

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM
BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA
PREVENÇÃO DA PERDA DE SOLO POR EROSÃO

Fernanda da Silva Paes

Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática.

Agosto de 2010
Itajubá - MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Fernanda da Silva Paes

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM
BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA
PREVENÇÃO DA PERDA DE SOLO POR EROSÃO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Francisco Antônio Dupas.

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando das Graças Braga da Silva.

Agosto de 2010
Itajubá – MG

DEDICO E AGRADEÇO

Dedico esta dissertação e agradeço aqueles que me acompanharam nesta jornada,
Que comigo riram nos momentos de alegria,
Que comigo choraram nos momentos de dificuldades,
Mas, sobretudo, aqueles que não me deixaram desistir nos momentos de desilusão e fraqueza:

A minha família,

que me apoiou e deu base para que eu enfrentasse todas as dificuldades.

Ao meu namorado Anderson Fernando da Silva,

que com carinho extremo me apoiou e me acompanhou em cada passo.

Aos amigos do MEMARH,

em especial a Júlio César, Daniel Sperandelli, Carlos Wilmer, Jaime Coariti, Sara Emygdio, Vanessa Vieira, Geovana Coura, Lucas Lopes, Fernanda Luz e Tamara Fernandes, na qual compartilhei momentos de extrema felicidade e companheirismo.

Aos meus orientadores,

Francisco Antônio Dupas e Fernando das Graças Braga da Silva, pela competente orientação, e, sobretudo, pela amizade.

Aos meus amigos,

Rita de Cássia, Carla Batista, Ivo Gilberto, Luciane Francielli e Joyce Luana, que sempre me apoiaram.

Aos amigos do NEPA e da UNIFEI,

Graziela Rodrigues, Taciana Harui, Rogério Coli e Mônica Mota, por todo carinho, apoio e ensinamentos.

Aos professores da UNIFEI,

em especial a Nívea Adriana Dias Pons e Marcos Bernardes, pela amizade, pelos ensinamentos e pelas palavras de motivação ao longo de minha estada na UNIFEI.

Ao professor Dr. Alexandre Marco Silva - UNESP Sorocaba, pelos ensinamentos e contribuições em meu trabalho.

E a CAPES, pela bolsa de estudos a mim conferida.

Agradeço a **DEUS** por esta vitória e por ter colocado estas pessoas especiais em meu caminho.

RESUMO

PAES, F. S. **Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão.** Itajubá: UNIFEI, 2010. 73 p. Dissertação (Mestrado em meio ambiente e recursos hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, UNIFEI, Itajubá, 2010.

O presente trabalho objetivou a simulação da perda de solo para cenários estabelecidos em função da análise da integridade de Áreas de Preservação Permanente, visando observar o papel de tais áreas mediante a prevenção e atenuação de processos erosivos. Os cenários foram implementados através da aplicação do modelo empírico EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) em ambiente do SIG *Idrisi Andes*, tendo como área de estudo as bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG. Para tal foi constituído um banco de dados, contemplando os fatores da EUPS e a delimitação das APP's, utilizando-se imagens do satélite ALOS – sensor AVNIR-2 e cartas topográficas abrangendo a área de estudo. Os métodos e técnicas foram respaldados pelas legislações federal e estadual pertinentes, assim como por material bibliográfico referente aos procedimentos a serem aplicados na determinação da EUPS e na delimitação de APP's em ambiente SIG. A modelagem dos cenários foi efetuada com o auxílio da ferramenta álgebra de mapas, disponibilizada pelo SIG *Idrisi Andes*, na qual as matrizes numéricas que expressam cada termo da equação foram multiplicadas entre si, apresentando resultados para cada unidade territorial básica, no caso, para uma resolução espacial de 10m. Os resultados demonstraram que a recuperação das APP's constitui-se em medida essencial ao planejamento de uso do solo adequado na área em estudo, contribuindo de maneira efetiva para a melhoria do equilíbrio morfopedológico na mesma. O avanço das práticas agrícolas (com destaque para a cultura do café) e dos pastos em áreas de APP's foi claramente definido pelos mapeamentos efetuados e, considerando a não utilização de práticas conservacionistas, há um agravamento quanto ao risco de perdas de solos. Em contrapartida, observando-se os cenários com as APP's preservadas, fica nítida a redução da perda de solo na área de estudo, indicando que, quando tais áreas encontram-se devidamente resguardadas, estas cumprem com a sua função de atenuação da erosão e, por consequência, com as demais funções que integram seu objetivo legal de manutenção dos ecossistemas. A redução de áreas com perda de solo considerada alta apresentou-se significativa, pois grande parte das APP's em estudo encontram-se espacialmente contextualizadas em pontos frágeis quanto à erosão. As APP's ao longo dos cursos d'água foram as mais representativas na área de estudo e exerceram um importante papel sobre a redução das perdas de solo. Também as APP's em topos de morro e linhas de cumeada, em função da topografia da área de estudo, proporcionaram substancial redução nas perdas. Já as APP's em declives superiores a 45°, por representarem uma pequena porção da bacia, apresentaram uma baixa influência na perda de solo, mantendo-se praticamente nos mesmos níveis do uso e cobertura atual do solo. Frente a estes resultados, ressalta-se que qualquer modificação na legislação vigente deve ser respaldada pelo conhecimento científico, contemplando as particularidades apresentadas por cada bioma do país, de forma a definir limites e restrições de uso adequados.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente, Equação Universal de Perda de Solo, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental.

ABSTRACT

PAES, F. S. **Areas for Permanent Preservation in watersheds and their importance in the prevention of the loss of ground for erosion.** Itajubá: UNIFEI, 2010. 73 p. Dissertação (Mestrado em meio ambiente e recursos hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, UNIFEI, Itajubá, 2010.

This work had as objective the simulation of loss of soil in scenarios established in function of the integrity of Areas for Permanent Preservation, aiming observe the role of these areas through the preservation and attenuation of erosion processes. The scenarios were implemented through the use of the empirical model USLE (Universal Soil Loss Equation) in the environment of SIG Idrisi Andes, having as areas of study the watersheds which compose the Santa Rita do Sapucaí City – Minas Gerais State. In order to do that, it was made one data base, contemplating the components of USLE and the delimitations of Areas for Permanent Preservation, using the images of ALOS satellite – sensor AVNIR-2 and the topographic maps of study area. The methods and techniques were confirmed by federal and state law as well as by the bibliographical material regarding to procedures to be applied in the determination of USLE and the delimitation of Areas for Permanente Preservation in GIS software. The modeling was performed with the assistance of the calculation maps tool, available by GIS Idrisi Andes, in which the numerical matrixes which express each term of equation were multiplied one with other, presenting results to each basic territorial unit, in this case, to the spatial resolution of 10 meters. The results demonstrated that the recuperation of Areas for Permanent Preservation is essential to the planning of the correct use of soil in the area of study, contributing effectively to the improvement of morphopedological equilibrium. The advance of agricultural practices (with prominence to coffee crop) and the pasture in Areas of Permanente Preservation was clearly defined by the mapping done and, considering the non-utilization of conventional practices, there is an aggravating in relation to risk of soil loss. On the other rand, observing the scenarios with Areas for Permanent Preservation with are preserved, it is clear the reduction of soil loss in the study area, indicating that, when these areas are duly conserved, they comply with the function of attenuation of erosion and, in consequence, with the other functions that integrated the legal objective of ecosystems' preservation. The reduction of areas with loss of soil considered high was significant, because in the major part of Areas for Permanent Preservation in study, they were space contextualized in fragile locations in relation to erosion. The Areas for Permanent Preservation along the water courses are the most representatives in the area of study and exerted an importante roll in the reduction of soil. Also, the Areas for Permanent Preservation around the tops of mountain and peak lines, in function of the topography of the area in study, provided an importante redution in the loss. On the other hand, the Areas for Permanent Preservation in areas sloper than 45 degrees, because they represent a small portion of the basin, they presented a low influence in soil loss, keeping almost the same levels of use and present covering of soil. In front of these results, it is emphasized that any modification in the legislation in force must be polished by scientific knowledge, contemplating the peculiarities presented by each bioma of the country, in the way to define limits and restrictions of correct use.

Key words: Areas for Permanent Preservation, Universal Soil Loss Equation, Geographic Information System, Environmental Planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consequências do uso inadequado do solo e benefícios da prevenção à erosão.....	22
Figura 2 - Localização das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.....	29
Figura 3 - Fluxograma simplificado dos procedimentos.....	32
Figura 4 - Delimitação de APP em topo de morro à partir do conceito de FROA.....	39
Figura 5 - Distribuição da erosividade e percentual acumulado.....	40
Figura 6 - Mapa pedológico das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.....	42
Figura 7 – Mapa de classes hipsométricas das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.....	44
Figura 8 - Fator LS para as bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.....	45
Figura 9 - Cobertura do solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.....	47
Figura 10 - APP's das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.....	49
Figura 11 – Uso conflitivo do solo em Áreas de Preservação Permanente.....	50
Figura 12 - Cenário 1: Potencial Natural de Erosão (classificação interpretativa de PNE citada por SILVA, 2008).....	52
Figura 13 - Cenário 1: Potencial Natural de Erosão (classificação interpretativa de perda de solo estabelecida pela FAO, 1967).....	53
Figura 14 - Cenário 2: Perda de solo com o uso e cobertura atual.....	55
Figura 15 - Cenário 3: Perda de solo com o uso e cobertura atual considerando APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes preservadas.....	56
Figura 16 - Cenário 4: Perda de solo com o uso e cobertura atual considerando APP's em declives superiores a 45° preservadas.....	57
Figura 17 - Cenário 5: Perda de solo com o uso e cobertura atual considerando APP's em topos de morros e linhas de cumeada preservadas.....	58
Figura 18 - Cenário 6: Perda de solo com o uso e cobertura atual considerando todas as APP's preservadas.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de C em função das classes de uso e ocupação do solo.....	36
Tabela 2 - Classes interpretativas de erosividade da chuva.....	41
Tabela 3 - Classes interpretativas de erodibilidade dos solos.....	41
Tabela 4 - Ocorrência das classes do fator LS.....	43
Tabela 5 - Cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente.....	48
Tabela 6 - Potencial Natural de Erosão e Cenários de Perda de Solo.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DEPRN – Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais

EUPS – Equação Universal de Perda de Solo

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FROA – Forma de Relevô Objeto de Análise

GPS – Global Positioning System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MUSLE – Modified Universal Soil Loss Equation

NEPA – Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática

NUMMARH – Núcleo de Modelagem e Simulação em Meio Ambiente e Recursos e Sistemas Hídricos

PNE – Potencial Natural de Erosão

RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation

SIG – Sistema de Informação Geográfica

USLE – Universal Soil Loss Equation

SUMÁRIO

	RESUMO.....	i
	ABSTRACT.....	ii
	LISTA DE ILUTRAÇÕES.....	iii
	LISTA DE TABELAS.....	iv
	LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1	Processos Erosivos e Vulnerabilidade Ambiental: Delineando a Problemática da Perda de Solo.....	13
3.1.1	<i>Definição e Descrição dos Processos Erosivos.....</i>	<i>13</i>
3.1.2	<i>Modelos de Predição de Perda de Solo: Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).....</i>	<i>15</i>
3.1.3	<i>O Papel das Principais Variáveis que Interagem no Processo de Perda de Solos por Erosão Hídrica.....</i>	<i>17</i>
3.2	Áreas de Preservação Permanente: Instrumentos de Prevenção à Erosão.....	23
3.2.1	<i>Delineamentos legais.....</i>	<i>23</i>
3.2.2	<i>APP's e atenuação das perdas de solos.....</i>	<i>26</i>
3.3	Geoprocessamento: instrumento na definição do processo de perda de solo e no delineamento de cenários conservacionistas.....	27
4	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.1	Localização.....	29
4.2	Caracterização Fisiográfica.....	30
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
5.1	Materiais.....	31
5.2	Métodos.....	31
5.2.1	<i>Determinação dos fatores da EUPS.....</i>	<i>33</i>
5.2.2	<i>Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.....</i>	<i>36</i>
5.2.3	<i>Simulação dos cenários de perda de solo.....</i>	<i>39</i>
6	RESULTADOS E ANÁLISES.....	40
6.1	Obtenção dos fatores da EUPS.....	40
6.1.1	<i>Fator R – Erosividade da Chuva.....</i>	<i>40</i>
6.1.2	<i>Fator K – Erodibilidade do Solo.....</i>	<i>41</i>
6.1.3	<i>Fator LS – Topográfico.....</i>	<i>43</i>
6.1.4	<i>Fatores CP – Cobertura e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas.....</i>	<i>46</i>
6.2	Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente.....	48
6.3	Cenários de Perda de Solo.....	51
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A perda de solo, com a conseqüente formação de processos erosivos, constitui-se em um dos maiores problemas ambientais mundiais. Suas conseqüências abrangem desde a perda da camada fértil do solo até a completa descaracterização física e biológica do terreno acometido, afetando as espécies que o habitam, causando riscos socioambientais e desutilizando-o economicamente.

Segundo a FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2000), uma das principais causas da degradação do solo é a prática de métodos inadequados em seu preparo e plantio, resultando em sua rápida deterioração física, química e biológica e conseqüente deterioração ambiental e queda na produtividade agrícola.

As diversas atividades antrópicas desenvolvidas no solo afetam o equilíbrio dinâmico aí existente, e, por este fato, as diversas práticas de manejo e conservação do solo tornam-se indispensáveis mediante a prevenção e atenuação da erosão. Portanto, para combater os efeitos pontuais da erosão do solo torna-se essencial a compreensão das taxas de perda de solo, bem como a identificação dos principais fatores de controle que aumentam ou retardam tais processos (BRHANE & MEKONEN, 2009; ZHANG et al., 2009; GITAS et al., 2009; GASPARI et al., 2009; ROUSSEVA, 2003; MORETI et al., 2003).

Neste sentido, a associação entre técnicas de geoprocessamento e o modelo de predição de perda de solo EUPS, implementado por Wischmeier & Smith (1978), tem sido amplamente utilizada para simular a intensidade de ação dos principais fatores de influência nas perdas de solo por erosão laminar, permitindo contextualizar cenários em função do uso e manejo do solo e da aplicação de práticas conservacionistas.

Por outro lado, o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, alterada pela Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989) instituiu um importante instrumento na prevenção e atenuação da perda de solo - as Áreas de Preservação Permanente (APP's) - que foram criadas com a função, entre outras, de proteger o solo, tendo sua espacialização definida em áreas consideradas de maior fragilidade dentro dos ecossistemas (em topos de morros, em linhas de cumeada, ao redor de rios e nascentes, em declives superiores a 45°, entre outras), devendo, por isso, permanecerem cobertas por vegetação (nativa ou não) e ressalvadas de qualquer uso (salvo exceções).

Neste contexto, tendo em vista que as Áreas de Preservação Permanente possuem importantes funções frente a manutenção dos ecossistemas e dos serviços ecológicos por eles prestados, e assumindo-se que estas tenham influência na atenuação da perda de solo e consequente redução de processos erosivos, este trabalho propõe a simulação da perda de solo para cenários que visam avaliar a efetividade das APP's na redução da perda de solo, tendo como área de estudo as bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí - MG.

Os resultados permitirão indicar qual cenário tem participação mais significativa na minimização da perda de solo decorrente das diversas atividades antrópicas desenvolvidas nas referidas bacias hidrográficas, subsidiando o planejamento de uso do solo e direcionando ações de recuperação de APP's frente ao que determinam as legislações federal e estadual vigentes.

Esta pesquisa está vinculada ao projeto de Políticas Públicas intitulado “Uso atual e potencial do solo no município de São Carlos, SP – base do planejamento urbano e regional”, processo n. 98/10924-3 da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). No ANEXO 1, além de outros projetos de apoio ao tema, é mostrada a estrutura dos trabalhos desenvolvidos e em desenvolvimento relacionados ao tema planejamento de bacias hidrográficas dentro do manancial do ribeirão do Feijão (São Carlos, SP) e de outros locais.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo geral avaliar o papel das Áreas de Preservação Permanente enquanto atenuadoras da erosão através da predição da perda de solo para diferentes cenários de integridade das referidas APP's, tendo em vista auxiliar o planejamento de uso do solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí - MG.

Como objetivos específicos buscou-se:

- Determinar os fatores de influência na perda de solo para a aplicação da EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) para a referida área de estudo;
- Delimitar as Áreas de Preservação Permanente da área supracitada, de acordo com as normas estabelecidas pelas legislações federal e estadual vigentes;
- Aplicar o modelo de perda de solo EUPS para diferentes cenários de integridade das APP's na área de estudo;
- Gerar informações que auxiliem e direcionem o planejamento do uso do solo e de recuperação das Áreas de Preservação Permanente nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí - MG.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão de literatura para os termos abordados pelo presente trabalho. O item 3.1 disserta sobre o desencadeamento dos processos erosivos, em especial os de origem hídrica, os modelos de predição de perda de solos e o papel das variáveis de influência em sua ocorrência. O item 3.2 disserta sobre as Áreas de Preservação Permanente, abordando sua definição, importância na atenuação do processo de perda de solos e as normatizações legais federais e estaduais que norteiam a sua definição e delimitação. E o item 3.3 disserta sobre a utilização de Geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto como instrumentos na elaboração de bases de dados em auxílio ao processo de modelagem.

3.1 Processos Erosivos e Vulnerabilidade Ambiental: Delineando a Problemática da Perda de Solo

3.1.1 Definição e descrição dos processos erosivos

A erosão pode ser entendida como o processo de desagregação, transporte e arraste acelerado de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, através da ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais), constituindo-se na principal causa do depauperamento acelerado das terras (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; BITAR, 1995; ARAUJO et al., 2005; BABAN & YUSOF, 2001).

Os processos erosivos, quando abordados sob o aspecto geológico ou natural, são responsáveis pela esculturação da crosta terrestre, constituindo-se em processos de longa duração, ocorrendo de forma gradual e lenta, em equilíbrio com a formação do solo. Porém, quando tais processos sofrem a interferência antrópica, estes passam a ocorrer de forma acelerada, em desequilíbrio com o processo de pedogênese (BITAR, 1995; GOMES, 2006; MELLO, 2007).

Dessa forma, um sistema apresenta-se em desequilíbrio quando a morfogênese (erosão) predomina sobre o processo de pedogênese (formação dos solos), caracterizando um meio ecodinâmico instável. Tal desequilíbrio associa-se a condições naturais, como mudanças climáticas e estruturais, ou pela intervenção humana (TRICART, 1977).

As causas da degradação do solo são complexas e têm natureza e dimensões diversas, dependendo de peculiaridades de diferentes países, sendo influenciada pela ação combinada

de fatores naturais e sócio-econômico-culturais. Portanto, combater os efeitos pontuais da erosão do solo exige a compreensão das taxas de perda de solo, bem como a identificação dos principais fatores de controle que aumentam ou retardam tais processos (BRHANE & MEKONEN, 2009; ZHANG et al., 2009; GITAS et al.; 2009; GASPARI et al., 2009; ROUSSEVA, 2003; MORETI et al., 2003).

Apesar de constituir-se em um problema mundial, a erosão dos solos ocorre de forma mais séria em locais com elevado índice de precipitação. No Brasil, principalmente nas regiões mais úmidas, a erosão hídrica tem gerado grandes preocupações em função de sua capacidade de desprendimento e transporte de material erodido (RUHOFF, 2004; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A erosão pluvial ocorre em função da ação da água da chuva que chega ao solo diretamente pelo impacto das gotas de chuva (*splash*), ou indiretamente após ser interceptada pela vegetação, promovendo o transporte de partículas de solo em suspensão e dos elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal. Tal processo é favorecido pelo manejo inadequado do solo, podendo ocorrer de forma linear ou laminar, ou as mesmas ocorrerem de forma simultânea no mesmo terreno (FLORENZANO, 2008; BOTELHO, 1999).

Segundo Florenzano (2008), tal processo pode ser sub-dividido em três estágios:

- Salpicamento (*splash*): inicia-se através do impacto das gotas de chuva no solo, podendo causar a remoção ou ruptura dos agregados, selando o topo do solo e, conseqüentemente, formando crostas;
- Formação de poças (*ponds*): formam-se na superfície (em pequenas depressões) à medida em que o solo torna-se saturado devido a infiltração da água, antecedendo o escoamento superficial;
- Escoamento superficial (*runoff*): é o processo responsável pela formação de processos erosivos de superfície. Ocorre devido ao escoamento da água acumulada nas depressões do terreno ao longo das vertentes devido a saturação do solo. Inicialmente o fluxo é difuso, provocando a erosão laminar. Quando começa a concentração do fluxo de água, ocorre o desenvolvimento da erosão linear.

A erosão linear ocorre em função da concentração de linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma

de sulcos, que podem evoluir por aprofundamento a ravinhas ou, se houver influência de fluxos de água subsuperficiais, podem evoluir para voçorocas (BITAR, 1995).

A erosão laminar ocorre em função do escoamento superficial difuso da água, que resulta na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo. Por constituir-se na remoção de camadas delgadas de solo sobre toda uma área, esta torna-se dificilmente perceptível, podendo ser constatada na medida em que as raízes das plantas começam a ser expostas a superfície, indicando a profundidade da camada de solo que foi arrastada, assim como pela perda da produtividade agrícola e pela coloração mais clara do solo (BITAR, 1995; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; FERREIRA, 2005).

As perdas de solo por erosão laminar são deflagradas por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos, tais como: a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solo (GUERRA & BOTELHO, 1999).

Entre os efeitos negativos da erosão hídrica pode-se destacar: a remoção da camada superficial do solo, reduzindo a camada arável; a redução nos teores de matéria orgânica, na disponibilidade de nutrientes e na diversidade microbiana, na taxa de infiltração, no armazenamento e movimento de água e ar no solo, assim como a degradação da estrutura e o aumento da sedimentação. Tais fatores têm influência direta nas funções do solo, interferindo em sua capacidade reguladora da qualidade ambiental e no fornecimento de condições adequadas à produtividade das culturas (FERREIRA, 2005). Concomitantemente, pode haver o carreamento de poluentes junto aos sedimentos transportados, ocasionando a contaminação dos corpos d'água e, assim, afetando a qualidade da água, o habitat aquático e o sistema hidrológico como um todo (ZHANG et al., 2009).

3.1.2 Modelos de Predição de Perda de Solo: Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

Chorley (1975) define um modelo como uma estrutura simplificada da realidade, apresentando, de forma generalizada, características ou relações importantes. Assim, constituem-se em aproximações altamente subjetivas, pois não incluem todas as observações ou medidas associadas, porém, são valiosos, pois permitem a representação de aspectos fundamentais da realidade.

Dessa forma, de acordo com Skilling (1964) apud Chorley (1975), um modelo pode ser uma teoria, uma lei, uma hipótese ou uma idéia estruturada. Pode ser uma função, uma relação ou uma equação. Pode ser uma síntese de dados. E, mais importante do ponto de vista

geográfico, pode incluir também argumentos sobre o mundo real por meio de representações no espaço (para produzir modelos espaciais) ou no tempo (para produzir modelos históricos).

Os estudos de erosão hídrica laminar contam hoje com modelos de predição, distribuídos ou não, que permitem um melhor planejamento do uso e ocupação do solo. A utilização de equações empíricas para avaliar as perdas de solo em uma área cultivada vem se tornando indispensável para o planejamento conservacionista (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; ROUSSEVA, 2003; ZHANG et al., 2009).

A primeira equação visando avaliar as perdas de solo foi desenvolvida por Zingg, em 1940, a qual contemplou parâmetros topográficos, relacionando a intensidade de perdas de solo com o comprimento e grau de declive do terreno. À partir de então várias foram as tentativas de aprimoramento, a exemplo da Equação de Musgrave em 1946, de Smith & Whitt em 1948, de Hudson em 1961 e de Stocking & Elwell em 1977) (WISHMEIER & SMITH, 1978; BAPTISTA, 2003; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

O desenvolvimento das equações supracitadas subsidiou o trabalho de Wischmeier & Smith, em 1978, culminando no modelo denominado USLE – Universal Soil Loss Equation. Tal modelo permitiu a superação de restrições climáticas ou geográficas próprias dos primeiros modelos, possibilitando aplicações generalizadas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

No Brasil, os primeiros trabalhos envolvendo a EUPS foram desenvolvidos por Bertoni & Lombardi Neto, na década de 70, utilizando os dados existentes para as condições do estado de São Paulo. À partir de então, diversos autores vêm avaliando os fatores da equação para outras regiões (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Apesar do surgimento constante de modelos mais robustos e de adaptações da USLE, tais como a MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) e a RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), a USLE ainda constitui-se em um dos modelos mais aceitos e utilizados atualmente, já que apresenta uma demanda de dados e estrutura mais modesta e simples, adequando-se a situações muito comuns onde a disponibilidade de dados constitui-se em fator limitante para a realização de pesquisas mais detalhadas (ROUSSEVA, 2003; SOONEVELD & NEARING, 2003; GITAS et al., 2009; JAIN & KOTHYARI, 2001).

Tal modelo permite que os planejadores prevejam a taxa média de erosão do solo para cada combinação alternativa viável de sistema de cultivo e práticas culturais, em associação com um determinado tipo de solo, regime de chuvas e topografia (WISCHMEIER & SMITH,

1978), propiciando a simulação de cenários que auxiliem o planejamento e manejo do uso do solo tendo em vista a minimização das perdas de solo.

Assim, a EUPS considera a ação dos principais fatores de influência nas perdas de solo, sendo eles: fatores naturais - erosividade da chuva, erodibilidade dos solos e topografia (declividade e comprimento de rampa) e fatores antrópicos - cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas. Dessa forma, a estrutura do modelo EUPS é definida pela equação 1:

$$A = R * K * LS * CP \quad (1)$$

Na qual: A = perda de solo, em (t.ha⁻¹.ano⁻¹); R = fator de erosividade da chuva, em (MegaJoule.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); K = fator de erodibilidade do solo, em (t.h.ha.MegaJoule⁻¹.ha⁻¹.mm⁻¹); L = fator de comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional); S = fator de declividade, com base nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional); C = fator de uso e manejo (adimensional); e P = fator de práticas conservacionistas (adimensional).

3.1.3 *O papel das principais variáveis que interagem no processo de perda de solo por erosão hídrica*

■ *A ação da precipitação*

A chuva constitui-se em um dos fatores climáticos de maior relevância na erosão dos solos. A água da chuva provoca a erosão através do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e através do escoamento da enxurrada. Sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, assim como de sua intensidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; FAO, 2000; BITAR, 1995; GALETI, 1985).

Durante uma chuva muito forte, milhares de milhões de gotas de chuva impactam cada hectare de terreno, desprendendo as partículas do solo. Se o terreno for descoberto de vegetação, o desprendimento de partículas é ainda mais intenso. Assim, as gotículas podem contribuir para a erosão de várias maneiras: 1) soltando e quebrando as partículas do solo no local onde sofre o seu impacto; 2) transportando as partículas; e 3) fornecendo energia

cinética na forma de turbulência a água na superfície (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; FAO, 2000).

Dessa forma, pode-se destacar três características fundamentais da precipitação que influem na sua capacidade de erodir o solo: a intensidade, a distribuição e a quantidade. Maiores volumes e maiores velocidades de precipitação aumentam a capacidade tanto de desprender como de transportar as partículas de solo. Da mesma forma, chuvas mais intensas promovem maiores enxurradas e, portanto, são mais erodíveis, assim como a ocorrência de chuvas em intervalos menores são mais erodíveis que aquelas caídas a intervalos maiores (GALETI, 1985; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Na EUPS o índice que expressa a erosividade da chuva é conhecido como fator R, podendo ser entendido como a avaliação numérica da capacidade de um evento de precipitação erodir os solos de uma área desprotegida (BITAR, 1995). Assim, a erosividade pode ser definida como a quantidade de precipitação que cai em forma contínua, em um período mais ou menos longo, individualizada através de suas características de duração, frequência e, principalmente, intensidade, nas quais influem diretamente no volume e velocidade da enxurrada. Dessa forma, quanto maior a intensidade da chuva, maior a perda por erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

■ *As características do solo*

Alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença, devida às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A erodibilidade do solo constitui-se em uma importante variável na predição da erosão e no planejamento do uso do solo, sendo uma propriedade complexa composta pela sua capacidade de infiltração e pela sua capacidade de resistir à fragmentação e transporte de sedimentos pela precipitação e pelo escoamento superficial (BAPTISTA, 2003).

As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são aquelas que: (1) afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água e (2) resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento. Assim, destacam-se principalmente a estrutura, a textura, a permeabilidade e a densidade, assim como características químicas e biológicas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A textura se refere ao tamanho das partículas que compõem o solo, influenciando na quantidade de solo arrastado pela erosão, sendo definida pela proporção relativa das frações areia, silte e argila (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; FAO, 2000).

A textura afeta praticamente todos os fatores que regulam o crescimento das plantas. Solos de textura fina influenciam o movimento e disponibilidade de umidade, aeração, disponibilidade de nutrientes e a resistência à penetração de raízes. Também influencia as propriedades físicas relacionadas com a susceptibilidade do solo à degradação, tais como a estabilidade de agregados. Assim, solos arenosos, com espaços porosos grandes, absorvem maior quantidade de água, porém, sua baixa coesão pode facilitar a desagregação. Por outro lado, em solos argilosos, cujos espaços porosos são menores, há menor penetração da água, favorecendo o escoamento superficial, porém, sua maior coesão lhe confere maior resistência à erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; FAO, 2000).

A estrutura se refere ao modo na qual se arranjam as partículas de solo, interferindo na quantidade de solo arrastado pela erosão. Dois aspectos são importantes neste contexto: a propriedade físico-química da argila, fazendo com que os agregados permaneçam estáveis em presença de água; e a propriedade biológica conferida pela abundância de matéria orgânica em estado de ativa decomposição. Tais características conferem maior estabilidade aos agregados, reduzindo a erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Na EUPS a erodibilidade do solo é representada pelo Fator K, que busca quantificar a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais (LIMA et al., 2006; CARVALHO, 1994).

■ *A topografia*

A influência da topografia do terreno na intensidade erosiva verifica-se principalmente pelo comprimento de rampa e pela declividade, sendo que tais fatores interferem diretamente na velocidade das enxurradas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

O comprimento de rampa influi diretamente na perda de solo, partindo-se do princípio de que rampas muito extensas podem proporcionar escoamentos com velocidades mais elevadas (BAPTISTA, 2003). Assim, quanto maior o comprimento de rampa, maior a acumulação de enxurrada, maior a velocidade de escoamento e, conseqüentemente, maior a erosão (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999; FAO, 2000).

A declividade é entendida como o ângulo de inclinação do terreno, e sua importância na predição de perda de solo por erosão laminar está associada ao aumento da velocidade de escoamento superficial. Assim, ângulos maiores provocam o aumento da velocidade de escoamento e, com isso, a energia cinética da água provoca maior erosão (BAPTISTA, 2003; FAO, 2000).

Na EUPS a interferência da topografia sobre a ocorrência de processos erosivos é determinada pelo Fator LS, onde L se refere ao comprimento de rampa e S ao grau de declive. Tal fator exprime a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação as perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25m de comprimento com 9% de declive (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

■ *A importância da cobertura e manejo na proteção do solo*

A cobertura vegetal constitui-se em uma defesa natural de um terreno contra a erosão, sendo que, um solo desprovido de cobertura vegetal é, em geral, mais susceptível à erosão do que um solo recoberto. A proteção desse solo depende basicamente do estágio de crescimento e desenvolvimento da vegetação associada à sequência de culturas e ao manejo (BITAR, 1995; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993).

Entretanto, se a área estiver cultivada, tais perdas serão reduzidas devido à proteção que a cultura oferece ao solo. Essa redução depende das combinações de cobertura vegetal, sequência de cultura e práticas de manejo. Depende também do estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura durante o período das chuvas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Assim, pode-se destacar três níveis de proteção que podem ser oferecidos pela cobertura vegetal, de acordo com suas características: amortecimento das gotas de chuva ao nível da copa (galhos, folhas, etc...); amortecimento das gotas de chuva ao nível do solo, dificultando o caminamento da água através da serrapilheira e a estabilização dos solos conferida pelas raízes, dificultando seu arraste e favorecendo a infiltração da água (GALETI, 1985).

Na EUPS a influência da cobertura e manejo do solo sobre as perdas de solo é definida pelo Fator C, que consiste na relação esperada entre as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e outro mantido continuamente cultivado (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

■ *A influência das práticas conservacionistas na atenuação das perdas de solo*

Existe uma ampla gama de práticas e procedimentos que podem ser utilizados no controle de processos erosivos, envolvendo não somente aspectos estruturais, mas também sistemas agrícolas e/ou associações de plantas (GALETI, 1985). A escolha das práticas de prevenção à erosão é feita em função dos aspectos ambientais (características do solo, clima, estado e situação da gleba) e sócio-econômicos de cada propriedade e região (GALETI, 1985; CEPLAC, 2010).

Cada prática, aplicada isoladamente, previne apenas de maneira parcial o problema, sendo necessária a associação de um conjunto de práticas para se obter resultados satisfatórios (GALETI, 1985; CEPLAC, 2010). Algumas das principais práticas de conservação do solo são descritas abaixo (CEPLAC, 2010):

- **Plantio em nível ou contorno:** consiste no método na qual todas as operações de preparo do terreno são realizadas em nível, criando-se obstáculos à descida da enxurrada e, dessa forma, reduzindo a velocidade de arraste e aumentando a infiltração da água no solo;
- **Cultivo de acordo com a capacidade de uso:** é o uso do solo levando-se em consideração a sua aptidão agrícola, pressupondo a disposição adequada de florestas/reservas, cultivos perenes, cultivos anuais, pastagens, etc., de forma a racionalizar o aproveitamento do potencial das áreas e sua conservação;
- **Reflorestamento:** áreas muito susceptíveis à erosão e de baixa capacidade de produção (tais como nascentes de rios, topos de morros e/ou margens de cursos d'água) devem ser mantidas recobertas com vegetação permanente;
- **Plantas de cobertura:** tem por objetivo manter o solo coberto no período chuvoso, reduzindo os riscos de erosão e melhorando as suas condições físicas, químicas e biológicas;
- **Pastagem:** o manejo racional das pastagens pode representar uma grande proteção contra os efeitos da erosão. O pasto mal conduzido, pelo, contrário, torna-se uma das maiores causas de degradação de terras agrícolas;
- **Cordões de vegetação permanente:** são fileiras de plantas perenes de crescimento denso, dispostas em contorno.

Nas Figuras 1A e 1B estão representadas as consequências do uso inadequado do solo e os benefícios ambientais e sócio-econômicos da prevenção à erosão através da utilização de práticas conservacionistas.



1A. 1) Terreno desmatado. 2) Terreno cultivado morro abaixo. 3) Assoreamento de rios e açudes. 4) Erosão com voçoroca invadindo terras cultivadas. 5) Êxodo rural. 6) Lavouras cultivadas sem proteção. 7) Pastagem exposta à erosão. 8) Inundação.



1B. 1) Terreno com exploração florestal. 2) Terreno cultivado em curvas de nível e outras práticas conservacionistas. 3) Rios e açudes livres de assoreamento. 4) Cultivo com práticas conservacionistas. 5) Desenvolvimento de comunidades agrícolas. 6) Áreas de pastagens protegidas contra erosão. 7) Áreas de pastagens protegidas. 8) Inundações controladas e áreas agrícolas reaproveitadas.

Figura 1 - Consequências do uso inadequado do solo (1A) e benefícios da prevenção à erosão (1B) (Fonte: CEPLAC, 2010).

Na EUPS a influência das práticas conservacionistas na perda de solo é expressa pelo Fator P. Segundo Stein et al. (1987) apud Baptista (2003), quando o objetivo do trabalho for definir formas mais adequadas de produção agrícola, minimizando os impactos gerados sobre o meio físico, as variáveis antrópicas da EUPS devem ser tratadas separadamente. Porém, quando se busca a espacialização dos fenômenos pelo geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P podem ser analisados, não mais em função do estágio de desenvolvimento da cultura, mas sim pelo uso e ocupação do solo e são expostos na forma integrada CP.

3.2 Áreas de Preservação Permanente: Instrumentos de Prevenção à Erosão

3.2.1 Delineamentos Legais

Este item versa sobre a abordagem legal das Áreas de Preservação Permanente nas esferas federal e estadual, especificamente pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) e pela Legislação Florestal do Estado de Minas Gerais (Lei nº 10.561, de 27 de dezembro de 1991) e suas respectivas alterações. Também são abordadas as Resoluções do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, que dispõem sobre a definição e parâmetros de delimitação das APP's.

■ Legislação Federal

O Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, através de seus artigos 2º e 3º (salvas as suas respectivas modificações introduzidas pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989), faz considerações a respeito das formações naturais consideradas como Áreas de Preservação Permanente e suas respectivas destinações.

Para efeito de tal Lei, considera-se como Área de Preservação Permanente:

área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, 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.

Dessa forma, de acordo com o Código Florestal Brasileiro e as modificações dadas pela Lei nº 7.803 de 18/07/1989, constituem-se APP's de interesse na realização do presente trabalho, as florestas e demais formas vegetais situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:
 1. de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 2. de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 3. de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4. de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 5. de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d'água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
 - 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.

O Art. 3º da mesma Lei versa sobre outras formas de Áreas de Preservação Permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público. E o Art. 4º versa sobre os casos excepcionais nas quais é permitida a supressão das respectivas APP's.

■ **Resoluções do CONAMA 302, 303 e 369**

A Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002, dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Tal tipo de APP não será abordada no presente trabalho.

As APP's, assim como os demais espaços territoriais especialmente protegidos, são assumidos pela Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, como instrumentos de relevante interesse ambiental, que integram o desenvolvimento sustentável, objeto das presentes e futuras gerações. Tal resolução dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Assim, para a delimitação das referidas APP's, são consideradas as seguintes definições, dispostas em seu Art. 2º:

- I. nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente;

- II. nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea;
- IV. morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;
- V. montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;
- VI. base de morro ou montanha: 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;
- VII. linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;

A Resolução CONAMA n° 369, de 28 de março de 2006, dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social e baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente.

■ **Legislação Estadual**

A Lei n° 10.561, de 27 de dezembro de 1991 (salvas as suas respectivas alterações introduzidas pela Lei n° 14.309 de 19 de junho de 2002), dispõe sobre a Política Florestal no Estado de Minas Gerais.

O Decreto n° 33.994, de 18 de setembro de 1992, regulamentou a Lei n° 10.561, que em seu Capítulo I – Das Florestas Produtivas e em seu artigo 2° - definiu as áreas silvestres com benefícios de interesse comum como de preservação permanente. Ainda neste capítulo, a Seção I – da Unidade de Conservação - contém a Subseção III – das Áreas de Preservação Permanente, que em seu artigo 7° considera as florestas e demais formas de vegetação natural como de preservação permanente.

A Lei n° 14.309, de 19 de junho de 2002, revogou a Lei n° 10.561, de 27 de dezembro de 1991. Em seu Capítulo II – Da Área de Preservação Permanente - consideram-se APP's ao longo de cursos d'água, ao redor de lagos e lagoas naturais, em áreas urbanas consolidadas em áreas rurais, em vereda e em faixa marginal, os topo de morros e montanhas, nas linhas de cumeada, em encosta ou parte desta, nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, nas restingas, em manguezal, dentre outras, como especificada no Artigo 10° da Lei n° 14.309, de

19 de junho de 2002. O Artigo 11º assegura a ocupação antrópica já consolidada em APP's, porém, é vedada a expansão da área ocupada, desde que não haja alternativa locacional comprovada por laudo técnico e que sejam atendidas as recomendações técnicas do poder público para a adoção de medidas mitigadoras, sendo vedada a expansão da área ocupada. Também dispõe sobre a ocupação em APP para casos específicos, sendo esta condicionada à autorização ou anuência do órgão competente como citado no Artigo 12º. Em relação a empreendimentos de utilidade pública e de interesse social poderá ser autorizada a supressão de vegetação nativa como consta no artigo 13º.

A Lei nº 18.023, de 09 de janeiro de 2009, altera o Art. 10º da Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002, redefinindo a delimitação de reservatórios artificiais e represas hidrelétricas no estado de Minas Gerais.

3.2.2 *APP's e atenuação das perdas de solo*

A cobertura florestal em áreas definidas como APP's constitui-se em elemento de extrema importância na manutenção da qualidade ambiental, desempenhando diversas funções sócio-ambientais, entre elas: a dissipação da energia do escoamento superficial, a proteção das margens dos cursos d'água, a estabilização de encostas, a proteção de nascentes, o impedimento do assoreamento de corpos d'água e o abastecimento do lençol freático (MAGALHÃES & FERREIRAS, 2000).

Em encostas acentuadas, a vegetação promove a estabilidade do solo pelo emaranhado de raízes das plantas, evitando sua perda por erosão e protegendo as partes mais baixas do terreno, principalmente os cursos d'água. Dessa forma, evita ou estabiliza os processos erosivos, atua como quebra-ventos nas áreas de cultivo e impede o processo de assoreamento (SKORUPA, 2003).

O tipo e a densidade da cobertura vegetal tem influência direta na vulnerabilidade dos solos ao desenvolvimento de processos erosivos. Em áreas menos protegidas, como em campos, pastagens e áreas agrícolas, a energia cinética da chuva aumenta, tornando a erosão superficial laminar mais intensa, proporcionando a remoção e transporte de sedimentos dos solos (RUHOFF, 2004).

Neste contexto, as matas ciliares assumem grande importância, pois regulam o fluxo hídrico, atuando como filtros naturais que evitam a entrada de sedimentos e poluentes nos

cursos d'água, além de proteger o solo contra a ocorrência de processos erosivos em regiões cuja topografia apresenta-se acidentada (BARBOSA, 2006; REICHARDT, 1989).

Da mesma forma, a proteção das áreas de recarga, incluindo-se as APP's situadas em encostas com declives superiores a 45° e o terço superior dos morros, montanhas e linhas de cumeada, assegura a maior infiltração de água no solo, reduzindo a fragilidade quanto a ocorrência de processos erosivos e proporcionando um maior abastecimento do lençol subterrâneo (SANTOS, 2007).

A vegetação atua como um amortecedor das chuvas, evitando o seu impacto direto sobre o solo e, conseqüentemente, a sua compactação. Assim, permite que o solo permaneça poroso e capaz de absorver a água das chuvas, alimentando os lençóis freáticos e evitando que o escoamento superficial excessivo da água carregue partículas de solo e resíduos tóxicos provenientes das atividades agrícolas para o leito dos cursos d'água, poluindo-os e assoreando-os (SKORUPA, 2003).

3.3 Geoprocessamento: Instrumento na Definição do Processo de Perda de Solo e no Delineamento de Cenários Conservacionistas

O geoprocessamento de dados é um conjunto de técnicas matemáticas e cartográficas computacionais para o tratamento da informação geográfica, tendo por objetivo fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espaciais e temporais de determinados fenômenos geográficos, assim como as interações entre estes (EASTMAN, 1998).

Neste contexto, o geoprocessamento permite uma visão integrada, apoiando a representação e compreensão das interrelações espaciais que norteiam a associação entre a ocorrência de processos erosivos e as diferentes características naturais e de uso e cobertura do solo. Além de facilitar a delimitação das Áreas de Preservação Permanente de acordo com o disposto pela legislação vigente.

Como ferramentas, o geoprocessamento dispõe dos Sistemas de Informação Geográfica, que permitem realizar análises complexas, integrando dados de diversas fontes e criando bancos de dados georreferenciados, tornando possível automatizar a produção de documentos cartográficos (EASTMAN, 1998).

A integração entre o modelo EUPS e os SIG's tem sido amplamente efetuada, pois facilita sobremaneira as estimativas de áreas de risco quanto a ocorrência de processos erosivos,

auxiliando a formulação de prognósticos e diagnósticos, assim como a análise de cenários conservacionistas (GITAS et al., 2009; ZHANG et al., 2009).

O uso de modelos digitais de elevação permite o mapeamento de informações relativas as características geométricas dos terrenos. Já o uso de dados de satélite através de técnicas de sensoriamento remoto, permite o mapeamento do uso do solo (GITAS et al., 2009). Tais informações podem ser associadas por meio de ferramentas estatísticas, tais como álgebra de mapas, possibilitando a observação das perdas de solo em função das características naturais e de uso e manejo do solo.

4 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

Este trabalho teve como área de estudo as bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí, localizadas na porção sul do estado de Minas Gerais (Figura 2), abrangendo uma área total de 44.060 ha e encontrando-se sob as coordenadas 22°10' de latitude Sul e 45°50' de longitude Oeste e 22°20' de latitude Sul e 45°30' de longitude Oeste.

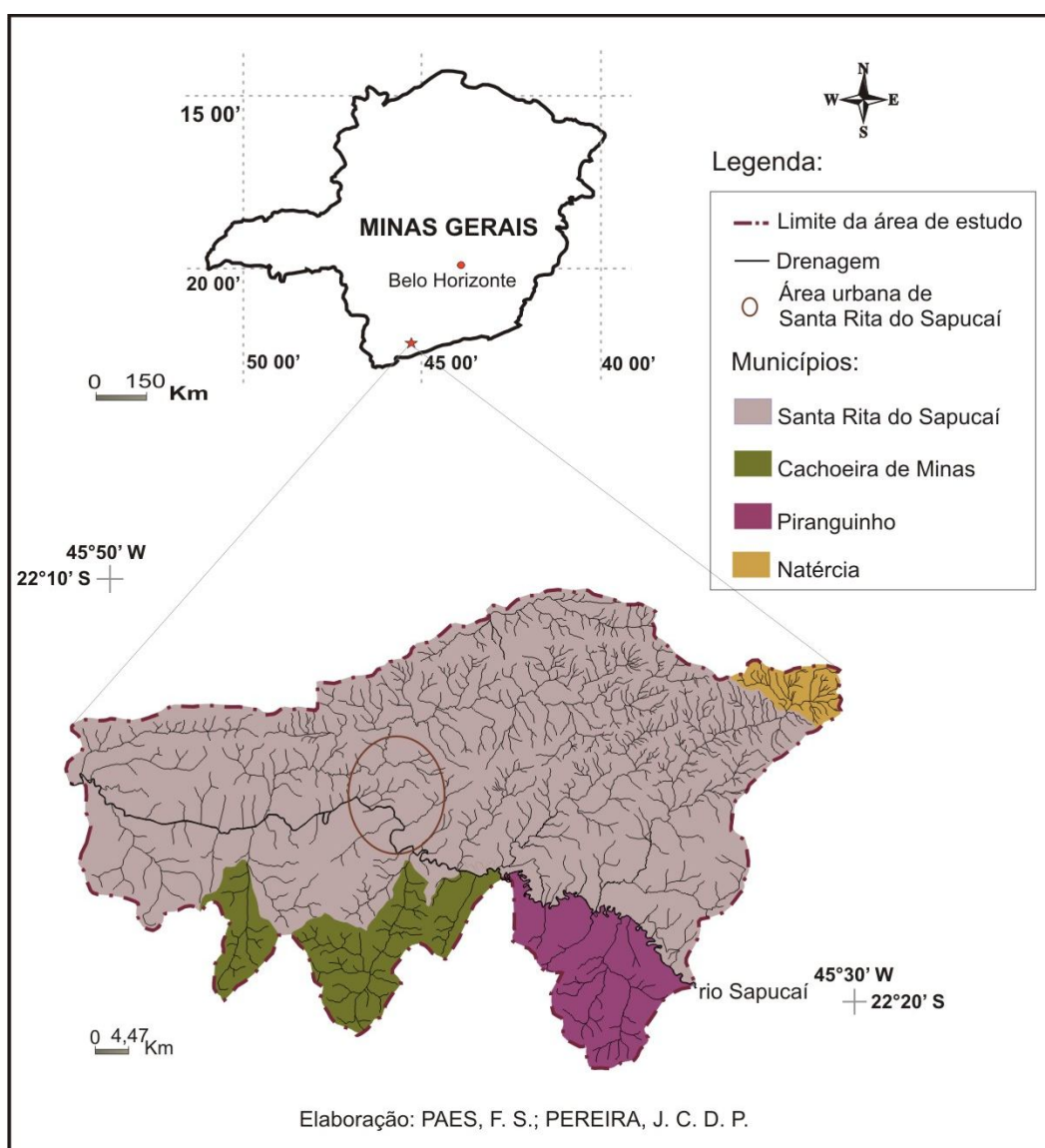


Figura 2 - Localização das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.

As bacias hidrográficas englobadas pelo presente estudo estão inseridas nos municípios de Santa Rita do Sapucaí, Natércia, Cachoeira de Minas e Piranguinho.

4.2 Caracterização Fisiográfica

A área de estudo insere-se no setor sul da unidade geomorfológica do Planalto da Serra da Mantiqueira, cuja gênese vincula-se a vários ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais e falhamentos, apresentando estruturas e formações litológicas antigas, pré-cambrianas, cujos terrenos foram desgastados por várias fases erosivas (ROSS, 1996).

Encontra-se sob o domínio morfoclimático dos Mares de Morro Florestados, descrita por AB'SABER (2003) como uma área de mamelonização extensiva, que afeta todos os níveis da topografia. Tal autor a descreve, ainda, como o domínio brasileiro cujo meio físico, ecológico e paisagístico que apresenta-se mais complexo e de difícil implantação de sítios urbanos, sendo a região sujeita aos mais fortes processos de erosão e de movimentos coletivos de solos.

Situa-se em uma região de transição entre os climas das latitudes baixas e os climas mesotérmicos das latitudes médias, porém, suas características são mais tropicais do que temperadas (IBGE, 1997).

O domínio climático conhecido como tropical de altitude se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas: verões chuvosos e invernos secos. De setembro a março predominam temperaturas mais elevadas, atingindo máximo em dezembro e janeiro, já de maio a agosto as temperaturas apresentam-se mais baixas, atingindo o mínimo em junho e julho. Já a estação seca estende-se de maio a setembro, sendo julho o mês mais seco e a estação chuvosa estende-se de setembro a março, sendo janeiro o mês mais chuvoso (CAVALCANTE, 1979).

Apresenta vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), que caracteriza-se por estar condicionada a uma dupla estacionalidade climática: uma tropical com intensas chuvas de verão seguida por estiagem acentuada, e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno. Dessa forma, possuem uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação ora à deficiência hídrica, ora à queda da temperatura nos meses frios (IBGE, 1997). Também ocorrem na área de estudo manchas transicionais e reliquiais características do domínio do cerrado.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo sintetiza os materiais utilizados e os métodos aplicados na realização do presente trabalho. O item 5.1 expõe os materiais utilizados e o item 5.2 expõe os métodos utilizados nas 3 etapas do trabalho: 1 - determinação dos fatores da Equação Universal de Perda de Solo (item 5.2.1); 2 - delimitação das Áreas de Preservação Permanente (item 5.2.2) e 3 - simulação de cenários de perda de solo (item 5.2.3).

5.1 Materiais

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: *SIG Idrisi for Windows*, versão 15.0; *Software USLE-2D* (DESMET & GOVERS, 1996), versão 4.1; *Software AutoCAD*, versão 2006; *Software Corel Draw*, versão X3; GPS (*Global Positioning System*) para coleta de pontos de referência *in situ*; Imagem do satélite Alos – sensor AVNIR-2 (bandas 2, 3 e 4) de 12 de novembro de 2006; Folhas topográficas de Santa Rita do Sapucaí - SF.23-Y-B-II-4; Heliadora - SF.23-Y-B-II-2, Pouso Alegre - SF.23-Y-B-II-1 e Conceição dos Ouros - SF.23-Y-B-II-3, em escala de 1:50.000, editadas pelo IBGE (1971); Série histórica de precipitação, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) - Hidroweb, referente ao período de 1971 a 2008; Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado pela EMATER (1998), em escala de 1:1.000.000.

Os *softwares* e instrumentos supracitados foram disponibilizados pelo NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática e pelo NUMMARH – Núcleo de Modelagem e Simulação em Meio Ambiente e Recursos e Sistemas Hídricos, pertencentes ao Instituto de Recursos Naturais (IRN) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

5.2 Métodos

O presente trabalho consistiu em três etapas gerais: 1 - determinação dos fatores da Equação Universal de Perda de Solo: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento de rampa (L), grau de declive (S), cobertura e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P); 2 - delimitação das Áreas de Preservação Permanente e 3 - simulação da perda de solo para diferentes cenários de cobertura da terra na bacia hidrográfica de Santa Rita do Sapucaí – MG (Figura 3).

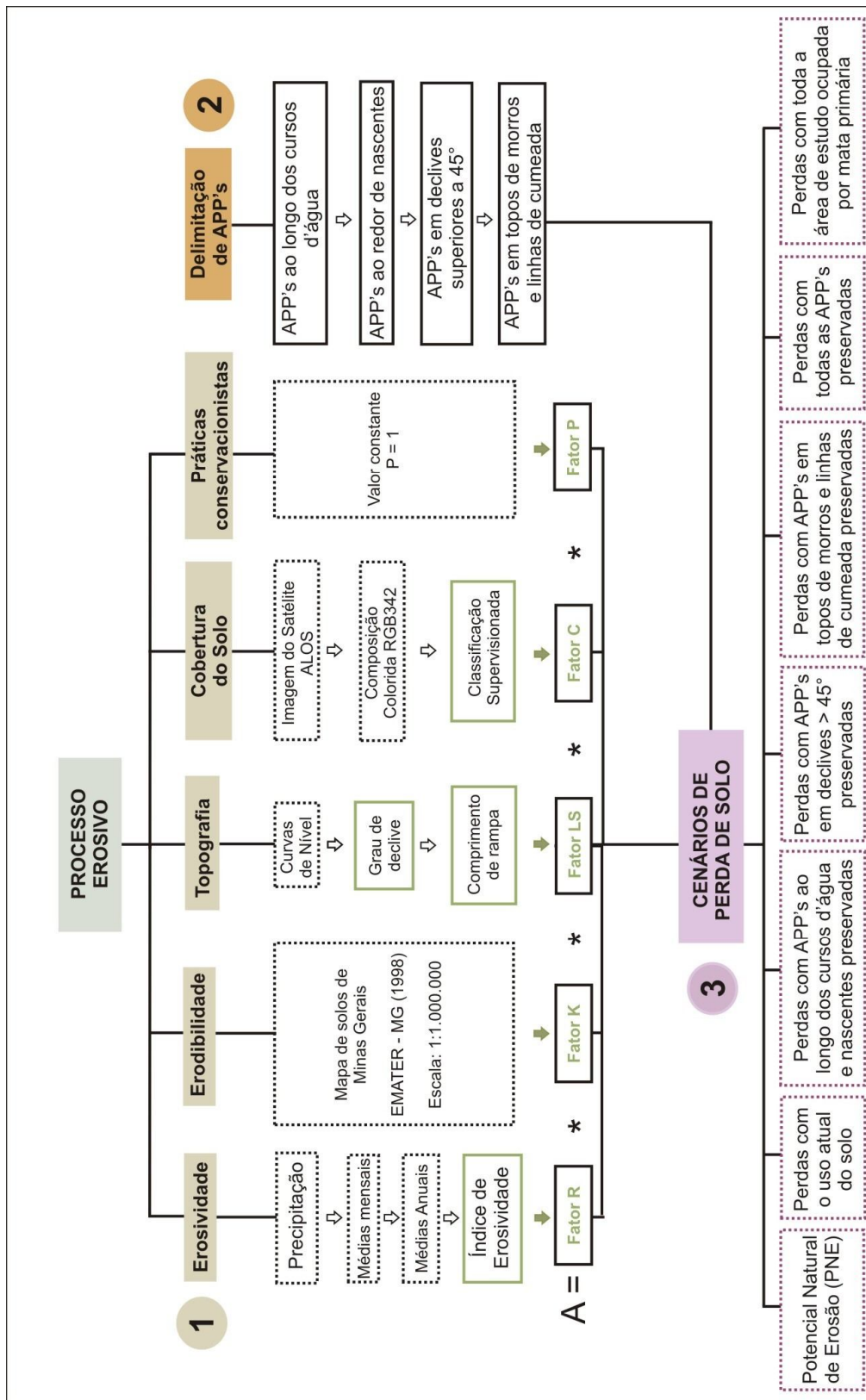


Figura 3 - Fluxograma simplificado dos procedimentos.

As bases cartográficas foram elaboradas tendo como referência a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum Horizontal Córrego Alegre (MG), Datum Vertical Marégrafo de Imbituba (SC) e Meridiano Central 45° W.

5.2.1 Determinação dos fatores da EUPS

■ Fator R – Erosividade da Chuva

Para a obtenção do valor do fator R utilizou-se os dados coletados pela estação pluviométrica n° 02245000, localizada no município de Santa Rita do Sapucaí, a 820 metros de altitude em relação ao nível do mar, com as coordenadas 22°15'05" de latitude sul e 45°42'32" de longitude oeste, encontrando-se sob a responsabilidade da ANA - Agência Nacional de Águas e sendo operada pelo IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

Para o preenchimento de falhas nos dados da série histórica do posto supracitado, utilizou-se dados referentes as estações pluviométricas São João de Itajubá (n° 02245083), localizada no município de Itajubá, sob as coordenadas 22°22'32" de latitude sul e 45°26'49" de longitude oeste e da estação pluviométrica Ponte do rio Rodrigues (n° 02245086), localizada em Pouso Alegre, sob as coordenadas 22°23'09" de latitude sul e 45°53'05" de longitude oeste. Ambas sob a responsabilidade da ANA e operadas pelo IGAM.

Aplicou-se a metodologia desenvolvida por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), na qual utiliza-se o conceito de Índice de Erosividade para determinar o valor de R. Em tal método, utiliza-se a soma dos valores de precipitação média mensal e anual para determinar a média mensal e anual do Índice de erosão, considerando-se um período longo de tempo (mínimo de 20 anos) (Equação 2).

$$R = \sum EI = \sum \left\{ 67,355 \cdot \left(\frac{r_x^2}{P} \right)^{0,85} \right\} \quad (2)$$

Na qual: R = erosividade anual da área (MegaJoule.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); EI = índice médio de erosividade mensal (MegaJoule.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); r = precipitação total média no mês x (mm); P = precipitação total média anual (mm).

Dessa forma, empregou-se um registro de 29 anos de precipitação, referente ao período de 1979 a 2008, sendo este um período adequado para estimar com relativa precisão os valores de EI à partir de médias mensais e anuais de chuva.

■ *Fator K – Erodibilidade do Solo*

As bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí não possuem um mapa de solos em escala de detalhe, fato este que tornou necessária a generalização de tal variável por meio da utilização do Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado pela EMATER (1998), em escala de 1:1.000.000. O mapa supracitado, em formato vetorial, foi importado para o SIG *Idrisi Andes*, por meio da qual extraiu-se os tipos de solos referentes a área de estudo. Posteriormente, os vetores correspondentes aos solos foram rasterizados, originando o mapa de solos das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.

■ *Fator LS – Topográfico*

O fator LS foi obtido mediante a elaboração prévia de um MDT (Modelo Digital de Terreno), realizada através de interpolação matemática sobre base cartográfica digitalizada, em escala de 1:50.000 (IBGE, 1971), na qual empregou-se grades de pontos regulares disponibilizada no Módulo *Intercon* do SIG *Idrisi* 15.0.

Após a elaboração do MDT, este foi utilizado na obtenção do Fator LS, através de aplicação automática no *software* USLE-2D, desenvolvido por Desmet & Govers (1996), sendo este compatível com o SIG *Idrisi Andes*.

De acordo com Silva & Schulz (2003), o USLE-2D consiste em um aplicativo que permite o cálculo do fator LS da EUPS para uma bacia hidrográfica utilizando-se SIG, permitindo o uso de diversas equações matemáticas pelo usuário e contemplando os fatores hidrológicos fundamentais.

Para sua aplicação são necessários o Modelo Digital de Terreno (MDT) da área de estudo (o qual permite o cálculo dos gradientes de declividades e as áreas de contribuição) e o mapa com as divisões das áreas de interesse (“máscara de entrada”) com as subdivisões convenientes (SILVA, 2010).

Para a estimativa do comprimento de rampa utilizou-se como base o modelo hidrológico de decomposição de fluxo e para a estimativa da declividade utilizou-se a equação proposta por Wischmeier & Smith (1978) (Equação 3):

$$S = 65,41\text{sen}^2\theta + 4,56\text{sen}\theta + 0,065 \quad (3)$$

Na qual: S = fator de declividade (adimensional) e θ = declividade (%).

■ *Fator C – Cobertura e Manejo do Solo*

Para a obtenção do Fator C foi realizado o mapeamento da cobertura do solo na bacia supracitada, efetuado à partir de uma composição colorida elaborada através das imagens do satélite ALOS – sensor AVNIR-2, de 12 de novembro de 2006. Para tal, foram combinadas as bandas 2, 3 e 4, sendo atribuídas a elas as cores azul, vermelho e verde, respectivamente.

Tal combinação de bandas destacou os elementos de interesse na imagem. Para fins do presente trabalho, pode-se destacar que a banda 2, associada ao verde, apresenta boa penetração em corpos d'água. Já a banda 3, associada ao vermelho, permite bom contraste entre as áreas ocupadas e a vegetação, assim como entre diferentes tipos de cobertura vegetal (campo, cerrado, floresta, mata ciliar, agricultura), uma vez que a vegetação densa e uniforme apresenta grande absorção de energia nesta faixa espectral. Já a banda 4 (infravermelho próximo) permite o mapeamento da rede de drenagem e corpos d'água, além da identificação da vegetação agrícola.

A classificação da cobertura do solo foi realizada de forma supervisionada, através do método de Máxima Verossimilhança. Em tal método o usuário define as assinaturas espectrais das categorias conhecidas e de interesse. O SIG *Idrisi* associa cada pixel da imagem à assinatura mais similar, através de uma função de densidade de probabilidade estatística (*Bayes*), na qual avalia-se a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma determinada categoria, classificando-o para a categoria na qual ele tem a maior probabilidade de associação (EASTMAN, 1998).

Para a definição das assinaturas espectrais, fez-se necessária a obtenção de dados de referência terrestre *in situ*. Com base em tais informações, definiu-se as áreas de treinamento, tendo como temas de interesse: sombra, solo exposto, vegetação natural remanescente, agricultura, pasto, água e áreas construídas.

Para a aplicação do Fator C na Equação Universal de Perda de Solos adotou-se os valores adaptados por Baptista (2003), assim como o valor indicado por Lombardi Neto (comunicação pessoal) para a cultura do café (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de C em função das classes de cobertura do solo.

Uso e Manejo do Solo	CP (Adimensional)
Sombra	0,0
Solo exposto	1,0
Vegetação natural remanescente	0,00004
Agricultura (café)	0,1350
Pasto	0,01
Água	0,0
Áreas construídas	0,0

Fonte: Adaptada de Baptista (2003) e Lombardi Neto (comunicação pessoal).

■ *Fator P – Práticas Conservacionistas*

Stein et al. (1987) apud Baptista (2003), ressaltam que, quando se busca a espacialização dos fenômenos pelo geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P podem ser analisados, não mais em função do estágio de desenvolvimento da cultura, mas sim pelo uso e ocupação do solo e são expostos na forma integrada CP. Neste caso, adota-se o valor constante de $P = 1$, que considera a pior situação quanto as perdas de solo em função das práticas conservacionistas. Dessa forma, tal procedimento foi adotado para fins do presente trabalho.

5.2.2 *Delimitação das Áreas de Preservação Permanente*

A segunda etapa foi sub-dividida em 4 partes: 1) delimitação de APP's ao longo dos cursos d'água; 2) delimitação de APP's ao redor das nascentes; 3) delimitação de APP's em declives superiores a 45° e 4) delimitação de APP's em topos de morros e linhas de cumeada. Para efetuar esta etapa tomou-se como referência a Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal Brasileiro; a Lei Estadual nº 14.309 de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre a Política Florestal no Estado de Minas Gerais e suas respectivas alterações; e a Resolução nº 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (vide item 3.2).

■ *APP's ao longo dos cursos d'água*

O Código Florestal Brasileiro e as respectivas modificações dadas pela Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989, define que as APP's ao longo dos cursos d'água devem ser delimitadas em função de seu nível mais alto em faixa marginal, que, por sua vez, é definido pela Resolução

CONAMA n° 303 de 20 de março de 2002 como o nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente.

Segundo COTA (2008), a definição do nível mais alto de cheias consiste em um procedimento difícil, pois, além de não possuir um método padrão, demanda a conferência *in situ* e por um período maior de tempo, pois a cada ano pode ser alcançado um nível diferente de cheias. Assim, para tal delimitação, seria necessário um recorte temporal, o que demandaria um estudo de aproximadamente 10 anos. Em função disso, muitos estudos apresentam sua delimitação a partir das margens dos cursos d'água, desconsiderando o critério de nível alcançado por ocasião das cheias.

No presente trabalho utilizou-se a delimitação efetuada para o Plano Diretor Municipal de Santa Rita do Sapucaí, disponível em DUPAS (2009), o qual adotou o nível de declive de 4% como nível mais alto, pois constitui-se em área de grande influência de partes baixas no corpo hídrico, sendo passível de alagamento. À partir deste nível, delimitou-se uma faixa de 30m ao longo dos afluentes do rio Sapucaí (que possuem largura inferior a 10m) e de 50m para o curso do rio Sapucaí (que possui larguras entre 10m e 50m).

■ *APP's ao redor de nascentes*

O Código Florestal Brasileiro e as respectivas modificações dadas pela Lei n° 7.803 de 18 de julho de 1989 definem como APP's as áreas a um raio de 50m das nascentes ou olhos d'água, sendo estes definidos pela Resolução CONAMA n° 303 de 20 de março de 2002 como o local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea.

Dessa forma, para a definição das APP's ao redor das nascentes efetuou-se a delimitação destas por meio de vetorização no AutoCAD e posterior rasterização no *Idrisi Andes*. Posteriormente, criou-se um mapa de distâncias (*Buffer*), na qual isolou-se um raio de 50m ao redor de todas as nascentes.

■ *APP's em declives superiores a 45°*

O Código Florestal Brasileiro e as respectivas modificações dadas pela Lei n° 7.803 de 18 de julho de 1989 define como APP's as áreas em encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Para a determinação das APP's em declives superiores a 45° elaborou-se um mapa de declividades, que foi reclassificado em duas classes: declividades inferiores a 45° e declividades superiores a 45°.

■ *APP's em topos de morros e linhas de cumeada*

Para a determinação destes dois tipos de APP's utilizou-se a base cartográfica elaborada de forma automatizada para o Plano Diretor Municipal de Santa Rita do Sapucaí, disponível em DUPAS (2009).

Para exemplificar a delimitação das APP's em topos de morros descreve-se a seguir a metodologia definida por Stein (DEPRN) que considera a Forma de Relevo Objeto de Análise (FROA).

O primeiro passo consiste em determinar as elevações entre 50m e 300m (morro) e superiores a 300m (montanha). Para tal é necessária a observação da Cota de Topo (CT) e da Cota de Base (CB), utilizadas para o cálculo da amplitude das formas de relevo (Equação 4).

$$A = CT - CB \quad (4)$$

Na qual: A = amplitude das formas de relevo; CT (cota do topo) = altitude, cotada ou inferida, do cume (C) da forma de relevo; e CB (cota da base) = altitude, citada ou inferida, do plano horizontal definido como nível de base (NB) da forma de relevo.

Considerando-se cada morro ou montanha como uma forma de relevo isolada, deve-se proceder o cálculo das cotas altimétricas de preservação de topo, à partir das quais estabelece-se os seus terços superiores (Equação 5).

$$CP_t = (CT) - (A/3) \quad (5)$$

Na qual: CP_t = cota de preservação de topo; CT = cota de topo; A = amplitude da forma de relevo.

Na Figura 4 exemplifica-se a metodologia utilizada para a delimitação de tais APP's.

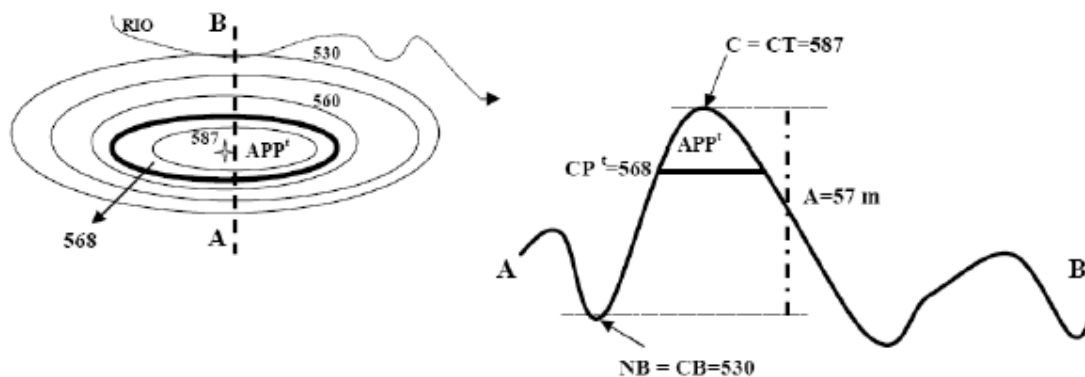


Figura 4. Delimitação de APP em topo de morro à partir do conceito de FROA (Fonte: Stein - DEPRN).

Já as APP's de linha de cumeada foram delimitadas à partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros.

5.2.3 Simulação dos cenários de perda de solo

Os cenários foram obtidos mediante a simulação da perda de solo considerando a cobertura atual do solo associada a diferentes situações de preservação das APP's.

Os cenários elaborados corresponderam a: (1) Potencial Natural de Erosão - na qual considera somente a ação dos fatores físicos que interferem na perda de solo (erosividade, erodibilidade e topografia), admitindo que o solo esteja descoberto; (2) Perda de Solo com a cobertura atual - na qual considera os usos atuais mapeados na área de estudo; (3) cobertura atual com APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes preservadas; (4) cobertura atual com APP's em declives superiores a 45° preservadas; (5) cobertura atual com APP's de topo de morros e linha de cumeada preservadas; (6) cobertura atual com todas as APP's preservadas e (7) toda a área de estudo coberta por mata primária.

6 RESULTADOS E ANÁLISES

Este item apresenta os resultados obtidos nas 3 etapas constituintes do presente trabalho. O item 6.1 expõe os resultados referentes a determinação dos fatores da EUPS; o item 6.2 expõe os resultados referentes a delimitação das APP's e o item 6.3 expõe os resultados referentes a simulação dos cenários de perda de solo.

6.1 Obtenção dos fatores da EUPS

6.1.1 Fator R – Erosividade da Chuva

O valor anual de erosividade da chuva encontrado para a área de estudo foi de 7.227,18 MegaJoule.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Na Figura 5 apresenta-se a distribuição da erosividade ao longo do ano.

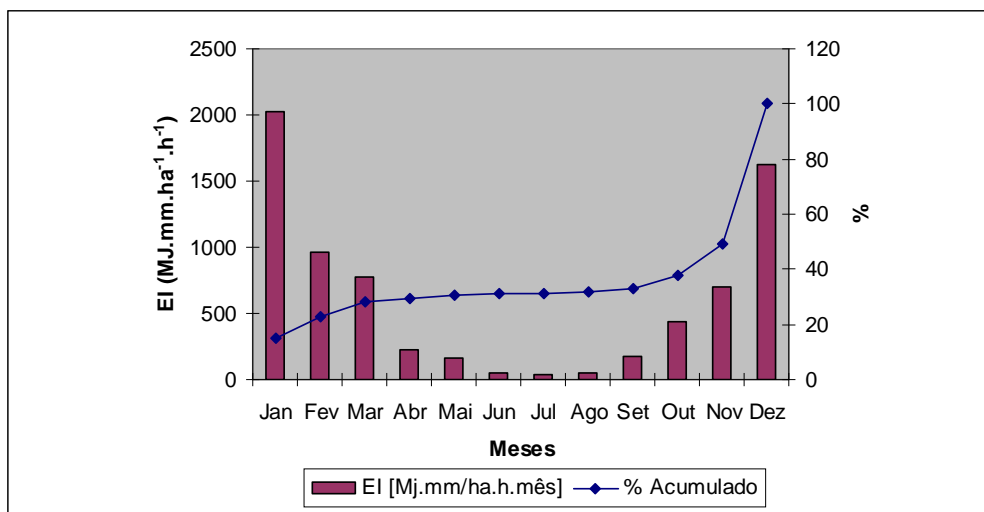


Figura 5 - Distribuição da erosividade e percentual acumulado.

Pode-se observar que a distribuição da erosividade ocorre de forma sazonal e irregular, tendo os maiores valores entre outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. Isso se deve a dupla estacionalidade climática característica da região, com o período chuvoso concentrado nos meses de primavera e verão e o período seco concentrado nos meses de outono e inverno. Em virtude desta peculiaridade, que determina a concentração das chuvas e, por consequente, a maior erosividade em alguns meses, é de essencial importância que se planeje o uso e manejo do solo de forma a minimizar o potencial erosivo nos meses chuvosos.

Segundo a classificação interpretativa citada por Mello *et al.* (2007), o valor encontrado pode ser considerado como uma erosividade média a alta (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes interpretativas de erosividade da chuva.

Classes de erosividade (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹)	Interpretação
< 4.905	Baixa
4.905 – 7.357	Média a alta
7.357 – 9.810	Alta
> 9.810	Muito alta

Fonte: Adaptada de Mello *et al.* (2007).

6.1.2 Fator K – Erodibilidade do Solo

O mapa pedológico da área de estudo indicou o predomínio de LATOSSOLO ESCURO, abrangendo 50,2% (22.123 ha) da área de estudo, e de solo PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, abrangendo 49,8% (21.937 ha) da área de estudo (Figura 6). É importante ressaltar que no novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), os solos do tipo PODZÓLICOS VERMELHO-AMARELOS correspondem aos ARGISSOLOS.

Silva & Alvares (2005) realizaram um levantamento dos valores de K obtidos por diversos autores para diversos tipos de solos existentes no estado de São Paulo e determinaram os seus valores médios, sendo definido um valor de 0,0162 t.h.ha.MJ⁻¹.ha⁻¹.mm⁻¹ para os LATOSSOLOS indiscriminados. Já o PCBAP (1997) apud COSTA (2009) definiu um valor de 0,043 t.h.ha.MJ⁻¹.ha⁻¹.mm⁻¹ para os solos PODZÓLICOS indiscriminados.

De acordo com as classes interpretativas indicadas por Carvalho (1994) apud Silva & Alvares (2005), os solos PODZÓLICOS indiscriminados possuem erodibilidade alta, enquanto os LATOSSOLOS indiscriminados possuem erodibilidade média (Tabela 3).

Tabela 3 - Classes interpretativas de erodibilidade dos solos.

Limites de valores (t.h.ha.MJ⁻¹.ha⁻¹.mm⁻¹)	Interpretação
< 0,01529	Baixa
0,01529 – 0,03058	Média
> 0,03058	Alta

Fonte: Carvalho (1994) apud Silva & Alvares (2005).

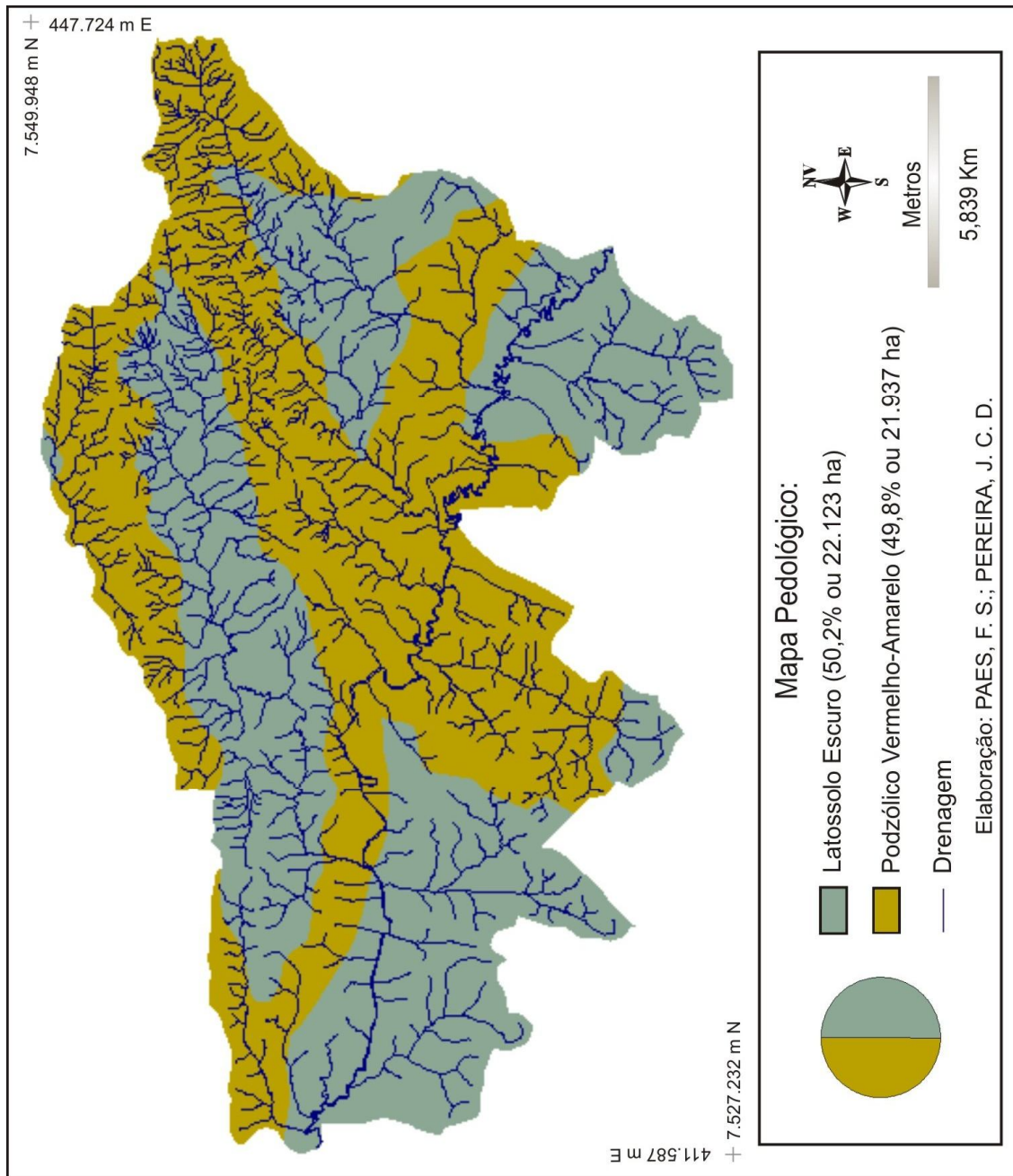


Figura 6 - Mapa Pedológico das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.

6.1.3 Fator LS – Topográfico

A área de estudo possui altitudes que variam entre 800m e 1.500m (Figura 7). Há um predomínio de áreas inseridas na faixa entre 800 e 900m. Já as áreas com maiores altitudes situam-se, predominantemente, nos setores nordeste e sudoeste.

O mapa do fator LS (Figura 8) mostra as 6 classes delimitadas de acordo com a metodologia utilizada por Silva & Schulz (2003). De acordo com tais autores, valores inferiores a 1 indicam, ao menos matematicamente, que o relevo em tais áreas atua como amenizador do processo erosivo, pois quando valores entre 0 e 0,99 são aplicados na EUPS, os valores de perda tendem a diminuir. Já quando valores exatamente iguais a 1 são aplicados ao modelo, tem-se uma participação nula do fator LS, constituindo-se em elemento neutro na multiplicação. Por outro lado, quando valores superiores a 1 são aplicados a equação, verifica-se a ampliação do valor final, indicando uma participação cada vez maior do relevo na aceleração do processo de perda de solo na medida em que ocorre o aumento do valor de LS.

Dessa forma, pode-se observar que a classe predominante na área estudada é a de 10 – 50 (46%); seguida pelas classes 1 – 10 (24%); <1 (16%) e de 50 – 100 (9%) (Tabela 4). Assim, evidencia-se um cenário diversificado quanto a topografia, cujas planícies determinam baixos valores de LS (em grande parte inferiores a 1) por se configurarem em ambientes deposicionais; e as vertentes declivosas, principalmente do setor nordeste e noroeste da bacia, determinam altos valores de LS (em grande parte superiores a 10).

Tabela 4 - Ocorrência das classes do fator LS.

Classe	Porcentagem de ocorrência	Interpretação
<1	16%	Amenização
1	3%	Nulidade
1 – 10	24%	Aumento da perda
10 – 50	46%	Aumento da perda
50 – 100	9%	Aumento da perda
>100	2%	Aumento da perda

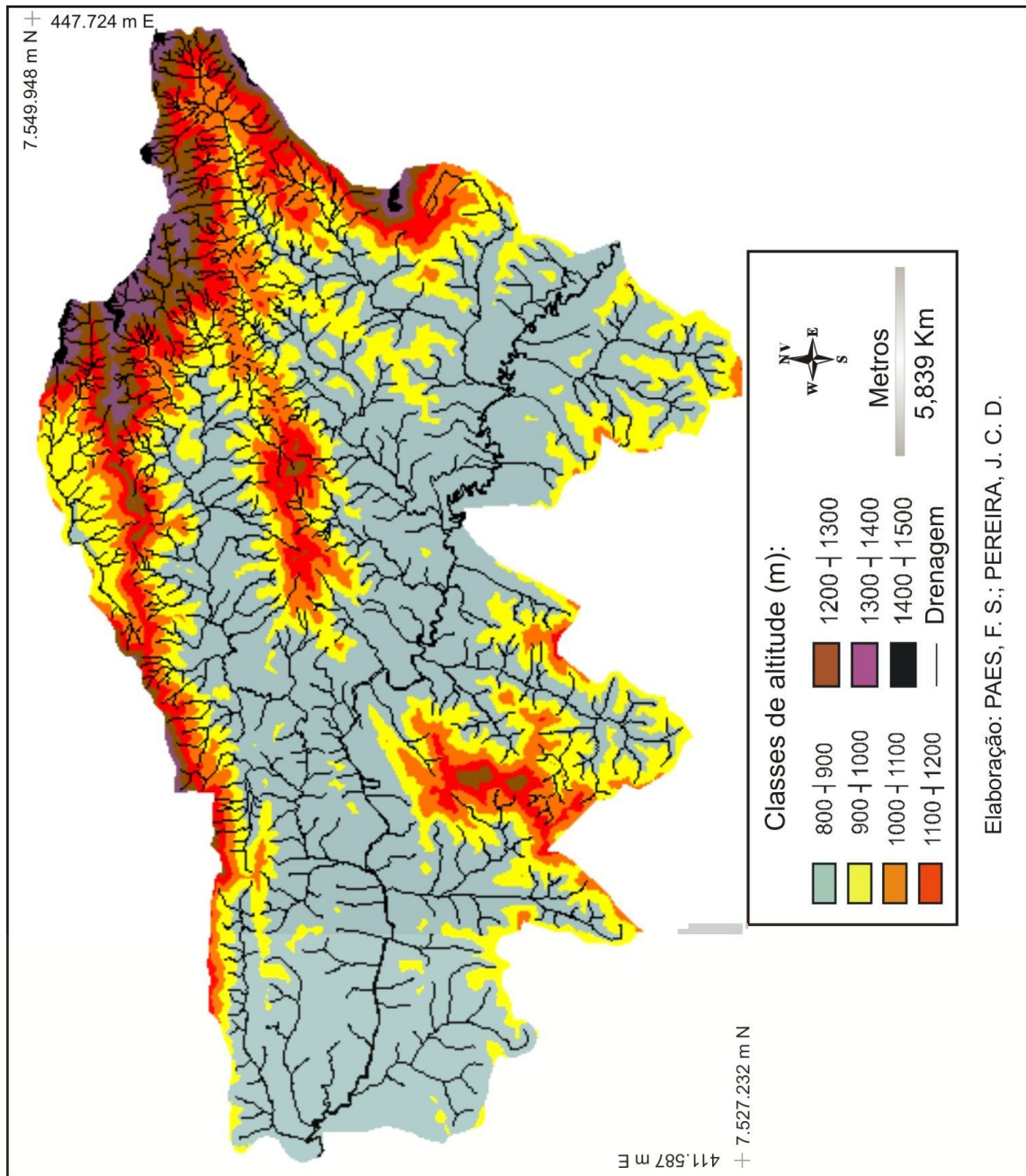


Figura 7. Mapa de classes hipsométricas das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí - MG.

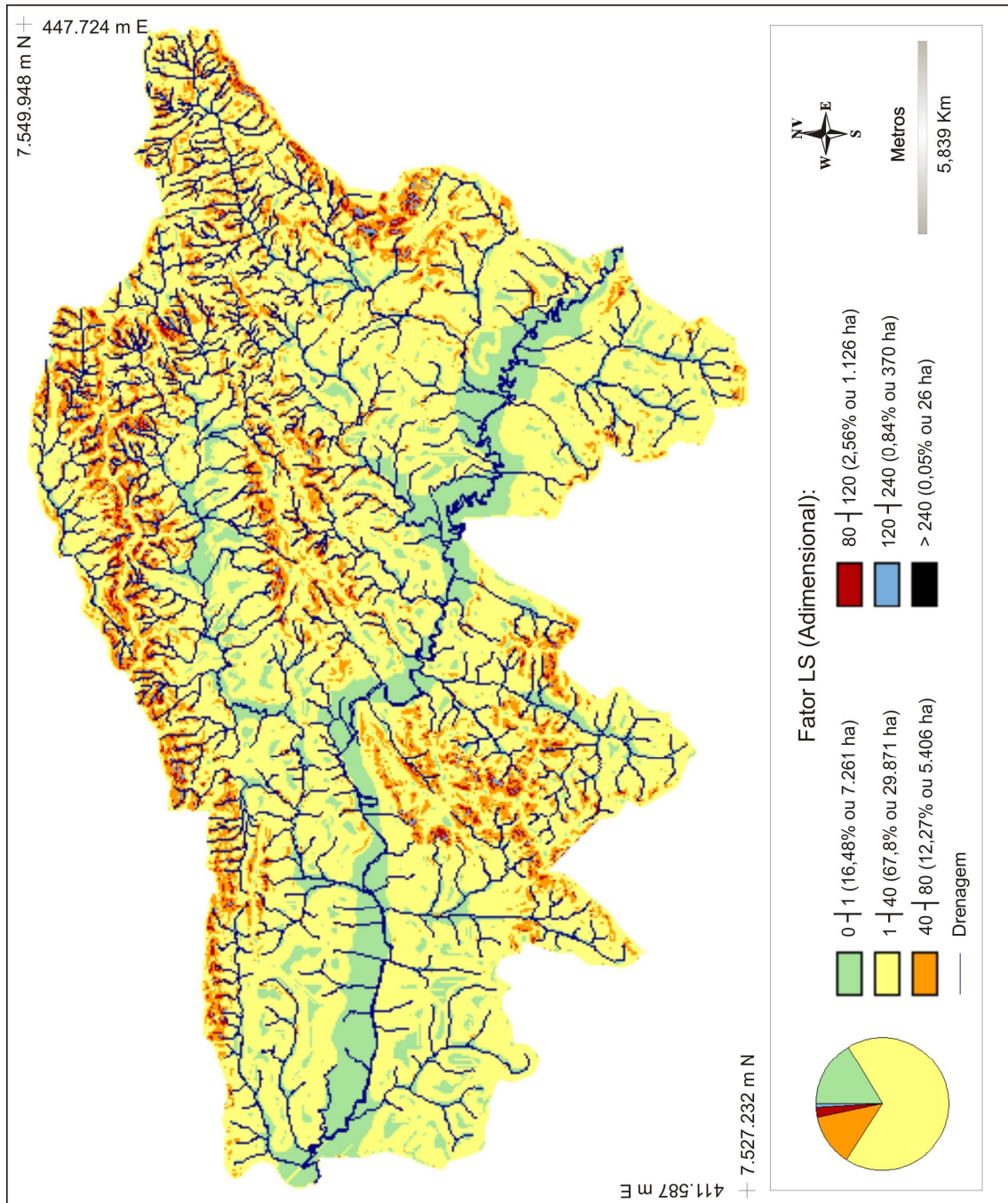


Figura 8 - Fator LS para as bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí - MG.

6.1.4 Fatores CP – Cobertura e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas

O mapa de cobertura do solo indicou o predomínio das áreas de pasto (48%), seguida pela agricultura (25,9%) e pela vegetação natural remanescente (22,5%) (Figura 9).

As áreas de pasto abrangem quase metade da área em estudo, ocupando desde áreas de planície até áreas com declives mais acentuados.

Já com relação a agricultura, a cultura permanente do café corresponde a quase toda a produção agrícola na bacia, principalmente na porção inserida no município de Santa Rita do Sapucaí. Segundo dados censitários do IBGE, relativos a 2008, em Santa Rita do Sapucaí foram utilizados 7.500 ha para a produção de café; em Conceição dos Ouros 395 ha, em Piranguinho 800 ha e em Natércia 1.810 ha. Tais valores dão idéia da representatividade de tal cultura na área de estudo, considerando que o município de Santa Rita do Sapucaí encontra-se totalmente inserido na área em estudo.

Em observações *in situ* pode-se constatar áreas cujas plantações de café encontram-se em altos declives. Tais áreas provavelmente se enquadram como APP's. Além disso, em muitos casos, há a agravante do plantio não ser efetuado considerando-se a aplicação de práticas conservacionistas, o que configura risco quanto a ocorrência de processos erosivos.

Já com relação as áreas de vegetação natural remanescente, pode-se observar que estas encontram-se, predominantemente, nas áreas com declives acentuados e ao longo do curso do rio Sapucaí, principalmente em seu trecho a sudeste. Embora este posicionamento constitua-se em fator favorável a conservação da bacia, protegendo áreas mais susceptíveis a erosão, este tipo de cobertura é precária em alguns pontos da área de estudo, evidenciando conflito de uso em muitas áreas consideradas APP's.

As áreas de solo exposto correspondem a apenas 3% da bacia, o equivalente a 1.328 ha. Tais áreas provavelmente encontram-se expostas em função de práticas agrícolas inadequadas, como pode ser observado claramente em grandes manchas no setor sudoeste/noroeste da bacia. Destaca-se o posicionamento de grandes manchas com solo exposto as margens dos cursos d'água, fator agravante frente a proteção destes mananciais. As áreas construídas representam 0,3% ou 149 ha da área em estudo. Deve-se destacar que houve confusão entre as classificações de solo exposto e áreas construídas, e que, em função da área urbana ser pouco representativa no estudo em questão, optou-se por priorizar a classificação do solo exposto. Porém, grande parte da área urbana realmente apresentava áreas expostas devido a loteamentos na data de imageamento pelo satélite.

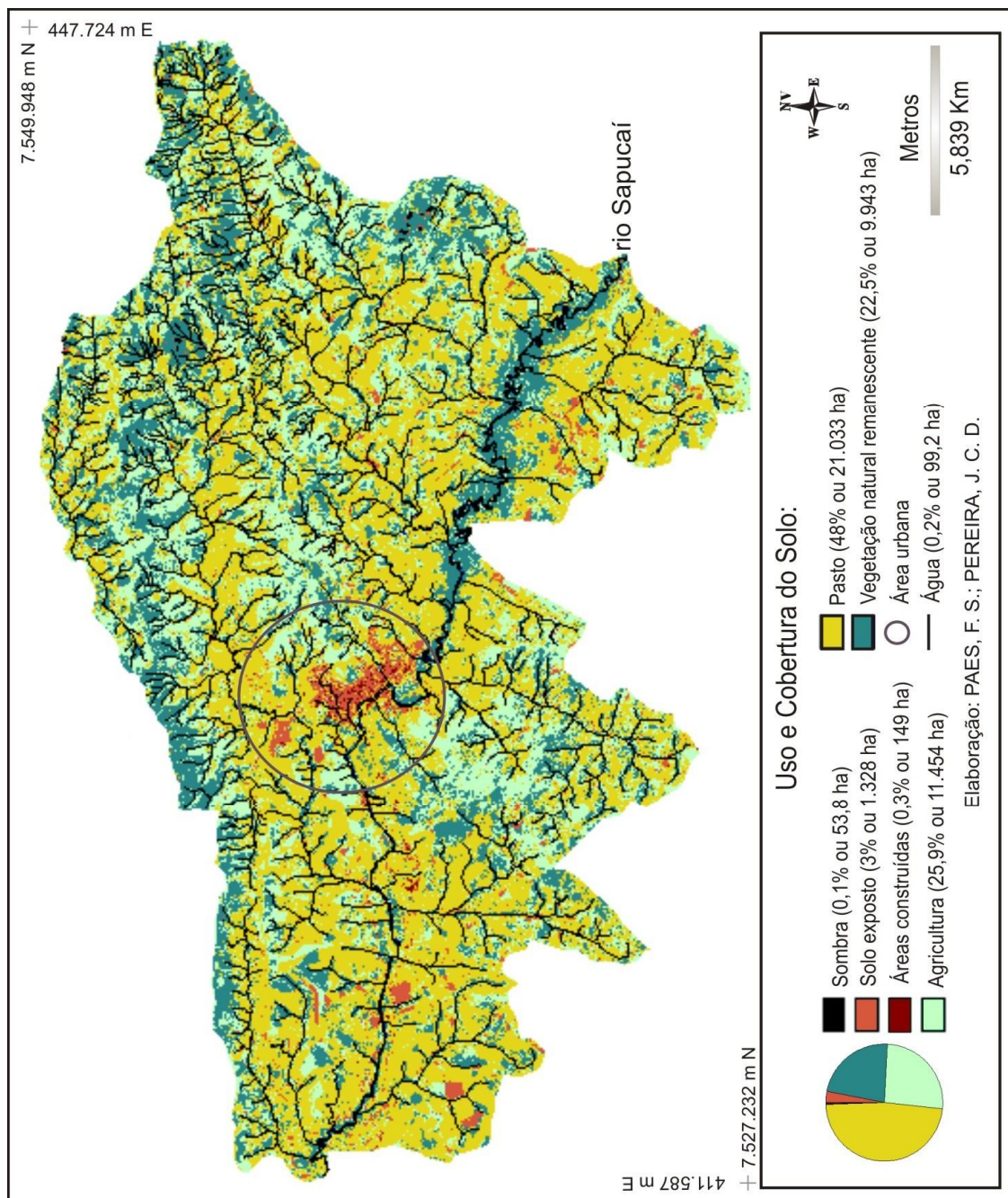


Figura 9 - Cobertura do Solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.

6.2 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

Para os fins do presente estudo foram mapeadas 5 categorias de APP's: ao longo dos cursos d'água; ao redor de nascentes; em declives superiores a 45°; em topos de morros e em linhas de cumeada (Figura 10). As APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes correspondem a ~12.394 ha da área de estudo (28%); as APP's em declives superiores a 45° correspondem a ~13 ha (0,03%) e as APP's em topos de morros e linhas de cumeada correspondem a ~3.988 ha (9%).

Dessa forma, as APP's mapeadas no presente estudo totalizam uma área aproximada de 15.166 ha (34% da área total de estudo). Este valor é inferior ao somatório das áreas dos tipos de APP's indicadas anteriormente em função de haver a sobreposição destas APP's em alguns pontos. Do total de áreas correspondente as APP's, somente cerca de 3.940 ha encontram-se devidamente preservados, representando 26% do total legal. É importante salientar que houve uma pequena perda de informação devido a presença de sombras na imagem, o que impossibilitou o diagnóstico de uso conflitivo em 17 ha da área (0,1%). Na Tabela 5 está estabelecida a quantificação dos usos conflitivos nas APP's abrangidas.

As categorias de cobertura do solo referentes a vegetação nativa remanescente e água foram apresentadas em conjunto, de forma a representar as áreas que encontram-se devidamente preservadas.

Tabela 5 - Cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente

Cobertura e uso do solo	Área (Ha)	Porcentagem (%)
Sombra	17	0,1
Solo exposto	559	3,7
Vegetação nativa remanescente e água	3.940	26,0
Agricultura	3.459	22,8
Pasto	7.101	46,8
Áreas construídas	90	0,6
Total	15.166	100,0

Pode-se observar que os usos que mais conflitam com a integridade das APP's são o pasto (7.101 ha) e a agricultura (3.459 ha). Em 559 ha das APP's ocorre a presença de solo exposto, e em 90 ha ocorrem construções (Figura 11). Através do mapeamento efetuado e de observações *in situ* pôde-se constatar que o crescimento urbano tem afetado as Áreas de Preservação Permanente, onde, principalmente nas margens dos cursos d'água, ocorre o desmatamento e a construção de equipamentos urbanos.

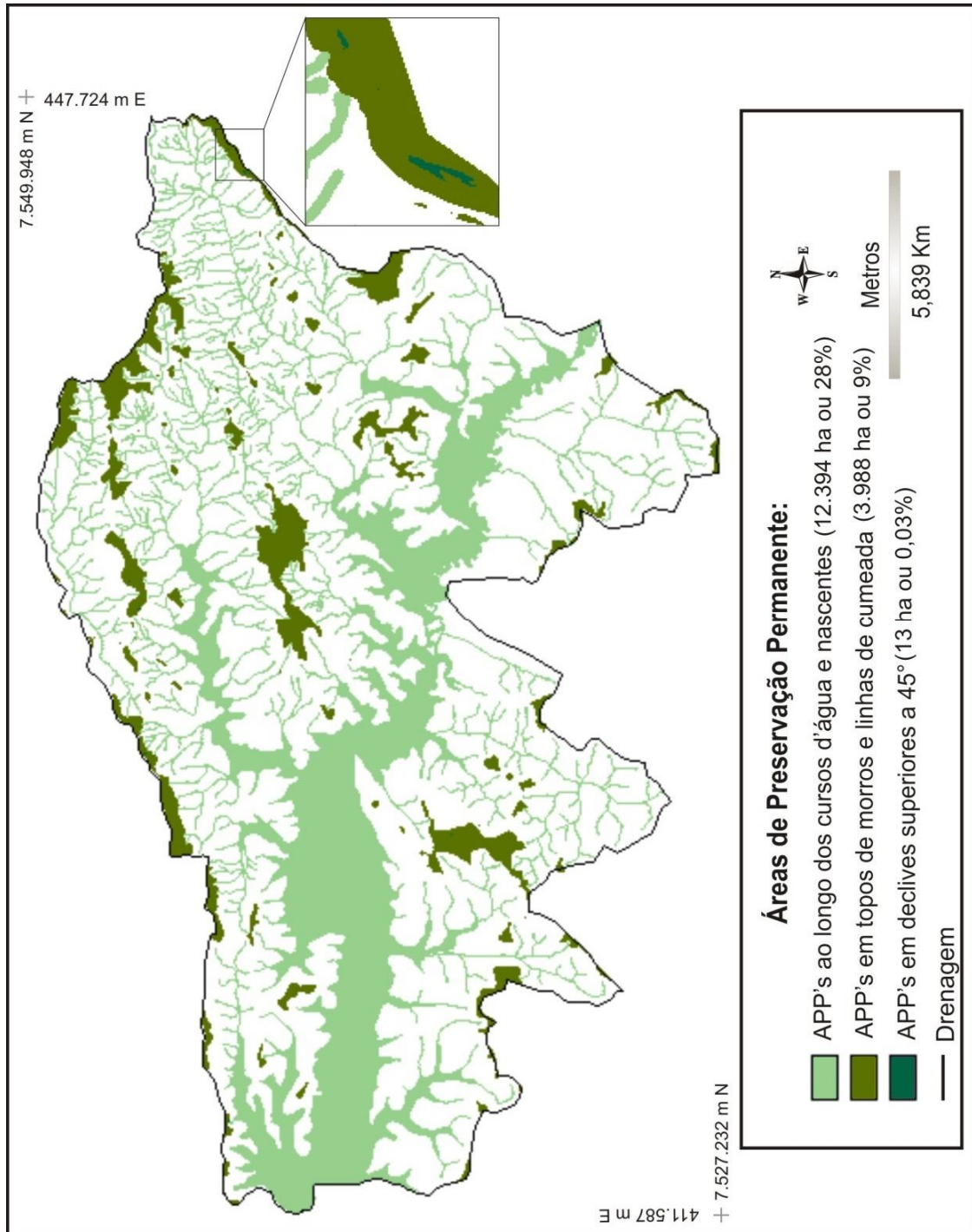


Figura 10 - APP's das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG.

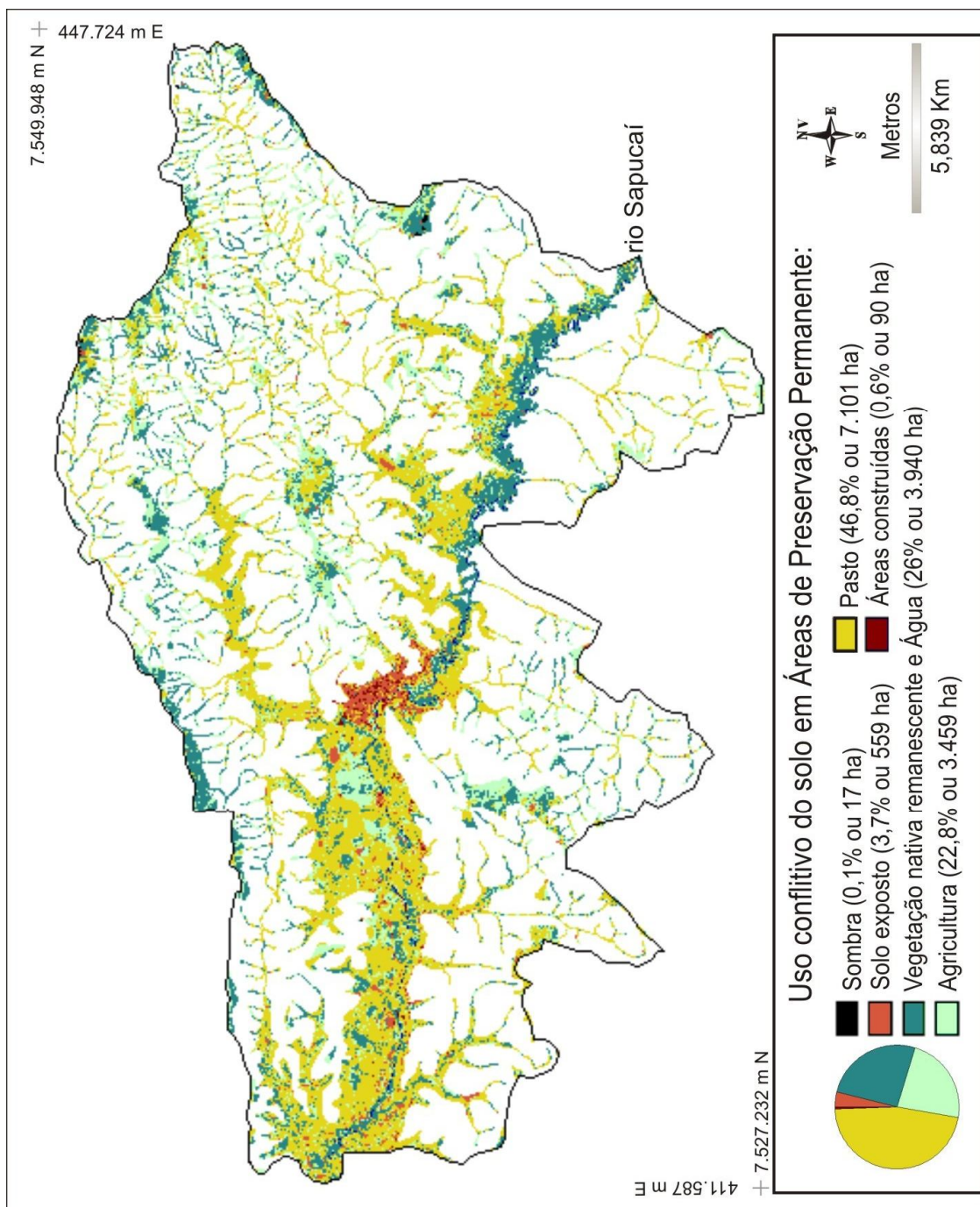


Figura 11 – Uso conflitivo do solo em Áreas de Preservação Permanente.

6.3 Cenários de Perda de Solo

A tabela 6 exprime os resultados obtidos com as simulações dos 7 cenários das bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí – MG, considerando como fatores constantes a topografia, a pedologia e a erosividade, e como fator variável a cobertura do solo.

Tabela 6 – Potencial Natural de Erosão e Cenários de Perda de Solo – com área total de 44.060 ha.

CLASSES DE PNE (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) (SILVA, 2008)	CLASSES DE PERDA DE SOLO (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) (FAO, 1967)								
	Cenário 1 ha e (%)	Cenário 1 ha e (%)	Cenário 2 ha e (%)	Cenário 3 ha e (%)	Cenário 4 ha e (%)	Cenário 5 ha e (%)	Cenário 6 ha e (%)	Cenário 7 ha e (%)	
0 – 400 (Fraco)	9.550 (22)	0 – 10 (Nula ou Baixa)	2.780 (6)	19.778 (45)	24.953 (56)	19.784 (45)	21.422 (49)	26.539 (60)	44.060 (100)
400 – 800 (Moderado)	3.523 (8)	10 – 50 (Moderada)	3.263 (7)	9.057 (21)	7.715 (18)	9.057 (21)	8.723 (20)	7.334 (17)	0.0
800 – 1600 (Forte)	5.668 (13)	50 – 200 (Alta)	1.708 (4)	5.787 (13)	5.975 (14)	5.787 (13)	5.410 (12)	5.412 (12)	0.0
> 1600 (Muito forte)	25.319 (57)	> 200 (Muito alta)	36.309 (83)	9.438 (21)	5.417 (12)	9.432 (21)	8.505 (19)	4.775 (11)	0.0
Figuras	12		13	14	15	16	17	18	

Nota: Cenário 1 – considera o Potencial Natural de Erosão (utilizou-se para este cenário a classificação de PNE indicada por Silva (2008) e a classificação de perda de solo estabelecida pela FAO (1967); Cenário 2 – considera o uso e cobertura atual do solo; Cenário 3 – considera o uso e cobertura atual do solo associado a preservação de APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes; Cenário 4 – considera o uso e cobertura atual do solo associado a preservação das APP's em declives superiores a 45°; Cenário 5 – considera o uso e cobertura atual do solo associado a preservação de APP's em topos de morros e linhas de cumeada; Cenário 6 – considera o uso e cobertura atual do solo associado a preservação de todas as APP's; Cenário 7 – considera toda a área de estudo ocupada por mata primária.

No cenário 1 (PNE), por considerar o solo descoberto, perdas de solo altas ocorrem em maiores áreas. Considerando-se a classificação utilizada por Silva (2008), um PNE superior a 1.600 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ ocorre em 57% da área total e apenas 22% da área encontra-se inserida no intervalo entre 0 – 400 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ (Figura 12).

Ainda com relação ao cenário 1, agora considerando a classificação de perda de solo indicada pela FAO (1967), verifica-se que 83% da área total apresenta perdas > 200 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ (Figura 13). Quando estes resultados são comparados aos resultados apresentados pelo cenário 2, que considera a cobertura atual do solo, constata-se a grande importância da

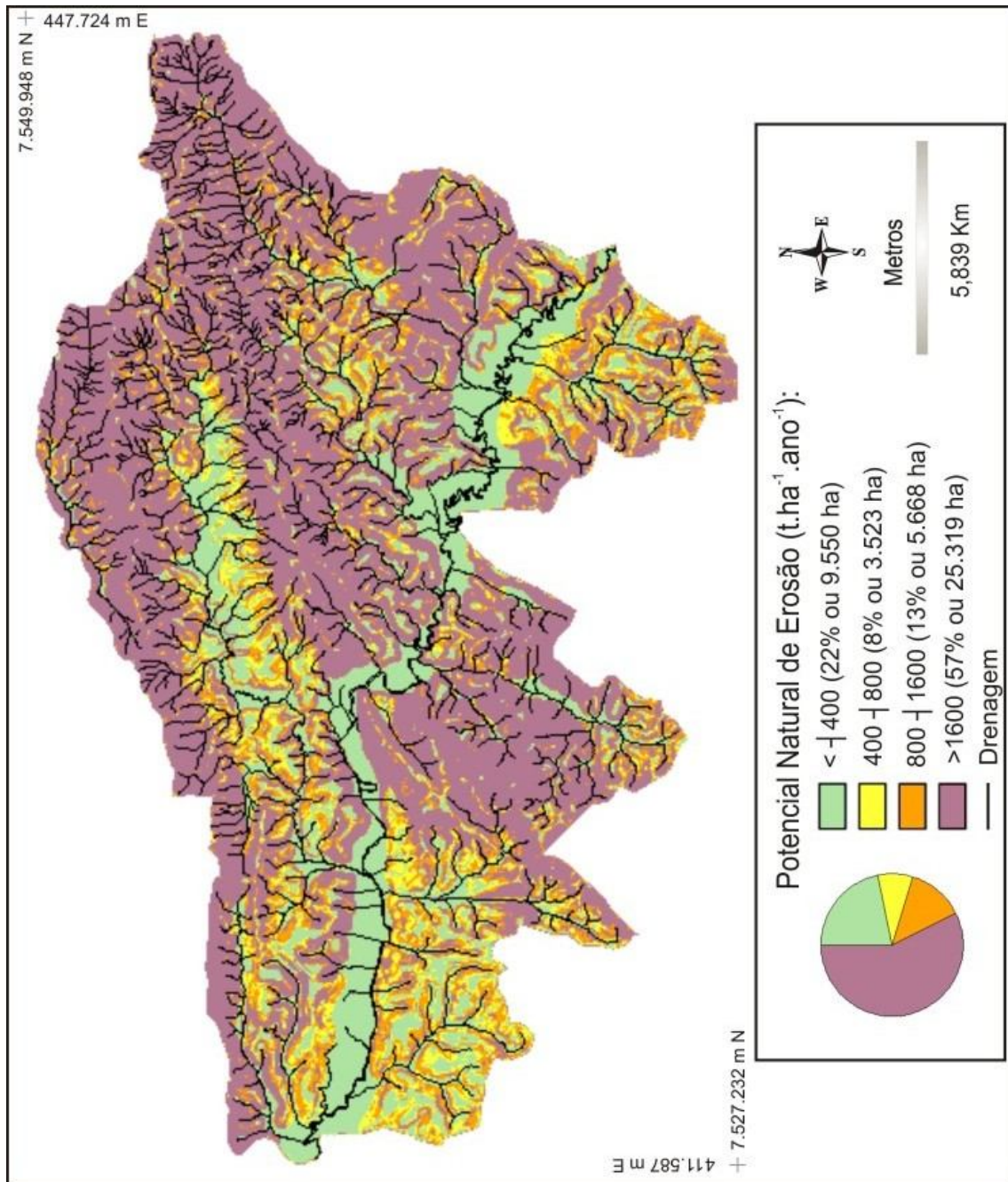


Figura 12 - Cenário 1: Potencial Natural de Erosão (classificação interpretativa de PNE citada por SILVA, 2008).

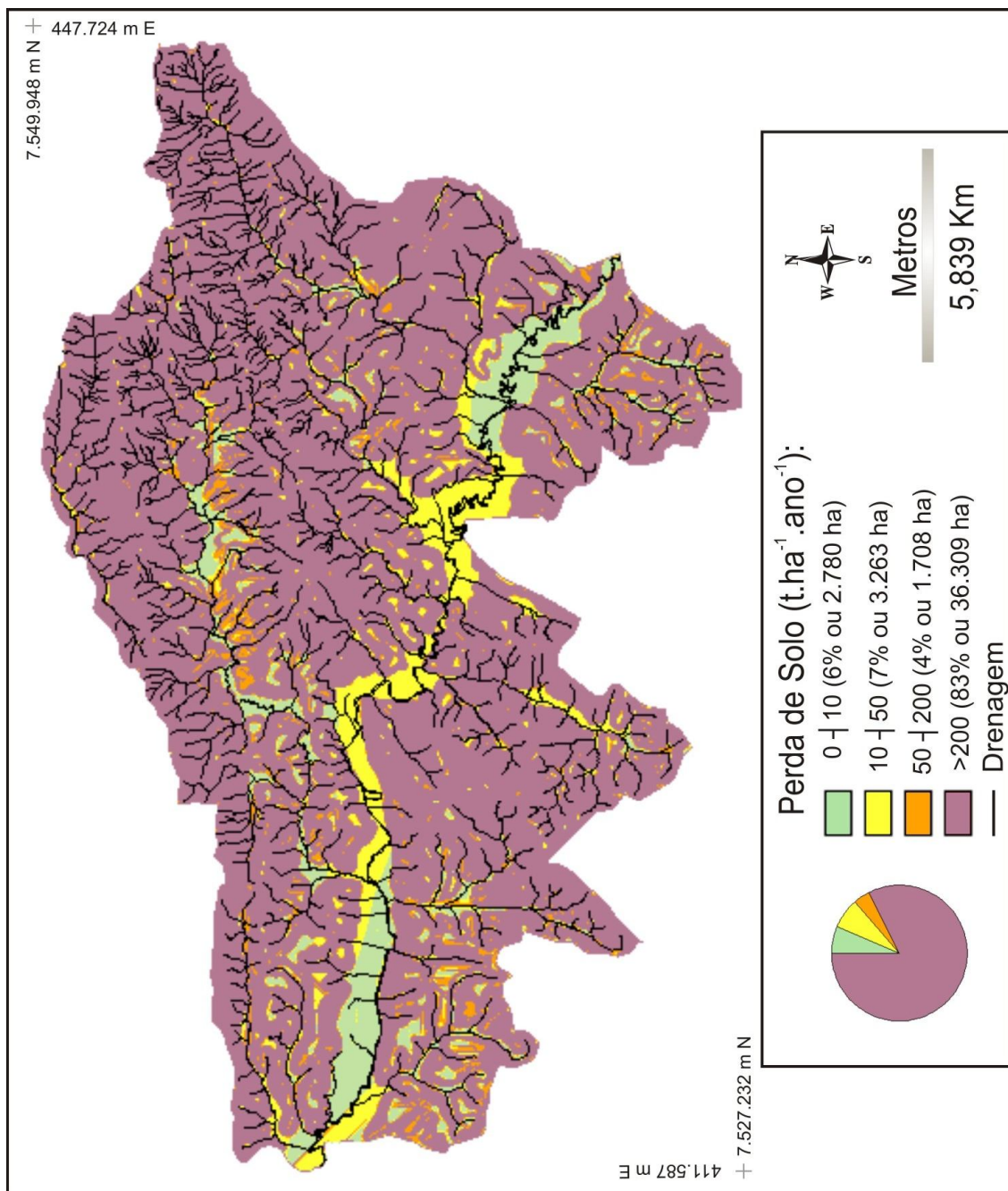


Figura 13 - Cenário 1: Potencial Natural de Erosão (classificação interpretativa de perda de solo estabelecida pela FAO, 1967).

vegetação na proteção contra a erosão do solo, havendo uma significativa redução do total de área enquadrada na classe $> 200 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, que passa a ser de 21%, sendo o restante convertido aos intervalos de $50 \text{ - } 200$, de $10 \text{ - } 50$ e, havendo um expressivo aumento da área enquadrada no intervalo de $0 \text{ - } 10 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, que passa a ser de 45% (Figura 14). Porém, isso não significa que os valores do cenário 2 são baixos, eles são significativamente elevados quando se deseja e se necessita manter o equilíbrio em ecossistemas de maneira a proporcionar a minimização de impactos ambientais provocados pela perda de solo sobre os corpos d'água, assim como a perda da fertilidade do solo e o carreamento de agrotóxicos utilizados em atividades agropecuárias.

Considerando-se os cenários 2, 3, 4, 5 e 6 e tomando-se para análise o intervalo de $0 \text{ - } 10 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e o cenário 2 como referência de comparação, observa-se a grande importância que as APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes inseridas no cenário 3 exercem sobre a redução das perdas de solo, passando de 45% para 56%, apresentando uma redução bem distribuída por todos os demais intervalos (Figura 15).

No cenário 4 verifica-se a baixa influência das APP's em declives superiores a 45° na perda de solo, mantendo-se praticamente nos mesmos níveis da cobertura atual do solo. Isto ocorre em função das pequenas áreas com declividade $>45^\circ$, ou seja, da topografia do terreno (Figura 16).

No cenário 5, pode-se verificar também que, em função da topografia da área de estudo, as APP's em topos de morros e linhas de cumeada proporcionam substancial redução na perda de solo (Figura 17).

No cenário 6, onde é feita a simulação na qual foram inseridas todas as APP's previstas pela Lei, verifica-se uma significativa redução da perda de solo em função do aumento da área inserida no referido intervalo, passando de 45% para 60% da área de estudo, com redução da perda de solo distribuída em todos os demais intervalos, com destaque para o intervalo $>200 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, na qual houve uma conversão de 10% desta classe para a classe de $0 \text{ - } 10 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Figura 18).

Analisando-se os resultados obtidos no conjunto de cenários de 2 a 6, conclui-se que as APP's exercem uma importante função na redução da perda de solo no referido município, destacadamente para as APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes.

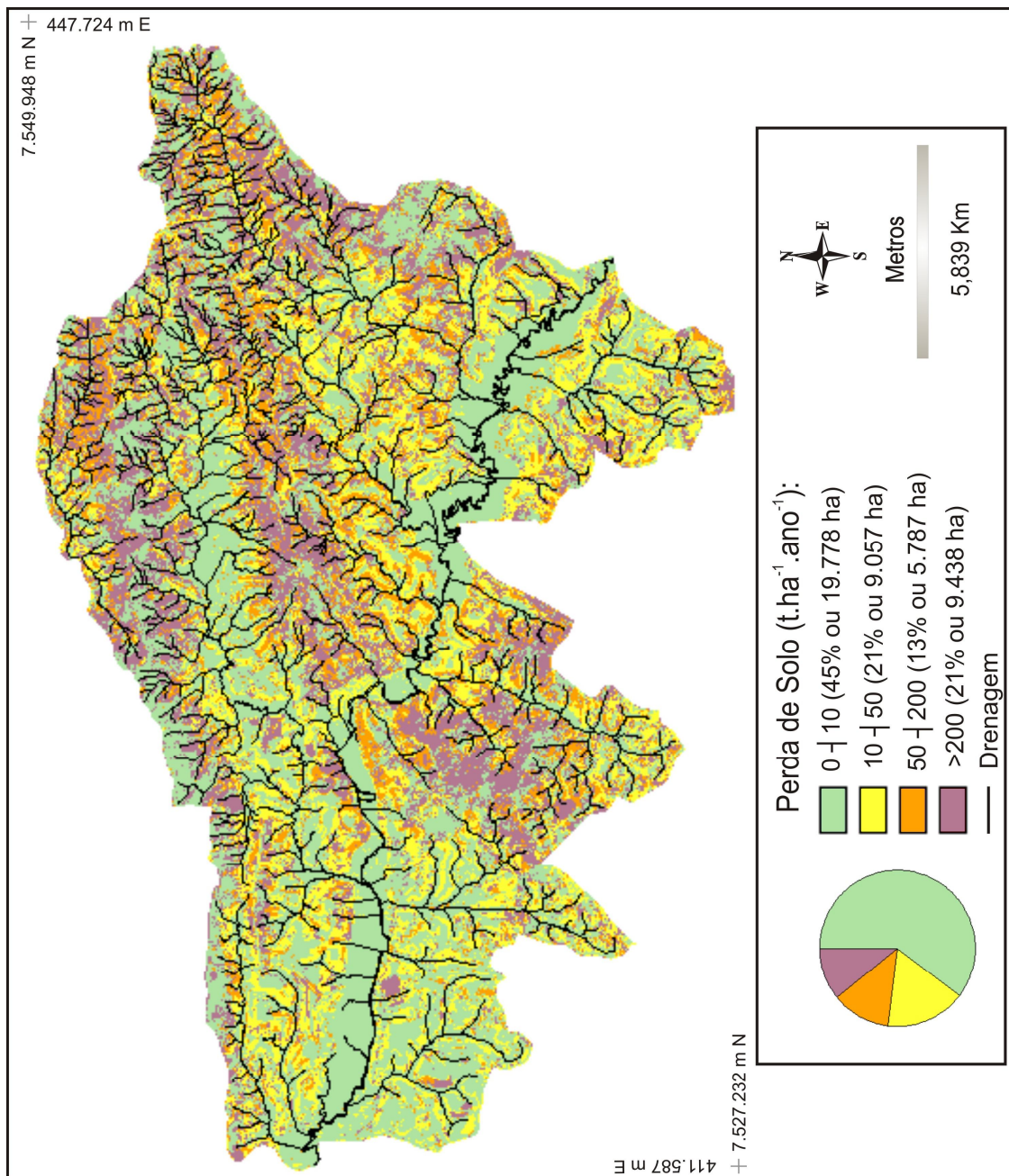


Figura 14 - Cenário 2: perda de solo com o uso e cobertura atual.



Figura 15 - Cenário 3: perda de solo com o uso e cobertura atual considerando as APP's ao longo dos cursos d'água e nascentes preservadas.

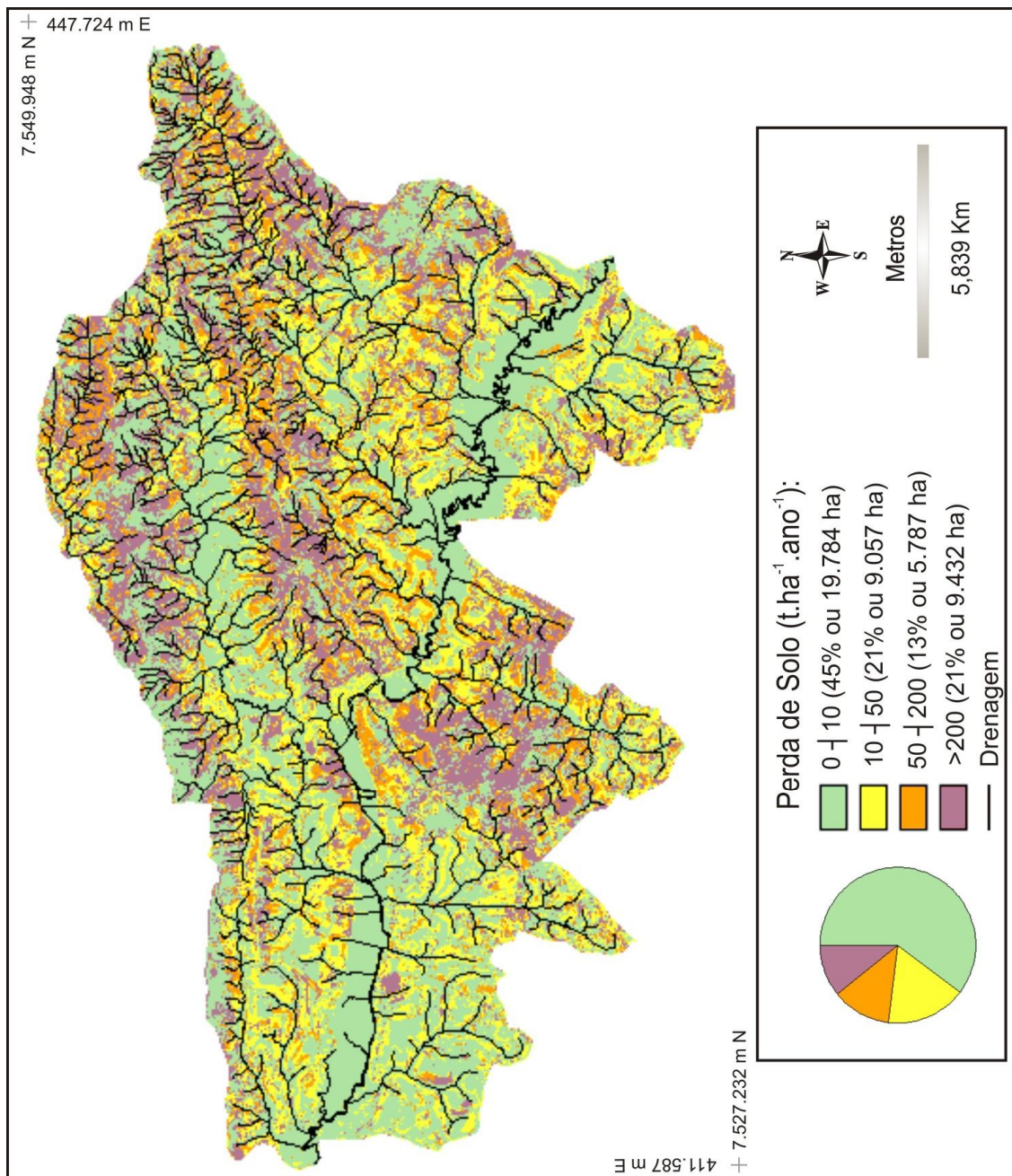


Figura 16 - Cenário 4: perda de solo com o uso e cobertura atual considerando as APP's em declives superiores a 45° preservadas.

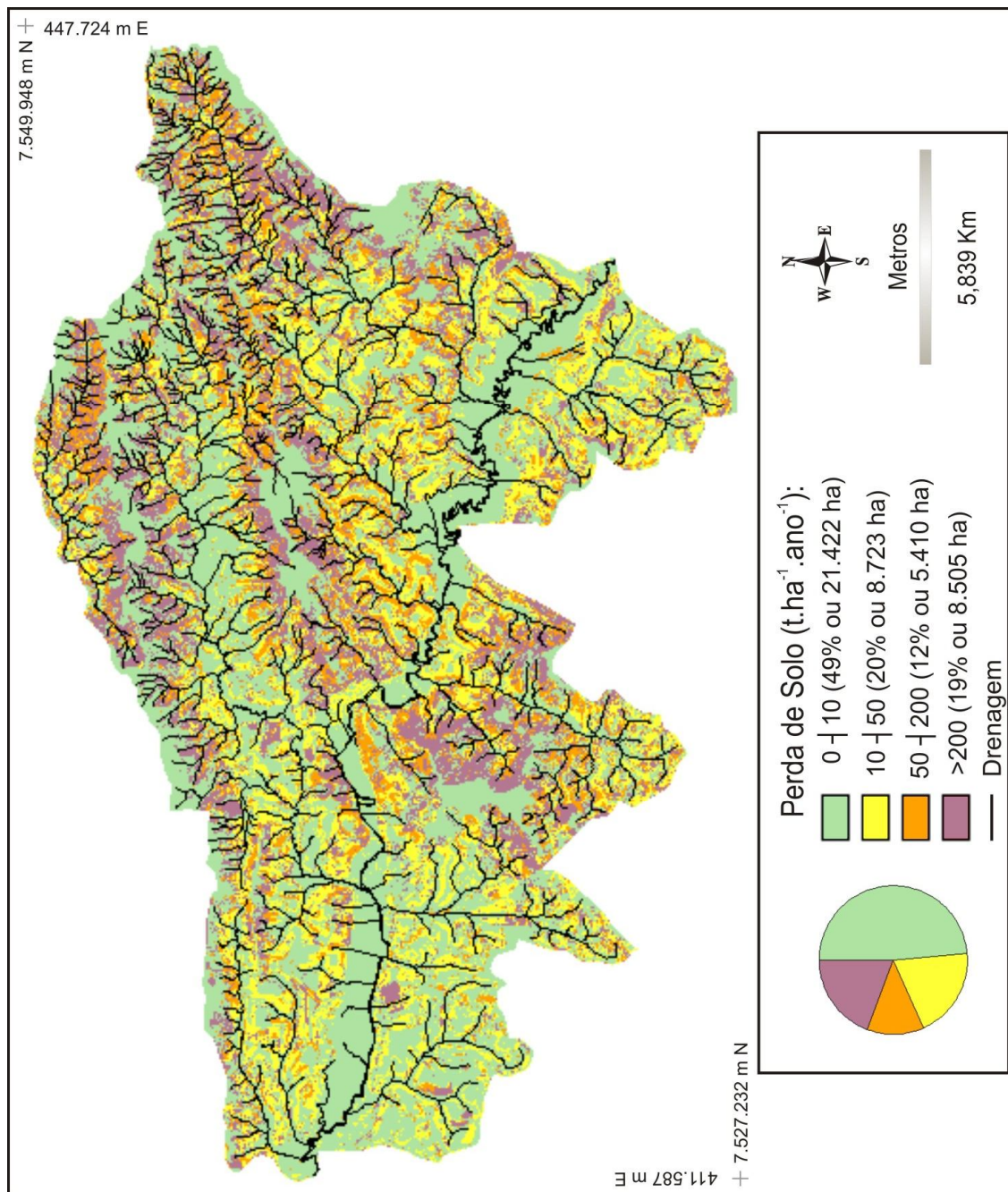


Figura 17 - Cenário 5: perda de solo com o uso e cobertura atual considerando APP's em topos de morros e linhas de cumeeada preservadas.

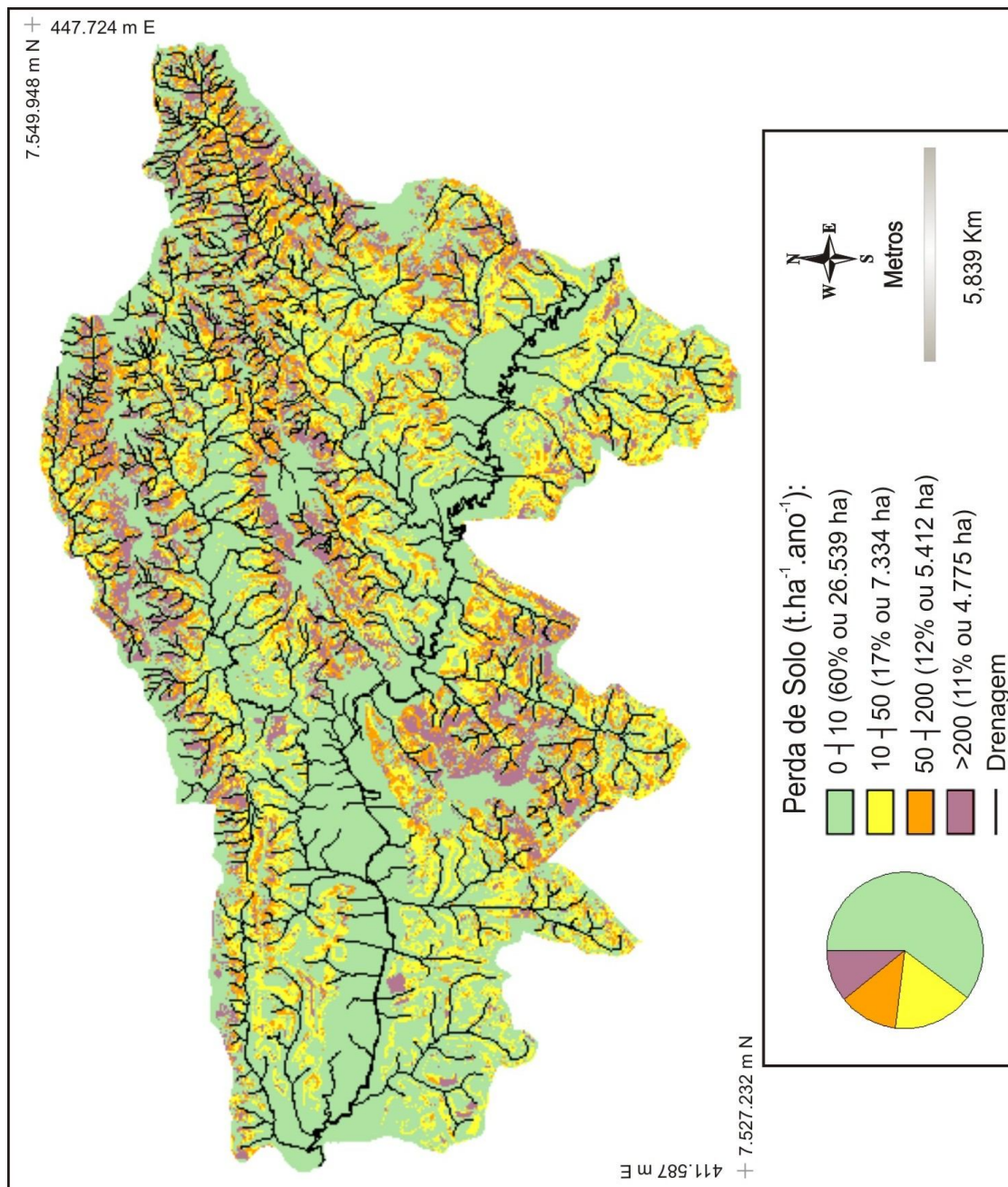


Figura 18 - Cenário 6: perda de solo com o uso e cobertura atual considerando todas as APP's preservadas.

Para efeito de comparação e conhecimento da importância da vegetação primária na manutenção de mananciais e ecossistemas, foi simulado o cenário 7, onde é considerada a cobertura total por mata das bacias que compõem a área de estudo. Os resultados obtidos mostraram claramente a essencial e importante função da vegetação primária na minimização da perda de solo em bacias hidrográficas, conferindo uma perda baixa em 100% da área de estudo.

Mediante os resultados obtidos pelo presente trabalho, fica nítida a importância que os estudos de perda de solo, quando integrados ao planejamento de bacias hidrográficas, tem sobre a compreensão da função de ecossistemas, da preservação de mananciais, do planejamento urbano e rural, da geração de energia, de projetos de irrigação, entre outros, focados dentro das características intrínsecas apresentadas por cada bioma.

Em vista aos debates quanto a elaboração do novo Código Florestal, é imprescindível que a criação das novas normas estejam respaldadas no conhecimento científico quanto as características específicas apresentadas por cada bioma, de forma a definir limites e restrições de uso adequados. Destaca-se que, a exemplo dos resultados obtidos pelo presente trabalho, não se deve flexibilizar as restrições apresentadas pela legislação vigente, pois a redução dos limites das APP's acarretará perdas ainda maiores de solos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de áreas com topografia íngreme e com a presença de solos com alta erodibilidade (ARGISSOLOS) são determinantes no desencadeamento de processos erosivos na área de estudo, onde, mediante a uma erosividade forte das chuvas (concentrada no período de verão), delinea-se um cenário com alto Potencial Natural de Erosão. Porém, quando se avalia os fatores naturais conjuntamente com os fatores antrópicos, constituídos pelos fatores de cobertura e manejo do solo e de práticas conservacionistas, torna-se clara a importância destes últimos mediante a atenuação do PNE.

O mapa de cobertura do solo indicou o predomínio das áreas de pasto (48%), seguida pela agricultura (25,9%) e pela vegetação natural remanescente (22,5%). As áreas de pasto abrangem quase metade da área de estudo, ocupando desde áreas de planície até áreas com declives mais acentuados. Já com relação a agricultura, a cultura permanente do café corresponde a quase toda a produção agrícola. Tais usos têm contribuído para as perdas de solo, evidenciando a necessidade de planejamento do uso da terra através da aplicação de práticas conservacionistas, visando a prevenção e atenuação de processos erosivos em tais bacias.

As APP's mapeadas no presente estudo totalizam uma área aproximada de 15.166 ha (34% da área total de estudo), sendo que, somente cerca de 3.940 ha (26% do total legal) encontram-se devidamente preservados.

O avanço das práticas agrícolas (com destaque para a cultura do café) e dos pastos em áreas de APP's foi claramente definido pelos mapeamentos efetuados e, considerando a não utilização de práticas conservacionistas, há um agravamento quanto ao risco de perdas de solos. O uso do solo para pastagens têm ocupado uma área aproximada de 7.101 ha (46,8% da área total referente as APP's) e o uso do solo para a agricultura têm ocupado uma área aproximada de 3.459 ha (22,8% da área total referente as APP's).

Ao simular cenários visando observar o papel das APP's enquanto instrumentos de prevenção e atenuação de tais perdas de solo, os resultados demonstraram que a recuperação das APP's constitui-se em medida essencial ao planejamento de uso adequado da terra na área de estudo, contribuindo de maneira efetiva para a melhoria do equilíbrio morfoedológico na mesma.

Analisando-se os cenários com as APP's preservadas, fica nítida a redução da perda de solo na bacia, indicando que, quando tais áreas encontram-se devidamente resguardadas, estas cumprem com a sua função de atenuação da erosão e, por consequência, com as demais funções que integram seu objetivo legal de manutenção dos ecossistemas.

Dessa forma, todos os cenários considerando a preservação dos diversos tipos de APP's apresentaram atenuação significativa da perda de solo, principalmente no que se refere a conversão de áreas com perdas alta e muito alta para áreas com perdas baixas. Destaca-se a importância das APP's ao longo dos cursos d'água, que apresentaram significativa contribuição na redução da perda. Apenas no cenário 4, que considera a preservação das APP's em declives superiores a 45°, a atenuação das perdas não foi muito nítida em função de representarem porções muito pequenas da área de estudo. Porém, estas possuem grande importância por situarem-se em áreas com alta susceptibilidade erosiva. Em função disto, sugere-se que se observe a necessidade de ampliar as restrições de uso relativas a declividade.

Para efeito de comparação e conhecimento da importância da vegetação primária na manutenção de mananciais e ecossistemas, foi simulado o cenário 7, onde é considerada a cobertura total por mata das bacias que compõem a área de estudo. Os resultados obtidos mostraram claramente a essencial e importante função da vegetação primária na minimização da perda de solo em bacias hidrográficas, conferindo uma perda baixa em 100% da área de estudo.

Mediante os resultados obtidos pelo presente trabalho, fica nítida a importância que os estudos de perda de solo, quando integrados ao planejamento de bacias hidrográficas, tem sobre a compreensão da função de ecossistemas, da preservação de mananciais, do planejamento urbano e rural, da geração de energia, de projetos de irrigação, entre outros, focados dentro das características intrínsecas apresentadas por cada bioma.

Em vista aos debates quanto a elaboração do novo Código Florestal, é imprescindível que a criação das novas normas estejam respaldadas no conhecimento científico quanto as características específicas apresentadas por cada bioma, de forma a definir limites e restrições de uso adequados. Destaca-se que, a exemplo dos resultados obtidos pelo presente trabalho, não se deve flexibilizar as restrições apresentadas pela legislação vigente, pois a redução dos limites das APP's acarretará perdas ainda maiores de solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003. 159 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas. Dados Hidrológicos. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 01 maio 2009.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

BABAN, S.M.J.; YUSOF, K.W. Modelling soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems. **Journal des Sciences Hydrologiques**, v.46, n.2, p.191–198, 2001.

BAPTISTA, G. M. de M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação**. Brasília: Universa, 2003, 140 p.

BARBOSA, L. M. (Org.). **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. 147 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed., São Paulo: Ícone, 1999, 355p.

BITAR, O. Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. 274p.

BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. **Código Florestal, Lei nº 4.771**, de 15 de Setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

BRASIL. **Lei nº 7.803**, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 302**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 303**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **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 Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

BRHANE, G.; MEKONEN, K. Estimating Soil Loss Using Universal Soil Loss Equation (USLE) for Soil Conservation planning at Medego Watershed, Northern Ethiopia. **Journal of American Science**, v.5, n.1, 2009, p.58-69. Disponível em: <<http://www.americanscience.org/journals>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 372 p.

CAVALCANTE, J. C. et al. **Projeto Sapucaí. Estados de Minas Gerais e São Paulo. relatório final de geologia**. DNPM/CPRM. Série Geologia 5, Seção Geologia Básica 2., 299 p., Brasil, 1979.

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2010.

CHORLEY, R. J. **Modelos físicos e de informação em geografia**. São Paulo: ed. da Universidade de São Paulo, 1975, 270 p.

COSTA, F. H. dos S. Modelagem espaço-temporal da erosão e potencial contaminação de arsênio e chumbo do rio Ribeira do Iguape (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v.39, n.2, p. 338 – 349, jun. 2009.

PAES, F. S. **Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão**. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática - NEPA. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

COTA, M. de A. **Áreas de Preservação Permanente (APPs): as resoluções CONAMA e o papel das técnicas de Geoprocessamento na delimitação das classes de preservação.** 2008. 124 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

DESMET, P.J.J.; GOVERS, G. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Des Moines, v.51, n.5, p.427 – 433, 1996.

DUPAS, S. A. **Plano Diretor Participativo de Santa Rita do Sapucaí, MG.** Relatórios finais de Projeto de Pesquisa CNPq Edital MCT/Mcidades n. 060/2005 proc. n. 501840/2005-20, 2 volumes. 2009. Disponível em: <<http://www.pmsrs.mg.gov.br/>>. Acesso em: 10 dezembro 2009.

EASTMAN, J. R. **Manual do Idrisi for Windows: introdução e exercícios tutoriais.** UFRGS/ Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre, 1998, 245 p.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Mapa de Solos de Minas Gerais.** Escala 1:1.000.000, 1998. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 janeiro 2010.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Manual on integrated soil management and conservation practices.** Land and Water Bulletin, Roma : FAO, n.8, 228 p., 2000.

_____. **La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo.** Cuadernos de fomento agropecuario da Org. De Las Naciones Unidas, Roma : FAO, n.81, 207 p., 1967.

FARINASSO, M. et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do alto parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 7, n.2, p.73-85, 2006. Disponível em: <<http://www.ugb.org.br/artigos/>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

FERREIRA. V. M. **Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo.** 2005. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

FLORENZANO, T.G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 278 p.

GASPARI, F.J.; RODRÍGUEZ VAGARÍA, A.V.; SENISTERRA, G.E. Estimation of soil erosionability in the stream basin of Pillahuinco Grande, province of Buenos Aires, Argentina. **Ciencia Investigación Agraria**, v.35, n.1, p.43-52, 2009. Disponível em: <<http://www.rcia.uc.cl>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

GITAS, I.Z. et al. **Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified usle raster model**. EARSeL eProceedings 8, 01/2009, p. 40-52.

GOMES, G. L. M. **Diagnóstico de áreas degradadas por voçorocas no município de Alterosa – MG**. 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2006.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 340 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha topográfica de Pouso Alegre - SF.23-Y-B-II-1. Escala 1:50.000, 1971.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha topográfica de Heliadora - SF.23-Y-B-II-2. Escala 1:50.000, 1971.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha topográfica de Conceição dos Ouros - SF.23-Y-B-II-3. Escala 1:50.000, 1971.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha topográfica de Santa Rita do Sapucaí - SF.23-Y-B-II-4. Escala 1:50000, 1971.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil**. 2. ed., Rio de Janeiro, 1997, 208 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Canais. Banco de dados. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 15 maio 2010.

PAES, F. S. **Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão**. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática - NEPA. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

JAIN, M. K.; KOTHYARI, U.C. Estimation of soil erosion and sediment yield using GIS. **Hydrological Sciences, Journal des Sciences Hydrologiques**, v.45, n.5, p.771–786, Oct. 2002.

LIMA, J. E. F. W. et al. **Preliminary evaluation for erosion potential in the Alto Jardim River Basin, Federal District. Brazil.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 7, 2006, Porto Alegre.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solos em Campinas. SP. **Bragantia**, Campinas, v.51, n.2, p.189-196, 1992.

MAGALHÃES, C. de S.; FERREIRAS, R. M. A. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.33-39, nov./dez. 2000.

MELLO, C. R. de et al. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p. 537-545, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/pab>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

MINAS GERAIS. **Lei nº 10.561**, de 27 de dezembro de 1991 (com alterações introduzidas pelas Lei nº11.337, de 21 de dezembro de 1993). Dispõe sobre a política florestal no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://servicos.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 10 julho 2008.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 33.944**, de 18 de setembro de 1992. Regulamenta a Lei nº10.561, de 27 de dezembro de 1991, que dispõe sobre a política florestal no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

MINAS GERAIS. **Lei nº 14.309**, de 19 de junho de 2002. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.023**, de 09 de janeiro de 2009. Altera o art. 10 da Lei nº14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.365**, de 01 de setembro de 2009. Altera a Lei nº14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no

Estado, e o art. 7º da Lei Delegada nº 125, de 25 de janeiro de 2007, que dispõe sobre a estrutura orgânica básica da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, e dá outras providências. Disponível em: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br>>. Acesso em: 10 julho 2008.

MORETI, D. et al. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manoel (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.1, n.1, p.713-726, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/rbcs>. Acesso em: 02 jun. 2009.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2005. 555 p.

ROUSSEVA, S. **Ideas for physical interpretation of the USLE**. N. Poushkarov Research Institute for Soil Science and Agroecology, Lecture given at the College on Soil Physics Trieste, 3-21, Sofia, Bulgaria. March 2003, p. 310-319.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SANTOS, S. B. dos. **Análise do uso e ocupação do solo de Áreas de Preservação Permanente utilizando ferramentas de SIG na gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do ribeirão São Lourenço**. 2007. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SILVA, A. M. Potencial Natural de Erosão no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil**, v. 8, n. 1, p.5–14. 2008. Disponível em: <<http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC>>. Acessado em: 26 abr. 2010.

SILVA, A. M. & SCHULZ, H. E. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo com o uso de aplicativo informatizado compatível com software de geoprocessamento. **Revista FatorGIS**, 9p., 2003. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br>>. Acesso em: 26 abr. 2010.

SILVA, A. M. & ALVARES, C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco de dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. **Revista Geociências**, São Paulo, v.24, n.1, p. 33-41, 2005. Disponível em: <<http://jasper.rc.unesp.br/revistageociencias>>. Acesso em: 26 abr. 2010.

SILVA, F. G. B. et al. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e USLE 2D. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.15, n.2, p.135-142, 2010.

SKORUPA, L. A. **Áreas de Preservação Permanente e desenvolvimento sustentável**. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, 2003. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 02 junho 2009.

SONNEVELD, B.G.J.S.; NEARING, M.A. A nonparametric/parametric analysis of the Universal Soil Loss Equation. **Catena**, v.52, p. 9-21, 2003. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/catena>>. Acesso em: 20 mai. 2009.

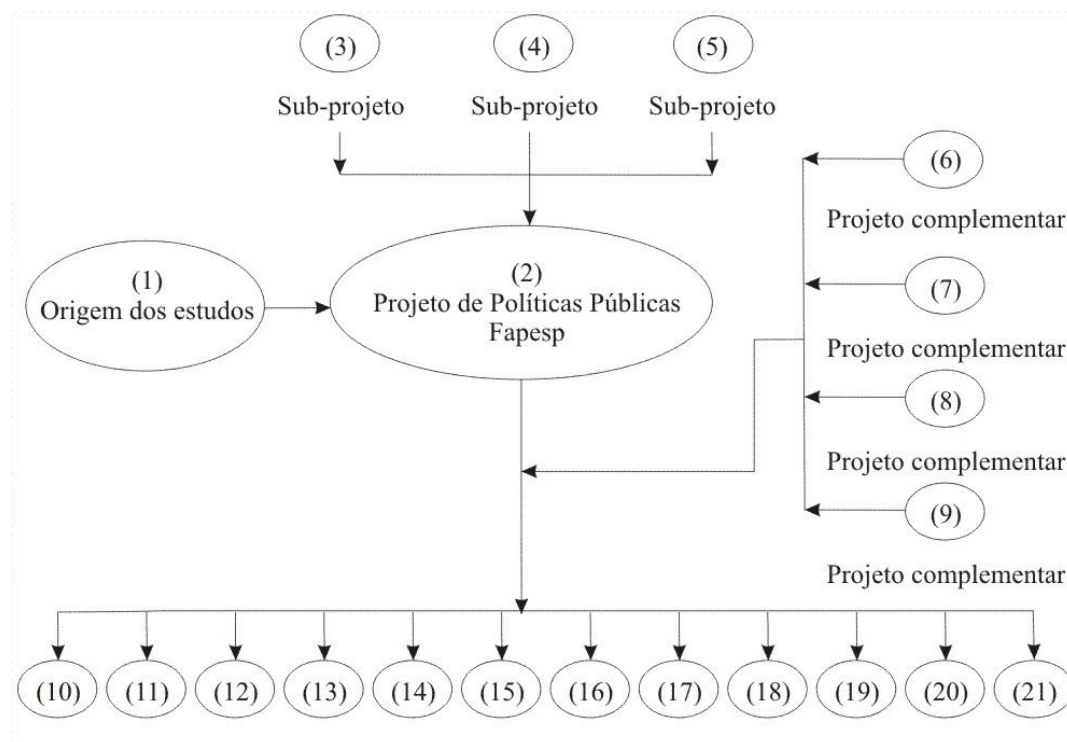
STEIN, D. P. Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e Proteção de Recursos Naturais. Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais. **Procedimento do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN) para Delimitação de APP de Topo de Morro e Montanha e de Linha de Cumeada (apostila)**. Secretaria do Meio Ambiente – Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e Proteção de Recursos Naturais, São Paulo. Disponível em: <<http://sigam.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 02 junho 2009.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977, 31p.

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook, n.537, 58p., dez. 1978.

ZHANG, Y. et al. Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) into a GIS framework to assess soil erosion risk. **Land Degradation & Development**, Iowa City, v.20, n.1, p. 84-91, 2009. Disponível em: <<http://www.interscience.wiley.com>>. Acesso em: 20 mai. 2009.

ANEXO I



() Origem dos projetos, dissertações e iniciações científicas - referências a seguir.

■ (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14)- Projetos de pesquisa já concluídos com apoio da Fapesp, Fapemig, CNPq e Capes.

■ (15), (16) (17), (18) - Projetos de pesquisa a concluir até outubro de 2010 com apoio do CNPq e Capes.

■ (19), (20) - Projetos de pesquisa a concluir até outubro de 2011 com apoio da Capes.

■ (21) - Projeto de pesquisa a concluir até outubro de 2012 com apoio da Capes.

(1)

DUPAS, F. A. (2001). "Crescimento Urbano e suas Implicações Ambientais - Proposta de redirecionamento de cidades de médio porte utilizando as variáveis ambientais, sensoriamento remoto e SIG: Estudo do caso de São Carlos, SP". Relatório de pós-doutorado FAPESP, proc. n. 97/07066-2 e 97/07055-0. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN/UNIFEI. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, 63 pg.

(2)

MOLINA Jr., V. E. (2003). Recursos Hídricos superficiais da área urbana e de expansão da cidade de São Carlos, SP - Estudo multitemporal. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Fapesp. Co-Orientador:-- processo n. 01/02562-9, 104 pg.

(3)

POLI, M. N. (2004). “A geografia do espaço vivido: Análise do uso social do solo urbano - estudo de caso na cidade de São Carlos, SP”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Fapesp. Co-Orientador:--processo n. 01/08369-6, 229 pg.

(4)

COSTA, I. G. D. D. (2006). “Análise da perda de solo através de SIG e sensoriamento remoto. Estudo do caso de Santa Rita do Sapucaí, MG”. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Itajubá.

(5)

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; DUPAS, F. A.; SILVA-SOUZA, A. T.; SHIBATTA, O. A. (2007). “Uso atual e uso potencial do solo no município de São Carlos, SP – base do planejamento urbano e rural”. Relatório final de projeto de pesquisa FAPESP de Políticas Públicas proc. 98/10924-3. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN/UNIFEI. Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, 95 pg.

(6)

SUB-PROJETO (2007) - “Diagnóstico e prognóstico da qualidade da água dos rios que compõe as bacias hidrográficas do município de São Carlos (SP) relacionados com uso e ocupação do solo”, Proc. 98/10924-3;

(7)

SUB-PROJETO (2007) - “Estudo do Índice de Integridade Biótica (IIB) da bacia hidrográfica do Córrego do Feijão”, Proc. 98/10924-3.

(8)

SUB-PROJETO (2007) – “Análise da influência do uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do córrego do Feijão”, Proc. 98/10924-3.

(9)

AFONSO, G. F. (2008). “Integração de dados baseada em ontologia”, Dissertação de Mestrado em Computação. Dep. Computação, Universidade Federal de São Carlos.

(10)

RODRIGUES, G. O. (2009). “Análise da acurácia temática de classificações de imagens orbitais AVNIR-2/ALOS, CCD/CBERS- 2 E TM/LANDSAT-5, comparando as abordagens de Máxima Verossimilhança e Fuzzy”. Dissertação Mestrado em Engenharia de Energia, Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(11)

DUPAS, F. A. (2009). “Plano Diretor Participativo de Santa Rita do Sapucaí, MG”. Relatório final de projeto CNPq n. 060/2005 proc. n. 501840/2005-2. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática NEPA - IRN –UNIFEI, maio, Volumes I de II, 243 pg.

(12)

PAES, F. S. (2010). “Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão”. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN, Universidade Federal de Itajubá, 73 pg.

(13)

PEREIRA, P. R. G.. (2010). “Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para avaliação do nível de degradação ambiental na bacia do córrego do Feijão, São Carlos, SP”. Relatório de bolsa de iniciação científica CNPq. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(14)

PEREIRA, J. C. (2010). “Aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT na bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeirinha, MG”. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, IRN, Universidade Federal de Itajubá, 116 pg.

(15)

SPERANDELLI, DANIEL IOZZI (2008). Análise do crescimento, dos vazios e das áreas verdes urbanas. Estudo do caso de Atibaia, SP”. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá.

(16)

COSTA, CARLOS WILMER (2008). “Análise do crescimento urbano, uso e demanda por recursos hídricos utilizando as variáveis ambientais. Estudo de caso São Carlos, SP”. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(17)

CUNHA, ROGÉRIO COLI DA (2008). “Zoneamento ambiental em bacia hidrográfica utilizada como manancial urbano. Estudo do caso da bacia hidrográfica do córrego do Feijão - São Carlos, SP”. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(18)

OLIVEIRA, JULIANA APARECIDA (2008). “Análise da quantidade de sedimentos em bacia hidrográfica - Estudo do caso do caso do córrego do Feijão em São Carlos, SP”. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN Universidade Federal de Itajubá.

(19)

MELLO, CAROLINA MOTTA (2009). “Influência do uso do solo na qualidade da água. Estudo do caso da bacia hidrográfica do córrego do Feijão, São Carlos, SP”. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá.

(20)

MACHADO, FERNANDO HENRIQUE (2009). “Valoração econômica dos recursos ambientais da bacia hidrográfica do córrego do Feijão - São Carlos, SP”. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(21)

LUZ, F. G. F. (2010). “Áreas de Proteção Permanente e sua capacidade de assistir aos corpos d’água - Análise da perda de solo na bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão, São Carlos, SP”. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.