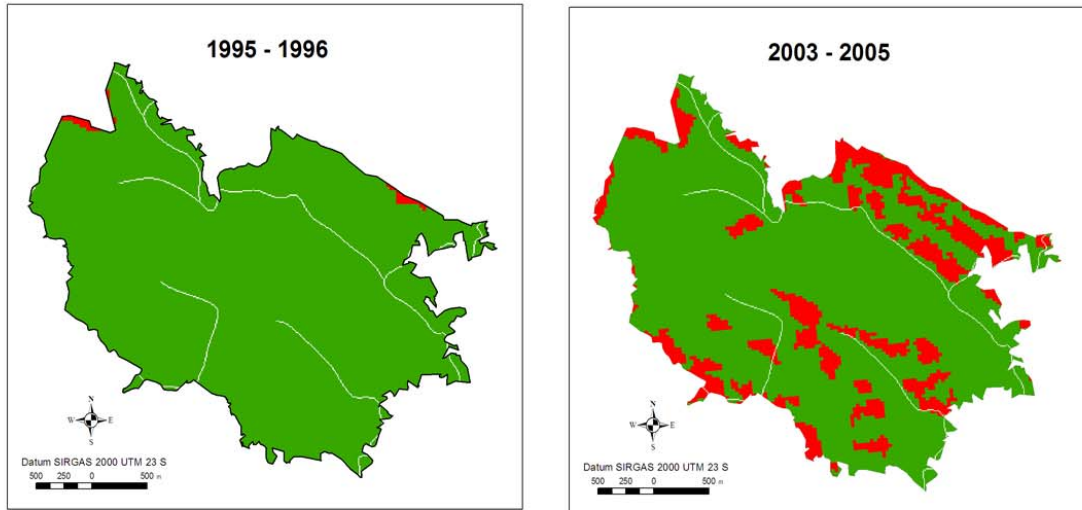
As Figuras 4 e 5 contém, respectivamente, os mapas de uso da terra e cobertura vegetal e de conflito de uso da terra e cobertura vegetal das APPs no Parque Estadual de Campos Altos.

**Tabela 4.** Uso da terra e cobertura vegetal na unidade de conservação Parque Estadual de Campos Altos, pertencente à sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	Áreas equivalentes às classes de uso da terra e cobertura vegetal no Parque Estadual de Campos Altos					
	Água		Cobertura vegetal nativa		Uso antrópico	
	ha	%	ha	%	ha	%
<b>1995 – 1996</b>	–	–	769	98,21	4	0,51
<b>2003 – 2005</b>	–	–	634	80,97	139	17,75
<b>2010</b>	0,0616	0,0078	278	35,5	495	63,22

**Tabela 5.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) da unidade de conservação Parque Estadual de Campos Altos, pertencente à sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	Áreas de preservação permanente em conflito de uso da terra e cobertura vegetal no Parque Estadual de Campos Altos	
	Área (ha)	Ocupação em relação ao total de APPs na UC (%)
<b>1995 – 1996</b>	4	1,08
<b>2003 – 2005</b>	65	17,52
<b>2010</b>	241	64,96

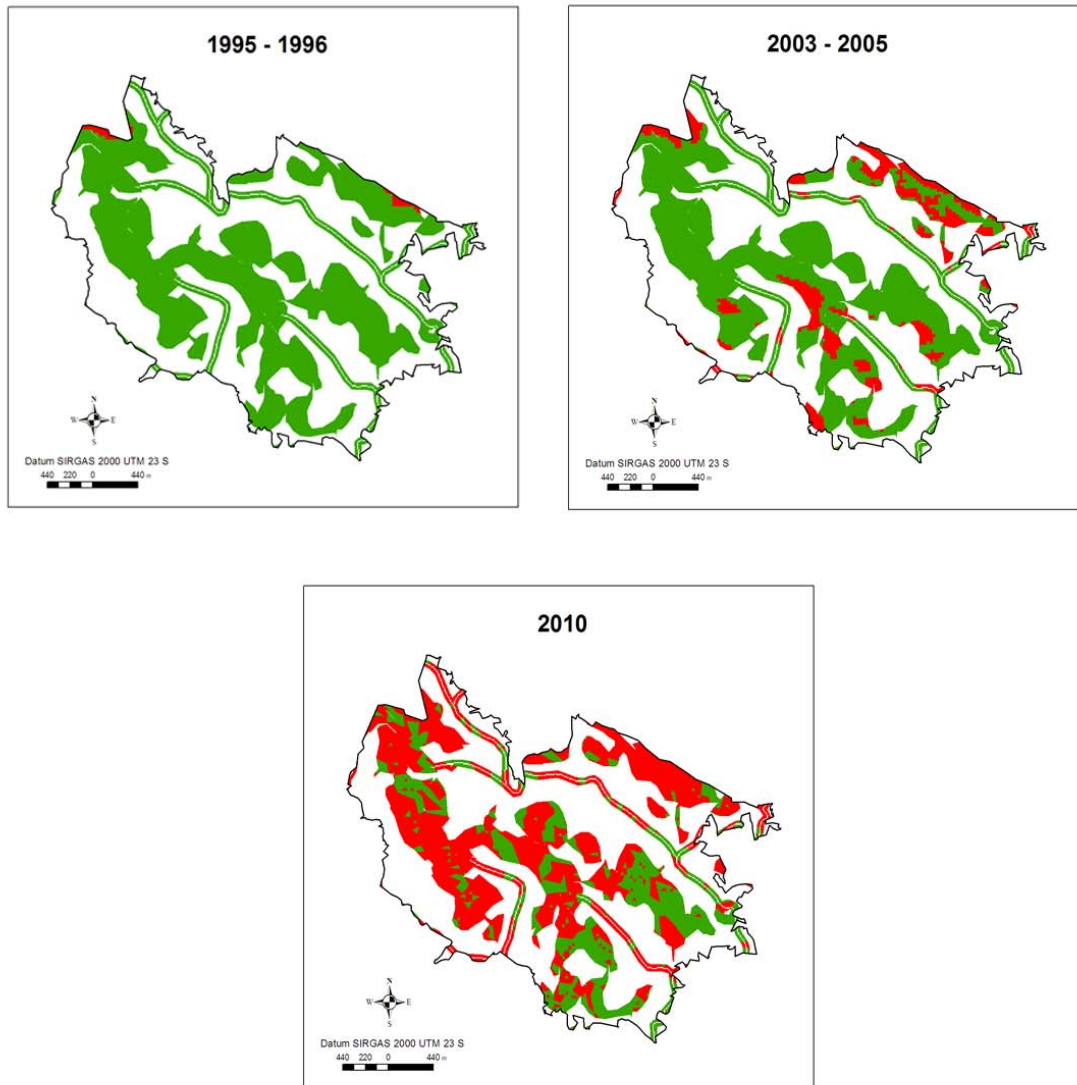


### Legenda

#### Classes

- Água
- Cobertura vegetal nativa
- Uso antrópico

**Figura 4.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o Parque Estadual de Campos Altos, região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.



### Legenda

- Uso antrópico nas áreas de preservação permanente
- Áreas de Preservação Permanente

**Figura 5.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) do Parque Estadual de Campos Altos, região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

### 3.2.2. Parque Nacional da Serra da Canastra

De 1995 a 2005, o Parque Nacional da Serra da Canastra, na região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, teve uma redução de 18,32% em sua cobertura vegetal, passando de 85,6% para 67,18%. Entretanto, a classificação

de uso da terra e cobertura vegetal de 2010 quantificou 85,69% de vegetação nativa remanescente no parque (Tabela 6).

A hipótese mais adequada para explicar a ocupação da cobertura vegetal em 67,28% do parque em 2003 – 2005 consta da inclusão da classe Outros, do mapeamento original de Carvalho e Scolforo (2006), na classe Uso Antrópico, utilizada em trabalho anterior para fins de comparação com os demais mapas. Aquela classe abrange desde áreas de vegetação nativa não identificada pelos autores até regiões notadamente ocupadas por atividades humanas. Logo, pode-se afirmar que durante os últimos 14 anos o Parque Nacional da Serra da Canastra, localizado na região deste estudo, apresenta sua cobertura vegetal nativa em bom estado de proteção, apesar de as atividades antrópicas terem passado a ocupar de 4,64% para 12,44% da área desta UC.

Cabe aqui salientar que dentro da classe de uso antrópico, utilizada como padrão para todos os mapas de uso da terra e cobertura vegetal, agruparam-se desde zonas urbanas e áreas de agricultura e pecuária até áreas de plantios florestais e de solo exposto (considerando-se o potencial das atividades humanas de degradarem os recursos naturais). Especificamente para UCs de Proteção Integral, não era esperado que houvesse expansão das atividades antrópicas, uma vez que a interferência nos recursos naturais pode ser feita somente de forma indireta.

Desconsiderando-se, portanto, a discrepância do resultado do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal de 2003 – 2005 para o Parque Nacional da Serra da Canastra, as APPs com interferência antrópica passaram de 847 ha para 2.682 ha entre 1995 e 2010 (Tabela 7).

A Figura 6 ilustra o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal para Parque Nacional da Serra da Canastra e a Figura 7, o conflito de uso da terra e cobertura vegetal em suas APPs.

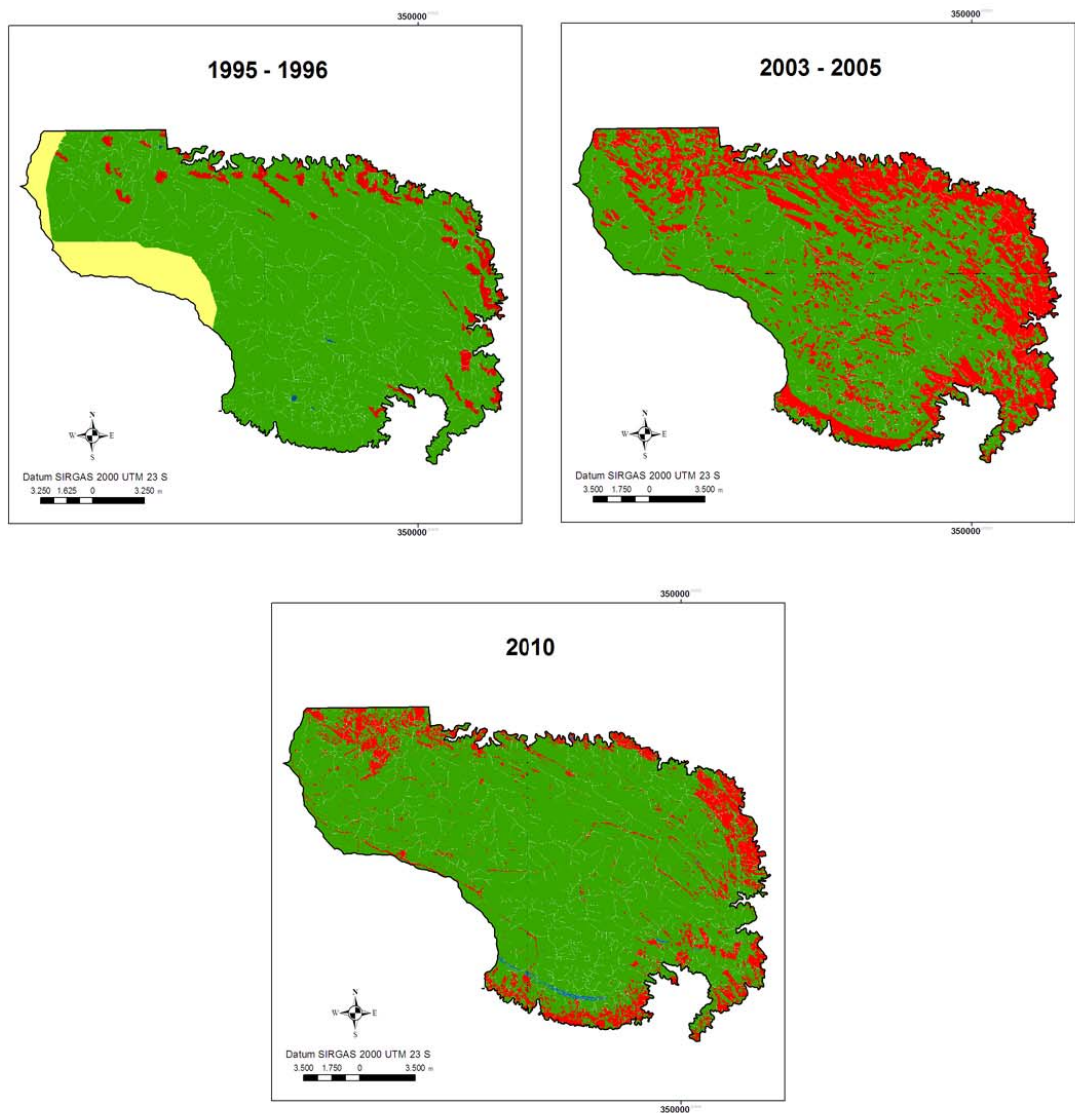
**Tabela 6.** Uso da terra e cobertura vegetal na unidade de conservação Parque Nacional da Serra da Canastra, pertencente à sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	Áreas equivalentes às classes de uso da terra e cobertura vegetal no Parque Nacional da Serra da Canastra					
	Água		Cobertura vegetal nativa		Uso antrópico	
	ha	%	ha	%	ha	%
<b>1995 – 1996</b>	19	0,05	31.613	85,6	1.713	4,64
<b>2003 – 2005</b>	–	–	24.849	67,28	11.504	31,14
<b>2010</b>	106	0,28	31.648	85,69	4.593	12,44

**Tabela 7.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) da unidade de conservação Parque Nacional da Serra da Canastra, pertencente à sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	Áreas de preservação permanente em conflito de uso da terra e cobertura vegetal no Parque Nacional da Serra da Canastra	
	Área (ha)	Ocupação em relação ao total de APPs na UC (%)
<b>1995 – 1996</b>	847	4,68
<b>2003 – 2005</b>	6.123	33,81
<b>2010</b>	2.682	14,81



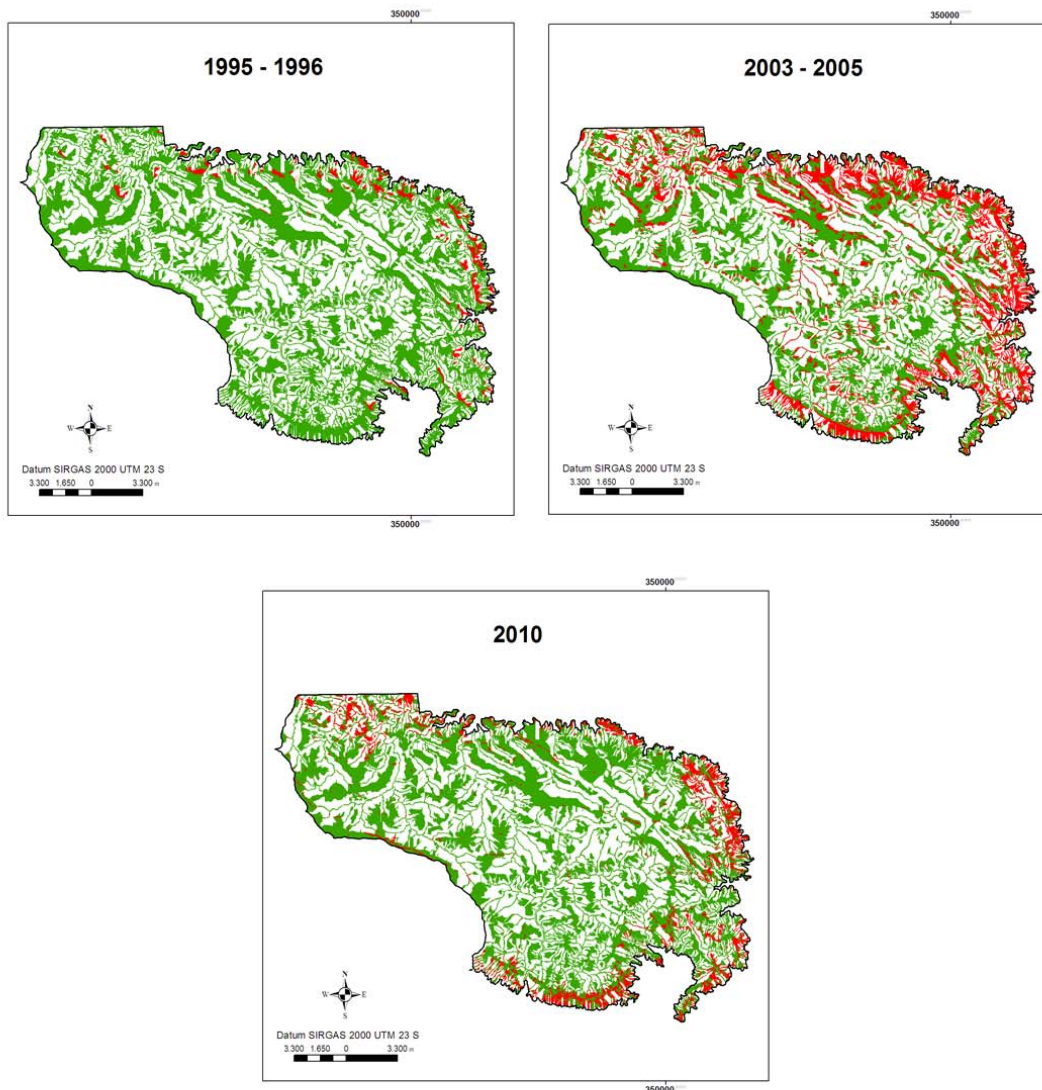


### Legenda

#### Classes

- Água
- Cobertura vegetal nativa
- Uso antrópico
- Área não classificada

**Figura 6.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o Parque Nacional da Serra da Canastra, região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.



#### Legenda

- Uso antrópico nas áreas de preservação permanente
- Áreas de Preservação Permanente

**Figura 7.** Conflito de uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente (APPs) do Parque Nacional da Serra da Canastra, região da sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, MG, nos períodos 1995 – 1996, 2003 – 2005 e 2010.

## 4. CONCLUSÕES

De forma geral, os mapeamentos realizados para grandes áreas, como os de 1995 – 1996, que no seu original abrangiam, respectivamente, a região do Alto São Francisco e todo o Estado de Minas Gerais, apresentaram-se adequados para estudos de conflito de

uso da terra e cobertura vegetal para a bacia hidrográfica deste trabalho. Entretanto, observou-se que os recursos hídricos não foram identificados em algumas ocasiões, ao contrário do mapeamento realizado especificamente para esta bacia com imagens de satélite datadas de 2010. Assim, sugere-se que para estudos isolados em bacias hidrográficas, uma classificação mais detalhada do uso da terra e cobertura vegetal representará melhor suas diversas categorias.

A inclusão de uma classe temática muito genérica em outras classes bem definidas pelo mapeamento pode induzir a algumas inconsistências, como aquelas observadas para a área referente ao Parque Nacional da Serra da Canastra. Quando esta inclusão foi analisada em nível da bacia hidrográfica, obtiveram-se ainda alguns valores incoerentes de área de cobertura vegetal e uso antrópico. Contudo, quanto menor a área avaliada espera-se que estas discrepâncias se acentuem, conforme o apresentado neste trabalho.

Ao longo dos últimos 14 anos, a sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco teve sua cobertura vegetal nativa reduzida em consequência da expansão das atividades antrópicas. Paralelamente, as suas APPs foram ocupadas ao longo de toda a sua extensão. As categorias de APPs mais afetadas pelas atividades antrópicas foram as APPs de linhas de cumeadas, entorno de nascentes e zonas ripárias.

Notou-se também uma tendência de ocupação das APPs das porções mais baixas para as mais elevadas do relevo da bacia hidrográfica. O que pode explicar essa direção de ocupação do terreno é a falta de grandes extensões de terra para uso antrópico nas porções mais próximas aos rios, uma vez que estas são geralmente os primeiros locais da paisagem onde a população se instala.

Quando o conflito de uso da terra e cobertura vegetal foi avaliado internamente nas UCs, também se observou um aumento das APPs afetadas por atividades antrópicas, principalmente no Parque Estadual de Campos Altos. Apesar de o Parque Nacional da Serra da Canastra praticamente não ter apresentado variação no percentual de cobertura vegetal nativa, excetuando o valor observado em 2003 – 2005, as atividades antrópicas apresentaram um discreto aumento.

Para o Parque Nacional da Serra da Canastra supõe-se que a presença de solo exposto, a construção de instalações humanas para manutenção do parque e a degradação de algumas áreas possam ter influenciado no aumento da área ocupada por atividades antrópicas. Já para o Parque Estadual de Campos Altos, a análise dos resultados aqui apresentados indica uma provável ocupação antrópica por atividades

agripecuárias, florestais ou de urbanização, uma vez que a perda da cobertura vegetal nativa deu-se paralelamente ao aumento de uso antrópico.

Pela observação dos mapas de conflito de uso da terra e cobertura vegetal, notou-se também uma tendência de avanço das fronteiras antrópicas na direção do Parque Nacional da Serra da Canastra. Isto é algo importante a ser considerado em se pensando na sua conservação e proteção, uma vez que o quadro geral do entorno das UCs desta bacia é desfavorável para a manutenção da sua biodiversidade.

### 3. CONCLUSÕES GERAIS

Estudos envolvendo conflito de uso da terra e cobertura vegetal em APPs, seja em nível de bacia hidrográfica ou em nível de UCs, estão diretamente relacionados às etapas iniciais de geração de MDEHCs. Estes, por sua vez, são dependentes da qualidade da base de dados inicial, aliada às metodologias utilizadas e critérios adotados pelo usuário ao longo do processamento dos dados. Portanto, para a quantificação de conflitos de uso da terra e cobertura vegetal em APPs, os cuidados para que os resultados gerados sejam os mais exatos e confiáveis possíveis, dentro das condições de trabalho do pesquisador, devem começar desde a aquisição da fonte dos dados.

Apesar das importantes funções ecológicas e hidrológicas das APPs, não existem no Brasil ações políticas e administrativas eficazes para a delimitação e fiscalização destas áreas. O que se tem observado são trabalhos isolados realizados principalmente pelas universidades públicas, financiados por agências de fomento em pesquisa, onde os estudos são desenvolvidos em algumas bacias hidrográficas. Uma necessidade urgente dos órgãos ambientais do país é, sem dúvida, a padronização da delimitação das APPs para que haja uma fiscalização mais eficaz, com critérios justos e coerentes com a realidade da situação ambiental e econômica do Brasil.

Neste sentido, os SIGs e o SR tem se mostrado perfeitamente aplicáveis nas mais diversas condições das regiões brasileiras, respeitando de forma coerente e dinâmica as mais distintas variações de relevo, bioma e realidades sociais, econômicas e ambientais do nosso território. O desenvolvimento de softwares robustos e interativos facilita ainda mais o uso das técnicas de Geoprocessamento, tanto em nível de pequenas quanto grandes bacias hidrográficas.

A diminuição da cobertura vegetal nativa e o aumento das atividades antrópicas na sub-bacia hidrográfica da margem esquerda do Rio São Francisco, em Minas Gerais, de modo geral, segue a tendência de desmatamento observada em estudos desenvolvidos em outros biomas brasileiros. Talvez a questão mais crítica seja o fato de ser uma região de importante valor ecológico e hidrológico para o país e, principalmente, para o bioma Cerrado, que tem sido intensamente devastado no território mineiro.

Os conflitos de uso da terra e cobertura vegetal observados nas APPs de linhas de cumeada, zonas ripárias e entorno de nascentes implicam no comprometimento de importantes áreas para a qualidade ambiental de toda a bacia hidrográfica e seus

diversos recursos naturais. Isto é algo que deve ser considerado no sistema de gestão ambiental e planejamento urbano da bacia, tanto em relação à biodiversidade quanto à qualidade futura de vida humana nas suas cidades.

A ocupação antrópica observada nas UCs de Proteção Integral é incoerente com o proposto no SNUC. Quando estas não cumprem com seus objetivos vários impactos negativos são gerados, principalmente sobre a peculiar biodiversidade contida no Cerrado desta região da bacia do São Francisco.

Em termos de ocupação contínua na paisagem, abrangendo desde sua topossequência até de forma mais ampla toda a sua extensão, as APPs delimitadas neste estudo demonstraram ser mais vantajosas para a conservação e proteção ambiental que as UCs. Estas geralmente tendem a captar mais recursos financeiros do governo para sua implantação e manutenção e nem sempre são eficientes no cumprimento dos objetivos para os quais são propostas. Caso contrário, não se teria observado o baixo índice de cobertura vegetal nativa no Parque Estadual de Campos Altos.

Vale considerar, entretanto, que existem sítios ecológicos que precisam ser incluídos em UCs justamente por não serem completamente contemplados nas APPs de um determinado local. Um exemplo seria o próprio Parque Nacional da Serra da Canastra, que abriga inúmeras espécies endêmicas de fauna e flora. Por isso, a afirmação veemente da melhor opção APP ou UC para uma região dependerá de vários fatores, dentre eles a conciliação dos interesses ambientais e econômicos.

Entretanto, conforme o demonstrado por este e outros trabalhos, é inquestionável o papel fundamental das APPs na paisagem na formação de corredores ecológicos naturais ao longo de toda a bacia hidrográfica, interligando seus fragmentos entre si e com as suas UCs. Este aspecto das APPs é um ponto forte favorável ao Código Florestal Brasileiro de 1965 nas suas determinações originais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. E. X.; GOMES, D. D. M.; CRUZ, M. L. B. Mapeamento de uso do solo e degradação da cobertura vegetal do município de Senador Pompéu - CE, utilizando técnicas de classificação supervisionada. In: Seminário Latino Americano de Geografia Física, Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, VI, II, 2010. **Anais...** Coimbra: p. 1-10, 2010.

ALMEIDA, A. Q.; SANTOS, A. R.; PEZZOPANE, J. E. M. Comparação entre áreas de preservação permanente demarcadas de diferentes escalas topográficas. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, Vitória, ES, n. 3, p.1-8, 2007.

AMARAL, F. C. S. et al. Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 63. 95 p., 2004. Disponível em: <[http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/bpd63\\_2004\\_mapeamento\\_mg.pdf](http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/bpd63_2004_mapeamento_mg.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2010.

ASPIAZÚ, C.; ALVES, L. M.; VALENTE, O. F. Modelos digitais de terrenos: conceituação e importância. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p.27-36, Dez. 1990.

BACELLAR-SHITTINI, A. E. F. et al. Unidades de conservação na bacia do São Francisco: uma análise da representatividade de unidades da paisagem. In: Internacional Association of Landscape Ecology, I, 2007. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. CD-ROM. Disponível em: <[www.ibama.gov.br/zoneamento-ambiental/wp-content/.../resumo\\_iale07.pdf](http://www.ibama.gov.br/zoneamento-ambiental/wp-content/.../resumo_iale07.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2010.

BARBOSA et al. Mudanças na paisagem e uso do solo na área rural de Sobradinho, Uberlândia, MG. **Revista Caminhos de Geografia**, n. 7, v. 17, p. 180-191, 2006.

BARROS, R. S. **Avaliação da altimetria de modelos digitais de elevação obtidos a partir de sensores orbitais**. 2006. 172p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BIZARRO, B. M. et al. Uso e ocupação agropecuária no cerrado brasileiro: transformações da paisagem e seus impactos ambientais no Estado de Goiás. In: Encontro de geógrafos da América Latina, 12, 2009. Montevidéu: 2009. Disponível em: <<http://www.egal2009.com/>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

BRAGA, R. A. P. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na bacia do Corumbataí, SP**.

2005. 313 p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2005.

BRASIL. Leis e decreto, etc. **Presidência da República**. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006, Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente- APP. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc **Presidência da República**. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc **Presidência da República**. Lei Federal n.º 9.985, Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc. **Presidência da República**. Lei Federal n.º 9.433 de 08 de janeiro de 1997, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos... **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc. **Presidência da República**. Resolução CONAMA nº 09, de 24 de outubro de 1996, Define “corredores remanescentes” citado no artigo 7º do Decreto nº 750/93. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc. **Presidência da República**. Lei nº 7.803, de 18 de setembro de 1989, Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc. **Presidência da República**. Lei nº 7.511, de 07 de julho de 1986. Revogada pela Lei nº 7.803, de 18.7.1989, Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**

BRASIL. Leis e decreto, etc. **Presidência da República**. Lei Federal nº 4.771, Institui o Novo Código Florestal Brasileiro de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.**



BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia - MG, utilizando imagens ETM<sup>+</sup> / LANDSAT 7. **Revista Sociedade e Natureza**, v.17, n.32, p. 37-46, 2005.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Substitutivo adotado pela comissão especial. 2010.** Projeto de lei nº 1.876, de 1999. Comissão especial destinada a proferir parecer ao projeto de lei nº 1876, de 1999, do sr. Sérgio Carvalho, que "dispõe sobre áreas de preservação permanente, reserva legal, exploração florestal e dá outras providências" (revoga a lei n. 4.771, de 1965 – Código Florestal; altera a lei nº 9.605, de 1998). (Código Florestal Brasileiro). Disponível em: <[http://www.camara.gov.br/sileg/prop\\_detalhe.asp?id=482535](http://www.camara.gov.br/sileg/prop_detalhe.asp?id=482535)>. Acesso em: 20 set. 2010.

CAMARGO, F. F. et al. Acurácia posicional de MDE ASTER/Terra em área montanhosa. **Geomática**, Santa Maria, RS, v. 4, n. 1, p. 12-24, 2009.

CARVALHO, E. M.; PINTO, A. L.; SILVA, P. V. **A evolução do uso e ocupação do solo na bacia do córrego Porteira, Aquidauana, MS.** In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, I, 2006. Anais... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.438-446, 2006.

CARVALHO, L. M. T. et al. Qualidade ambiental, risco ambiental e prioridades para conservação e recuperação. In: SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D. (Ed.). **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais.** Lavras: Editora UFLA, 2008. 162 p. cap 2., p. 21-36. Disponível em: <[http://www.zee.mg.gov.br/zee\\_externo/](http://www.zee.mg.gov.br/zee_externo/)>. Acesso em: 20 fev. 2010.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S. (Ed.). **Atlas digital da flora nativa e Reflorestamentos de Minas Gerais.** Lavras: Editora UFLA, 2006. DVD-ROM 1. Atlas.

CENTRO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (CEDEF). **Shapefile de imagens RapidEye da bacia hidrográfica de Três Marias, MG.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA (CODEVASF). **Regiões Fisiográficas, Alto São Francisco.** 2006. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/recus>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

COURA, S. M. C. **Mapeamento de vegetação do estado de Minas Gerais utilizando dados Modis**. 2006. 129 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos: INPE, 2006.

CRIADO, R. C.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas: áreas de preservação permanente ao longo do canal principal no alto curso do rio Paranapanema – SP. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XIII, 2009. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. CD-ROM.

DESTRO, G. F. G. et al. Áreas de risco ambiental por barragens no Estado de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009. **Anais...** Natal: INPE, p. 5193-5200, 2009.

DRUMMOND, G. M. et al. Unidades de Conservação. In: DRUMMOND, G. M. et al. (Org.). **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, Inc. (ESRI). **ArcGIS. Professional GIS for the desktop**, versão 9.3.1 CA. 2009.

ERDAS IMAGINE. ERDAS Inc. **ERDAS IMAGINE**, versão 9.2. 2010.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. (Ed). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. cap. 7, p. 1- 36. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

GODINHO, A. L. Vida e trabalho do pescador profissional no Alto-Médio São Francisco. Centro de Transposição de Peixes (CTPeixes). **Peixes e Pesca no Rio São Francisco**, 30 out. 2001. Disponível em: <<http://www.sfrancisco.bio.br/index.html>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

GONÇALVES, A. B. **Delimitação automática das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra e cobertura vegetal na sub-bacia hidrográfica do rio Camapuã/Brumado**. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005. **Anais...** Goiânia: p. 3061-3068, 2005.

HUTCHINSON, M. F. **ANUDEM 5.2**. The Fenner School of Environment and Society. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base de dados dos municípios brasileiros**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 mar. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cartas topográficas e hidrográficas**: Abaeté, Araxá, Bambuí, Bom Despacho, Campos Altos, Capitólio, Dolores do Indaiá, Furnas, Lagoa da Prata, Luz, Piumhi, Rio Ajudas, Rio Piuí, São Gotardo, São Roque de Minas, Serra da Canastra, Serra da Guarita e Vargem Bonita. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades. Municípios de Minas Gerais**, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 mar. 2010.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Áreas protegidas estaduais**. 2010. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/areas-protegidas-estaduais>>. Acesso em: 25 ago. 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais**. Relatório Trimestral, 1 Trimestre de 2009. 93 p. Belo Horizonte: SEMAD, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Geração de Imagens, Satélites, LANDSAT. 2009. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS\\_LANDSAT.php](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LANDSAT.php)>. Acesso em: 22 nov. 2010.

KLINK, C. A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 147-154, 2005.

LANA, V. M. et al. Assinalamento de cotas às curvas de nível vetorizadas no ArcGIS pela ferramenta CalcContour. In: Simpósio de Integração Acadêmica, I, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. CD-ROM.

LIMA, C. A. et al. Comparação entre as bases hidrográficas e topográficas vetorizadas pelo IBGE e módulo ArcScan do ArcGIS. In: Simpósio de Integração Acadêmica, I, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. CD-ROM.

LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; GONÇALVES, W. Avaliação da efetividade de manejo das Unidades de Conservação de Proteção Integral em Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.4, p.647-653, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. **Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. Disponível em:  
<[http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search\\_pbl/1?q=Bacia%20hidrografica.](http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/1?q=Bacia%20hidrografica.)>. Acesso em: 22 abr. 2010.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p. Disponível em:  
<<http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2009.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. In: Workshop sobre monitoramento ambiental em áreas florestadas, I, 1996, Piracicaba. Memória. Piracicaba: **Série Técnica IPEF**, v.10, n. 29, p.11-21, 1996.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2007. 908 p.

MENDES, R.S.; VIOLA, Z.G.G. Impactos da mineração na qualidade das águas de rios da região de Três Marias, Minas Gerais, afluentes do rio São Francisco. In: Congresso de Ecologia do Brasil, VIII, 2007. **Anais...** Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007.

MENDONÇA et al. Adequação do uso do solo em função da legislação ambiental na bacia hidrográfica do Açude Jatobá, Patos-PB. **Revista Geografia**, Londrina, PR, v. 19, n. 2, p. 49-62, 2010. Disponível em:  
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>>. Acesso em: 20 dez. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Comitê da bacia hidrográfica do São Francisco. A bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. 2010. Disponível em:  
<<http://www.saofrancisco.cbh.gov.br/baciasf.aspx>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça Cíveis e de Tutela Coletiva**. 2010. Discute sobre as Propostas de Revisão do conteúdo da Resolução Conama 303/02 no que se refere à Área de Preservação Permanente em restinga, topo de morro e margem de rio (ver Anexos de I a III), Nota Técnica 037/2010 – Secretaria de Biodiversidade e Floresta/ Departamento de Florestas – Ministério do Meio Ambiente. São Paulo, 07 set. 2010. Disponível em:  
<[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/19371341/Parecer\\_Conama\\_303.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/19371341/Parecer_Conama_303.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Instrução Normativa nº 5, de 8 de setembro de 2009**. Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal instituídas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: relatório final**. Brasília: MMA, 2007. Edital PROBIO 02/2004. Projeto Executivo B. 02. 02. 109. Disponível em: <[http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/cerrado/documentos/relatorio\\_final.pdf](http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/cerrado/documentos/relatorio_final.pdf)>. Acesso em: 08 mar. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, 2006**. Downloads de dados geográficos. Ambiente Físico e Biodiversidade. Biodiversidade. Shapefiles. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 03 fev. 2010.

MIRANDA, E. E. et al. **Mapa da cobertura vegetal do Brasil**. Shapefile. Embrapa Monitoramento por Satélite - CNPM. 2002. Disponível em: <<http://www.cobveget.cnpm.embrapa.br/antecede/index.html>>. Acesso em: 08 mar. 2010.

NASCIMENTO, M. C. et al. Delimitação automática de áreas de preservação permanente (APP) e identificação de conflito de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Alegre. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2007. **Anais...** Goiânia: INPE, p. 2289-2296, 2005.

NOWATZIK, A.; SANTOS, L. J. C.; PAULA, E. V. Utilização do SIG na delimitação das áreas de preservação permanente (APP's) na bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, MG, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2010.

OBSERVATÓRIO SÓCIO-AMBIENTAL DO SÃO FRANCISCO. **Rio São Francisco sofre impacto ambiental com produção de carvão**, 24 jul. 2009. Disponível em: <<http://observatoriosaofrancisco.blogspot.com/2009/07/rio-sao-francisco-sofre-impacto.html>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

OLIVEIRA, F. S. et al. Identificação de conflito de uso do solo em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008.

OLIVEIRA, M. Z. et al. Delimitação de áreas de preservação permanente: um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII, 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 4119-4128, 2007.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Brasil já perdeu uma Venezuela em Cerrado: Área desmatada apenas em Goiás equivale a território do Paraná, indica monitoramento inédito por satélite, financiado pelo PNUD**, 14 set. 2009. Brasília. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/meio\\_ambiente/reportagens/index.php?id01=3306&lay=ma](http://www.pnud.org.br/meio_ambiente/reportagens/index.php?id01=3306&lay=ma)>. Acesso em: 16 abr.2010.

REGEMY DEVELOPMENT GROUP. Image Processing Division. National **Institute for Space Research (INPE), Brazil. Department of Electrical and Computer Engineering University of California, Santa Barbara, CA, USA**. 2010. Disponível em: <[regima@dpi.inpe.br](mailto:regima@dpi.inpe.br)>. Acesso em: 25 out. 2010.

RIBEIRO, C. A. A. et al. Áreas de preservação permanente: espaços (im)possíveis. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.6, Ed. Especial 2010, p.93-102, 2010.

RIBEIRO, C. A. A. S. et al. Delimitação automática de APPS: uma verdade inconveniente. In: Congresso Internacional de Direito Ambiental, 11, 2007. **Anais...** São Paulo: 2007.

RIBEIRO, C. A. A. S. et al. Modelos digitais de elevação hidrológicamente consistentes para a Amazônia Legal. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, II, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. CD-ROM

RIBEIRO, C. A. A. S. et al. O desafio da delimitação automática de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.2, p. 203-212, 2005.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, N. S.; SOARES, V. P. O sistema de informações geográficas para um Brasil mais verde: delimitação automática de áreas de preservação permanente. In: DISPERATI, A. A.; SANTOS, J. R. (Ed.). **Aplicações de Geotecnologias na Engenharia Florestal**, Curitiba, PR, p. 160-169, 2004. Copiadora Gabardo Ltda: 2004. 298 p.

RIBEIRO, L. Degradação ambiental afeta o lago de Três Marias (MG): Blitz da Promotoria Pública da Bacia do Rio São Francisco detecta destruição de nascentes e retirada de matas ciliares. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 15 abr. 2004. Disponível em: <[www.estaminas.com.br](http://www.estaminas.com.br)>. Acesso em: 10 mar. 2010.

ROSA, K. A. C.; JUNQUEIRA, R. A. C. Gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco. Mapeamento temático de uso da terra e cobertura vegetal no Alto São Francisco, Relatório Final. Brasília, 2002. 71 p.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de Conservação Brasileiras. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 27-35, 2005.

SERIGATTO, E. M. **Delimitação automática das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Sepotuba-MT**. 2006. 188f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SILVA, L. C. N.; FERNANDES, A. L. V.; OLIVEIRA, W. Análise do uso e ocupação do solo na microbacia Dom Tomaz no município de Três Lagoas – MS. In: Seminário de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o ciclo hidrológico, I, 2007. **Anais...** Taubaté: IPABHi, p. 325-330, 2007.

SOUZA, A. M. S. et al. **Proposta de instituição do comitê da bacia hidrográfica afluentes mineiros do Médio São Francisco (UPGRH-SF9)**. Diagnóstico Sócio-Econômico-Ambiental apresentado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, como pré-requisito de aprovação do comitê. Comissão Pró-Comitê, 2008. 35 p.

TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

VESTENA, L. R.; THOMAZ, E. L. Avaliação de conflitos entre áreas de preservação permanente associadas aos cursos fluviais e uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio das Pedras, Guarapuava-PR. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.2, n.1, p.73-85, 2006.

VICTORIA, D. C. et al. Delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morros para o território brasileiro. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.2, n.2, p. 66-72, 2008.

VIEIRA, F. C. S. et al. Evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 no município de Vitória, ES, utilizando imagens orbitais do satélite LANDSAT TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2005. **Anais...** Goiânia: INPE, p. 3943-3950, 2005.

YOUNG, A. F.; CARMO, R. L. Transformações na paisagem, mudanças no uso do solo e planejamento: o sensoriamento remoto como instrumento de análise no caso de Curitiba. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII, 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 5551-5559, 2007.