



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

GISELLE LEMOS MOREIRA

**EVOLUÇÃO COMPARATIVA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM BACIA
HIDROGRÁFICA**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2017

GISELLE LEMOS MOREIRA

**EVOLUÇÃO COMPARATIVA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM BACIA
HIDROGRÁFICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.
Orientador: Alexandre Rosa dos Santos

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M838e Moreira, Giselle Lemos, 1988-
Evolução comparativa do uso e ocupação da terra em bacia hidrográfica
/ Giselle Lemos Moreira. – 2017.
75 f. : il.

Orientador: Alexandre Rosa dos Santos.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Geotecnologia ambiental. 2. Perda de solo. 3. Solos - Erosão. 4.
Florestas – Legislação. I. Santos, Alexandre Rosa dos. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias. III. Título.

CDU: 630

**EVOLUÇÃO COMPARATIVA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM BACIA
HIDROGRÁFICA**

Giselle Lemos Moreira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

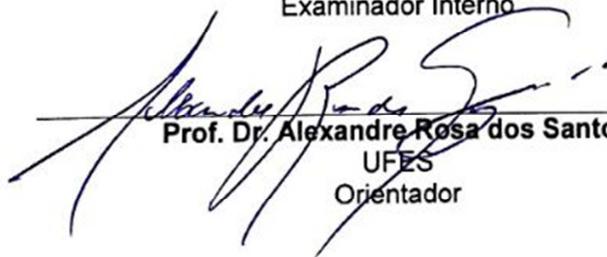
Aprovada em 17 de Fevereiro de 2017.



Prof. Dr. João Batista Esteves Peluzio
UFES
Examinador Externo



Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler
UFES
Examinador Interno



Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos
UFES
Orientador

DEDICATÓRIA

*A Deus e aos meus pais,
pela presença constante.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar este sonho possível, dando-me força e perseverança para vencer obstáculos.

Ao professor Dr. Alexandre Rosa dos Santos, meu orientador, pela confiança depositada, por compartilhar seus valiosos conhecimentos e pelo tempo e empenho dedicados ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca, professor Dr. Nilton Cesar Fiedler e professor Dr. João Batista Esteves Peluzio pelas valiosas contribuições ao estudo.

À equipe do Laboratório de Modelagem Hidrológica e à equipe de pesquisa GAGEN, pela parceria, ajuda e momentos de descontração.

À minha família, que mesmo longe sempre me apoiou e incentivou a lutar pelos meus sonhos.

Ao Flávio, pelo carinho, apoio e companheirismo. Obrigada por estar ao meu lado neste momento tão importante da minha vida.

As amigas de república, Francielle, Elayne e Vilene pelo amor, carinho, apoio e pelos muitos momentos felizes que tivemos juntas.

À Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Jerônimo Monteiro, pela oportunidade de crescimento profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Aos funcionários da UFES, pela valiosa ajuda e companheirismo, em especial à Elisângela, Calebe, Sebastião, Júnior, Cláudio e Adriane.

Agradeço também a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

MOREIRA, Giselle Lemos. **Evolução comparativa do uso e ocupação da terra em bacia hidrográfica**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

As florestas tropicais apresentaram, ao longo dos anos, perda progressiva da sua cobertura original, sendo a conversão das terras para as práticas agrícolas e pecuárias, a exploração da madeira, a urbanização e a criação de infraestruturas como pontes, estradas e barragens, as causas recorrentes desse desmatamento. Neste contexto, a realização deste estudo objetivou avaliar a evolução temporal, espacial e temática do uso e ocupação da terra, das Áreas de Preservação Permanente (APP) e da perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição de uma bacia hidrográfica, localizada na região sudoeste do estado do Espírito Santo, Brasil. Para a execução desta pesquisa, foram utilizadas ortofotomosaicos (resoluções espaciais de 1 e 0,25 m), MDE SRTM (resolução espacial de 30 m), dados meteorológicos de estações distribuídas sobre a área de estudo e limítrofes e mapa de solos da região. De posse do banco de dados, foram realizados os seguintes procedimentos: a) fotointerpretação para a obtenção das classes de uso e ocupação da terra, b) delimitação das APP de cursos d'água, nascentes, declividade e topo de morro e, c) estimativa do volume de solo perdido por erosão hídrica, levando em consideração os cenários de uso e ocupação da terra real e um cenário de uso e ocupação da terra ideal (simulado). A partir dos resultados obtidos, foi possível inferir que ao longo do período analisado as classes de pastagem e cultivo agrícola (destaque para a cafeicultura) foram as mais expressivas. As APP de topo de morro e cursos d'água tiveram maiores participações em termo de área. Entretanto, notou-se uma diminuição no percentual de APP de topo de morro, no cenário 2, delimitada de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo novo código florestal brasileiro. Observou-se que mais de 50% das áreas destinadas à APP, estão sendo utilizadas para outras finalidades. As estimativas de perda de solo revelaram uma mudança significativa na quantidade de perda de solo entre os cenários avaliados. Esse resultado corrobora a importância da cobertura florestal como fator atenuante da degradação do solo.

Palavras-chave: geotecnologia, perda de solo, código florestal.

ABSTRACT

MOREIRA, Giselle Lemos. **Comparative land use evolution in watershed**. 2017. Dissertation (Master in Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

The rain forests presented, along of the years, a progressive loss of their original cover, wherein the land conversion to agricultural and livestock practices, logging, urbanization and the creation of infrastructures such as bridges, roads and dams, are the recurring causes of this deforestation. In this context, the objective of this study was to evaluate the temporal, spatial and thematic evolution of land use, of the Permanent Preservation Areas (APPs) and soil loss due to water erosion in the contribution area of a watershed, located in the southwest region of Espírito Santo state, Brazil. For the execution of this research, were used orthophotomosaics (spatial resolutions of 1 and 0.25 m), MDE SRTM (spatial resolution of 30 m), meteorological data of stations distributed over the study area and boundaries and region soil map. With the database, the following procedures were performed: a) photointerpretation to the acquirement of land use classes, b) APPs delimitations of the water courses, springs, slopes and hilltops, and c) estimation of the lost soil volume by water erosion, considering the real land use scenarios and an ideal land use scenario (simulated). From the results obtained, it was possible to infer that during the analyzed period the pasture and agricultural cultivation classes (highlight for the coffee plantation) were the most expressive. The APPs hilltop and water courses had greater participation in area. However, was observed a decrease in the percentage of APPs hilltops in scenario 2, delimited according to the parameters established by the new brazilian forest code. It was observed that more than 50% of the areas destined to APP are being used for other purposes. Soil loss estimates revealed a significant change in amount of soil loss among the evaluated scenarios. This result corroborates the importance of forest cover as an attenuating factor of soil degradation.

Keywords: geotechnology, soil loss, forest code.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Classes de uso e ocupação da terra na área de estudo.....	32
Tabela 2 –	Comparativo de APP entre o antigo e novo Código Florestal.....	34
Tabela 3 –	Tipos de solos e fator K (erodibilidade) da EUPS para área em estudo.....	42
Tabela 4 –	Fator C (preparo e cobertura do solo) da EUPS para as classes de uso e ocupação da terra.....	43
Tabela 5 –	Área (km ² e percentual) do uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica – cenário 1 e 2.....	48
Tabela 6 –	Confronto de uso e ocupação da terra nas APP da área de contribuição da bacia hidrográfica – cenário 1.....	58
Tabela 7 –	Confronto de uso e ocupação da terra nas APP da área de contribuição da bacia hidrográfica – cenário 2.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Área de estudo.....	26
Figura 2 –	Classes de declividade, altitude e tipo de solo da área de estudo.....	28
Figura 3 –	Procedimentos metodológicos para a obtenção do uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2....	33
Figura 4 –	Procedimentos metodológicos para a obtenção das APP de declividade na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2.....	35
Figura 5 –	Procedimentos metodológicos para a obtenção das APP de topo de morro na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2..	36
Figura 6 –	Procedimentos metodológicos para a obtenção das APP de nascentes e cursos d'água na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2.....	37
Figura 7 –	Procedimentos metodológicos para estimativa da perda de solo para os cenários 1 e 2 e para o cenário ideal.....	39
Figura 8 –	Estações meteorológicas utilizadas no estudo.....	40
Figura 9 –	Uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica - cenário 1.....	46
Figura 10 –	Uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica - cenário 2..	47
Figura 11 –	Avaliação quantitativa (Ganhos e perdas - km ²), por classe de uso da terra, entre os cenários 1 e 2.....	50
Figura 12 –	Mudança Líquida (km ²) por classe de uso da terra, entre os cenários 1 e 2.....	51
Figura 13 –	Contribuição de cada classe na variação total das classes que tiveram mudança líquida expressiva.....	52
Figura 14 –	Tendência de mudanças gerada para a classe de reflorestamento – eucalipto.....	54
Figura 15 –	Tendência de mudanças gerada para classe cultivo agrícola – café.....	55
Figura 16 –	Áreas de Preservação Permanentes mapeadas na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1.....	56
Figura 17 –	Áreas de Preservação Permanentes mapeadas na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 2.....	57
Figura 18 –	Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1.....	60
Figura 19 –	Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia	

	hidrográfica - Cenário 2.....	62
Figura 20 –	Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1 real e ideal.....	63
Figura 21 –	Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 2 real e ideal.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Bioma Mata Atlântica	16
3.2	Perda de solo por erosão hídrica	17
3.2.1	Equação Universal de Perda de Solos (EUPS)	18
3.2.1.1	Fator erosividade da chuva (R)	18
3.2.1.2	Fator erodibilidade do solo (K)	18
3.2.1.3	Fator topografia (LS)	19
3.2.1.4	Fator uso e manejo do solo (C)	19
3.2.1.5	Fator práticas conservacionistas (P)	19
3.3	Legislação brasileira e Áreas de Preservação Permanente (APP)	20
3.4	Geotecnologias	22
3.4.1	Sensoriamento Remoto	23
3.4.2	Sistemas de Informações Geográficas	24
3.4.2.1	Fotointerpretação	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	Caracterização da área de estudo	26
4.2	Cenários analisados	29
4.3	Materiais utilizados	29
4.4	Procedimentos adotados	30
4.4.1	Delimitação automática da bacia hidrográfica	30
4.4.2	Uso e ocupação da terra	31
4.4.2.1	Análise da mudança de uso e cobertura da terra	33
4.4.3	Áreas de Preservação Permanente	34
4.4.3.1	Delimitação das APP	35
4.4.3.2	Conflito de uso da terra em áreas de APP	38
4.4.4	Perda de solo por erosão hídrica	38
4.4.4.1	Estimativa da perda de solo para os cenários 1 e 2	38
4.4.4.2	Estimativa da perda de solo por erosão hídrica simulando cenário ideal	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	Uso e Ocupação da terra	46
5.1.1	Análise da mudança de uso e cobertura da terra	49

5.2	Área de Preservação Permanente	56
5.2.1	Delimitação das APP.....	56
5.2.2	Conflito de uso da terra em áreas de APP.....	58
5.3	Perda de solo por erosão hídrica	60
5.3.1	Estimativa da perda de solo para os cenários 1 e 2	60
5.3.2	Estimativa da perda de solo por erosão hídrica simulando cenário ideal.....	62
6	CONCLUSÕES	66
7	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais apresentaram, ao longo dos anos, perda progressiva da sua cobertura original. A Mata Atlântica, uma das florestas mais ricas em biodiversidade do mundo, teve sua vegetação nativa reduzida a cerca de 22% (MMA, 2017), o que acentua sua fragilidade.

Várias são as causas desse desmatamento, e elas têm peso distinto nas diferentes regiões do país, sendo as mais recorrentes a conversão das terras para as práticas agrícolas e pecuárias, a exploração da madeira, a urbanização e a criação de infraestruturas como pontes, estradas e barragens.

A expansão do uso da terra, que acompanha o crescimento populacional, tem agravado o processo de fragmentação florestal, alterando habitats e afetando diretamente inúmeras espécies da fauna e da flora. Essas alterações podem resultar no isolamento de populações, dificultando o fluxo gênico, reduzindo a biodiversidade local e, em alguns casos, podem ocasionar a extinção de espécies (BIERREGAARD et al., 1992; BRITTEZ et al., 2003).

Além dos impactos negativos provocados à fauna e a flora, o uso inadequado da terra e a fragmentação das florestas nativas são responsáveis por desencadear problemas recorrentes, tais como a poluição e eutrofização da água e compactação e degradação do solo.

De acordo com Eduardo et al. (2013), a degradação do solo é um fenômeno de grande importância, devido à rapidez com que se processa e ao fato de ocasionar prejuízos para diversas atividades econômicas, bem como, para o meio ambiente. Segundo o mesmo autor, a erosão hídrica é uma das principais formas de degradação do solo.

A ação antrópica acelera o processo erosivo de maneira significativa, ao deixar o solo exposto após o desmatamento, ao utilizar métodos inadequados de preparo e plantio, ao alterar o fluxo de águas superficiais pela construção de espaços urbanos e outras obras e ao alterar o curso d'água (FAO, 2000; FERRAZ et al., 2013).

Visando disciplinar o uso da terra, minimizar os impactos antrópicos ao meio ambiente e monitorar a exploração dos recursos naturais, o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012/ Lei nº 12.727, de 17 de outubro de

2012), institui as regras gerais sobre a proteção da vegetação no território brasileiro (BRASIL, 2012).

A implementação das Áreas de Preservação Permanente (APP), obrigatórias segundo o Código Florestal, apresentam um papel importante no ecossistema, uma vez que desempenham diversos serviços ambientais como: abrigo para fauna, proteção das nascentes, fluxo gênico faunístico e florístico, abastecimento do lençol freático e minimização das transformações provocadas pelo homem (MAGALHÃES; FERREIRAS, 2000; BRASIL, 2012).

A degradação do solo, que em sua maioria é ocasionada pelo uso inadequado da terra e pela falta de práticas conservacionistas (FAO, 2000) é um fator que também pode ser minimizado pela implantação e conservação das APP, pois a cobertura vegetal atenua os efeitos erosivos da chuva (OLIVEIRA et al., 2001) e lixiviação dos solos, o que reduz o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios.

A associação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para analisar a evolução do uso e cobertura da terra e a adoção de modelos matemáticos para a predição de processos erosivos configuram-se como importantes instrumentos para avaliar as consequências ambientais e sociais das modificações da paisagem e avaliar a efetividade das APP na redução da perda de solo.

Dessa forma, estudos que busquem compreender ambientes perturbados constitui um procedimento fundamental para avaliar o impacto ocorrido, bem como serve para auxiliar o planejamento de medidas preventivas e de tomada de decisão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a evolução temporal, espacial e temática do uso e ocupação da terra, das Áreas de Preservação Permanente e da perda de solo em uma bacia hidrográfica, localizada na região sudoeste do estado do Espírito Santo.

2.2 Objetivos específicos

- Mapear o uso e ocupação da terra entre os anos 2007/2008 (cenário 1) e 2012/2015 (cenário 2);
- Delimitar as APP para os cenários 1 e 2, considerando o código florestal vigente em cada época;
- Estimar a perda de solo nos cenários 1 e 2, levando em consideração o uso e ocupação da terra real;
- Estimar a perda de solo nos cenários 1 e 2, simulando um cenário ideal, onde as APP encontram-se totalmente reflorestadas e práticas conservacionistas sejam adotadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bioma Mata Atlântica

O bioma Mata Atlântica é formado por um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados, que se estendiam originalmente por aproximadamente 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí) (SOS MATA ATLANTICA, 2017).

Atualmente, os remanescentes de vegetação nativa estão reduzidos a cerca de 22% de sua cobertura original e encontram-se nos mais diversos estágios de regeneração. Do percentual que resta hoje, apenas 7% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (MMA, 2017).

Essas condições são mais alarmantes, uma vez que, segundo SOS Mata Atlântica (2017), aproximadamente 72% da população nacional vivem sob o domínio do bioma Mata Atlântica e apenas uma pequena parcela desse domínio fitogeográfico está protegida na forma de Unidades de Conservação (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014).

A supressão de áreas de vegetação nativa para a expansão das práticas agropecuária ou a sua substituição por outros tipos de uso da terra tem agravado o processo da fragmentação florestal e provocado consequências negativas nos diferentes compartimentos do ecossistema, agindo principalmente como precursor da perda de biodiversidade global (PRIMACK; RODRIGUES, 2001; PARDINI et al., 2009; Soares et al., 2011; ANDRADE et al., 2015; HADDAD et al., 2015).

A fragmentação florestal age diretamente na dinâmica de polinização e dispersão da flora e fauna, ocasionando a redução da diversidade genética das populações. Devido essas fortes ameaças e o elevado nível de endemismos, a Mata Atlântica brasileira é considerada como um dos grandes *hotspots* mundiais prioritários para conservação (MYERS et al., 2000; BROOKS et al., 2006; FORZZA et al., 2012).

3.2 Perda de solo por erosão hídrica

A erosão do solo é entendida como um processo de desagregação, transporte e arraste de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, por meio da ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2012), a erosão hídrica é a forma mais comum e intensa do processo de erosão do solo. Neste tipo de erosão, a desagregação do solo é provocada, principalmente, pelo impacto das gotas da chuva sobre a superfície do solo, acarretando a ruptura dos agregados, que são transportados e depositados em locais mais baixos, que podem ser depressões ou reservatório de água, como rios, lagos e barragens (ELTZ et al., 1984).

A remoção da camada superficial do solo, a redução nos teores de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes e diversidade microbiana, a alteração no armazenamento e movimento de água e ar no solo, assim como a degradação da estrutura e o aumento da sedimentação, são alguns dos impactos negativos ocasionados pela erosão hídrica (PAES, 2010).

A utilização de práticas conservacionistas e sustentáveis de uso e ocupação da terra, bem como a manutenção da qualidade da água e dos remanescentes florestais é um fator que deve ser priorizado, visando minimizar os processos erosivos. A cobertura vegetal e o uso de plantios em nível, por exemplo, reduzem significativamente as perdas de solo por erosão (INÁCIO et al., 2007; ALBUQUERQUE et al., 2005).

Paiva (2001) relata que a compreensão dos fatores que integram o processo erosivo dos solos, assim como a quantificação das perdas de solo são de grande importância, pois servem como base de apoio para elaboração de medidas que maximizem o uso adequado dos recursos hídricos disponíveis, e evitem possíveis efeitos negativos decorrentes da produção, transporte e deposição de sedimentos.

Para quantificar a perda de solo por erosão hídrica, inúmeros são os modelos empíricos já desenvolvidos. Tais modelos se tornaram funções auxiliares na identificação e adoção de práticas conservacionistas do solo e da água. De maneira geral, os modelos empíricos são mais práticos e simplificados, pois requerem menor quantidade de dados de entrada e, normalmente, demonstram um desempenho similar aos modelos determinísticos (SCHIETTECATTE et al., 2008).

3.2.1 Equação Universal de Perda de Solos (EUPS)

A Equação Universal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation - USLE) apresentada por Wischmeier e Smith (1978), tem sido o modelo mais utilizado e difundido em todo o mundo para a avaliação e predição das perdas de solo por erosão hídrica (ALBUQUERQUE et al., 2005; KINNELL, 2010).

Segundo Wischmeier e Smith (1978) essa equação contempla seis fatores, quatro deles são inerentes às características do solo, da paisagem e do meio ambiente. São eles: o fator erosividade da chuva (R), fator erodibilidade do solo (K) e o fator topografia (LS, sendo L comprimento de encosta e S declividade de rampa). Os outros fatores refletem a ação antrópica sobre os solos. O fator uso e manejo do solo (C) considera o efeito da cobertura vegetal e do manejo sobre a erosão, e o fator práticas conservacionistas (P) considera o efeito de práticas conservacionistas sobre o controle da erosão.

3.2.1.1 Fator erosividade da chuva (R)

O fator R representa a capacidade da precipitação provocar erosão em uma área sem proteção, assim, quanto maior for a intensidade da chuva, maior será a perda por erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Dessa forma, a intensidade do desenvolvimento de processos erosivos está interligada à dinâmica climática de uma região.

O valor do fator erosividade da chuva (R) é estimado utilizando-se registros pluviométricos e é expresso em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

3.2.1.2 Fator erodibilidade do solo (K)

O fator K é a suscetibilidade do solo ao processo erosivo e é expresso em $\text{t ha}^{-1} \text{ MJ mm}$. Entre as propriedades do solo que interferem nesta suscetibilidade, destacam-se a estrutura, a textura, a permeabilidade e a densidade, assim como características químicas e biológicas (WISCHMEIER; SMITH, 1978; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

3.2.1.3 Fator topografia (LS)

O fator topografia é a junção dos fatores L e S, sendo estes, fatores que interferem diretamente na velocidade das enxurradas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Este fator tem a função de contribuir em maior ou menor grau para o aumento da energia potencial no carreamento das partículas do solo. Dessa forma, quanto maior a inclinação do terreno, maior será a velocidade de escoamento.

3.2.1.4 Fator uso e manejo do solo (C)

O fator C representa a relação esperada entre as perdas correspondentes a um terreno continuamente descoberto e outro continuamente cultivado. A cobertura vegetal tem o papel de defender o terreno contra a erosão. Dessa forma, um solo descoberto é, em geral, mais susceptível à erosão do que um solo coberto (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

A cobertura vegetal minimiza o impacto das gotas de chuva no solo, e constitui a proteção natural do terreno contra os processos erosivos.

3.2.1.5 Fator práticas conservacionistas (P)

O fator P representa os procedimentos que podem ser realizados, visando o controle de processos erosivos (GALETI, 1985). De acordo com Salomão (2005) o fator P é a influência das práticas conservacionistas na perda de solo.

No Brasil, os primeiros estudos de perda de solo utilizando a EUPS, foram desenvolvidos por Bertoni e Lombardi Neto, na década de 70 (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Atualmente, diversos outros estudos (ALBUQUERQUE et al., 2005; MIQUELONI; BUENO; FERRAUDO, 2012; EDUARDO et al., 2013; MAGALHÃES FILHO; AYRES; ALVES SOBRINHO, 2014) foram desenvolvidos para estimar perda de solo por erosão hídrica por meio da equação universal de perda de solo.

Mesmo com o surgimento de diversos outros modelos, mais robustos e adaptados da EUPS, tais como a Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) e a Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), a EUPS ainda constitui-se em um dos modelos mais utilizados, uma vez que, apresenta uma demanda de dados mais simples, adequando-se a situações muito comuns onde a disponibilidade de dados é fator limitante para a realização de pesquisas mais detalhadas (PAES, 2010).

3.3 Legislação brasileira e Áreas de Preservação Permanente (APP)

Com o objetivo de preservar os recursos naturais, o Código Florestal (Lei nº 12 651, de 25 de maio de 2012 e Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012), estabelece algumas normas e parâmetros, visando à proteção das florestas e das diversas formas de vegetação. Entre as normas estabelecidas está a conservação e preservação das APP, que são áreas com:

a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012, p. 2).

O código Florestal brasileiro estabelece ainda, em seu artigo 4º, que deverão ser consideradas APP (BRASIL, 2012, p. 6):

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular;
- II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais;
- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 110% na linha de maior declive;
- VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água

adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Todavia, essas regras nem sempre são cumpridas e em muitos casos, áreas que são legalmente destinadas à APP são utilizadas para outras finalidades, principalmente práticas agropecuárias.

Esse conflito de uso da terra em APP modifica a dinâmica hidrológica em razão das alterações nos atributos de cobertura e perfil do solo, provocando prejuízos diversos, como erosão, assoreamento e enchentes (COUTINHO et al., 2013).

Lima (2008) afirma que a alteração da cobertura florestal, constitui-se num dos fatores mais importantes que afetam a produção de água em áreas rurais e é considerado, dessa forma, um importante foco de atuação do manejo de bacias hidrográficas.

A cobertura florestal nas áreas destinadas às APP é considerada um elemento de suma importância para a manutenção e equilíbrio da qualidade ambiental. As APP são áreas capazes de desenvolver inúmeros serviços ambientais, e entre eles Skorupa (2003) destaca:

– Importância física:

- a) Nas encostas acentuadas a vegetação proporciona a estabilidade do solo pelo entrelaçado de raízes das plantas, evitando assim, a erosão;
- b) Na área agrícola evita e/ou estabiliza os processos erosivos e serve como quebra-vento para determinados cultivos;
- c) Nas áreas de nascentes, a vegetação atua como um amortecedor das chuvas, evitando o seu impacto direto sobre o solo e permite, juntamente com a estrutura deixada pelas raízes das plantas, que o solo permaneça poroso e permaneça capaz de absorver a água das chuvas, recarregando os lençóis freáticos;
- d) Nas margens de cursos d'água e reservatórios a cobertura da vegetação garante a estabilização das margens impedindo ou minimizando que o seu solo seja transportado para o leito dos cursos, atuando como um filtro.

– Importância ecológica:

- a) Geração de sítios para os inimigos naturais de pragas;
- b) Refúgio e alimento para a fauna;
- c) Corredores ecológicos de fluxo gênico para os elementos da flora e da fauna;
- d) Detoxificação de substâncias tóxicas oriundas das atividades agrícolas por organismos da meso e microfauna associada às raízes das plantas;
- e) Controle de pragas do solo;
- f) Ambiente favorável à ciclagem de nutrientes;
- g) Fixação de carbono, entre outros.

Neste sentido, diversos estudos relacionados à delimitação de APP e identificação de conflito de uso e ocupação da terra em áreas destinadas à APP foram desenvolvidos (PINTO et al., 2005; JACOVINE et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008; EUGENIO et al., 2011; SILVA et al., 2011; MIQUELONI; BUENO; FERRAUDO, 2012; NERY et al., 2013; ALMEIDA; VIEIRA, 2014; LUPPI et al., 2015) com o intuito de corroborar a importância da conservação dessas áreas para o ecossistema, principalmente como instrumento essencial para prevenir a erosão do solo.

3.4 Geotecnologias

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias destinadas à coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. São compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que em conjunto constituem poderosas funções que auxiliam na tomada de decisões. Dentre as geotecnologias pode-se citar: cartografia digital, sistema de posicionamento global, topografia, sensoriamento remoto e, sistemas de informação geográfica (ROSA, 2005).

O rápido desenvolvimento de tecnologias relacionadas com sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) contribui para o desenvolvimento de estudos ambientais, uma vez que dispõem de funções que permitem obter e manipular dados espaciais, integrar dados de fontes diversas,

monitorar os ambientes e suas transformações, dentre muitas outras ações (FLORENZANO, 2005).

Nas últimas décadas, as geotecnologias têm sido vastamente utilizadas no mapeamento e no monitoramento dos recursos naturais, destacando-se como uma das alternativas mais viáveis e ágeis (SOARES et al., 2011; EUGENIO et al., 2011).

Para corroborar com essa afirmativa, são encontrados na literatura científica inúmeros estudos que citam a utilização de geotecnologias para o mapeamento de APP, para identificação do uso e ocupação da terra e para predição de perda do solo. Entre eles, destacam-se: Almeida e Vieira (2014), Eduardo et al. (2013), Miqueloni et al. (2012), Eugenio et al. (2011), Soares et al. (2011), Vieira et al. (2011), Peluzio, Santos e Fiedler (2010), Louzada et al. (2009), Oliveira et al. (2008), Nascimento et al. (2005), Pinto et al. (2005), Ribeiro et al. (2005) e Hott, Guimarães e Miranda (2004).

3.4.1 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto pode ser compreendido como sendo uma tecnologia que possibilita a aquisição de informações sobre determinados alvos, sem contato físico com os mesmos (NOVO, 1989).

O sensoriamento remoto utiliza sensores a bordo de aeronaves ou satélites, que são equipamentos capazes de realizar transmissão, recepção, armazenamento e processamento de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre nos domínios espacial, temporal e físico, por meio das interações entre a radiação eletromagnética e o alvo (ROCHA, 2002).

Segundo Florenzano (2002) as imagens obtidas por meio do sensoriamento remoto permitem uma visão do conjunto multitemporal de grandes extensões de áreas da superfície terrestre, possibilitando a realização de estudos regionais e integrados, envolvendo inúmeros campos do conhecimento.

Por meio dos produtos gerados pelo sensoriamento remoto é possível observar e estudar os ambientes e a sua transformação, a exemplo dos impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (agravados pela intervenção do homem) e fenômenos antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, e diversas outras modificações do uso e ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

3.4.2 Sistemas de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) compreendem um conjunto de funções que nos permite adquirir, armazenar, recuperar, transformar, realizar análises complexas e emitir informações espaciais (CÂMARA, 1998; EASTMAN, 1998).

De acordo com Moreira (2007) o SIG possui duas características principais: a inserção e integração de informações em uma única base de dados, que possibilita a manipulação, análise, consulta, recuperação, visualização, bem como, a plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

Segundo Burrough (1986) o SIG pode ser utilizado no desenvolvimento de diversos estudos relativos ao meio ambiente, recursos naturais, previsão de determinados fenômenos e no apoio a tomada de decisão, levando em conta que os dados armazenados representam um modelo do mundo real.

3.4.2.1 Fotointerpretação

Segundo Galvíncio et al. (2007) o sensoriamento remoto tem grande contribuição para a análise da vegetação, uma vez que, através das imagens obtidas pelos sensores, é possível detectar mudanças, avaliar e realizar o monitoramento da cobertura vegetal. Tal tarefa pode ser feita por meio da interpretação de imagens de sensores remotos, obtidas, por exemplo, por satélites e fotografias aéreas.

Moreira (2007) relata que a fotointerpretação pode ser entendida como um processo que utiliza observação e interpretação, fundamentado no raciocínio lógico, dedutivo e indutivo para compreender e explicar o comportamento de cada objeto contido nas imagens.

Devido a sua alta resolução espacial, as fotografias aéreas representam uma das melhores fontes de dados para a realização de diversos estudos ambientais, já que estes necessitam de uma resolução espacial mais fina, que muitas vezes não é oferecida pelos sensores orbitais.

No entanto, Silva António (2004) evidencia que a ortofoto é um produto cartográfico que engloba as vantagens da fotografia aérea com as da cartografia vetorial, uma vez que são fotografias aéreas retificadas, com uma escala constante e podem ser medidos diretamente ângulos, distâncias e áreas. Dessa forma, as ortofotos constituem-se em uma excelente base cartográfica para o SIG, sendo utilizadas em diversos tipos de estudos, como o planejamento urbano, a gestão de recursos agrícolas e naturais, a avaliação da evolução do uso e ocupação da terra, dentre outros.

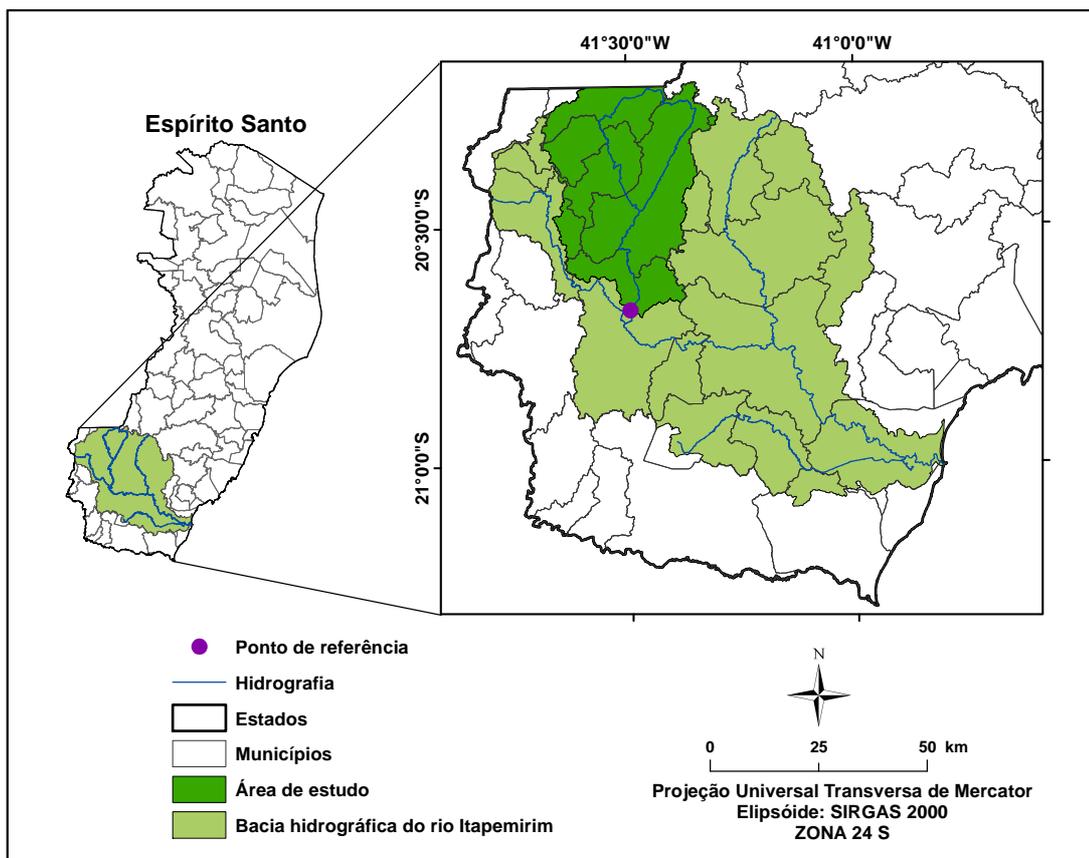
4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma bacia hidrográfica, delimitada automaticamente, situada na região sudoeste do estado do Espírito Santo, microrregião administrativa do Caparaó (Figura 1).

Para efeito de estudo, apenas a área de contribuição da bacia pertencente ao território do estado do Espírito Santo foi analisada, esta com uma área total de 1.427,8564 km², e abrangendo parte dos municípios de Alegre, Ibatiba, Ibitirama, Iúna, Irupi e Muniz Freire.

Figura 1 – Área de estudo



Fonte: a autora.

A principal atividade econômica dos municípios presentes na área de estudo é a cafeicultura, seguida da pecuária (leiteira e de corte) e da silvicultura (plantios de

eucalipto) que nos últimos anos recebeu incentivos por meio do fomento florestal (ABRAF, 2012; INCAPER, 2012).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo Cwa, com inverno seco e verão chuvoso (SANTOS et al., 2016).

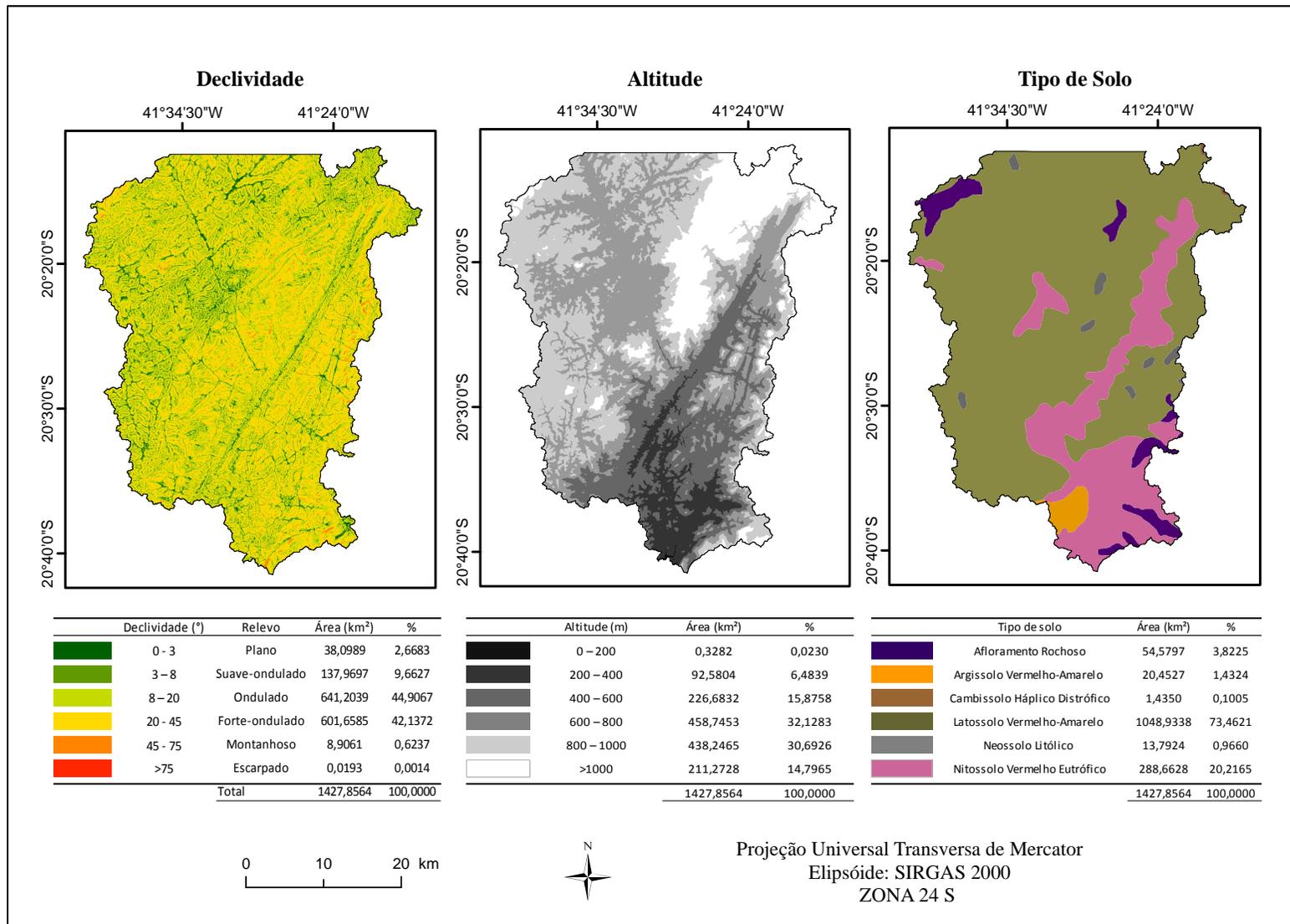
A estação chuvosa coincide com os meses mais quentes do ano, tendo início em outubro, indo até abril quando chove em média 106 mm/mês. Neste período, ocorre um veranico durante o mês de fevereiro. Já as precipitações anuais variam em torno de 1.300 mm a 1.600 mm e a temperatura média anual encontra-se entre 20 e 27 °C (ELETORIVER/CEPEMAR, 2001).

A região é geologicamente complexa, e a Microclina Granito-Gnaiss e a Hornblenda-Biotita Gnaiss são as rochas mais frequentes, enquanto que a Calcissilicática é a rocha de ocorrência mais restrita (CESA/AQUACONSULT, 2006).

De acordo com o levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo (EMBRAPA, 2011), a região apresenta os solos Afloramento Rochoso, Argissolo Vermelho-Amarelo Alíco, Cambissolo Háptico Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Neossolo Litólico Eutrófico e Distrófico típico e Nitossolo Vermelho Eutrófico (Figura 2).

Segundo Veloso et al. (1991) a vegetação na área de estudo encontra-se nos domínios do bioma Mata Atlântica. A maior parte da região apresenta topografia acidentada intercalada com áreas planas (Figura 2).

Figura 2 – Classes de declividade, altitude e tipo de solo da área de estudo



Fonte: a autora.

4.2 Cenários analisados

- **Cenário 01:** Levou em consideração o uso e ocupação da terra fotointerpretado a partir dos ortofotomosaicos produzidos por meio das imagens tomadas entre os anos de 2007 e 2008, cedidas gratuitamente pelo IEMA.
- **Cenário 02:** Levou em consideração o uso e ocupação da terra fotointerpretado a partir dos ortofotomosaicos produzidos por meio das imagens tomadas entre os anos de 2012 e 2015, cedidas gratuitamente pelo IEMA.
- **Cenário Ideal:** Levou em consideração um cenário simulado, onde as APP encontram-se totalmente reflorestadas e práticas conservacionistas são adotadas.

4.3 Materiais utilizados

Para a execução desta pesquisa foram utilizados:

- Ortofotomosaicos da região de estudo, produzidos por meio das imagens tomadas entre os anos de 2007 e 2008, disponibilizados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), com resolução espacial de 1 metro;
- Ortofotomosaicos da região de estudo, produzidos por meio das imagens tomadas entre os anos de 2012 e 2015, disponibilizados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), com resolução espacial de 0,25 metros;
- Base cartográfica digital, no formato *shapefiles* (curva de nível de 20 metros, hidrografia, divisão política municipal, vias urbanas e vias interurbanas), fornecida pelo Sistema Integrado de Bases Georreferenciadas do estado do Espírito Santo (GEOBASES);
- Imagens *raster* MDE (Modelo Digital de Elevação), obtidas pela *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*);

- Registros de precipitação provenientes de 15 estações meteorológicas pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Instituto Capixaba de Pesquisas e Extensão Rural (INCAPER);
- Mapa de solos do estado do Espírito Santo, disponibilizado pela EMBRAPA (2011);
- Aplicativo computacional *TerrSet*;
- Aplicativo computacional *ArcGIS®* versão 10.4.

4.4 Procedimentos adotados

4.4.1 Delimitação automática da bacia hidrográfica

Para a delimitação da bacia hidrográfica de interesse através do MDE SRTM, utilizou-se a metodologia proposta por Oliveira et al. (2002), onde foram usadas as rotinas computacionais da extensão *ArchHydro Tools*, que é um conjunto de funções desenvolvidas pelo Centro de Pesquisas em Recursos Hídricos (*Center for Research in Water Resources - CRWR*) da Universidade do Texas em Austin (EUA) e distribuído gratuitamente pela ESRI.

Para o processo de delimitação a metodologia foi subdividida em 10 etapas, sendo:

1. *Fill sinks*: Preenchimento de depressões espúrias do MDE, promovendo o ajuste nas células de maneira que não haja interrupção no fluxo de água devido à célula com valores que não apresentam continuidade;
2. *Flow direction*; Identificação da direção de escoamento (direção de fluxo) para cada célula, que demonstra o caminho mais íngreme de célula para célula. Nessa etapa é utilizado o método D8 (Eigth Direction Pour Point Model), em que se assume que a água flui de uma da célula para uma das 8 células adjacentes. Dessa forma, a cada célula é atribuído um valor de acordo com a regra do caminho mais íngreme;
3. *Flow accumulation*: Identificação da acumulação do escoamento. Cada célula recebe um valor correspondente ao número de células que contribuem para que a água chegue até ela;

4. *Stream definition*: Delimitação dos cursos d'água (drenagem), pela definição de quais células receberão atributo de curso d'água, a partir de um limite de acumulação;
5. *Stream segmentation*: Segmentação dos cursos d'água, pela codificação com identificação única de cada trecho de curso d'água, em seções que conectam duas confluências sucessivas;
6. *Catchment grid delineation*: Delimitação das bacias de contribuição (bacias hidrográficas) de todos os trechos de cursos d'água obtidos anteriormente à segmentação;
7. *Catchment polygon processing*: Conversão do mapa das bacias de contribuição do formato raster, para polígonos no formato vetorial;
8. *Drainage line processing*: Extração das linhas de drenagem pela vetorização das linhas dos trechos de cursos d'água obtidos na etapa de segmentação, o que corresponde à definição da rede hidrográfica que é formada pelos cursos d'água principais e todos os seus contribuintes;
9. *Adjoint Catchment Processing*: Unificação de bacias, agregando todas as bacias hidrográficas a montante de um curso d'água até a sua confluência de interesse;
10. *Basin watershed delineation*: Delimitação da bacia hidrográfica a partir da identificação do ponto referência (Latitude de 20°40'28" S e Longitude de 41°29'48" O).

4.4.2 Uso e ocupação da terra

Para a obtenção dos mapas de uso e ocupação da terra dos cenários 1 e 2, foi realizado o procedimento de mosaicagem das ortofotomosaicos referentes a cada cenário e em seguida, foi feito o recorte dos mosaicos sobre a área de estudo.

Posteriormente, para a identificação e mapeamento das classes de uso da terra, foi utilizada a técnica de fotointerpretação por meio da digitalização em tela, na escala cartográfica de 1:1.500. Os arquivos *shapfiles* de curva de nível de 20 metros, hidrografia, divisão política municipal, vias urbanas e vias interurbanas foram utilizados para auxiliar a fotointerpretação.

Nessa etapa, foram identificados dezesseis tipos diferentes de classes de uso da terra (Tabela 1).

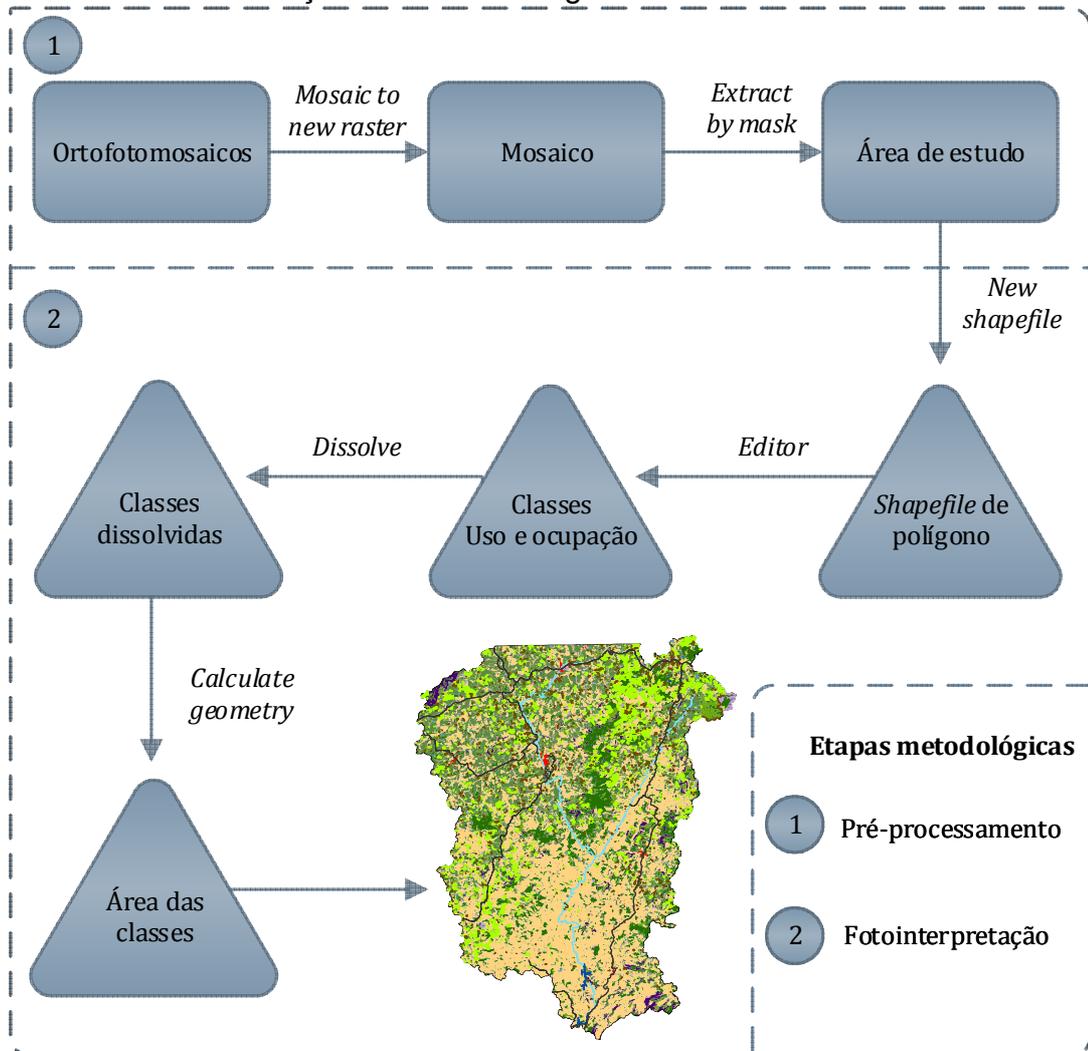
Tabela 1 – Classes de uso e ocupação da terra na área de estudo.

Classe	Imagem	Classe	Imagem
Afloramento Rochoso		Área Degradada	
Área Edificada		Brejo	
Cultivo Agrícola - Café		Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários		Estrada Pavimentada	
Extração/Mineração		Hidrografia	
Campo Sujo		Massa D'água	
Mata Nativa		Pastagem	
Reflorestamento - Eucalipto		Solo Exposto	

Fonte: a autora.

Os procedimentos metodológicos para obtenção do uso e cobertura da terra são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Procedimentos metodológicos para a obtenção do uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2



Fonte: a autora.

4.4.2.1 Análise da mudança de uso e cobertura da terra

Para detectar as alterações no uso e cobertura da terra entre os cenários analisados no estudo, foi adotado o procedimento de comparação *pixel a pixel* das imagens fotointerpretadas, por ser um método largamente utilizado e de fácil compreensão. Para tal, foi utilizado o módulo *Land Change Modeler (LCM)* para Sustentabilidade Ecológica que integra o aplicativo computacional *TerrSet*.

O módulo LCM foi desenvolvido pela *Clark Labs* e permite analisar as alterações ocorridas numa paisagem; modelar o potencial de transição das classes de cobertura; prever o rumo das alterações no futuro; avaliar as suas implicações para a biodiversidade e; avaliar os planos de intervenção para manutenção da sustentabilidade ecológica (EASTMAN, 2015).

4.4.3 Áreas de Preservação Permanente

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Peluzio, Santos e Fiedler (2010), no aplicativo computacional *ArcGIS 10.4*, levando em consideração os critérios estabelecidos pelo Código Florestal vigente em cada cenário, Lei nº 4.771/1965 e na Resolução do CONAMA nº 303, para o cenário 1 e Lei nº 12.651, de maio de 2012, para o cenário 2.

Na Tabela 2 são expostas as principais diferenças entre os Códigos Florestais de cada época.

Tabela 2 – Comparativo de APP entre o antigo e novo Código Florestal.

Classes de APP	Código Florestal	
	Antigo/CONAMA	Novo
Nascentes	50 m	50 m
Cursos d'água até 10 metros	Borda da calha do nível mais alto do rio 30 m	Borda da calha do leito regular do rio 30 m
Encostas	Encostas com declividade superior a 45° ou 100%	Encostas com declividade superior a 45° ou 100%
Topo de morros e montanhas	Declividade superior a 17° em altitudes entre 50 a 300m ou acima de 300 m	Declividade superior a 25° em altitudes mínimas de 100 m

Fonte: adaptado de Brasil, 1965, 2002, 2012.

4.4.3.1 Delimitação das APP

a) APP de declividade

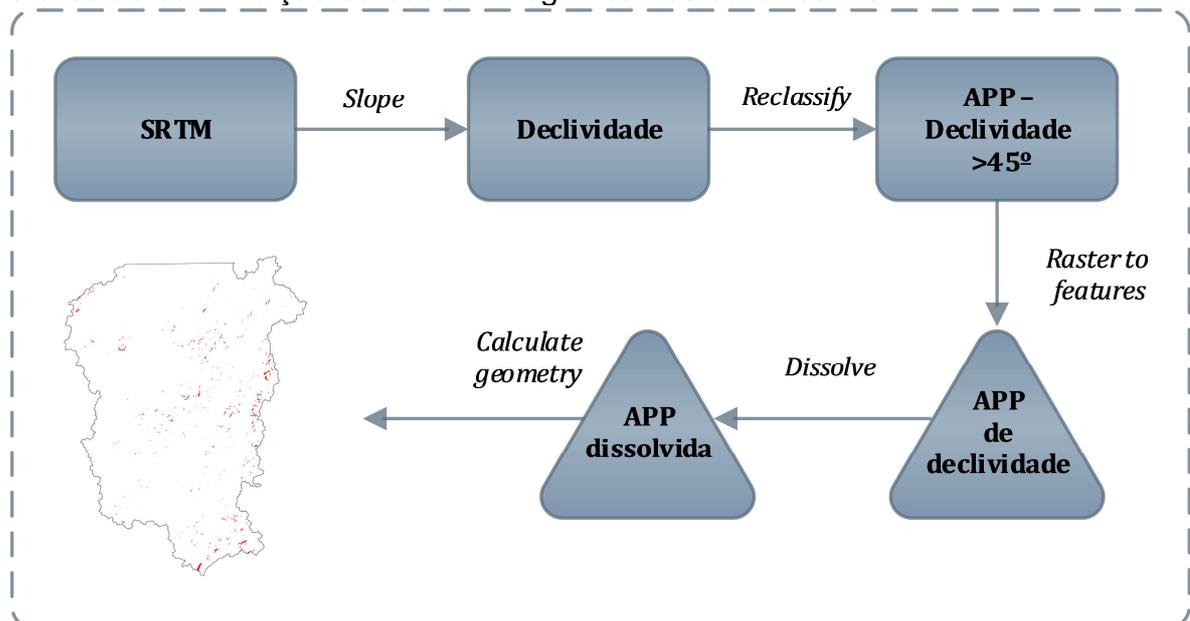
Para a delimitação das APP de declividade foi utilizada uma imagem *raster* MDE, originário da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30 m, correspondente a área de estudo, disponibilizadas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*).

De acordo com o Código Florestal, as encostas ou partes destas, com declividade superior a 45° , devem ser consideradas APP (BRASIL, 2012).

Dessa forma, a partir do MDE SRTM foi gerado o *raster* de declividade do terreno, por meio do comando *Slope* do *ArcGIS*. Posteriormente, utilizou-se a função *Reclassify*, de modo a se obter uma reclassificação para geração de um novo *raster* com 2 classes (áreas abaixo e acima de 45°) e, em seguida, a conversão para *shapefile*, a partir da função *Raster to Polygon*.

Após tais procedimentos, fez-se a eliminação das feições com declividade abaixo de 45° e o cálculo das áreas dos polígonos e consequente cálculo das APP de declividade. O procedimento metodológico adotado é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 – Procedimentos metodológicos para a obtenção das APP de declividade na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2

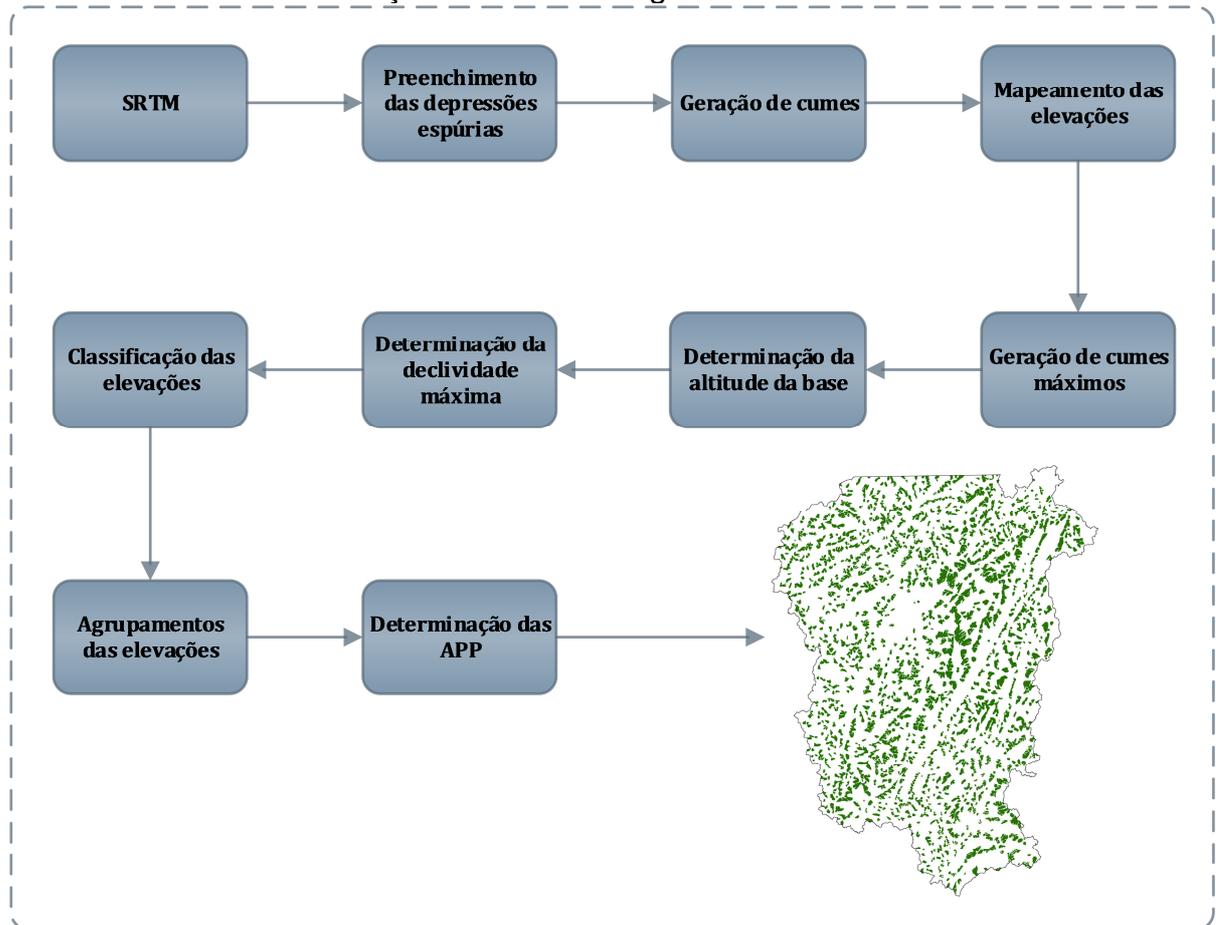


Fonte: a autora.

b) APP de topo de morro

Para a delimitação das APP de topo de morro foi utilizado o MDE SRTM. A delimitação seguiu a metodologia proposta por Peluzio, Santos e Fiedler (2010) adaptado de Hott, Guimarães e Miranda (2004), de acordo com o fluxograma metodológico apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Procedimentos metodológicos para a obtenção das APP de topo de morro na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2



Fonte: a autora.

c) APP de nascentes e cursos d'água

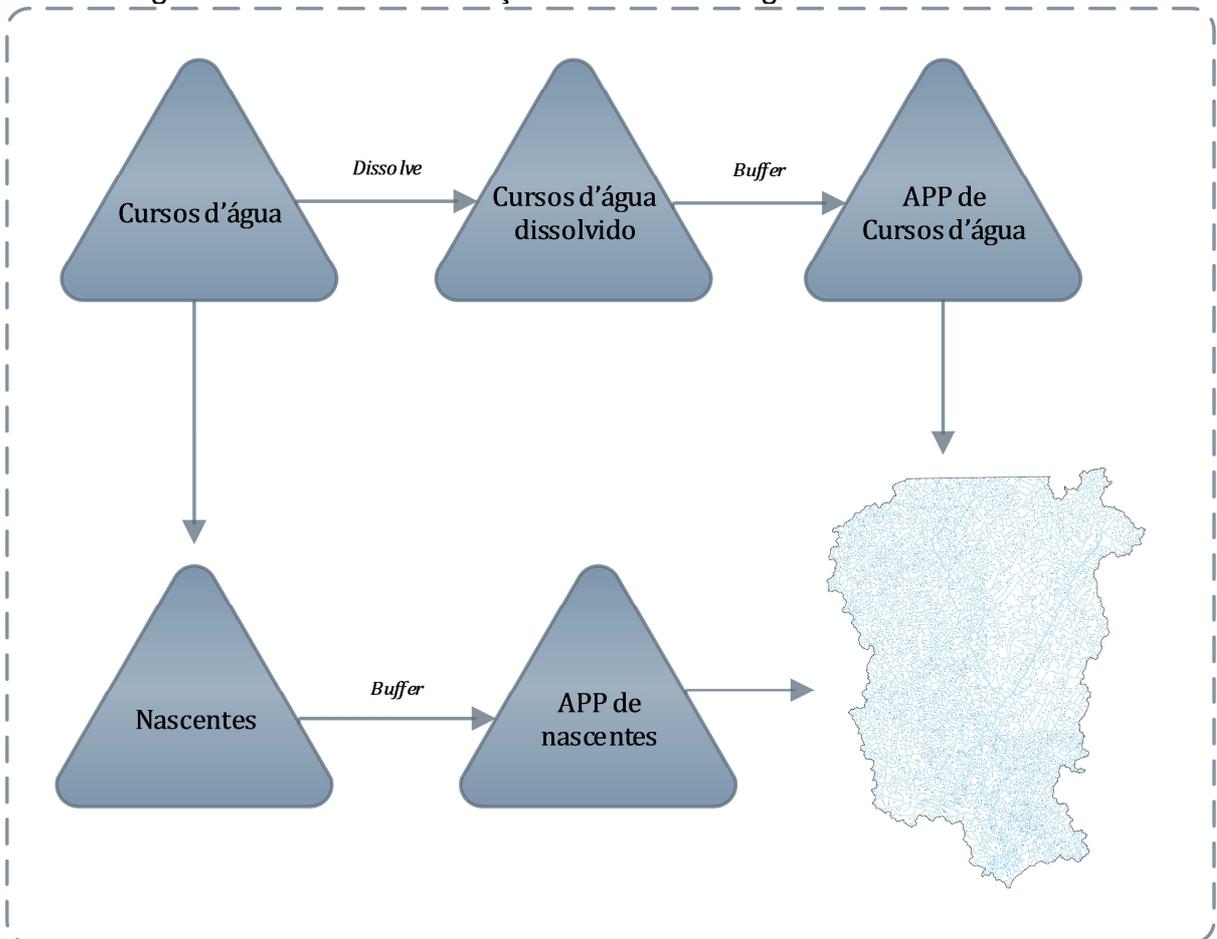
Para a delimitação das APP de nascentes e cursos d'água foi utilizada a hidrografia fotointerpretada a partir das ortofotomosaicos, cedidas pelo IEMA, com resolução espacial de 0,25 metros.

Nesta etapa, foi considerado cada início de curso d'água correspondendo a uma nascente.

Levando em consideração os critérios estabelecidos pelo Código Florestal, para cada nascente foi aplicado um *buffer* de 50 metros (correspondente a APP). Em relação aos cursos d'água com até 10 metros de largura, foi aplicado um *buffer* de 30 metros e para os cursos d'água que possuíam de 10 a 50 metros de largura foi aplicado um *buffer* de 50 metros.

Na Figura 6 encontra-se o fluxograma da metodologia utilizada na delimitação das APP de nascentes e cursos d'água.

Figura 6 – Procedimentos metodológicos para a obtenção das APP de nascentes e cursos d'água na área de contribuição da bacia hidrográfica nos cenários 1 e 2



Fonte: a autora.

4.4.3.2 Conflito de uso da terra em áreas de APP

Após a obtenção das áreas das APP para os cenários 1 e 2, as mesmas foram confrontadas com o real uso e ocupação da terra em cada cenário.

O confronto das áreas foi obtido por meio do cruzamento tabular dos mapas de APP e de uso e ocupação da terra, por meio da técnica de sobreposição.

4.4.4 Perda de solo por erosão hídrica

4.4.4.1 Estimativa da perda de solo para os cenários 1 e 2

Para estimar o volume de solo perdido por erosão hídrica para cada cenário foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) (Eq. 1).

$$A = (R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P) \quad (1)$$

Em que:

A: perda de solo por unidade de área e tempo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

R: fator de erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

K: fator erodibilidade do solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ mm}$);

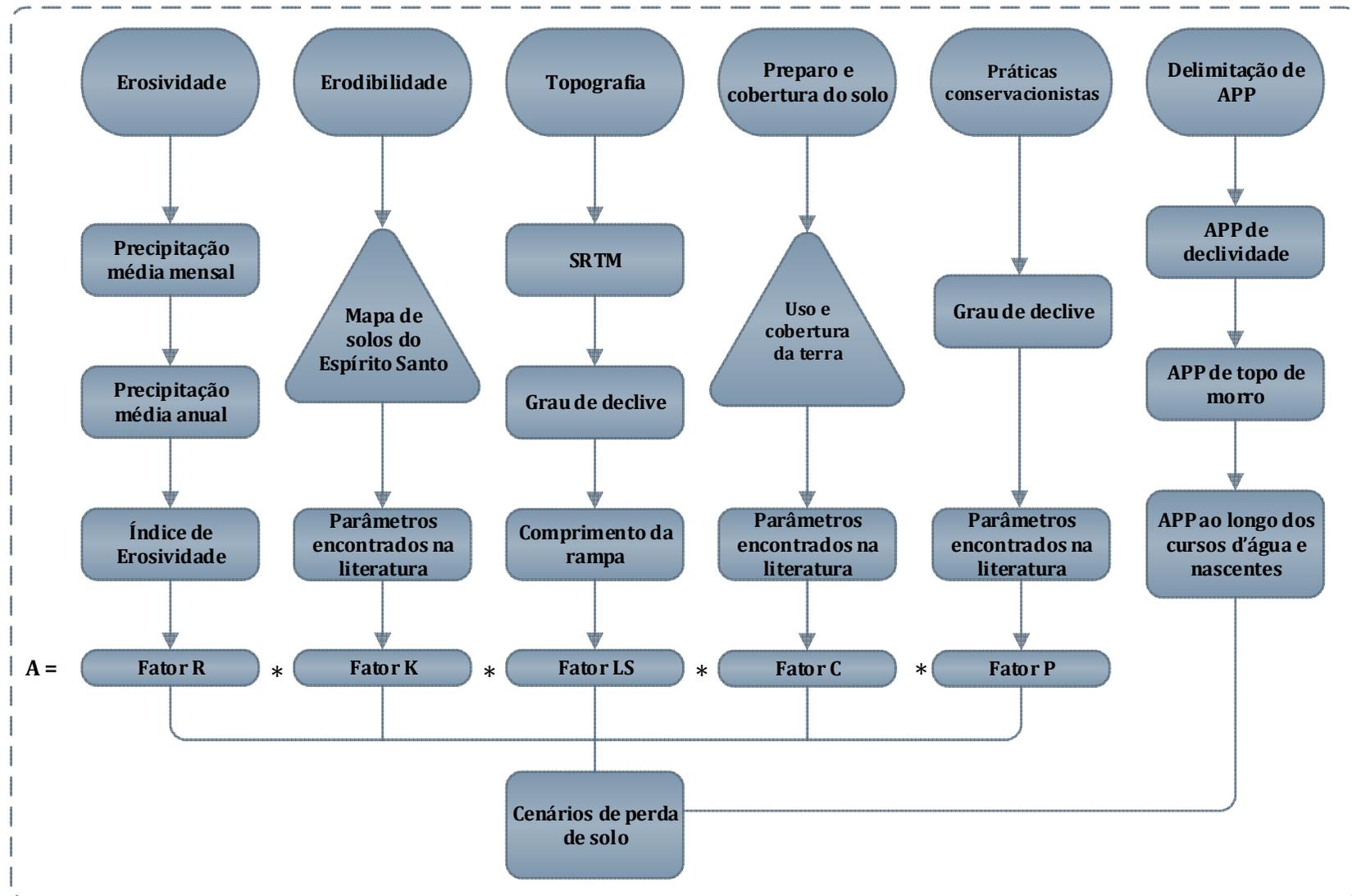
LS: fator topográfico (adimensional);

C: fator preparo e cobertura do solo (adimensional);

P: fator práticas conservacionistas (adimensional).

Na Figura 7 encontra-se o fluxograma da metodologia utilizada para estimar a perda de solo por erosão hídrica no cenário ideal.

Figura 7 – Procedimentos metodológicos para estimativa da perda de solo para os cenários 1 e 2 e para o cenário ideal



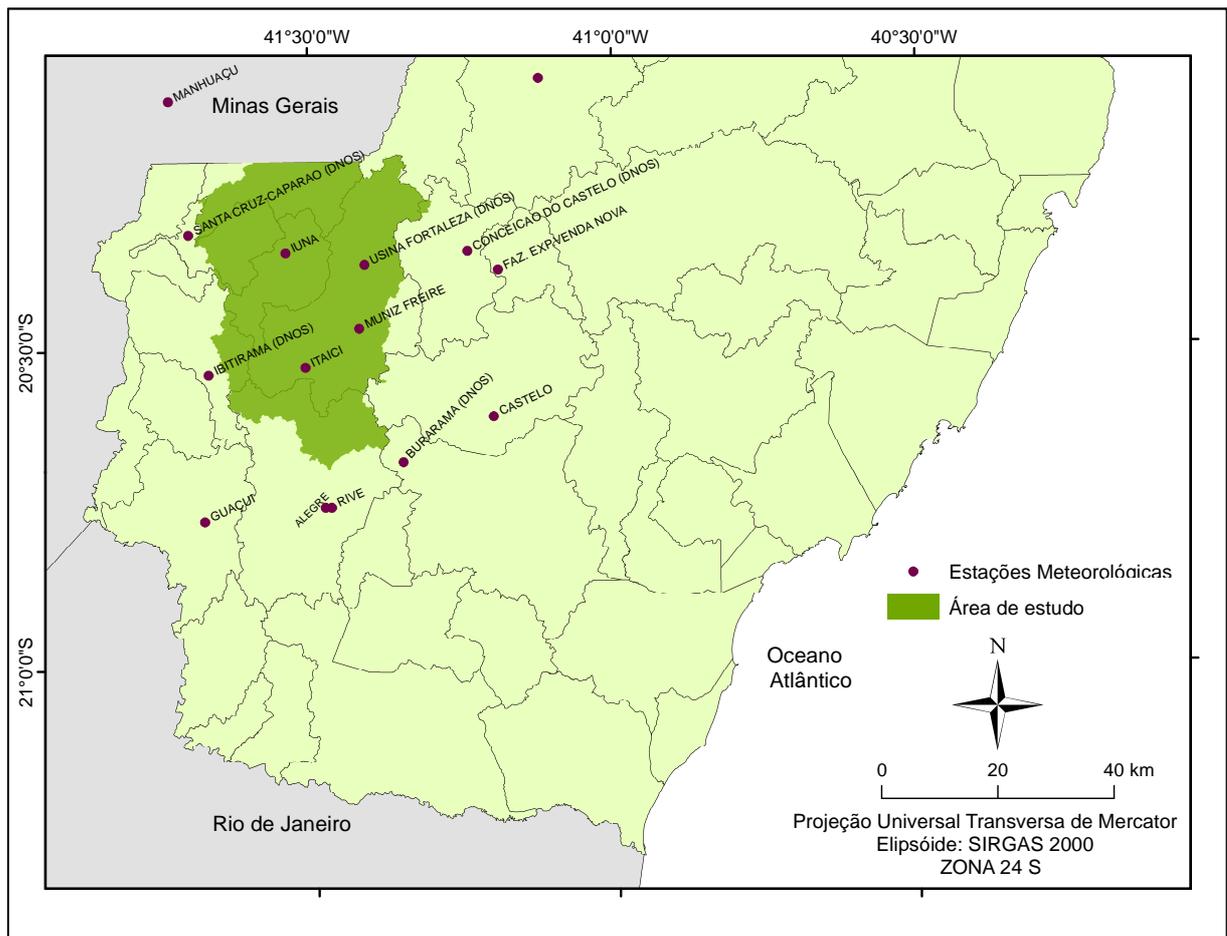
Fonte: a autora.

Espacialização do fator erosividade (R)

Para a obtenção do fator erosividade, foi utilizada uma série de 35 anos (1979 a 2014) de registros de precipitação provenientes de 15 estações meteorológicas pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Instituto Capixaba de Pesquisas e Extensão Rural (INCAPER), distribuídas sobre a área de estudo e limítrofes.

Com auxílio do aplicativo computacional *ArcGIS 10.4*, essas estações foram espacializadas por meio de suas coordenadas geográficas latitude (Y) e longitude (X), tendo como saída os pontos vetoriais representativos das estações meteorológicas e seu respectivo banco de dados meteorológico. Na Figura 8 tem-se a distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas neste estudo.

Figura 8 – Estações meteorológicas utilizadas no estudo



Fonte: a autora.

Após esse procedimento, tendo como entrada os campos de precipitação média mensal e anual, foi realizado o procedimento de interpolação espacial pela função *krigagem*, com ajuste estatístico do semivariograma com o intuito de gerar as imagens matriciais contínuas de saída de precipitação média mensal e anual.

Dessa forma, o fator erosividade foi estimado através da função *Raster Calculator*, por meio das equações proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2012) (Eq. 2 e 3).

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

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI_j \quad (3)$$

Em que:

EI: média mensal do índice de erosividade ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

r: precipitação média mensal (mm);

P: precipitação média anual (mm);

R: fator de erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$).

Espacialização do fator erodibilidade (K)

De posse do mapa vetorial representativo do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo (EMBRAPA, 2011), no aplicativo computacional *ArcGIS 10.4*, foi criado um campo, denominado K ($\text{t ha}^{-1} \text{ MJ mm}$), na tabela de atributos espaciais do mapa vetorial de tipos de solos. Neste campo, em estado de edição espacial, foram adicionados os valores de erodibilidade encontrados na literatura e apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Tipos de solos e fator K (erodibilidade) da EUPS para a área em estudo.

Tipos de solos	K	Fonte
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,0170	Bertoni e Lombardi Neto (2012)
Argissolo Vermelho-Amarelo Álico	0,0937	Chagas (2011)
Cambissolo Háplico Distrófico	0,0390	Silva e Alvares (2005)
Nitossolo Vermelho Eutrófico	0,0275	Chagas (2011)
Neossolo Litólico Eutrófico e Distrófico típico	0,1166	Chagas (2011)
Afloramento Rochoso	0,0368	Chagas (2011)

Após essa etapa, foi realizada a conversão da imagem vetorial de tipos de solos para uma imagem matricial de erodibilidade (K). Para tanto, foi atribuído como campo de entrada a classe representativa de erodibilidade, anteriormente editada.

Espacialização do fator topográfico (LS)

Nesta etapa, foi gerada uma imagem matricial contínua de declividade, em porcentagem, por meio da função *Slope*, disponível no módulo *ArcToolbox* do aplicativo computacional *ArcGIS 10.4*, tendo como entrada o MDE SRTM.

De posse da imagem matricial de declividade, foi utilizada a função *Raster Calculator*, com intuito de gerar uma imagem matricial de comprimento de rampa (L) de acordo com Eq. 4.

$$L = \sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} \cdot P\right)^2} \quad (4)$$

Em que:

L: comprimento de rampa (adimensional);

P: tamanho do *pixel* adotado (30 m);

D: declividade em porcentagem.

Após a geração da imagem matricial de comprimento de rampa, foi utilizada, novamente, a função *Raster Calculator*, de acordo com equação proposta por Bertoni & Lombardi Neto (2012) (Eq. 5) para a obtenção do fator topográfico (LS).

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (5)$$

Em que:

LS: fator topográfico (adimensional);

L: comprimento de rampa (adimensional);

D: declividade em porcentagem.

Espacialização do fator preparo e cobertura do solo (C)

Nesta etapa, foram utilizados os mapas vetoriais de uso e ocupação da terra, obtidos anteriormente por meio da fotointerpretação, para os cenários 1 e 2.

De posse dos mapas dos dois cenários, foi criado o campo denominado C nas tabelas de atributos espaciais de cada mapa. Nesse novo campo, em estado de edição espacial, foram adicionados os valores referentes ao fator preparo e cobertura do solo propostos pelos autores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Fator C (preparo e cobertura do solo) da EUPS para as classes de uso e ocupação da terra.

Classe de uso e ocupação da terra	C	Fonte
Afloramento Rochoso	0,0010	Bertoni e Lombardi Neto (2012)
Área Degradada	0,5000	Silva (2004)
Área Edificada	0,0010	Silva (2004)
Brejo	0,0004	Oliveira; Pinto; Neto (2012)
Cultivo Agrícola - Café	0,1350	Silva et al. (2010)
Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Permanentes	0,2500	Bertoni e Lombardi Neto (2012)
Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Temporários	0,6500	Bertoni e Lombardi Neto (2012)
Estrada Pavimentada	0,0010	Venturim (2011)
Extração/Mineração	1,0000	Silva (2004)
Hidrografia	0,0000	Silva (2004)
Campo Sujo	0,0420	Silva (2004)
Massa D'Água	0,0000	Silva (2004)
Mata nativa	0,0004	Silva et al. (2010)
Pastagem	0,0100	Silva et al. (2010)
Reflorestamento - Eucalipto	0,0470	Silva et al. (2010)
Solo exposto	1,0000	Bertoni e Lombardi Neto (2012)

Após essa etapa, foi realizada a conversão da imagem vetorial de uso e ocupação da terra para uma imagem matricial de preparo e cobertura do solo (C). Para tanto, foi atribuído como campo de entrada a classe representativa de C, anteriormente editada.

Espacialização do fator práticas conservacionistas (P)

O fator P foi calculado conforme Bertoni e Lombardi Neto (2012) e utilizado em Oliveira et al. (2007). Nesta metodologia, a declividade (θ) é considerada o atributo mais influente nas práticas de conservação do solo, obedecendo as seguintes relações: se $0 \leq \theta \leq 5\%$, então $P=0,6$; se $5\% < \theta \leq 20\%$, então $P = 0,69947 - 0,08991 * \theta + 0,01184 * \theta^2 - 0,00035 * \theta^3$ e se $\theta > 20\%$, $P=1$.

Após a obtenção dos dados necessários, foi realizada a integração das imagens matriciais por meio da função *Raster Calculator*, utilizando o modelo da Equação Universal de Perda de Solos (Eq. 1), gerando os mapas de perda de solo por erosão hídrica para toda área de contribuição nos cenários 1 e 2.

4.4.4.2 Estimativa da perda de solo por erosão hídrica simulando cenário ideal

Nessa etapa, foi estimada a perda de solo por erosão hídrica para os cenários 1 e 2, considerando um cenário ideal, onde as APP encontram-se totalmente reflorestadas e práticas conservacionistas sejam adotadas. Esse procedimento foi realizado com o intuito de comparar a perda de solo entre o cenário ideal e o cenário real de uso e ocupação da terra.

Para tal, foram utilizados os mapas de uso e ocupação da terra e APP totais dos cenários 1 e 2. No aplicativo computacional *ArcGIS* foi utilizada a função *Update* para unir os mapas utilizados, sobrepondo as APP no mapa de uso e ocupação da terra. No novo mapa gerado, foram criados dois novos campos (C e P) na tabela de atributos espaciais de cada mapa. Na classe APP foi utilizado o valor 0,0004 correspondente ao fator C, valor proposto por Silva et al. (2010) para áreas de Mata nativa e Vegetação ciliar. Para as demais classes, foram utilizados os valores listados na Tabela 4.

No campo correspondente ao fator P, foi utilizado o valor 0,1, proposto por Bertoni e Lombardi Neto (2012), considerado a implementação de práticas conservacionistas.

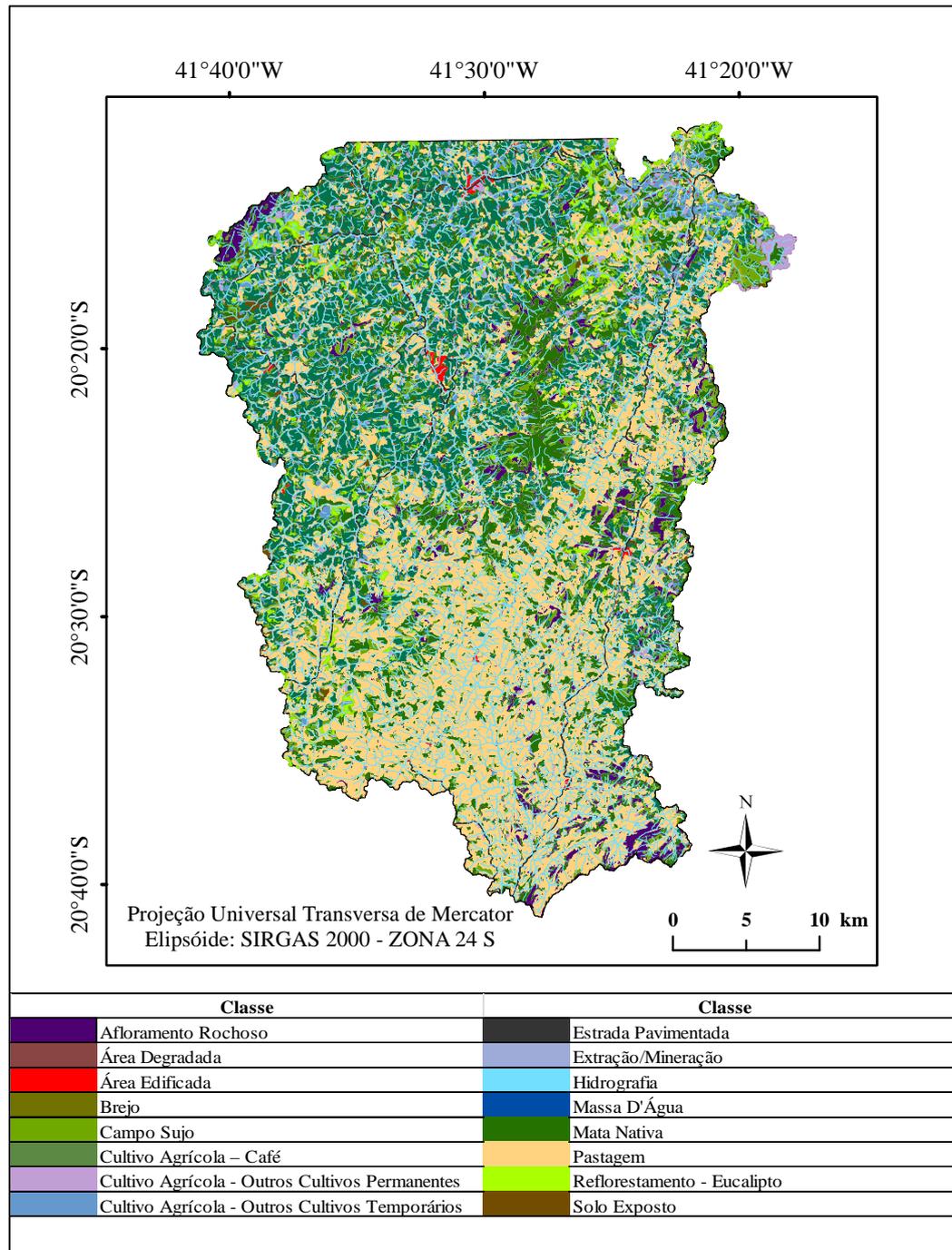
Após este procedimento, foi realizada a integração das imagens matriciais por meio da função *Raster Calculator*, utilizando o modelo da Equação Universal de Perda de Solos (Eq. 1), gerando um mapa de perda de solo por erosão hídrica do cenário ideal para cada época analisada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Uso e Ocupação da terra

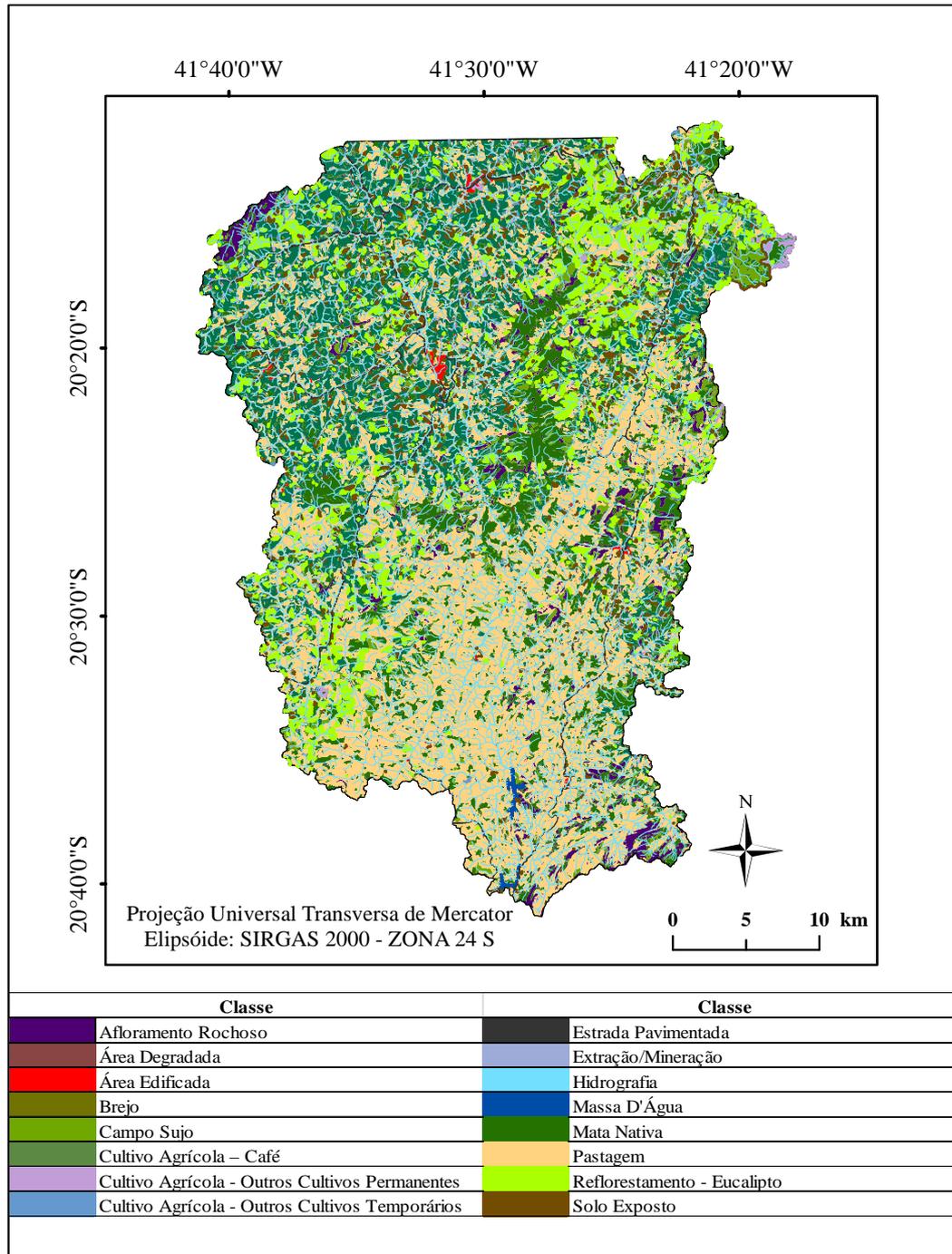
No mapeamento do uso e cobertura da terra, realizado para os diferentes cenários analisados, foram identificadas 16 classes distintas (Figuras 9 e 10).

Figura 9 – Uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica – cenário 1



Fonte: a autora.

Figura 10 – Uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica – cenário 2



Fonte: a autora.

Na Tabela 5 tem-se o registro da área, em quilômetros quadrados (km²) e em porcentagem (%), referente a cada classe de uso e ocupação de terra para os cenários 1 e 2.

Tabela 5 – Área (km² e percentual) do uso e ocupação da terra na área de contribuição da bacia hidrográfica – cenário 1 e 2.

Uso e ocupação da terra - cenário 1					
Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Afloramento Rochoso	51,3966	3,5996	Estrada Pavimentada	2,0716	0,1451
Área Degradada	0,0662	0,0046	Extração/Mineração	0,3865	0,0271
Área Edificada	24,9373	1,7465	Hidrografia	2,1568	0,1511
Brejo	2,4772	0,1735	Massa D'Água	0,5028	0,0352
Campo Sujo	99,9394	6,9993	Mata Nativa	253,1145	17,7269
Cultivo Agrícola – Café	325,3995	22,7894	Pastagem	583,0221	40,8320
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	8,3223	0,5829	Reflorestamento - Eucalipto	38,5693	2,7012
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	17,6171	1,2338	Solo Exposto	17,8771	1,2520
Uso e ocupação da terra - cenário 2					
Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Afloramento Rochoso	51,4927	3,6063	Estrada Pavimentada	2,0716	0,1451
Área Degradada	0,0938	0,0066	Extração/Mineração	0,3301	0,0231
Área Edificada	26,4039	1,8492	Hidrografia	1,9689	0,1379
Brejo	2,4670	0,1728	Massa D'Água	1,5064	0,1055
Campo Sujo	80,5821	5,6436	Mata Nativa	253,7640	17,7724
Cultivo Agrícola – Café	346,0026	24,2323	Pastagem	570,6087	39,9626
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	7,8034	0,5465	Reflorestamento - Eucalipto	60,2723	4,2212
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	8,9996	0,6303	Solo Exposto	13,4892	0,9447

Fonte: a autora.

Analisando as Figuras 9 e 10 e a Tabela 5 observa-se que em ambos os cenários a classe pastagem foi predominante, correspondendo à 40,83% da área de estudo no cenário 1 e 39,96% no cenário 2.

Resultado semelhante foi encontrado por Louzada, Santos e Sattler (2009), que ao avaliar a bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte, localizada nos municípios de Castelo e Cachoeiro de Itapemirim, ES, verificaram que 33,10% da área total eram utilizadas como pastagem.

Entretanto, Nascimento et al. (2005), avaliando a bacia hidrográfica do Rio Alegre, no município de Alegre, ES, encontraram um percentual maior (68,52%) para a classe pastagem, evidenciando que mesmo em municípios próximos, a atividade pecuária pode apresentar diferenças expressivas.

Considerando as atividades agropecuárias como uma das principais responsáveis pela modificação da paisagem natural constatou-se que as classes cultivo agrícola - café, cultivo agrícola - outros cultivos permanentes, cultivo agrícola - outros cultivos temporários e pastagem, em conjunto, corresponderam a 65,44% no cenário 1 e a 65,37% no cenário 2, em relação a área total de estudo. A expressiva

participação das atividades agropecuárias na composição da paisagem demonstra o intenso processo de antropização ao qual a área tem sido submetida.

Coutinho et al. (2013) avaliando a bacia hidrográfica do Rio da Prata, bacia vizinha a área de estudo, encontraram valor similar, onde 60,84% da área de estudo correspondia às atividades agropecuárias (classes pastagem e cultivos agrícolas).

A classe mata nativa corresponde a apenas, 17,73% no cenário 1 e 17,77% no cenário 2. Esses resultados evidenciam o grau de desmatamento sofrido pelo bioma Mata Atlântica na área de estudo para a expansão da fronteira agropecuária.

De acordo com Campos Júnior (1996), a maior parte do desmatamento da Mata Atlântica no Espírito Santo ocorreu antes da implementação do Código Florestal de 1965, onde as lavouras de café aumentaram significativamente até 1897, e em função da crise do café, entre os anos de 1910 a 1964, foram gradualmente substituídas por pastagens.

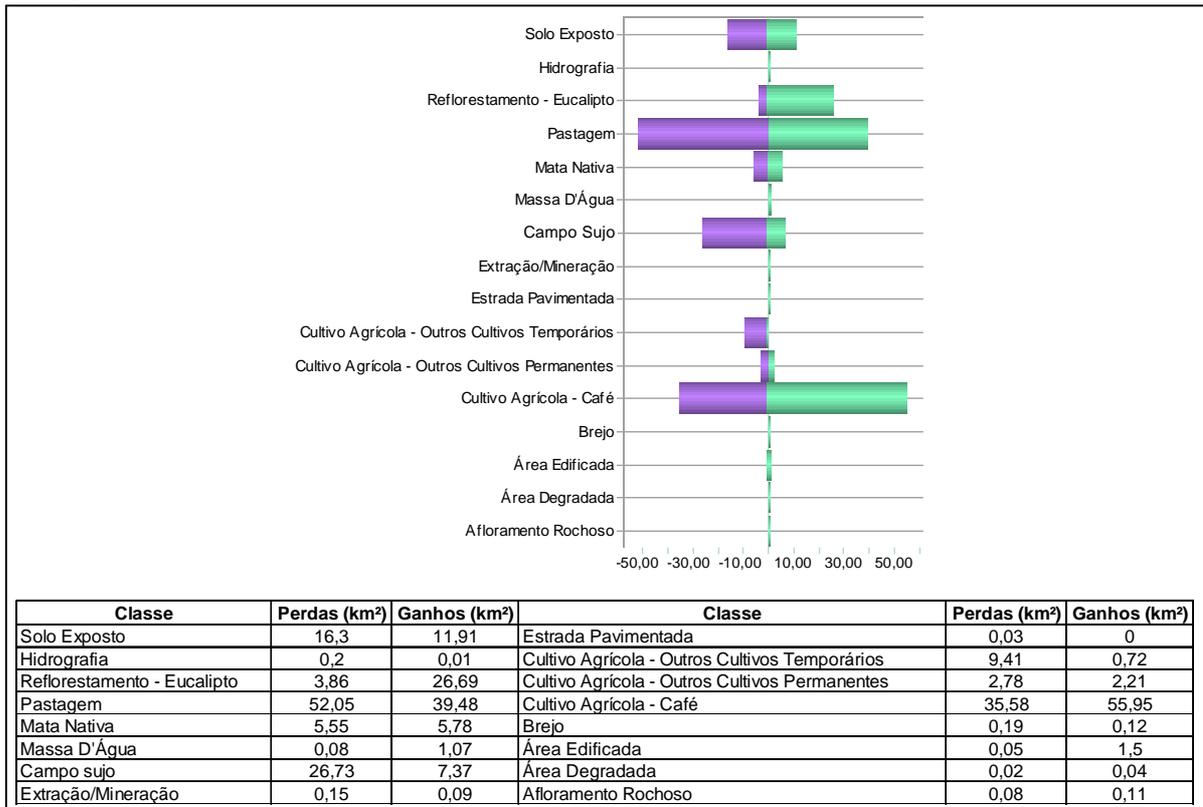
Essa afirmativa é corroborada pelo estudo realizado por Coutinho e Sampaio (2007), em que, por meio de imagens orbitais, a vegetação da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim foi avaliada entre os anos de 1977 e 2006, e os autores concluíram que aproximadamente 61% da vegetação nativa da bacia havia sido suprimida até o auge da crise do café (1964) e que 20,81% foram suprimidos durante o período analisado, via imagens orbitais.

5.1.1 Análise da mudança de uso e cobertura da terra

O cruzamento das informações referentes a cada período (2007/2008 e 2012/2015), realizado no *Land Change Modeler* gerou elementos gráficos que contribuíram para o entendimento da dinâmica espacial e temporal na área de estudo.

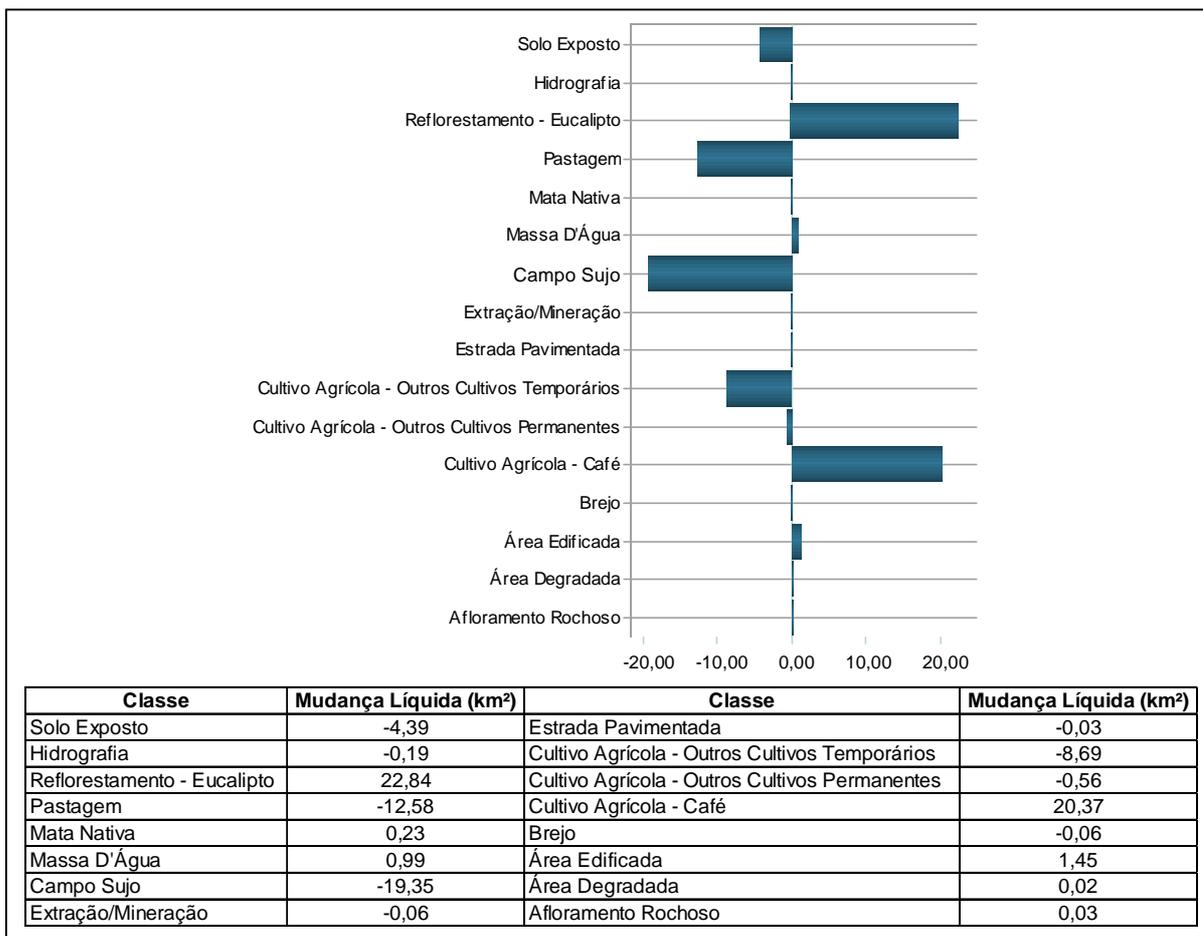
Na Figura 11, tem-se o registro da avaliação quantitativa das mudanças ocorridas entre os dois períodos, onde foram registrados os Ganhos (verde) e Perdas (roxo) por classe de uso da terra e na Figura 12 tem-se o registro da mudança líquida (azul) por classe de uso da terra.

Figura 11 – Avaliação quantitativa (Ganhos e perdas - km²), por classe de uso da terra, entre os cenários 1 e 2



Fonte: a autora.

Figura 12 – Mudança Líquida (km²) por classe de uso da terra, entre os cenários 1 e 2

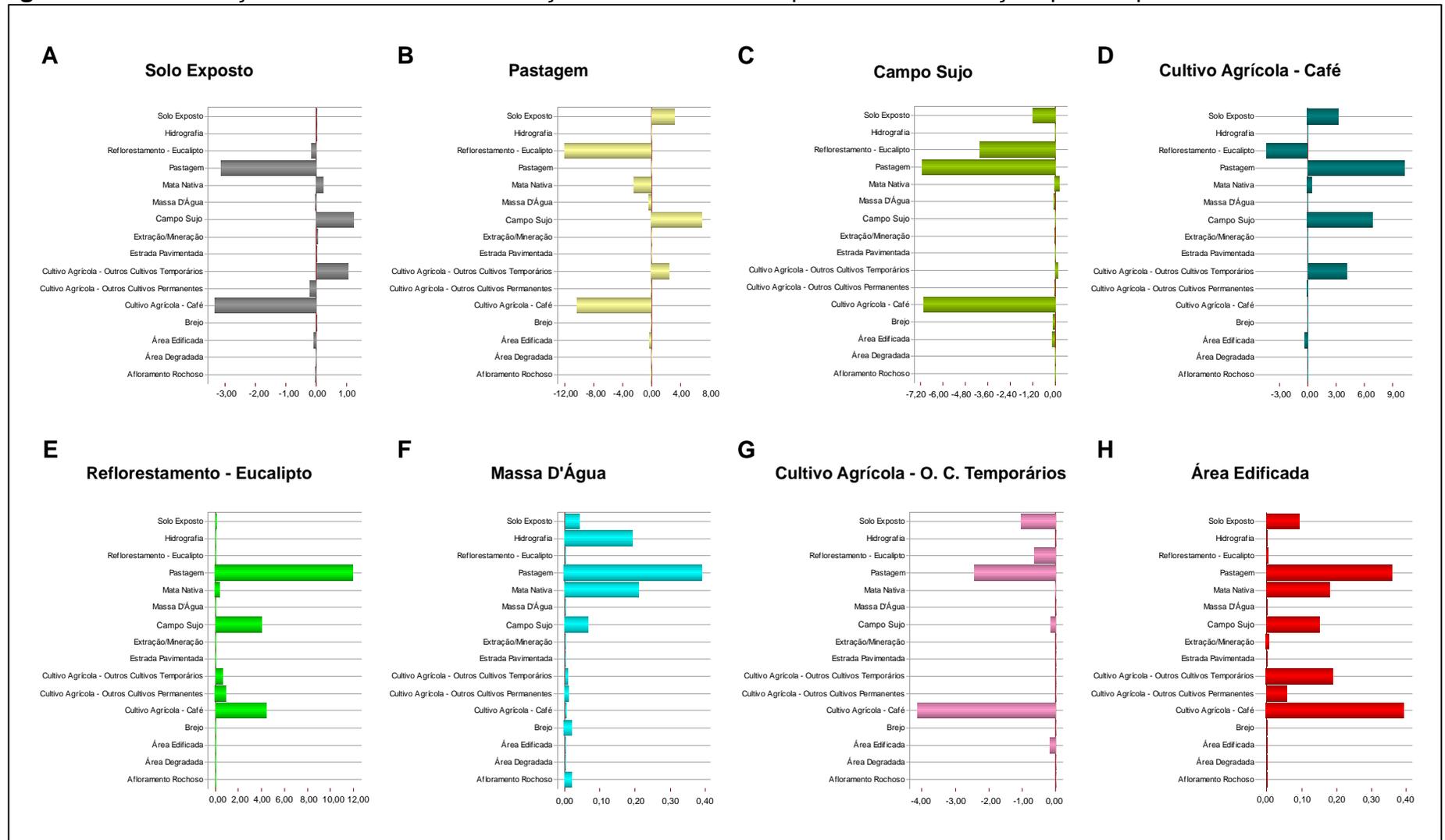


Fonte: a autora.

Analisando os Gráficos de avaliação quantitativa e de mudança líquida das classes, é possível inferir que, de forma geral, as classes de campo sujo, pastagem, cultivo agrícola – outros cultivos temporários e solo exposto foram as classes que apresentaram maior perda de área. Já as classes reflorestamento – eucalipto, cultivo agrícola – café, área edificada e massa d'água apresentaram um ganho na representatividade de ocupação de área.

Em uma análise mais detalhada são apresentados na Figura 13, os gráficos da contribuição das classes que apresentaram maior representatividade na mudança líquida. Estes gráficos permitem verificar padrões de comportamento, a dinâmica de alteração, e possibilitam visualizar sob qual classe as alterações ocorrem e de quais ocorrem.

Figura 13 – Contribuição de cada classe na variação total das classes que tiveram mudança líquida expressiva



Fonte: a autora.

Na Figura 12, é possível observar que a classe reflorestamento – eucalipto foi a classe com maior mudança líquida, alcançando o saldo positivo de aproximadamente 23 km². Por meio da análise da Figura 13-E, é possível identificar quais foram as classes que contribuíram para a mudança líquida da classe supracitada. A classe pastagem foi a que mais contribuiu, com cerca de 12,08 km², seguida das classes cultivo agrícola – café, com 4,42 km² e campo sujo, com 4,07 km².

Esse saldo positivo de mudança líquida pode ser explicado devido ao fato de que o estado do Espírito Santo, assim como tantos outros, foi impulsionado pelos programas de extensão florestal do governo e de fomento florestal da indústria no período em estudo, dessa forma, a área reflorestada com eucalipto no Espírito Santo teve expressivo aumento, com expansão da área de ordem superior a 5% a.a. no período de 2005 a 2009 (CEDAGRO, 2011; ABRAF, 2012).

Observa-se nos dados apresentados que as classes solo exposto (Figura 13-A), pastagem (Figura 13-B), campo sujo (Figura 13-C) e cultivo agrícola – outros cultivos temporários (Figura 13-G) foram ocupadas, principalmente, pela classe cultivo agrícola – café, a qual obteve o segundo maior saldo positivo de mudança líquida (20,37 km²).

Visualizando os mapas de uso e ocupação da terra (Figuras 9 e 10) e de declividade e altitude (Figura 2) é possível inferir que a região onde houve aumento em áreas ocupadas com plantios de café, são áreas onde a altitude ultrapassa 600 metros e o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado. Essas características são propícias ao cultivo do café arábica (*Coffea arabica* L.).

Segundo INCAPER (2012), no estado do Espírito Santo 75% da produção total de café arábica encontram-se nas regiões montanhosas do Caparaó e Serrana e de acordo com o Boletim técnico de Agricultura Capixaba, no ano de 2013, entre os principais produtos agrícolas da microrregião Caparaó, o café arábica aparece na primeira colocação, com 85,47%, seguido do tomate, com 5,53% e, café conilon, com 2,68% (IJSN, 2015).

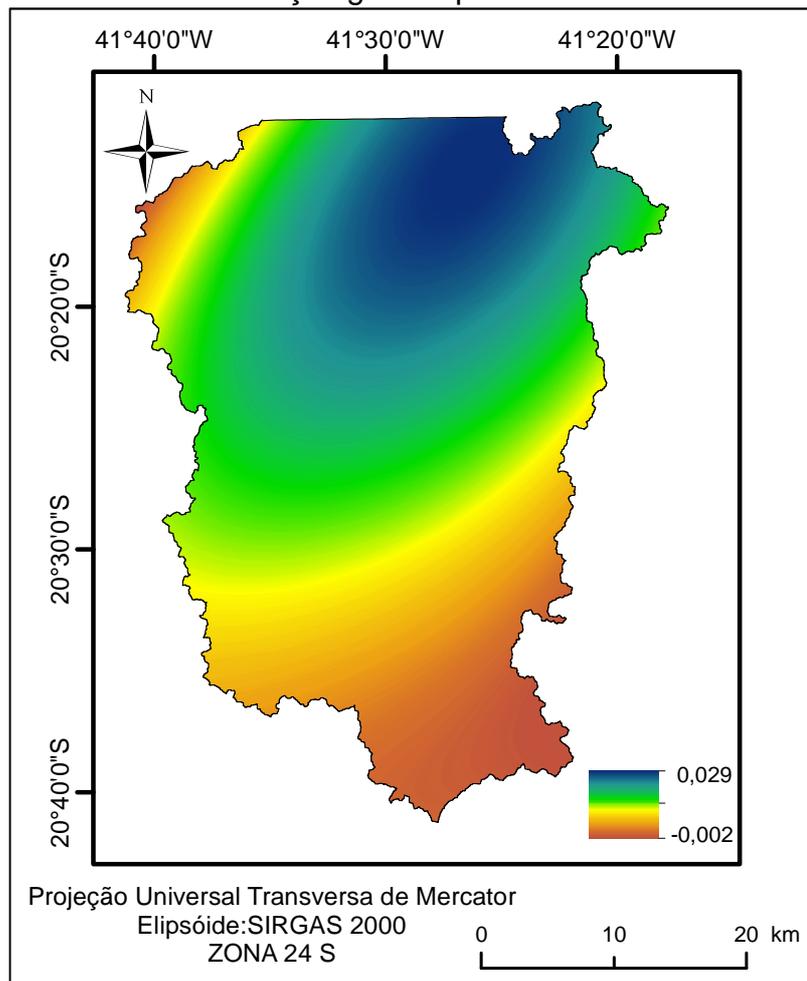
A classe campo sujo teve saldo negativo de mudança líquida (-19,35 km²) e ao analisar os resultados apresentados na Figura 13-C, foi possível constatar que as atividades agropecuárias e silviculturais foram as responsáveis por essa mudança, pois, juntas apresentaram um ganho de 18,07 km² sobre a classe campo sujo.

Outro tipo de ocupação que obteve saldo positivo de mudança líquida foi a classe massa d'água. Esta alteração está atrelada à construção das barragens das Pequenas Centrais Hidrelétricas, localizadas na área de estudo. As classes que mais contribuíram para a mudança líquida observada na classe massa d'água (Figura 13-F) foram: pastagem (0,39 km²), mata nativa (0,21 km²), hidrografia (0,19 km²), campo sujo (0,07 km²) e solo exposto (0,04 km²).

A classe área edificada (Figura 13-H) também apresentou saldo positivo de mudança líquida, correspondente a 1,45 km².

A fim de identificar e visualizar a direção na qual ocorreu maior mudança das classes reflorestamento – eucalipto e cultivo agrícola – café, entre os cenários analisados, gerou-se mapas de tendência (Figuras 14 e 15) que proporcionaram esta análise. Essas classes foram escolhidas, devido sua expressividade em relação à mudança líquida positiva.

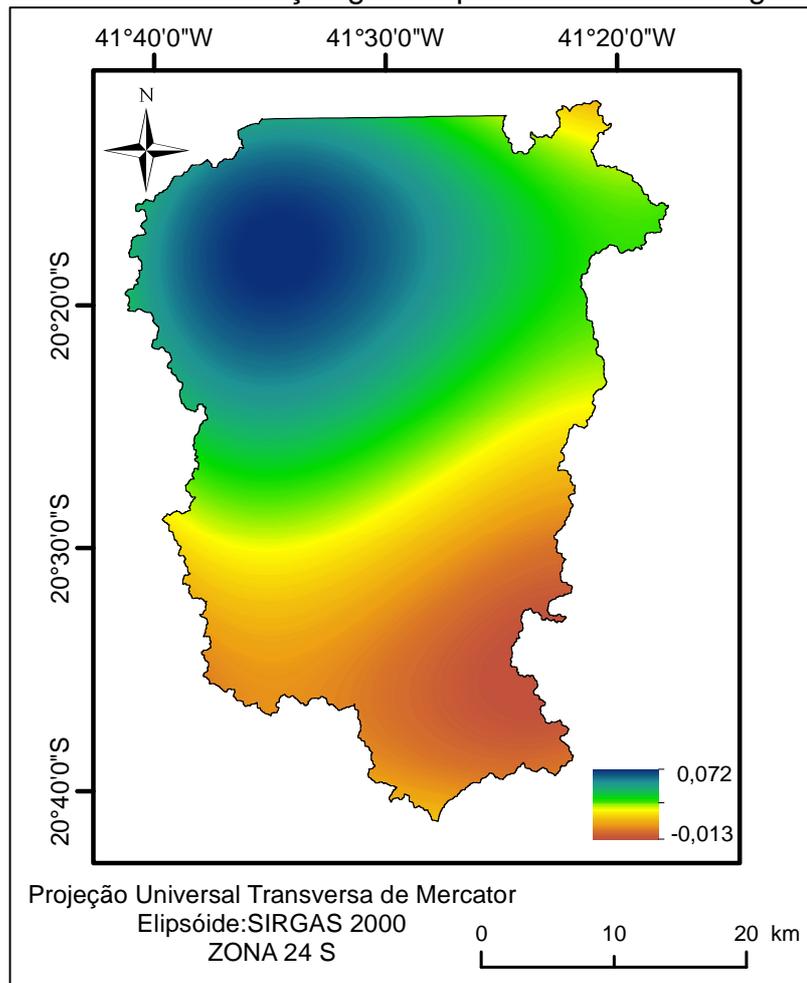
Figura 14 – Tendência de mudanças gerada para classe reflorestamento – eucalipto



Fonte: a autora.

Nesse caso, de acordo com os resultados apresentados no mapa de tendência cubica (Figura 14), fica evidente que o padrão de mudança de todas as classes para a classe Reflorestamento-Eucalipto ocorre no sentido nordeste – centro-oeste, onde ocorrem os maiores valores de tendência. Esse resultado pode ser igualmente observado na análise visual dos mapas de uso e ocupação da terra (Figuras 9 e 10).

Figura 15 – Tendência de mudanças gerada para classe cultivo agrícola – café



Fonte: a autora.

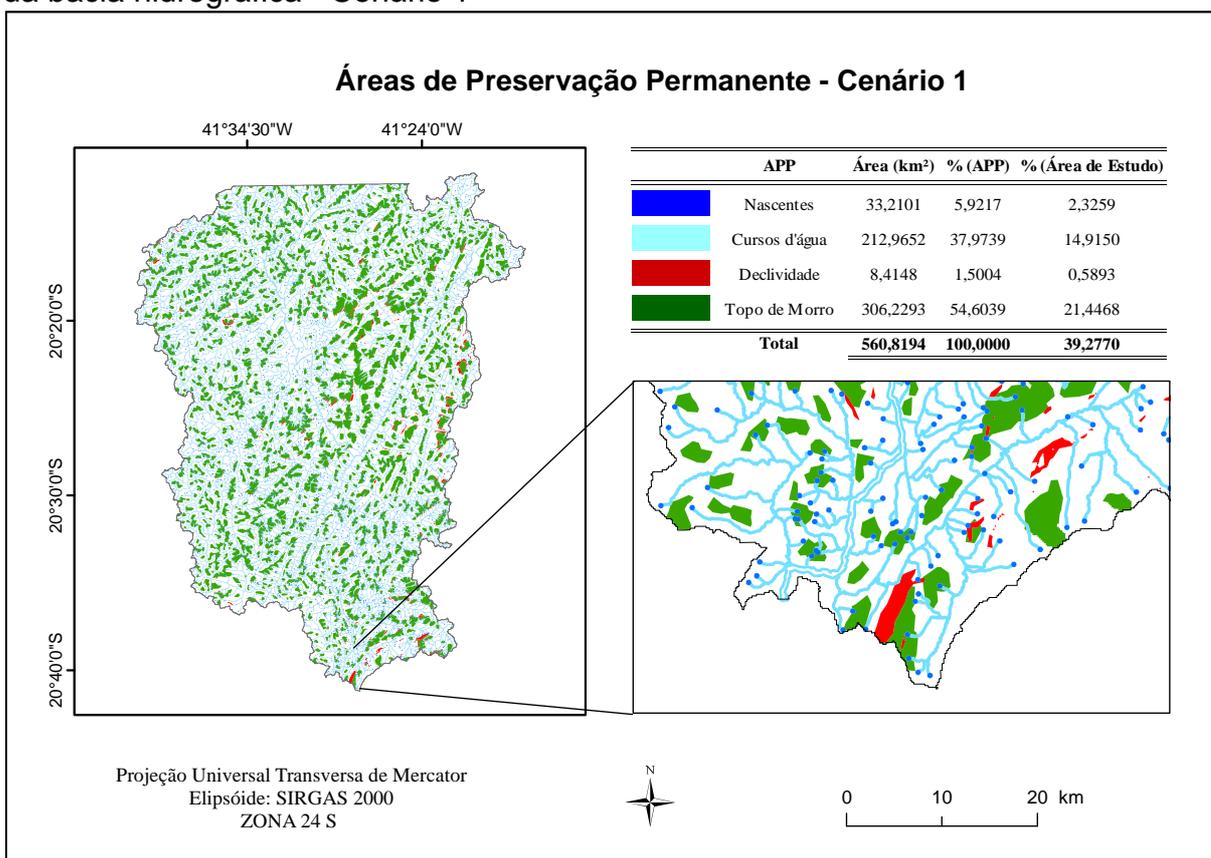
De acordo com os resultados apresentados no mapa de tendência cubica (Figura 15), fica evidente que o padrão de mudança de todas as classes para a classe cultivo agrícola – café ocorre no sentido noroeste - nordeste, onde ocorrem os maiores valores de tendência. Esse resultado pode ser igualmente observado na análise visual dos mapas de uso e ocupação da terra (Figuras 9 e 10).

5.2 Área de Preservação Permanente

5.2.1 Delimitação das APP

A metodologia de delimitação das APP, tendo como referência legal a Lei nº 4.771/1965 (antigo Código Florestal) e a Resolução do CONAMA nº 303, para o cenário 1 e Lei nº 12.651, de maio de 2012 (novo Código Florestal), para o cenário 2, possibilitou identificar e quantificar as classes de APP situadas ao longo dos cursos d'água, nascentes, topos de morros e encostas com declividade superior a 45°, conforme mostrado nas Figura 16 e 17.

Figura 16 – Áreas de Preservação Permanentes mapeadas na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1



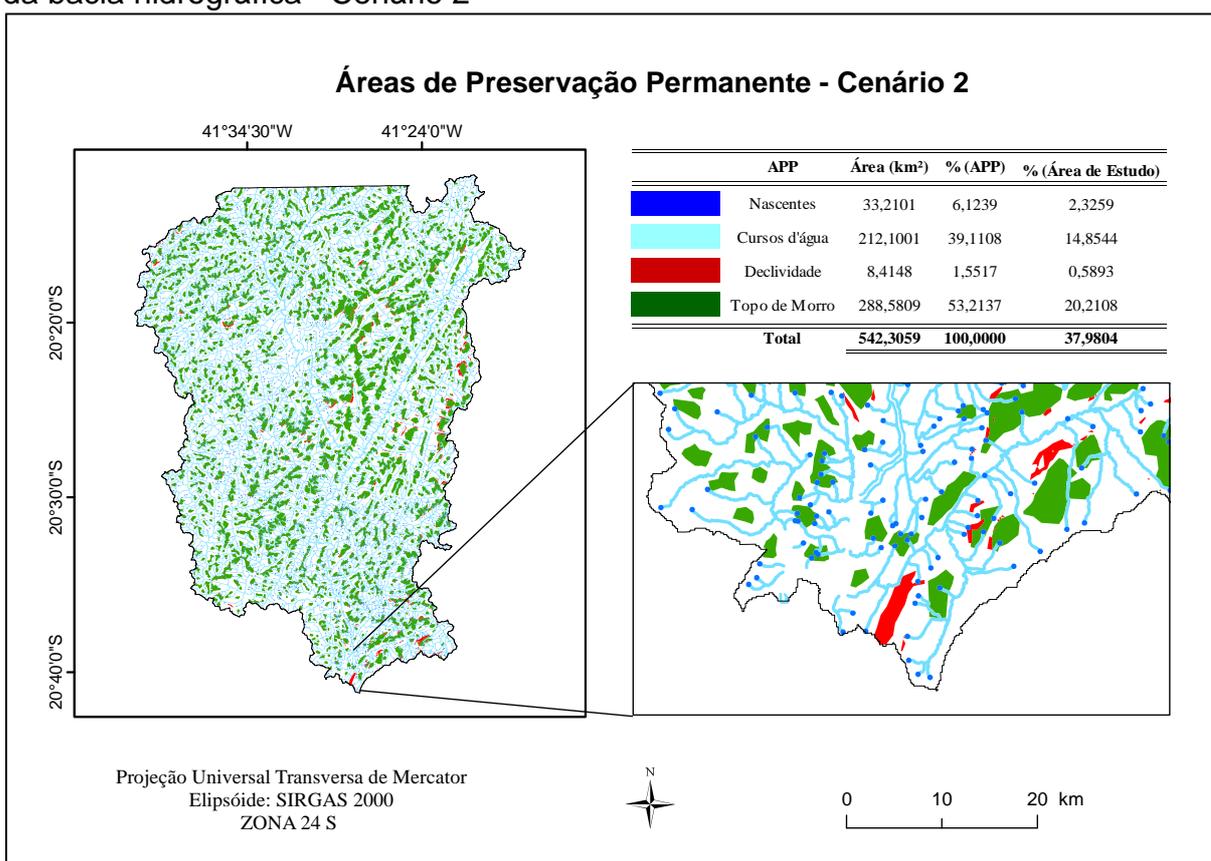
Fonte: a autora.

A análise da Figura 16 indicou que, no cenário 1, a menor e maior participação entre as classes de APP corresponderam às APP de declividade e APP de topo de morro, com 8,41 km² (1,5%) e 306,23 km² (54,60%), respectivamente. As APP de cursos d'água também contribuíram expressivamente, contando com uma área de 212,97 km² (37,97%) e as APP de nascentes foram de 33,21km² (5,92%). Notou-se

que a soma de todas as classes de APP delimitadas para o cenário 1, ocupam uma área de 560,82 km², representando um percentual de 39,28% em relação à área de estudo.

Outros estudos realizados em regiões próximas encontraram percentuais mais elevados: Nascimento et al. (2005) em estudo realizado na bacia do rio Alegre, no município de Alegre, ES, encontrou um percentual de 45,95% de APP em relação à área da bacia estudada; Coutinho et al. (2013) avaliando as APP da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES, encontraram 55,48% de APP; Eugenio et al. (2011) identificaram um percentual de 43,50% de APP para todo o município de Alegre e; Oliveira et al. (2008) avaliaram o entorno mineiro do PARNA do Caparaó e observaram um total de 48,06% de cobertura de APP.

Figura 17 – Áreas de Preservação Permanentes mapeadas na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 2



Fonte: a autora.

No cenário 2 (Figura 17) observa-se que a classe de APP de topo de morro continua sendo a mais expressiva se comparada com as demais classes, todavia, houve uma diminuição expressiva de área (-17,65 km²) em relação ao cenário 1.

Essa diminuição é resultado das modificações (nos limites de elevação e inclinação) estabelecidas no novo código florestal.

Chimalli (2013) realizou um estudo comparativo entre o antigo e novo Código Florestal para a delimitação de APP e observou uma redução de 6,54% nas APP de topo de morro. Nery et al. (2013) em estudo semelhante, verificaram uma redução de um percentual de 31,30% das APP em topos de morro em comparação ao código florestal brasileiro de 1965.

As classes de APP de nascentes e declividade permaneceram constantes em relação ao cenário anterior. Já a classe APP de cursos d'água apresentou uma redução de aproximadamente 0,87 km² devido o alagamento de alguns córregos para a formação dos reservatórios das Pequenas Centrais Hidrelétricas implantadas na região em estudo.

Pode-se observar ainda que a soma de todas as classes de APP do cenário 2 ocupavam uma área de 542,31 km², representando 37,98% em relação à área de estudo.

5.2.2 Conflito de uso da terra em áreas de APP

A partir do cruzamento das informações contidas nos mapas de uso e ocupação da terra e APP, referentes a cada cenário analisado, obtiveram-se os resultados apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Confronto de uso e ocupação da terra nas APP da área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1

Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Afloramento Rochoso	24,6350	4,3927	Estrada Pavimentada	0,5182	0,0924
Área Degradada	0,0149	0,0027	Extração/Mineração	0,0541	0,0096
Área Edificada	10,0850	1,7983	Hidrografia	0,0246	0,0044
Brejo	1,3752	0,2452	Massa D'Água	0,2069	0,0369
Campo Sujo	45,0239	8,0282	Mata Nativa	126,2555	22,5127
Cultivo Agrícola – Café	104,1238	18,5664	Pastagem	218,4136	38,9454
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	2,7775	0,4953	Reflorestamento - Eucalipto	16,2128	2,8909
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	5,0623	0,9027	Solo Exposto	6,0361	1,0763

Fonte: a autora.

Por meio da análise da Tabela 6, constatou-se que no cenário 1 apenas 27,19% das APP estão sendo realmente preservadas, ou seja, 72,81% das áreas

destinadas à APP estão sendo utilizadas para outras finalidades, contrariando a legislação florestal. Para esta análise, consideram-se as seguintes classes como pertencentes à APP: afloramento rochoso, brejo, hidrografia, massa d'água e mata nativa.

As classes pastagem e cultivo agrícola – café ocuparam juntas aproximadamente 57,51% das áreas destinadas à APP.

Resultado mais elevado foi encontrado por Oliveira et al. (2008) que observou um percentual de 73,02% para as classes pastagem e café ao identificarem o conflito de uso da terra em áreas de APP no Parque Nacional do Caparaó, MG,

Tabela 7 – Confronto de uso e ocupação da terra nas APP da área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 2

Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Afloramento Rochoso	24,6350	4,5426	Estrada Pavimentada	0,5009	0,0924
Área Degradada	0,0196	0,0036	Extração/Mineração	0,0308	0,0057
Área Edificada	10,3037	1,9000	Hidrografia	0,0226	0,0042
Brejo	1,3579	0,2504	Massa D'Água	0,4557	0,0840
Campo Sujo	35,6107	6,5665	Mata Nativa	123,2008	22,7180
Cultivo Agrícola – Café	107,1298	19,7545	Pastagem	204,7706	37,7592
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	2,0245	0,3733	Reflorestamento - Eucalipto	25,9401	4,7833
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	2,0062	0,3699	Solo Exposto	4,2970	0,7924

Fonte: a autora.

Para o cenário 2 (Tabela 7), constatou-se que apenas 27,60% das APP estão sendo realmente preservadas, havendo um déficit de 72,40% que estão sendo utilizadas para outras finalidades, contrariando a legislação florestal. Para esta análise, consideram-se as seguintes classes como pertencentes à APP: afloramento rochoso, brejo, hidrografia, massa d'água e mata nativa.

As classes pastagem e cultivo agrícola – café mantiveram-se constante, com 57,51% das áreas destinadas à APP.

As APP atuam especialmente no equilíbrio do regime hidrológico, proporcionando a estabilização das linhas de drenagem natural e suas áreas marginais. Além disso, Segundo Valente e Gomes (2005), no meio agrícola, as APP funcionam como filtros biológicos nos processos de erosão laminar, lixiviação, deriva e fluxo lateral de agroquímicos e ainda, possuem a função de isolamento e quebra-ventos para essas áreas.

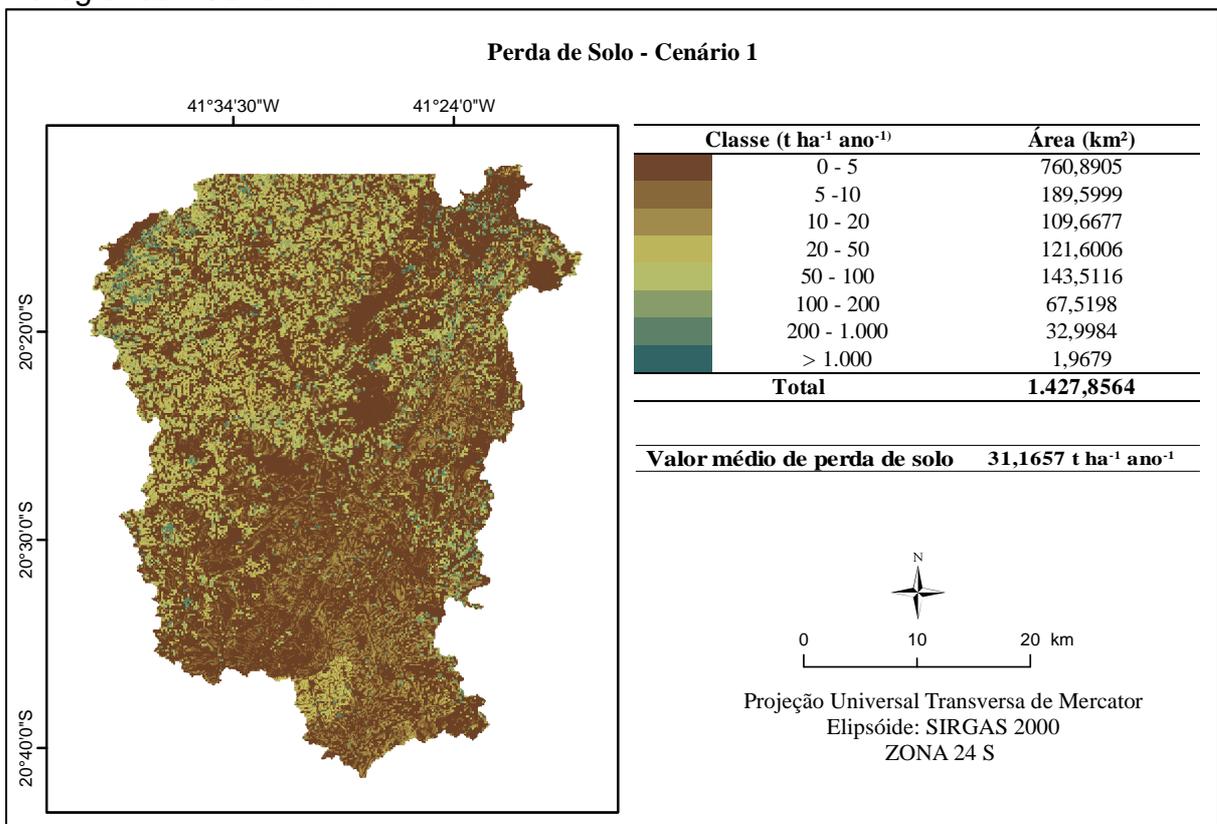
Nesse contexto, a utilização de mais da metade das áreas destinadas à APP com atividades agropecuárias, tanto no cenário 1, quanto no cenário 2, pode comprometer o uso sustentável da água e do solo, principalmente ao se considerar a dependência das práticas agropecuárias pela disponibilidade quantitativa e qualitativa destes recursos (Coutinho et al, 2013).

5.3 Perda de solo por erosão hídrica

5.3.1 Estimativa da perda de solo para os cenários 1 e 2

A seguir, são apresentadas (Figuras 18 e 19) as estimativas de perda de solo realizada para os cenários analisados, considerando o uso e ocupação da terra real. Para facilitar a interpretação dos resultados os valores foram divididos em 8 classes.

Figura 18 – Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1



Fonte: a autora.

Os valores de perda do solo encontrados para o cenário 1 (Figura 18) variaram entre 0 a 10.402 t ha⁻¹ ano⁻¹, com valor médio de aproximadamente 31,17 t ha⁻¹ ano⁻¹.

A classe com maior expressividade é a que possui valores de perda de solo entre 0 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹, cobrindo cerca de 53,29% da área de estudo.

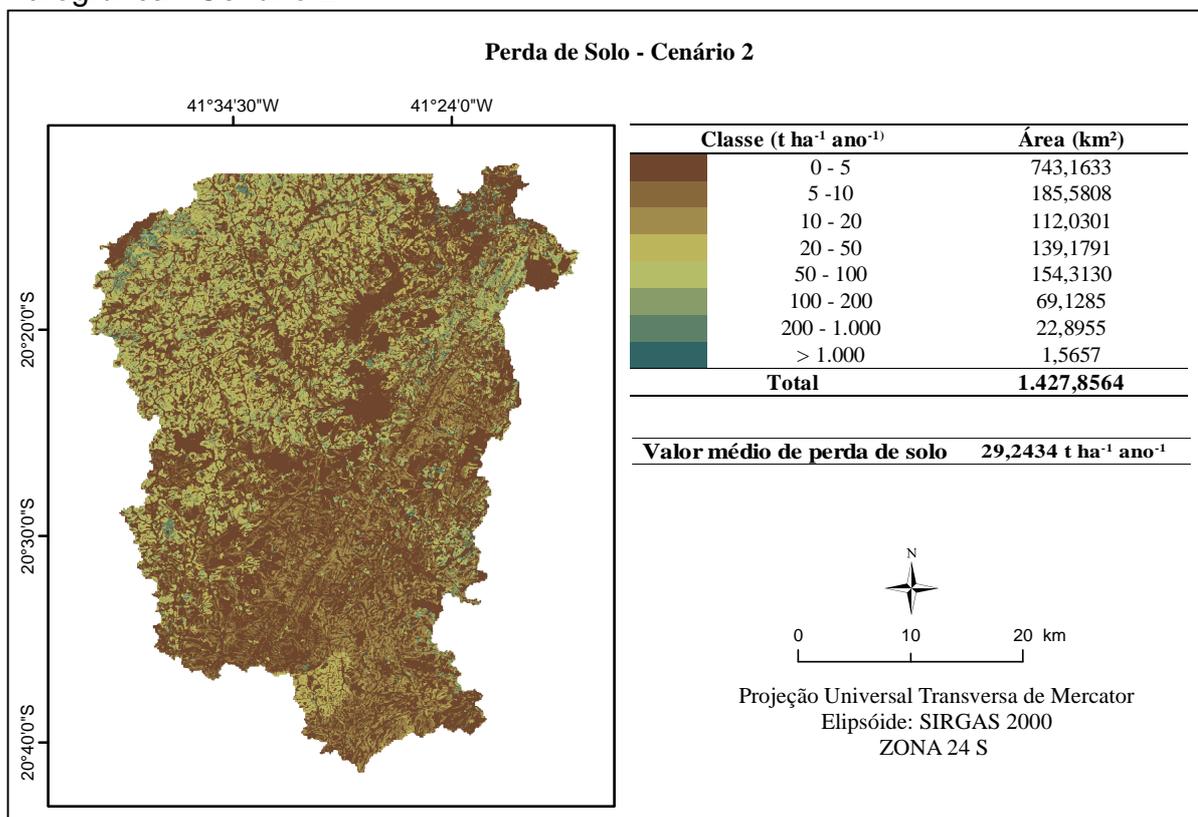
Segundo a FAO (1980) a perda de solo entre os valores de 50 a 200 t ha⁻¹ ano⁻¹ é classificada como grau de erosão alto, e acima 200 t ha⁻¹ ano⁻¹ o grau de erosão é classificado como muito alto. Seguindo essa classificação, verificou-se nesse estudo, que 14,78% da área de estudo possui grau de erosão alto e 2,45% possuem grau de erosão muito alto.

Observa-se que, à medida que aumenta a declividade e altitude (Figura 2), aumenta os valores de perda de solo, como é possível observar na região noroeste da área de estudo.

De acordo com Silva et al. (2011) a variação nas perdas de solo é atribuída sobretudo ao tipo de solo, a condição de relevo e as formas de uso. Assim, sempre que a declividade aumenta se modifica o relevo e, conseqüentemente, aumenta também a perda de solo.

Silva (2004) relata que numa análise de sensibilidade dos fatores da EUPS, observou-se que os fatores R e K não alteraram significativamente os valores de perda de solo, os quais são mais influenciados pelo Fator Topográfico (LS).

Figura 19 – Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 2



Fonte: a autora.

No cenário 2 (Figura 19), os valores de perda do solo encontrados variaram entre 0 a 8.212 t ha⁻¹ ano⁻¹, com valor médio de aproximadamente 29,24 t ha⁻¹ ano⁻¹.

A classe de 0 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ manteve-se como a mais expressiva, cobrindo cerca de 52,05% da área de estudo.

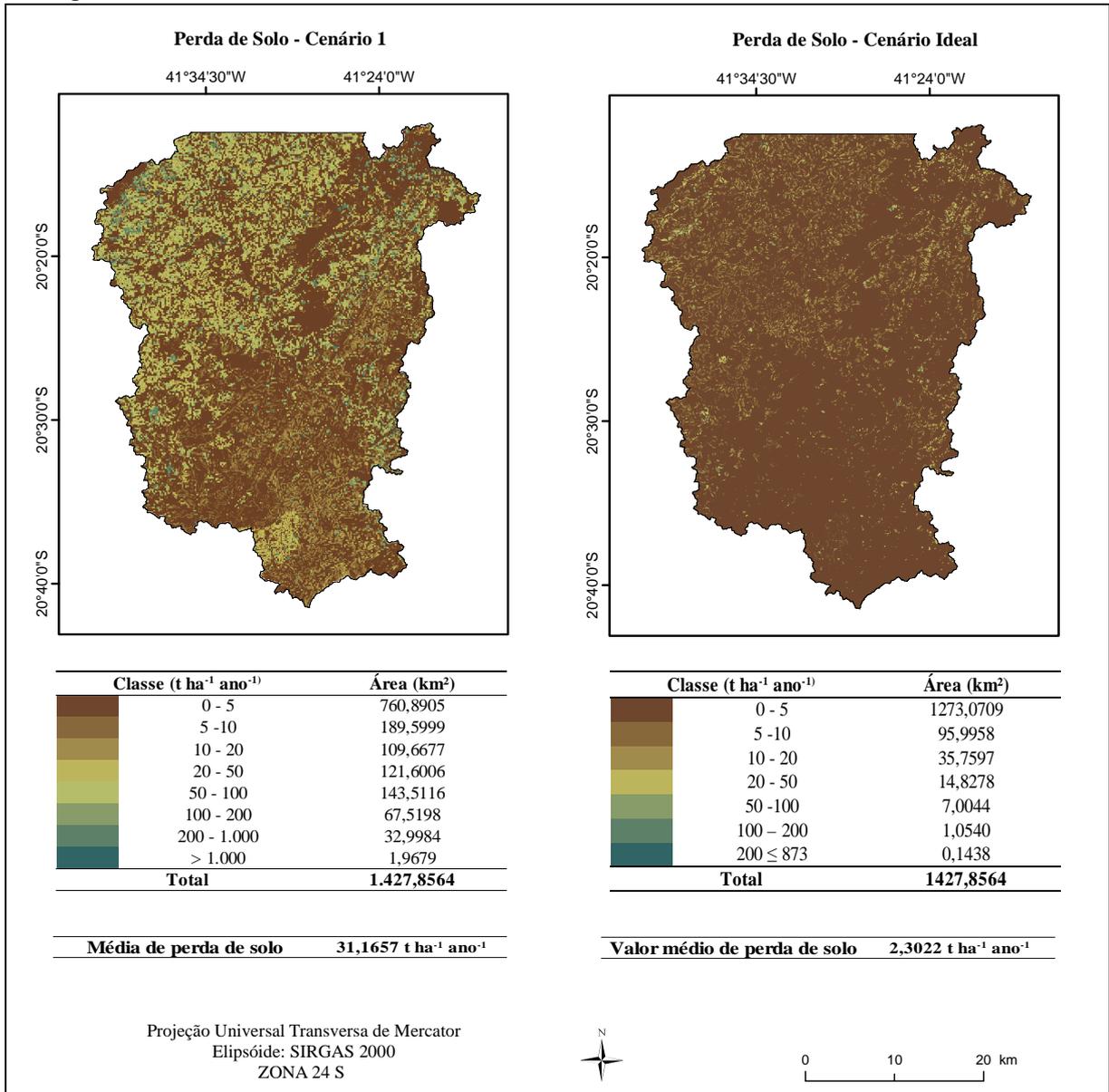
Seguindo a classificação da FAO (1980), verificou-se que 15,65% da área de estudo possuem grau de erosão alto e 1,71% possui grau de erosão muito alto.

5.3.2 Estimativa da perda de solo por erosão hídrica simulando cenário ideal

Nessa etapa, compararam-se as estimativas de perda de solo considerando o uso e ocupação real da terra (cenário 1 e 2), com as estimativas de perda de solo para um cenário ideal, onde as APP encontram-se de acordo com a legislação florestal e práticas conservacionistas sejam adotadas no manejo do solo.

A seguir são apresentadas as estimativas de perda de solo realizadas para cada cenário (Figura 20 e 21).

Figura 20 – Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 1 real e ideal



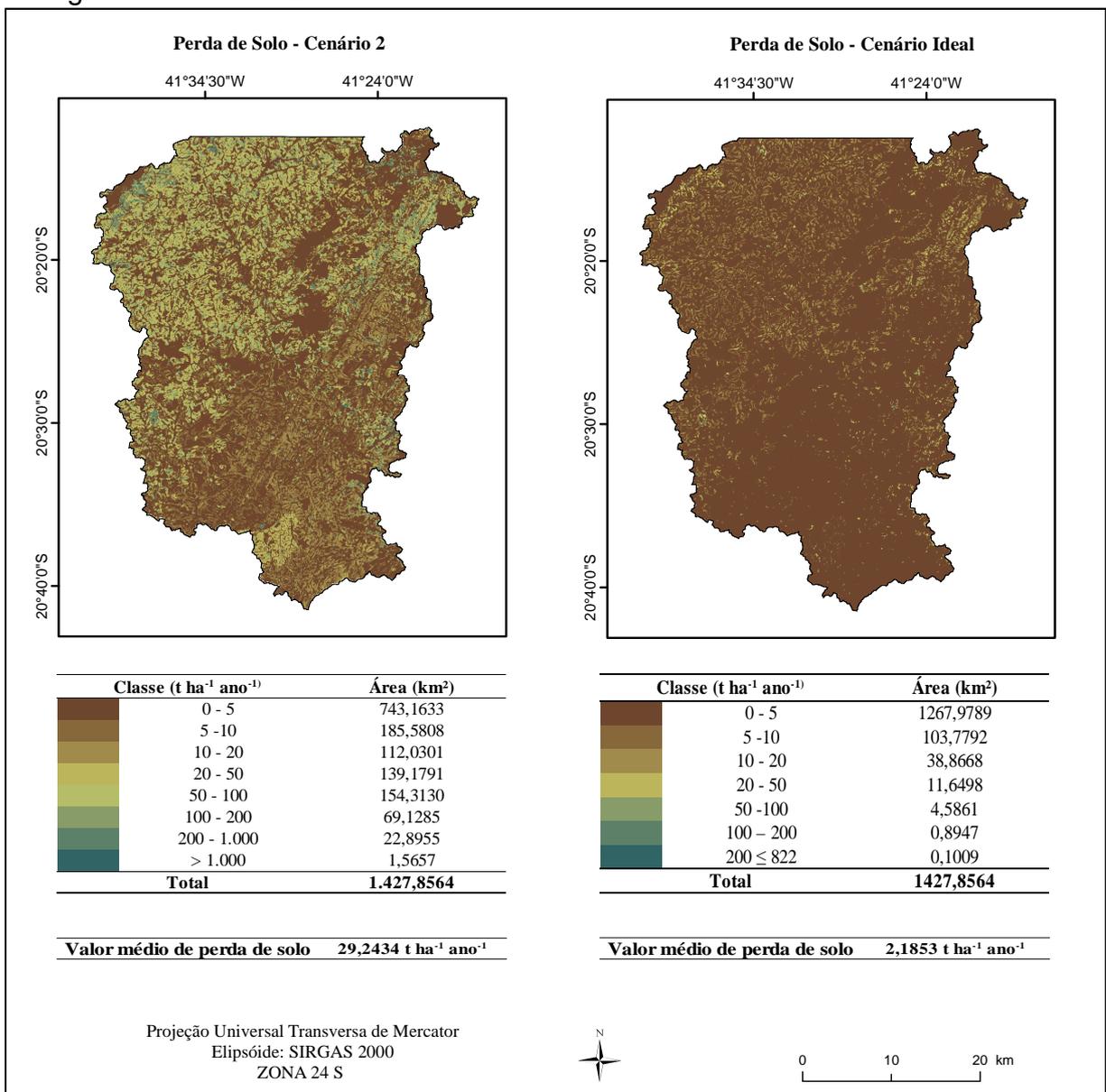
Fonte: a autora.

A análise dos resultados permite inferir que houve mudança significativa na quantidade de perda de solo entre o cenário 1, com uso e ocupação real, e o cenário 1, com APP preservadas e práticas conservacionistas. O valor médio passou de $31,17\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ para $2,30\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$.

Seguindo a classificação da FAO (1980), na estimativa de perda de solo considerando um cenário 1 ideal, apenas 0,56% da área de estudo foi classificada com grau de erosão alto e 0,01%, com grau de erosão muito alto.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os resultados encontrados por Coutinho et al. (2013), que ao simular as perdas de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Prata, identificou valor médio de 85,43 t ha⁻¹ ano⁻¹ em condições de uso e ocupação real e valor médio de 20,50 t ha⁻¹ ano⁻¹ em condições de adequação legal das APP.

Figura 21 – Perda de solo por erosão hídrica na área de contribuição da bacia hidrográfica - Cenário 2 real e ideal



Fonte: a autora.

Para o cenário 2, o valor médio passou de 29,24 t ha⁻¹ ano⁻¹ para 2,19 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Seguindo a classificação da FAO (1980), na estimativa de perda de solo considerando um cenário 2 ideal, apenas 0,38% da área de estudo foi classificada com grau de erosão alto e 0,007%, com grau de erosão muito alto.

De acordo com Tucci e Clarke (1997), a erosão do solo é agravada quando sua superfície se torna desprotegida, sofrendo a ação do impacto da gota de chuva, ocasionando o selamento superficial do solo, que diminui drasticamente a infiltração e acelera o escoamento superficial. Em contrapartida, solos com mata possui alta capacidade de infiltração, diminuindo o escoamento superficial, que é um dos maiores causadores de erosão hídrica.

Martins et al. (2003) afirmam que o acúmulo de serapilheira proporciona uma maior interceptação das gotas de chuva, desempenhando o papel de proteção do solo.

Apesar da cobertura florestal reduzir a perda de solo pela sua maior proteção, outras culturas perenes podem desempenhar a mesma função (FERRAZ et al., 2013).

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi conduzido, as análises dos resultados permitiram apresentar as seguintes conclusões:

➤ Na área de contribuição da bacia hidrográfica estudada foram encontradas dezesseis classes distintas de uso e ocupação da terra, e a classe com maior ocorrência foi a pastagem, seguida do cultivo agrícola – café, em ambos os cenários.

➤ Em relação à avaliação quantitativa e a mudança líquida, ocorridas entre os cenários, foi possível observar que, as classes de campo sujo, pastagem, cultivo agrícola – outros cultivos temporários e solo exposto foram as classes que apresentaram maior perda de área. Já as classes reflorestamento – eucalipto, cultivo agrícola – café, área edificada e massa d'água apresentaram um ganho de ocupação de área.

➤ Em ambos os cenários analisados as classes de APP com maiores representatividades foram as APP de topo de morro e APP de cursos d'água. Entretanto, notou-se uma diminuição no percentual de APP de topo de morro delimitada de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo novo código florestal.

➤ Na análise da ocorrência de conflito de uso e ocupação de terra nas APP, observou-se que mais de 50% das áreas destinadas à APP, estão sendo utilizadas para outras finalidades.

➤ A partir da análise das estimativas de perda de solo é possível inferir que houve mudança significativa na quantidade de perda de solo entre os cenários com uso e ocupação real, e os cenários com uso e ocupação ideal. Esse resultado corrobora a importância da cobertura florestal como fator atenuante da degradação do solo.

7 REFERÊNCIAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012, 145 p. (Anuário).

ALBUQUERQUE, A. W.; M. FILHO, G.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, p. 153-160, 2005. (<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000200001>)

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em áreas de preservação permanente em um polo de produção de biodiesel no estado do Pará. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 476-487, 2014. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1410>)

ANDRADE, E. R.; JARDIM, J. G.; SANTOS, B. A.; MELO, F. P. L.; TALORA, D. C.; FARIA, D.; CAZETTA, E. 2015. Effects of habitat loss on taxonomic and phylogenetic diversity of understory Rubiaceae in Atlantic forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 349, p. 73-84, 2015.

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

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012, 355 p.

BIERREGAARD, R. O.; LOVEJOY, T. E.; KAPOS, V.; SANTOS, A. A.; HUTCHINGS, W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **BioSciences**, v. 42, p. 859-866, 1992.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de maio 2012.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 de setembro 1965.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303 de 20 de Março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário oficial da Republica do Brasil**, Brasília, DF, 13 de maio 2002.

BRITEZ, R. M.; ALGERK, BAUMGARTEN, J. E.; CASTELLA, P.R.; CULLEN, L. Jr, FARIA, D. M. et al. Manejo no entorno. In: RAMBALDI D. M; OLIVEIRA D. A. S. organizadores. Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA: SBF; 2003.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; GERLACH, J.; HOFFMANN, M.; LAMOREUX, J. F.; MITTERMEIER, C. G.; PILGRIM, J. D.; RODRIGUES, A. S. L. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, v. 313, p. 58-61, 2006.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986, 193 p.

CÂMARA, G. **Sistemas de informação geográficas para aplicações ambientais e cadastrais**: uma visão geral. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Divisão de Processamento de Imagens. 1998. (Caderno Didático).

CAMPOS JÚNIOR, C T. **O Novo Arrabalde**. Vitória: Prefeitura Municipal de Vitória, Secretaria Municipal de Cultura e Turismo; 1996. 250 p.

CESA - CASTELO ENERGÉTICA S/A/AQUACONSULT - Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. **Relatório de Impacto Ambiental**: PCH Santa Fé. Alegre, ES, 2006. 314 p. (Relatório).

CHAGAS, C. S.; BHERING, S. B.; SILVA, E. F.; COELHO, M. R.; AMARAL, F. C. S.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; GONÇALVES, A. O.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; LOPES, C. H. L.; DANIEL FILHO, A. C. B.; EARP, C. G. S. **Zoneamento agroecológico do município de Dois Irmãos do Buriti - MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 63 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 181).

CHIMALLI, T. **Áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, no estado do Espírito Santo**. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2013.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, G. O. G.; XAVIER, A. C. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 425-434, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.043>)

COUTINHO, L. M.; SAMPAIO T. V. M. Evolução da supressão de florestas na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim via uso de imagens orbitais. **Revista Camiliana de Iniciação Científica**. v. 2, n. 1, p.156-163, 2007.

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

EASTMAN, J. R. (2015). **TerrSet: Geospatial Monitoring and Modeling System**. Manual Version 18.00, Clark University. USA.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D.; MACHADO, R.; ALMEIDA, W. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,

Viçosa, v. 37, n. 3, p. 796-803, 2013. (<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000300026>)

ELETORIVER/CEPEMAR – Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda.
Relatório de Impacto Ambiental: PCH São Simão. Alegre, ES, 2001. 179 p.
(Relatório).

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; SCOPEL, I. GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo laterítico Bruno – avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 117-125, 1984.

EMBRAPA SOLOS. **Novo Mapa de Solos do Brasil** – Legenda Atualizada (2011). Embrapa Informação Tecnológica - Brasília, DF.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; PIMENTEL, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação das áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Cerne**, Lavras, MG, v. 17, n. 4, p. 563-571, 2011. (<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602011000400016>)

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

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Metodologia provisional para evaluation de la degradacion de los suelos.** Roma: FAO/PNUMA: UNEP: UNESCO, 1980. 86 p.

FERRAZ, S. F. B.; PEREIRA, M. F.; DE PAULA, F. R.; VETTORAZZI, C. A.; ALVARES, C. A. Simulação de perdas de solo em função de cenários de adequação ambiental em microbacias agrícolas. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 272-282, 2013.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2005.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CANHOS, D. A. L.; CARVALHO Jr, A. A.; COELHO, M. A. N.; COSTA, A. F.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M. G.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; LUGHADHA, E. N.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, S.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. C. New brazilian floristic list highlights conservation challenges. *Bioscience*, v. 62, p. 39-45, 2012.

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

GALVÍNCIO, J. D.; SÁ, I. I. S.; MOURA, M. S. B.; RIBEIRO, J. G. Determinação das características físicas, climáticas e da paisagem da bacia hidrográfica do rio Brígida com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, n. 2, 2007.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MELBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROK, J. L.; SONG, D.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, p. 1-9, 2015.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E.; **Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morros, para o Estado de São Paulo com base no geoprocessamento**. Campinas, SP: Embrapa monitoramento por Satélites, 2004. 32 p. (Documento, n. 34).

INÁCIO, E. B.; CANTALICE, J. R. B.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R.; BARRETO, A.C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 355-360, 2007. (<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000400002>)

INCAPER – INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Setores do agronegócio – Café. 2012. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/pedeag/setores03.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

IJSN – INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Boletim técnico: agricultura capixaba 2013-2015**. Vitória: IJSN, 2015. 21 p. (Boletim).

JACOVINE, L. A. G.; CORRÊA, J. B. L.; SILVA, M. L. da; VALVERDE, S. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; COELHO, F. M. G.; PAIVA, H. N. de. Quantificação das áreas de preservação permanente e de reserva legal em propriedades da bacia do rio Pomba-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 269-278, 2008. (<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000200010>)

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, p. 459-473. 2014.

KINNELL, P. I. A. Event soil loss, runoff and the universal soil loss Equation family of models. A review. **Journal of Hydrology**, v. 385, p. 384-397, 2010.

LIMA W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2008.

LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; SATTTLER, M. A. Análise das áreas de preservação permanentes da bacia hidrográfica do ribeirão Estrela do Norte, ES. **Revista de Biologia e Saúde**, v. 3, n. 2, p. 128-141, 2009.

LUPPI, A. S. L.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FEITOSA, L. S. Utilização de geotecnologia para o mapeamento de áreas de preservação permanente no município de João Neiva, ES. **Floresta Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 13-22, 2015. (<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.0027>)

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; AYRES, F. M.; ALVES SOBRINHO, T. Integrando SIG e USLE para mapeamento da perda de solo em área de proteção ambiental. **Revista Agrariam**, Dourados, v. 7, n. 26, p. 552-559, 2014.

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

MARTINS, S. G. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 395-403, 2003.

MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1358-1367, 2012.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica**. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 319 p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.

NERY, C. V. M.; BRAGA, F. L.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S. Aplicação do novo código florestal na avaliação das áreas de preservação permanente em topo de morro na sub-bacia do rio Canoas no município de Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 6, p. 1673-1688, 2013.

NOVO, E. M. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 308 p.

OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, A. C.; CRUZ, J. C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 37-41, 2001.

OLIVEIRA, F.; FURNASS, J.; MAIDMENT, D.; DJOKIC, D.; YE, Z. Drainage systems. In: MAIDMENT, D. R. *ArchHydro GIS for Ressources*. ESRI Press. Redlands, California 2002. p. 55-86.

OLIVEIRA, A. M. M.; PINTO, S. A. F.; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de Indicadores da Erosão do Solo em Bacias Hidrográficas com o Suporte de Geotecnologias e Modelo Preditivo. **Estudos Geográficos**, v. 5, p. 63-86, 2007.

OLIVEIRA, F. S.; SOARES, V. P.; PEZZOPANE, J. E. M.; GLERIANI, J. M.; LIMA, G. L.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. S.; OLIVEIRA, A. M. S. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008. (<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000500015>)

PAES, F. S. **Áreas de Preservação Permanente e sua importância ambiental na prevenção da perda de solo por erosão em bacias hidrográficas**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

PAIVA, E. M. C. Evolução de processo erosivo acelerado em trecho do Arroio Vacacai Mirim. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 129-135, 2001.

PARDINI, R.; FARIA, D.; ACCACIO, G. M.; LAPS, R. R.; MARIANO-NETO, E.; PACIENCIA, M. L. B.; DIXO, M.; BAUMGARTEN, J. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation**, v. 142, p.1178-1190, 2009.

PELUZIO, T. M. O.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C. **Mapeamento de áreas de preservação permanente no ArcGIS 9.3**. 1. ed. Alegre: CAUFES, 2010.

PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, Lavras, MG, v. 11, n. 1, p. 49-60, 2005.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da conservação**. Londrina, Paraná: E. Rodrigues.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005. (<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000200004>)

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. 2. ed. Juiz de Fora-MG: Ed. do Autor, 2002. 220 p.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p. 81-90, 2005.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SANTOS, M. A. D. A.; SANTOS, A. R.; TEIXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H.; FREITAS, D. F.; PEREIRA JUNIOR, O. S.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LORENZON, A. S.; EUGENIO, F. C.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R.; SCHERER, R. GIS applied to agricultural zoning and agrotoxin residue monitoring in tomatoes: A case study in Espírito Santo state, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 429-439, 2016. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.10.040>)

SCHIETTECATTE, W.; D'HONDT, L.; CORNELIS, W. M.; ACOSTA, M. L.; LEAL, Z.; LAUWERS, N.; ALMOZA, Y.; ALONSO, G. R.; DÍAZ, J.; RUÍZ, M.; GABRIELS, D. Influence of landscape on soil erosion risk in the Cuyaguaje watershed (Cuba). **Catena**, v. 74, n. 1, p. 1-12, 2008. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2007.12.003>)

SILVA ANTÔNIO, V. V. Os ortofotos como cartografia de base a médias escalas. IN: eSIG – Instituto Geográfico Português. **Anais...Portugal**, 2004.

SILVA, V. C. Estimativa da erosão atual da bacia do rio Paracatu (MG/GO/DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 147-159, 2004.

SILVA, A. M.; ALVARES, C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

SILVA, F. G. B.; MINOTTI, R. T.; LOMBARDI NETO, F.; PRIMAVESI, O.; CRESTANA, S. Predição da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando Geoprocessamento e o USLE 2D. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 141-148, 2010. (<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522010000200006>)

SILVA, V. A.; MOREAU, M. S.; MOREAU, A. M. S. S.; REGO, N. A. C. Uso da terra e perda de solo na Bacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 3, p. 310-315, 2011.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsidio à averbação de Reserva Legal em imóveis rurais. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 555-561, 2011.

SOS Mata Atlântica. **Florestas: A Mata Atlântica**. 2017. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

TUCCI C. E. M.; CLARKE R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, p.135-152, 1997.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceira**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

VENTURIM, G. H. **Diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém, Alegre, ES**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2011.

VIEIRA, M. V.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S.; SOUZA, S. M.; LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R. Delimitação das áreas de preservação permanente do terço superior de topo de morro, para as microrregiões sudoeste serrana, litoral norte e extremo norte do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 142-151, 2011.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, U.S: Department of Agriculture, 1978. 58 p. (Manual, n. 537).