



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

**ALISSON RODRIGUES NUNES**

**CONFRONTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM APP's E  
ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO ALEGRE**

**JERÔNIMO MONTEIRO - ES**

**FEVEREIRO - 2013**

ALISSON RODRIGUES NUNES

**CONFRONTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM APP's E  
ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO ALEGRE**

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

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos

JERÔNIMO MONTEIRO-ES

FEVEREIRO - 2013

**CONFRONTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM APP's E ESTIMATIVA  
DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE**

**ALISSON RODRIGUES NUNES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, na área de concentração Ciências Florestais.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

---

Prof. Dr. Jéferson Luiz Ferrari  
Instituto Federal de Educação Ciência  
e Tecnologia do Espírito Santo  
(Membro externo)

---

Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva  
Universidade Federal do Espírito  
Santo  
(Membro interno)

---

Prof. Dr. João Batista Esteves Peluzio  
Instituto Federal de Educação Ciência  
e Tecnologia do Espírito Santo  
(Membro externo)

---

Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos  
Universidade Federal do Espírito  
Santo  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar constantemente perto, levando-me a acreditar que tudo sempre dará certo.

A minha esposa Aline, que sempre me incentivou, fazendo com que eu superasse as dificuldades que surgiram ao longo desse período e também aos meus filhos Igor e Elisa.

Ao meu pai Ailton que, mostrando-me sua capacidade de trabalho, motivou-me a estabelecer e alcançar metas.

A minha mãe Natalina que, ao revelar-me toda a sua inteligência, mostrou-me que não há limites para o ser humano, que é possível realizar todos os sonhos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) por fornecer as condições acadêmicas necessárias para a realização deste trabalho.

Ao Professor e amigo Dr. Alexandre Rosa dos Santos, pela orientação, compromisso e dedicação inesgotáveis.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pelo apoio durante o curso.

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF), pela oportunidade oferecida.

Aos colegas do IDAF pelo companheirismo.

Aos servidores do Centro de Ciências Agrárias que se dedicam diariamente para o crescimento da UFES.

“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos.”

Albert Einstein

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Etapas metodológicas desenvolvidas para obtenção dos mapas de APP's e de uso e ocupação da terra.....	28
Figura 2 -	Uso e ocupação da terra para a bacia hidrográfica do rio Alegre.....	29
Figura 3 -	Total das APP's de Nascentes da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	31
Figura 4 -	Total das APP's de Cursos D'água da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	32
Figura 5 -	Total das APP's de encostas da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	33
Figura 6 -	Total das APP's de topo de morro da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	34
Figura 7 -	Total das APP's da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	35
Figura 8 -	Confronto do uso e ocupação da terra em relação às APP's totais.....	36
Figura 1-	Localização da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	45
Figura 2 -	Fluxograma das etapas metodológicas desenvolvidas.....	51
Figura 3 -	Clinografia da área da bacia (a) e dos bairros (b).....	52
Figura 4 -	Fator LS da bacia (a) e da área dos bairros (b).....	53
Figura 5 -	Fator R (erosividade) da bacia (a) e dos bairros (b) da EUPS.....	54
Figura 6 -	Fator K (erodibilidade) da bacia (a) e dos bairros (b) da EUPS.....	55
Figura 7 -	Fator C (preparo e cobertura do solo) (a) e P (práticas conservacionistas) (b) da EUPS para a área da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	56
Figura 8 -	Fatores C (preparo e cobertura do solo) (a) e P (práticas conservacionistas) (b) da EUPS.....	57
Figura 9 -	Perda de solo estimada pela EUPS para bacia hidrográfica do rio Alegre.....	58

Figura 10 - Perda de solo estimada pela EUPS para os bairros de Alegre.....	59
Figura 11 - Perda de solo estimada pela EUPS nas APP's da bacia (a) e dos bairros (b).....	60
Figura 12 - Risco de deslizamentos para os bairros do distrito Sede de Alegre.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Quantificação das classes de uso e ocupação da terra.....	29
Tabela 2-	Porcentagem das áreas ocupadas pelas APP's na bacia hidrográfica do rio Alegre.....	35
Tabela 3-	Quantificação das áreas de uso e ocupação da terra nas APP's totais na bacia do rio Alegre.....	36
Tabela 1-	Fator K (erodibilidade) da EUPS da área de estudo.....	48
Tabela 2	Fator C (preparo e cobertura do solo) da EUPS para as classes de uso e ocupação da terra.....	49
Tabela 3-	Fator P (práticas conservacionistas) da EUPS para as classes de uso e ocupação da terra.....	49
Tabela 4 -	Volume total de Perda de solo estimada pela EUPS nos bairros da cidade de Alegre.....	59
Tabela 5-	Volume total de Perda de solo estimada pela EUPS nas APP's da bacia hidrográfica do rio Alegre.....	60
Tabela 6 -	Volume total de Perda de solo estimada pela EUPS nas classes de risco de deslizamento de terra para a área dos bairros do distrito sede de Alegre.....	61

## SUMÁRIO

RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E O USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP's) .....	2
2.2. GEOTECNOLOGIAS E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG's) .....	4
2.3. VEGETAÇÃO NATIVA E USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	4
2.4. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE (MDEHC).....	5
2.5. A PERDA DE SOLO E O DESASTRE NATURAL .....	7
2.5.1. O risco de desmoronamento de encostas .....	8
2.5.2. Desmoronamento de encostas no município de Alegre, ES ..	9
2.5.3. O processo de perda do solo .....	10
2.5.4. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) .....	11
2.5.4.1. Erosividade da chuva (R) .....	11
2.5.4.2. Erodibilidade do solo (K) .....	12
2.5.4.3. Comprimento e declividade da rampa (LS) .....	13
2.5.4.4. Uso, manejo do solo e práticas conservacionistas (C P) ..	13
3. REFERÊNCIAS .....	15

<b>CAPITULO 1 - CONFRONTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM APP'S NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE .....</b>	<b>19</b>
RESUMO .....	20
ABSTRACT .....	21
1. INTRODUÇÃO .....	22
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4. CONCLUSÃO .....	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

<b>CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE.....</b>	<b>40</b>
RESUMO .....	41
ABSTRACT .....	42
1. INTRODUÇÃO .....	43
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	45
2.1. ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR TOPOGRÁFICO LS (ETAPA 01).....	45
2.2. ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR EROSIVIDADE R (ETAPA 02) .....	46
2.3. ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR ERODIBILIDADE K (ETAPA 03) .....	47
2.4. ESPACIALIZAÇÃO DOS FATORES PREPARO E COBERTURA DO SOLO C E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS P (ETAPA 04) .....	48

2.5. ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA NAS CLASSES DE APP'S E CLASSES DE ÁREAS DE RISCOS DE DESLIZAMENTO DE TERRA (ETAPA 05).....	49
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>67</b>

## RESUMO

NUNES, Alisson Rodrigues. **Confronto do uso e ocupação da terra em APP's e estimativa de perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

As ocupações desordenadas acarretam sérias consequências para o ambiente. Este trabalho teve os objetivos: 1) analisar as áreas de conflito quanto ao uso e ocupação da terra dentro das Áreas de Preservação Permanente (APP's) da bacia hidrográfica do rio Alegre, Alegre, ES; e 2) estimar as perdas de solo por erosão hídrica que ocorrem tanto nas classes de APP's bem como nas classes de riscos de deslizamento localizada na sede do referido município. Para alcançar o primeiro objetivo foi empregado o uso de geotecnologia para delimitar as APP's (faixa marginal, topo de morro, nascentes e em encostas) na ótica da Legislação Ambiental, classificar o uso e ocupação da terra, identificar e analisar as áreas de conflito. Para alcançar o segundo objetivo foi empregada a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) que define a capacidade de determinado solo perder material devido a ação da erosão hídrica. Constatou-se que a metodologia adotada para delimitação automática das APP's mostrou-se eficiente, produzindo de forma eficaz e rápida as informações precisas sobre as suas dimensões e distribuição espacial na bacia hidrográfica do rio Alegre. Os resultados revelam que 73,60 km<sup>2</sup>, de um total de 205,21 km<sup>2</sup>, da bacia é APP's e que 47,50 km<sup>2</sup> encontra-se com uso inadequado da terra, correspondendo a 64,60% das APP's e a perda de solo média para a bacia foi de 0,40 ton/ha/ano e para os bairros da sede foi de 2,31 ton/ha/ano.

**Palavras-chaves:** geotecnologias, preservação ambiental, erosão laminar.

## ABSTRACT

NUNES, Alisson Rodrigues. **Head to the use and occupation of land and APP's estimate soil loss in the basin of the river Alegre.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

The disordered occupations entail serious consequences for the environment. This study aimed: 1) to analyze the areas of conflict regarding the use and land cover within the Permanent Preservation Areas (APP's) of river basin Alegre Alegre, ES, and 2) to estimate soil loss by erosion water occurring in both classes of APP's as good in the classes of risks slide located at the seat of the municipality. To achieve the first objective, we employed the use of geotechnology to delimit the APP's (marginal strip, top of hill streams and on slopes) from the viewpoint of Environmental Law, classify the use and occupation of the land, identify and analyze to areas of conflict. To achieve the second objective was employed Equation Universal Soil Loss (USLE) which defines the ability of certain materials lose ground due to the action of water erosion. It was found that the methodology adopted for automatic delineation of APP's was efficient, producing effectively and fast accurate information about its size and spatial distribution in the river basin Alegre. The results show that 73.60 km<sup>2</sup>, with a total of 205.21 km<sup>2</sup> basin is APP's 47.50 km<sup>2</sup> and lies with inappropriate land use, accounting for 64.60% of APP's and average soil loss for the basin was 0.40 ton/ha/year and for neighborhoods headquarters was 2.31 ton/ha/year.

**Keywords:** geotechnology, environmental preservation, sheet erosion.



## 1. INTRODUÇÃO

À medida que o homem dominou o ambiente, suas ações interferiram diretamente sobre o equilíbrio natural. O solo é um dos componentes do ambiente que sofreu graves consequências das ações antrópicas.

Para estabelecer critérios para a utilização dos recursos naturais foi necessária a elaboração de leis que visam a proteção do meio ambiente para disciplinar o seu uso. Contudo, o que é verificado, é a crescente inobservância das normas legais, culminando, muitas vezes, com graves consequências para o meio.

Dentre as regras estabelecidas pela sociedade em detrimento da preservação do ambiente, destacam-se aquelas que visam proteger o solo, uma vez que na última década tem se destacado na mídia o desmoronamento de encostas na época chuvosa.

Com o aumento da preocupação ambiental e da força jurídica e política dos órgãos ambientais, muito se tem discutido sobre a obrigação de os proprietários e produtores rurais procederem à averbação e à regeneração das APP's.

Desde que o Brasil foi “descoberto” pelos portugueses, em 1500, há mais de quinhentos anos, já existiam leis em Portugal e em outras partes do mundo para preservar florestas e disciplinar o corte de árvores, inclusive com penas graves para quem desobedecesse.

Diante do exposto, a presente dissertação teve por objetivo geral confrontar as áreas de APP's juntamente com a delimitação do uso e ocupação da terra, utilizando geotecnologias, e tem os seguintes objetivos específicos:

- analisar as áreas de conflito quanto ao uso e ocupação das terras dentro das Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, ES;
- estimar a perda de solo por erosão hídrica nas classes de APP's e classes de riscos de deslizamento de terra para os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E O USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP's)

A busca pelo capital e o conseqüente desenvolvimento econômico que atingiu as grandes cidades, fez com que surgissem vários problemas ambientais e sociais, que têm culminado com a destruição de florestas e recursos hídricos. Essa problemática traz ao ambiente um acelerado processo de degradação, que tem recebido cada vez mais espaços nas discussões entre os vários segmentos sociais, nos meios de comunicação, na mídia e recentemente tem sido objeto de políticas públicas voltadas à proteção do meio ambiente, suscitando a sua preservação.

Por meio da legislação ambiental brasileira procura-se proteger o ambiente natural de espécies nativas e migratórias dentro do território nacional, destacadamente aquelas que sofrem a ação antrópica derivada da expansão agropecuária e florestal.

A legislação ambiental brasileira contempla inúmeras leis visando a preservação da saúde do meio ambiente, tais como: o Novo Código Florestal; o Conselho Nacional de Meio Ambiente, a Constituição Federal; a Lei de Crimes Ambientais; a Política Nacional de Meio Ambiente, entre outras (LOUZADA, 2010). Observa-se, por meio do conceito proposto por Brasil (2012), que a Lei 12.561 de 25 de maio de 2012 e suas alterações, que instituiu o Novo Código Florestal, estabelece que Áreas de Preservação Permanente (APP's) “são aquelas que devem ser mantidas intactas pelo proprietário ou possuidor de imóvel rural, independentemente de qualquer outra providência ou condição” e destinam-se “em virtude da sua natural 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).

Antes da promulgação da Lei 12.561 de 25 de maio de 2012, os critérios que caracterizam as APP's eram definidos de acordo com o Código Florestal Federal, por meio da Lei nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965 e pelas

resoluções nº. 302 e 303 de 20 de março de 2002, propostas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente. O que se percebe, ao comparar os Códigos Florestais de 1965 e o de 2012 é que, neste último, houve ajustes não contemplados anteriormente, indicando desta forma que houve mudanças significativas com o novo código.

Bueno (2012) afirmou que para a legislação atual ser mais facilmente compreendida, alguns ajustes pontuais foram necessários. Assim, para facilitar a orientação e fiscalização das instituições ambientais “[...] ficou expressamente previsto que somente devem ser protegidas como APP’s as faixas marginais dos cursos d’água naturais, eliminando a dúvida quanto aos regos e canais artificiais”. Este mesmo autor destaca ainda duas outras situações que precisaram de esclarecimentos, a destacar que “[...] a medição das faixas marginais de APP’s passou a ser da borda da calha do leito regular dos cursos d’água, deixando de ser a partir do nível mais alto em faixa marginal, como acontecia sob a égide da antiga lei, o que dificultava muito a sua delimitação” e também que “[...] a situação dos lagos e lagoas naturais passou a ser expressamente definida por lei, o que não acontecia, ficando claro que, quanto aos reservatórios artificiais prevalece o disposto no respectivo licenciamento ambiental”.

O conceito atual de APP’s não difere grandemente daquele preconizado em 1965, pois, de acordo com Skorupa (2003) o conceito de APP’s surgiu do reconhecimento da importância da manutenção da vegetação de determinadas áreas as quais ocupam porções particulares de uma propriedade, não apenas para os legítimos proprietários dessas áreas, mas, em cadeia, também para os demais proprietários de outras áreas de uma mesma comunidade, de comunidades vizinhas, e, finalmente, para todos os membros da sociedade.

A delimitação das APP’s, estabelecida pelo Código Florestal, contempla áreas de florestas e outras formas de vegetação, surgidas naturalmente em seu local de ocorrência, situadas às margens de lagos, rios, e no entorno de nascentes (perenes); nos topos de morros com declividade superior a 25 graus e elevação acima de 100 m; nas restingas e manguezais; nas encostas com declividade acentuada com inclinação maior que 45 graus; e

nas bordas de tabuleiros ou chapadas e nas áreas em altitude superior a 1.800 metros, com qualquer cobertura vegetal.

## 2.2. GEOTECNOLOGIAS E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG's)

O uso de ferramentas na proteção ambiental tem se destacado nos últimos anos, em função principalmente da eficácia que as mesmas possuem comparativamente a métodos tradicionais de pesquisa. Recursos como Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são tem sido utilizados como importantes ferramentas de suporte para o planejamento e tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente (GREEN, 1994).

São várias as vantagens em se utilizar ferramentas como o Sensoriamento Remoto e SIG's. No entanto, as mais significativas são a agilidade e a acurácia das informações geradas.

A maior disponibilidade de imagens orbitais de qualidade tem levado o SR e os SIG's a se destacarem como ferramentas de uso no mapeamento de APP's, graças ao desenvolvimento de satélites com alta resolução espacial. Porém, à medida que novos *softwares* são desenvolvidos, novos paradigmas na área da geotecnologia de SIG's são utilizados em campo (OLIVEIRA et al., 2007).

## 2.3. VEGETAÇÃO NATIVA E USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) os levantamentos de uso e ocupação da terra indicam a distribuição geográfica da tipologia de uso, que podem ser identificadas por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre; devendo estes estudos serem considerados como importantes instrumentos para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, visto que proporcionam o conhecimento dos diferentes manejos empregados e identificam alternativas que permitem o desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, destaca-se a utilização de geotecnologias como suporte metodológico para a produção técnica e científica em diversas áreas da pesquisa, destacando-se quanto ao planejamento ambiental, quanto ao uso e ocupação da terra e, no processo de identificação do uso e ocupação da terra.

Utilizando técnicas de fotointerpretação, Endres et al. (2006) avaliaram os impactos ambientais causados pelas atividades agropecuárias sobre o meio rural, indispensáveis para o diagnóstico do processo erosivo do solo, e no planejamento conservacionista no município de Franca, SP.

A retirada da vegetação nativa ou sua substituição por outros tipos de uso e ocupação da terra podem acelerar os efeitos erosivos e a lixiviação dos minerais dos solos, contribuindo também para o aumento do fluxo de água na superfície, promovendo o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios.

Ross (1991) afirmou que a interferência antropogênica no meio natural confirma a importância de estudos referentes à paisagem, para que sejam conhecidos os processos decorrentes dessas ações e minimizada a degradação ambiental proveniente da ocupação do espaço pelas atividades humanas.

#### 2.4. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE (MDEHC): AQUISIÇÃO DE DADOS E VALIDAÇÃO DOS MODELOS

Segundo Luiz, Santos e Brener (2007) o Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma representação digital de uma seção da superfície, dada por uma matriz de pixels com coordenadas planimétricas (x,y) e um valor de intensidade do pixel, correspondente à elevação (z).

Valeriano (2003) conceituou MDE da seguinte forma: “são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com valor de elevação em cada pixel”.

A geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE) é uma técnica recente dentro das geotecnologias. Para geração dos primeiros modelos era necessária a digitalização dos dados topográficos coletados em campo. Essa

técnica ainda é aplicada para se gerar MDE, porém pelo seu alto custo e pela lentidão no processo de geração, vem sendo substituída por métodos automatizados.

A automação tem como vantagem a maior eficiência e confiabilidade dos processos, a reprodutibilidade dos resultados e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento dos dados digitais (MOREIRA, 2006).

O processo de modelagem de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) pode ser definido em cinco fases: a amostragem dos dados digitais altimétricos e da rede de drenagem; o pré-processamento dos dados; a geração do MDEHC com o uso de um interpolador; o pós-processamento do MDEHC gerado e a validação do MDEHC ou a sua aplicabilidade (CHAVES, 2002; BAENA, 2002; PIRES et al., 2005; MOREIRA, 2006).

A amostragem abrange a obtenção de amostras representativas do fenômeno de interesse. Geralmente essas amostras estão representadas por curvas de isovalores e pontos tridimensionais.

O pré-processamento consiste em organizar os dados de entrada para que todos os dados digitais estejam consistentes e com qualidade e estrutura mínimas aceitáveis.

A modelagem abrange a criação de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste, e tem como objetivo obter uma representação contínua do fenômeno a partir das amostras. Essas estruturas são definidas de forma a possibilitar uma manipulação conveniente e eficiente dos modelos pelos algoritmos de análise contidos nos SIG's. Os modelos mais utilizados são os modelos de grade regular retangular e os modelos de grade irregular triangular.

O pós-processamento tem por objetivo eliminar imperfeições geradas na etapa anterior como as chamadas depressões espúrias e, busca-se também nesta etapa, garantir a coincidência espacial da drenagem numérica do modelo com a drenagem vetorial digital, compiladas das bases cartográficas.

Na etapa de validação do modelo gerado pode ser realizada por simples reconhecimento visual, por validações cruzadas baseadas em relações

de vizinhança, por superposição de curvas de nível ou por comparação estatística com pontos de controle (PIRES et al., 2005).

## 2.5. A PERDA DE SOLO E O DESASTRE NATURAL

A perda de solo é um evento de ocorrência natural, mas que, no entanto, pode ser maximizada em função da maneira como o homem trata o solo. Atualmente, é possível perceber que as ações antrópicas praticadas nas camadas mais superficiais do solo tem culminado com o carreamento de grande quantidade deste material ao longo do tempo devido a diferentes tipos de erosões, destacadamente a hídrica.

A perda de solo em encostas se dá, normalmente, em áreas com formação geológica desfavorável, agravado pela falta de planejamento e infraestrutura, fato este que tem contribuído para o incremento das situações de risco associadas aos processos do meio físico, tal como a erosão. Severo et al. (2007) afirmaram que “no Brasil, os acidentes geológicos registrados associam-se, principalmente, a processos exógenos (escorregamentos e processos correlatos, erosão e assoreamento, subsidências e colapsos de solo, solos expansivos)”.

De acordo com o Ministério das Cidades (2006) uma das características de áreas com risco de desastres naturais, principalmente em períodos de chuvas intensas, é a ocorrência de movimentações planares de solos, que é o deslocamento de grande fluxo de lama e lixos nos trechos de maior declividade. De acordo com Figueiredo (1994) área de risco pode ser conceituada como aquela que se encontra em locais sujeitos intempéries de natureza geológica e/ou geotécnica, com consequências hidráulicas sobre o solo, colocando assim vidas e bens materiais sob riscos.

São vários os aspectos que indicam que uma encosta está sob risco de desmoronamento, sendo necessário, para sua identificação, apenas uma observação atenta. Dentre as características que se mostram numa área de encostas ameaçada podem-se citar árvores e postes inclinados, rachados no solo e em paredes e pisos das casas, muros encurvados, vazamento de esgotos e afloramento de água (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

O deslizamento de encostas torna-se uma calamidade somente quando a sua ocupação é feita de maneira incorreta, ou seja, torna-se perigoso a queda de barreiras em áreas declivosas se lá residirem famílias. No entanto, muitas vezes as famílias mais carentes ocupam estas localidades pela ausência de áreas urbanizadas ou devido ao alto preço que estas custam para as famílias de baixa renda (CASCINO; JACOBI; OLIVEIRA, 1998).

#### 2.5.1. O risco de desmoronamento de encostas

A população brasileira tem crescido num ritmo grande nas últimas décadas e este fato, associado à atual valorização do mercado imobiliário, tem levado as famílias a procurarem outros modos de ocupação no intuito de residir. As cidades que possuem topografias acidentadas, sempre que atravessam um período com grande precipitação, ficam sujeitas a risco de catástrofes, sendo necessário à gestão pública e a defesa civil ser atuante no intuito de proteger a população (FIGUEIREDO, 1994).

A localização de encostas sob risco de deslizamento é mais comum em regiões onde os processos erosivos ocorrem em função do tipo do solo e seu manejo, associado a épocas de alta pluviosidade quando a infiltração de água no solo é reduzida e o escoamento superficial aumentado (SEVERO et al., 2007).

De acordo com Reigota (2006) a gestão de riscos ambientais “é um processo que geralmente se inicia pela percepção individual da ameaça de um acidente. Compreende um conjunto de procedimentos voltados para a redução de desastres, sejam eles provocados por processos naturais ou induzidos pelas atividades humanas”.

A liberação de uma área de risco para ser novamente frequentada por moradores depende de uma série de pequenos serviços corretivos tais como os de microdrenagem, de plantio de gramíneas, requalificação urbanística e principalmente, intervenções estruturais, visando aumentar a vida útil das obras existentes. Após a realização destes trabalhos, supervisionados pela defesa civil, é que uma área de risco é liberada. Porém, um fato que não deve ser esquecido é o de que estas intervenções só podem ser feitas a partir do

momento da ausência de deslocamentos de solo, ou seja, após o período crítico de chuvas (COMO GERENCIAR OS RISCOS NOS MORROS, 2009).

### 2.5.2. Desmoronamento de encostas no município de Alegre, ES

Segundo Cassol e Lima (2002) a inclinação do declive do terreno é um fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo.

O modo como o município de Alegre foi ocupado nas últimas décadas privilegiou-se a habitação de áreas declivosas ou próximas a este tipo de área, muitas vezes por localizar-se próximo ao bairro Centro, ao invés de estimular-se a formação de novos bairros. Segundo a Prefeitura Municipal de Alegre (2011) “o crescimento desordenado do município e as construções irregulares em loteamentos irregulares em décadas passadas causaram situações extremamente complexas”. Dentre as situações complexas que as famílias estão expostas encontram-se as áreas de risco de deslizamento.

De acordo com a TV Gazeta (2011) houve deslizamento de encostas que interromperam o trânsito de veículos e pessoas na Rua Egídio Reis, Rua Emilio Marins, Bairro Prainha, Rua Ruth Alice, Rua Ailson de Oliveira Abdala, no Bairro Pavuna localizado na ES-482, Parque de Exposições e Bairro Vila do Sul.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Alegre (2011) foram computados pela equipe de avaliação da Defesa Civil e Secretaria de Obras 43 residências em situação de risco.

Segundo o Jornal Folha do Caparaó (2011) “após as chuvas do último verão, a Defesa Civil Estadual e o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo emitiram laudos de interdição e recomendaram a demolição de casas e, após os devidos procedimentos legais, foi emitida a autorização jurídica para o procedimento”.

O ponto de deslizamento ocorrido em Alegre, e que revelou-se o de maior dificuldade para correção foi o que atingiu o bairro Pavuna localizado na BR 482. Vários moradores tiveram que ser retirados de suas casas em função

da proximidade da grande quantidade de solo que se desprende e que independe de chuva para desagregação (G1, 2011).

### 2.5.3. O processo de perda do solo

A ocorrência de perda de solo na natureza se dá, dentre alguns fatores, por causa da força do vento e da água. A ação destes agentes naturais desencadeia o processo de erosão do solo, fato este que pode gerar danos diretos as atividades agropecuárias como também a civilização urbana, por meio de desastres naturais.

A chuva é o principal agente da erosão, pelo fato de as gotas de água agirem de maneira a desestruturar o solo que, conseqüentemente, é carregado pela enxurrada e arrastado morro abaixo sendo depositados em partes mais baixas dos terrenos ou em rios e lagos. No entanto, associado a isto, existem outros fatores, tais como: grau de infiltração de água no solo; natureza do solo; cobertura vegetal e; declividade do terreno (MACHADO et al., 2009).

A erosão hídrica é de ocorrência natural, porém acentua-se em topografias acidentadas, sendo desencadeado pela ação das chuvas, que acumulam-se na subsuperfície e carregam o solo. De acordo com Cogo, Levien e Schwarz (2003) o processo de erosão hídrica do solo pela água da chuva é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, cobertura e manejo e práticas conservacionistas de suporte. Além disto, a falta de cobertura vegetal ao qual o homem pode submeter estas encostas podem acelerar a queda das barreiras (CAPRA, 2006).

O processo de erosão hídrica envolve a desagregação de partículas do solo da sua massa original, o transporte dessas partículas (primárias ou agregados) e eventual deposição. Esse processo ocorre pela ação dos agentes erosivos, que são as gotas da chuva e o escoamento superficial da água sobre o solo (CASSOL; LIMA, 2002).

#### 2.5.4. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

Para se estudar de forma adequada a perda de solo, Wischmeier e Smith (1978) criaram o modelo *Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) ou Equação Universal de Perda do solo (EUPS) para estimar a perda de solo pela erosão hídrica. A EUPS permite guiar de forma sistemática o planejamento de processos que envolvem a conservação do solo.

Devido à importância da EUPS inúmeras pesquisas a utilizam, pois pela a sua flexibilidade abrange especificidades regionais de clima, topografia e pedologia associadas ao uso do solo. É caracterizado como um modelo empírico que integra dados de campo e cartográficos, para o cálculo de erosão hídrica superficial do tipo laminar, em termos anuais (SILVA; CRESTANA, 2004).

A EUPS é dada pela multiplicação de diferentes fatores que, ao associarem-se, definem a capacidade de determinado solo perder material devido a ação da erosão hídrica (Equação 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, em  $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$

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

K = fator erodibilidade do solo ( $t \cdot ha^{-1} \cdot MJ \cdot mm$ )

LS = fator topográfico (adimensional)

C = fator preparo e cobertura do solo (adimensional)

P = fator práticas conservacionistas (adimensional)

##### 2.5.4.1. Erosividade da chuva (R)

A intensidade do desenvolvimento de processos erosivos está diretamente relacionada pela dinâmica climática de uma região. Bertoni e Lombardi Neto (2012) afirmaram que, “O fator chuva (R) é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar

erosão em uma área sem proteção”, analisando, o fator erosividade da chuva (R), expresso em MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, consiste na capacidade da chuva em produzir erosão, sendo as unidades MJ (megajoule), mm (milímetro), ha (hectare) e h (hora).

O valor do fator erosividade da chuva (R) é estimado utilizando-se dados coletados por meio pluviômetros e indica o potencial de chuva e enxurrada capaz de gerar erosão em uma área sem proteção.

O fator de erosividade da chuva (R) é obtido por meio da função de álgebra de mapas, a partir da Equação 2 proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2012):

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

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

em que,

*EI* = média mensal do índice de erosividade (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)

*R* = fator de erosividade da chuva (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>);

*r* = precipitação média mensal (mm);

*P* = precipitação média anual (mm).

#### 2.5.4.2. Erodibilidade do solo (K)

O fator de erodibilidade do solo representa a susceptibilidade do solo à erosão. Para o estabelecimento de seu índice é necessário o conhecimento dos valores de textura, de densidade aparente, da porosidade, do teor de matéria orgânica, do teor e estabilidade dos agregados e do pH (GUERRA, 2010).

A capacidade de um solo em não se desagregar e não desprender partículas está diretamente ligado a resistência à erosão hídrica. Salomão (2005) afirma que as águas das chuvas se infiltram mais facilmente em solos

arenosos. Porém, devido a pequena proporção de argila, a ligação entre as partículas é reduzida, o que facilita o seu deslocamento nas enxurradas.

#### 2.5.4.3. Comprimento e declividade da rampa (LS)

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2012) o fator (LS) é “a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação a perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25 m de comprimento com 9% de declive”.

O comprimento e declividade de rampa (LS) têm a função de contribuir em maior ou menor grau para o aumento da energia potencial no carreamento das partículas do solo. Quanto maior a inclinação do terreno, maior será a velocidade de escoamento, enquanto que o fluxo é reduzido pela rugosidade da superfície.

Declividade e comprimento são considerados de forma conjunta ao associarem-se por meio do fator LS. Embora seja um valor adimensional, representam a capacidade de escoamento superficial ao qual uma chuva pode ocasionar a um solo sob declive. Para determinação do fator (LS) pode ser usada a Equação 3 proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2012):

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (3)$$

em que:

LS = fator topográfico (adimensional)

D = declividade em porcentagem.

#### 2.5.4.4. Uso, manejo do solo e práticas conservacionistas (CP)

A cobertura vegetal interfere diretamente na redução do impacto das gotas de chuva no solo, e constitui a proteção natural do terreno contra os processos erosivos. As práticas agrícolas, em geral, aumentam a susceptibilidade do solo à erosão, entretanto, os níveis são diferenciados quanto ao tipo de cultivo e às técnicas utilizadas.

Segundo Salomão (2005) o fator uso e manejo do solo (C) “é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em determinadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto. Por outro lado o fator Práticas conservacionistas (P) “é a relação entre a intensidade esperada de perdas de solo por erosão, com determinada prática conservacionista, e aquelas quando a cultura está plantada no sentido de declive (morro abaixo)”.

### 3. REFERÊNCIAS

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Congresso Nacional, Brasília., 2012.

BUENO, F. G. **O novo Código Florestal**. 2012. Disponível em: <[http://www.http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/106770-o-novo-codigo-florestal--entenda-ponto-aponto--na-analise-do-escritorio-csmg.html](http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/106770-o-novo-codigo-florestal--entenda-ponto-aponto--na-analise-do-escritorio-csmg.html)>. Acesso em: 15 ago. 2012.

CAPRA, F. Falando a linguagem da natureza: Princípios da sustentabilidade. *In*: STONE, M.; BARLOW, Z. **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2006.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. de L. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, 2003.

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 27, núm. 4, , pp. 743-753, 2003.

ENDRES, P. A.; PISSARRA, T. C. T.; BORJES, M.J.; POLITANO, W. Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca – SP. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.200-207, 2006.

FIGUEIREDO, R. B. **Engenharia Social: Soluções para áreas de risco**. São Paulo: Makron Books, 1994.

GLOBO.COM. **Barreira cede e ES-482 fica interdita em Alegre, ES**. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2011/10/barreira-cede-e-es-482-fica-interditada-em-alegre-es.html>>. Acesso em 24 out. 2012.

GREEN, K. The Potential and limitations of remote sensing and GIS in providing ecological information. *In*: SAMPLE, V. A. (ed). **Remote sensing and GIS in ecosystem management**. Washington: Island Press, 1994.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamentos de uso e da cobertura da terra. 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 24 out. 2012.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL. **Características Geográficas**. 2010. Disponível em: <<http://www.mapas.alegre.es.gov.br/caractasgeograficas.html>>. Acesso em: 14 out. 2012.

JORNAL FOLHA DO CAPARAÓ. **Chuvas castigam a região sul do ES**. 2011. Disponível em: <<http://www.portalcaparao.com.br/lernoticia>>. Acesso em: 20 out. 2012.

LOUZADA, F. L. R. de O. **Proposta de corredores ecológicos para interligação dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, ES, utilizando geotecnologias**. 2010, 108 f. (Dissertação) Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, UFES, Jerônimo Monteiro, 2010.

LUIZ, S.; SANTOS, A. R. S.; BRENNER, T. L. Geração de Modelo Digital de Elevação a partir de Imagens Reference Stereo do Satélite IKONOS. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 581-587.

MACHADO, M. L.; ALVES, J. S.; GOMES, I.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R.; NAIME, U. J. Levantamento sistemático dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da bacia PN1 – IGAM, Minas Gerais (resultados parciais). **Anais**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas**: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; 2006.

MOREIRA, M. C. **gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, M. Z. de; VERONEZ, M. R.; THUM, A. B.; REINHARDT, A. O.; BARETTA, L. VALLES, T. H. A.; ZARDO, D.; SILVEIRA, L. K. da. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica

(SIG). **Anais**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos**: Contribuição Metodológica. São José dos Campos, INPE, 1991.

PIRES, J. M.; NASCIMENTO, M. C. do; SANTANA, R. M.; RIBEIRO, C. A. A. S. Análise da Exatidão de Diferentes Métodos de Interpolação para Geração de Modelos Digitais de Elevação e Obtenção de Características Morfométricas em Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 2, p. 39-47, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ALEGRE. **Ações efetivas para amenizar os efeitos da catástrofe**. 2011. Disponível em:<[http://www.alegre.es.gov.br/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1078:autoridades-estaduais-e-municipais-buscam-solu%C3%A7%C3%B5](http://www.alegre.es.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&id=1078:autoridades-estaduais-e-municipais-buscam-solu%C3%A7%C3%B5)>. Acesso em 24 out. 2012.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 2. Ed. São Paulo, SP: Contexto, 1991. 85p.

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

SANTOS, A. R. dos; MAGALHÃES, I. A. L.; FERRARI, J. L.; MOREIRA, T. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F. de; EUGENIO, F. C.; AGUIAR JUNIOR, E. R.; SILVA, A. C.; PIMENTA, A. A. G. **O Software SICADSEI 1.0 e suas aplicações como sistema de informação para cadastro das áreas de deslizamento de solo, enchentes e inundação**. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, n. 2, p. 054-071, 2012.

SEVERO, R. N. F.; FREITAS NETO, O. de, PEREIRA, A. da C.; SANTOS JÚNIOR, O. F. dos. Análise de risco de deslizamento nas encostas do município de Tibau do Sul, RN. **VI Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados**. Salvador, 2007.

SILVA, F. G. B., CRESTANA, S. **Reunião de modelos e formulações para análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental**. In ESPÍNDOLA, E. L. G. e WENDLAND, E. (org). **Bacias hidrográficas: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: RiMa, 2004.

SKORUPA, L. A. **Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável**. Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúna, 2003.

TV GAZETA. **Chuva provoca rachadura de mais de 50 metros em rua de Alegre.** 2011. Disponível em: [http://gazetaonline.com/\\_conteudo/2010/chuva+provoca+rachadura+de+mais+de+50+metros+em+rua+de+alegre.html](http://gazetaonline.com/_conteudo/2010/chuva+provoca+rachadura+de+mais+de+50+metros+em+rua+de+alegre.html). Acesso em 24 out. 2012.

VALERIANO, M. de M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 539- 546, 2003.

VIEIRA, V. F. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. **Revista de Geografia da Universidade estadual de Londrina**, Londrina, v. 17, n. 1, p.73-80, 2008.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 57p. (**Agricultural Handbook**, 537).

## **CAPITULO 1**

**CONFRONTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM APP'S NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE**

## RESUMO

NUNES, Alisson Rodrigues. **Confronto do uso e ocupação da terra em APP's na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, ES.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

Para garantir a qualidade de vida da população e a manutenção dos recursos naturais na bacia hidrográfica do rio Alegre, localizado no extremo Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, entre as latitudes 20° 42' 59" e 20° 54' 41" Sul e longitudes 41° 28' 41" e 41° 37' 51" Oeste, com uma área de 205,21 km<sup>2</sup>, o estudo propôs o emprego da geotecnologia, com o objetivo de delimitar as Áreas de Preservação Permanente na ótica da Legislação Ambiental, confrontando-as com o uso e ocupação da terra, para verificar o estado atual de degradação da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES. De acordo com os resultados, as Áreas de Preservação Permanente ocupam 73,60 km<sup>2</sup> (35,88%) da área da bacia hidrográfica, sendo que 47,5 km<sup>2</sup> (64,6%) desta área encontra-se com uso inadequado da terra.

**Palavras-chave:** geotecnologia, preservação ambiental, legislação ambiental

## ABSTRACT

NUNES, Alisson Rodrigues. **Conflict of land use on the APP's river basin Alegre, ES.** 2013. Dissertation (Master's in Forestry Science) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Advisor: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

To ensure the quality of life and preservation of natural resources in the river basin Alegre, located in the extreme south of the state of Espírito Santo, Brazil, between latitudes 20 ° 42 '59" and 20 ° 54' 41" South and longitudes 41 ° 28 '41" and 41 ° 37' 51" West, with an area of 205.21 km <sup>2</sup>, the study proposed the use of geotechnology, for the purpose of delimiting the Permanent Preservation Areas of Environmental Law in perspective, comparing them with the use and occupation of the land, to check the current state of degradation of the river basin Alegre, ES. According to the results, the Permanent Preservation Areas occupying 73.60 km <sup>2</sup> (35.88%) of the catchment area, and 47.5 km <sup>2</sup> (64.6%) of this area lies with inappropriate land use.

**Keywords:** geotechnology, environmental conservation, environmental law

## 1. INTRODUÇÃO

As Áreas de Preservação Permanentes (APP's) são fundamentais para a manutenção da vegetação de determinadas regiões com o objetivo de manter inalterado o uso da terra, que deve estar coberto pela vegetação original (BRASIL, 2002). As APP's atualmente estão submetidas a grandes extensões de degradação devido à intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, desta forma observa-se um processo de substituição das paisagens naturais por outros usos e ocupações da terra e a conversão das áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ambientais e, em muitos casos, afetando a disponibilidade de recursos naturais importantes à vida. Devido às dimensões continentais de alguns países, como o Brasil, torna-se indispensável a representação e caracterização das APP's em mapas sendo importante para o planejamento territorial, na fiscalização e nas ações de campo de âmbito local, regional ou nacional.

Com a preservação das APP's, mantém-se a qualidade e o fornecimento das águas, a estabilidade das encostas, a proteção natural contra erosões e assoreamento, além de elas funcionarem como um corredor de fauna e ligação entre os fragmentos florestais, garantindo a sobrevivência das comunidades e das gerações futuras (BALBINOT et al., 2008; CALEGARI et al., 2010; CARREGA; CAMPOS; BARROS, 2011; FERRARI et al., 2012).

O uso e ocupação da terra, nele incluído o tipo de vegetação e as atividades antropogênicas, afeta a produção de água. Esse fator, decerto, é dos mais relevantes a ser considerado no manejo de bacias hidrográficas, pois dependendo do tipo de vegetação e das práticas exercidas pelo homem, a produção de água pode ser alterada de forma favorável ou prejudicial aos usuários da bacia (EUGENIO et al., 2011; SILVA; SANTOS; BALAN, 2011).

A geotecnologia adequa-se perfeitamente à abordagem territorial na medida em que permite a distribuição espacial dos dados, a visualização das relações espaciais, a detecção de processos de concentração e de dispersão de fluxos e contra fluxos, bem como a identificação dos processos históricos de comportamento dos dados (EUGENIO et al., 2011).

Com a facilidade de acesso a um número cada vez maior de informações provenientes da geotecnologia, a utilização de novos sensores, com melhores resoluções espaciais, temporais, radiométricas e espectrais, tem se mostrado muito importante para o melhor entendimento dos processos ecológicos e antrópicos que agem nos sistemas terrestres. Sobre o uso e ocupação da terra e da cobertura vegetal, estas técnicas contribuem de modo expressivo para a eficiência e a confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação natural, podendo assim auxiliar na fiscalização dos recursos florestais e no desenvolvimento de políticas que visem à conservação (EUGENIO et al., 2011).

A análise do conflito do uso e ocupação da terra atrelado ao planejamento e gestão visa compreender a dinâmica da região e estabelecer diretrizes de ocupação que garantam a qualidade de vida da população e a manutenção dos recursos naturais de forma sustentável.

O objetivo deste estudo foi analisar as áreas de conflito quanto ao uso e ocupação das terras dentro das Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, ES.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Alegre, extremo Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, localizando-se entre as latitudes 20° 42' 59" e 20° 54' 41" Sul e longitudes 41° 28' 41" e 41° 37' 51" Oeste, com uma área de 205,21 km<sup>2</sup> (NASCIMENTO et al., 2006).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é Cwa, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso.

De maneira geral, a topografia possui relevo acidentado, intercalado por reduzidas áreas planas. Basicamente estão estabelecidas na área as culturas de subsistência, café e, predominantemente, as pastagens, além dos remanescentes florestais nativos localizados principalmente nos topos dos morros.

A base de dados espaciais, informações cartográficas, necessárias para a geração do presente estudo foi fornecida pelo Sistema Integrado de

Bases Georreferenciadas do Estado do Espírito Santo – GEOBASES. Foram utilizados os seguintes planos de informação:

- Curva de nível de 20m
- Hidrografia
- Localidades

Por meio do IEMA, foram obtidas aerofotos digitais ortorretificadas na escala 1:35.000, de junho de 2007, sobre a região Sul utilizadas para o mapeamento do uso e ocupação do terra.

De posse dessas informações, deu-se início ao trabalho de montagem do mosaico das aerofotos com o intuito de gerar uma única imagem representativa da área de estudo.

Para a elaboração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente consistente (MDEHC) foram utilizados dados vetoriais de curvas de nível com equidistância de 20 em 20 metros (GEOBASES) com escala de 1:50.000 representativas da área de estudos.

De posse dos referidos dados, a geração do MDHEC para a bacia hidrográfica do rio Alegre foi realizada utilizando o algoritmo de interpolação TOPO TO RASTER, disponível no módulo ArcToolbox do aplicativo computacional *ArcGIS*® 10.0 (ESRI, 2011). As operações necessárias para geração do MDHEC por meio desse algoritmo exigiram a orientação dos arcos da rede hidrográfica no sentido do escoamento e o ajuste da altimetria à hidrografia.

Em seguida, foram realizadas operações de pós-processamento com a finalidade de identificar e eliminar a ocorrência de imperfeições (depressões espúrias) no MDHEC e para criação de uma calha ao longo da rede hidrográfica, objetivando garantir a convergência do escoamento superficial até a foz da hidrografia.

De acordo com Tribe (1992), Garcia e Camarasa (1999), essas imperfeições são muito frequentes nos MDEHC e derivam-se de erros presentes nos dados de entrada ou introduzidos no processo de interpolação. As falsas depressões constituem um problema importante na geração de modelos de predição do escoamento, pois interrompem o escoamento superficial. Devem, portanto, ser removidas para se ter um MDE consistente

sob o ponto de vista hidrológico. Para o preenchimento dessas imperfeições utilizou-se o comando FILL, disponível no módulo ArcToolbox do aplicativo computacional ArcGIS® 10.0 (ESRI, 2011).

Os procedimentos adotados para a classificação do uso e ocupação da terra na região em estudo dividiram-se em três etapas: aquisição dos materiais e informações, levantamentos dos dados de campo e geração do mapa de uso e ocupação da terra.

O primeiro passo foi a realização da visita de campo, a fim de se verificar *in situ* a área de estudo, por meio de pontos coletados com aparelho GPS Garmin 12 XL possibilitando a checagem da interpretação das classes de uso e ocupação da terra.

Na geração do mapa de uso e ocupação da terra levaram-se em consideração as informações temáticas, ou seja, as classes de uso e ocupação da terra para composição dos mapas, sendo obtidas a partir da interpretação visual por meio de técnicas de fotointerpretação da aerofoto e também por intermédio da inspeção de campo.

As classes de uso e ocupação da terra fotointerpretadas foram:

- Área agricultada: considerada áreas de plantio de várias culturas
- Área edificada: áreas ocupadas por construções rurais, com área igual ou maior a resolução espacial das imagens empregadas
- Área urbana: áreas ocupadas por construções em padrão urbano com área igual ou maior a resolução espacial das imagens empregadas
- Café: vegetação arbustiva apresentando uma linha de cultivo de porte intermediário
- Campo sujo: área em pousio;
- Capoeira: áreas que não podem ser consideradas pastagens nem vegetação arbórea intensa
- Corpo d'água: córregos, ribeirões e rios
- Fragmento florestal: consideradas as áreas com vegetação intensa
- Formação rochosa: considerado um afloramento rochoso com pouca ou nenhuma vegetação

–Pastagem/campo limpo: formação não arbórea, coberta por gramíneas, também utilizadas pela pecuária, contudo sem uso definido.

–Reflorestamento: áreas ocupadas com plantio de *Eucalyptus* ou *Pinus*

–Reservatório: área ocupada por água sem movimentação

–Solo exposto: foram consideradas áreas com solos descobertos e sem a presença de área verde ou construções

–Várzea: área de transição entre uma área em declive e um terreno plano, observada pela inclinação da vegetação

Para a realização da fotointerpretação criou-se um *shapefile* do tipo polígono, digitalizando-se em tela em uma escala constante de 1:1.500 as classes definidas anteriormente, com exceção da classe corpos d'água para a qual criou-se um *shapefile* do tipo linha, mas a escala de fotointerpretação permaneceu a mesma. Nos casos onde houve dúvidas, realizou-se uma ampliação da imagem até uma escala de 1:500 conforme metodologia proposta por Magalhães et al., (2011). A verificação e posterior digitalização, concomitantemente, as informações acerca de quais classes de uso e ocupação da terra pertencem a zona de exclusão e restrição da área de estudo em questão foram inseridos no banco de dados do aplicativo computacional *ArcGIS*<sup>®</sup> 10.0 (ESRI, 2011) em mesma projeção cartográfica. As classes fotointerpretadas manualmente em tela foram dissolvidas, proporcionando o agrupamento das mesmas e tornando possível a quantificação da área de cada classe, principalmente em áreas destinadas à APP's por meio da calculadora de valores da tabela de atributos do próprio *shapefile*.

Para avaliar a concordância entre a verdade de campo e o mapa temático obtido pela fotointerpretação, utilizou-se a matriz de erro (ou matriz de confusão) e o coeficiente Kappa (CONGALTON; GREEN, 2008).

De posse dos processamentos realizados nas etapas anteriores, iniciou-se o mapeamento das APP's considerando a faixa marginal dos rios, ao redor das nascentes, nos topo de morros e montanhas (terço superior) e encostas com declividades acima de 45°, baseando-se nos critérios estabelecidos pela Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012 a qual dispõe sobre parâmetros, definições e limites das APP's (BRASIL, 2012).

As APP's ao longo dos cursos d'água (faixa marginal) foram realizadas utilizando a base de dados correspondentes aos cursos d'água, os quais foram digitalizados em tela sobre as aerofotos ortorretificadas. Utilizou-se o comando BUFFER, disponível no módulo Arc Toolbox do aplicativo computacional *ArcGIS*® 10.0 (ESRI, 2011), delimitando-se zonas tampões estabelecidas com 30 m em cada margem, pois a calha natural dos cursos d'águas existentes na área de estudo não ultrapassa 10 m de largura.

O mapeamento das APP's ao redor das nascentes foi obtido de forma semelhante ao mapeamento das APP's dos cursos d'água. Estas nascentes foram marcadas manualmente utilizando o editor do aplicativo computacional *ArcGIS*® 10.0 (ESRI, 2011), embasando-se na hidrografia da região obtida por fotointerpretação. Na delimitação das áreas de preservação no entorno das nascentes executou-se o comando BUFFER, disponível no módulo Arc Toolbox do aplicativo computacional *ArcGIS*® 10.0 (ESRI, 2011), delimitando-se um raio de preservação de 50 metros no entorno das nascentes perenes.

As APP's de encostas com declividade superior a 45 graus ou 100%, foram identificadas a partir da classificação realizada no Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foi gerada uma grade de declividade em graus, posteriormente reclassificada, obtendo-se um mapa temático em que as áreas cujas declividades apresentaram valores iguais ou superior a 45° ou 100% foram consideradas pertencentes a estas classes de APP.

Para a delimitação da APP de Topo de Morro, foi utilizada a metodologia proposta por HOTT (2004). Este método, baseado em geoprocessamento, aplica rigorosamente a legislação e adota um critério na delimitação das elevações por meio do fluxo numérico presente na superfície modelada digitalmente. A identificação e caracterização das elevações por meios numéricos no SIG permitiram a obtenção de informações concernentes aos termos legais e também à padronização dos resultados.

Por meio dos dados obtidos individualmente de cada classe de APP e da metodologia supracitada obtivemos mapas que foram agrupados, gerando um mapa de Áreas de Preservação Permanente. A análise quantitativa das áreas de preservação foi realizada por meio da comparação direta do valor total encontrado por categorias de APP. Todas as etapas realizadas para

delimitação das APP's e confrontamento do uso e ocupação da Terra foram sintetizadas conforme o fluxograma metodológico na Figura 1.

O confronto das áreas foi obtido por meio de cruzamento tabular dos mapas de APP's e de uso e ocupação da terra, utilizando a técnica de sobreposição. Assim foi possível quantificar e determinar a porcentagem que cada classe ocupa dentro da área das APP's para toda a bacia.

Foram consideradas como uso inadequado e conflitante, todas as áreas representadas pelas classes solo exposto, área agricultada, área edificada, área urbana, café, campo sujo, várzea e área degradada. As áreas ocupadas com fragmento florestal, reflorestamento, capoeira, corpos d' água, reservatório e formação rochosa foram consideradas áreas com uso adequado da terra.

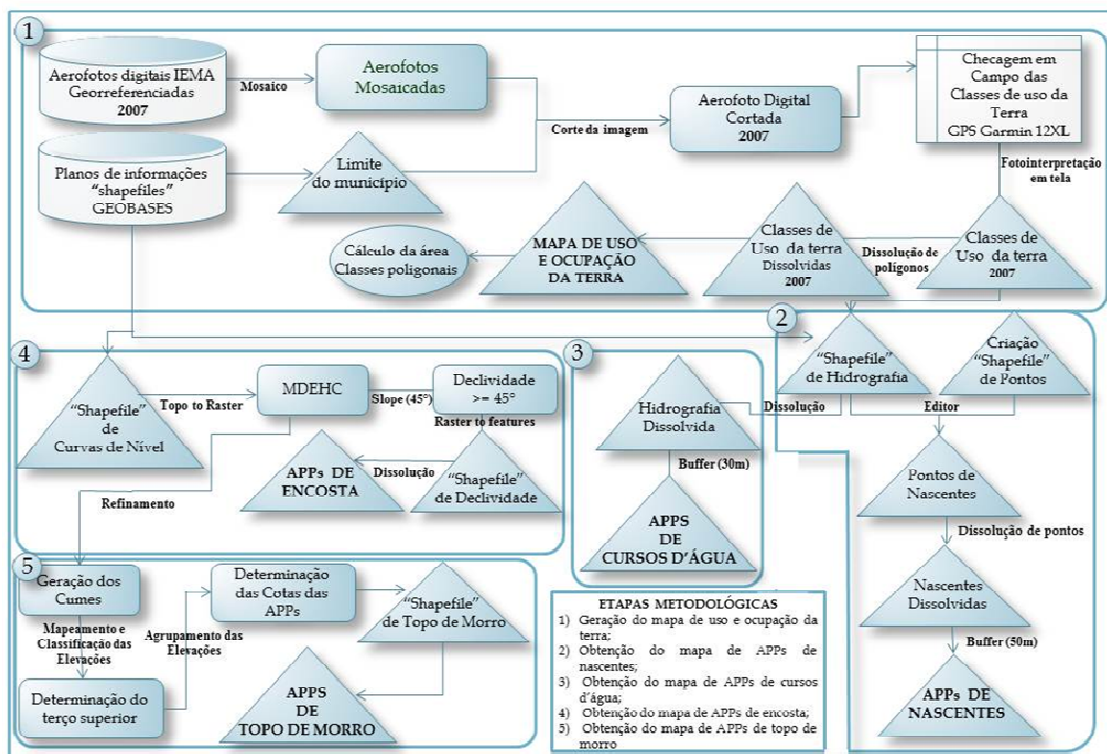


Figura 1. Etapas metodológicas desenvolvidas para obtenção dos mapas de APP's e de uso e ocupação da terra.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às quatorze classes de uso e ocupação da terra fotointerpretadas para a bacia hidrográfica do rio Alegre são apresentadas na Figura 2 e Tabela 1.

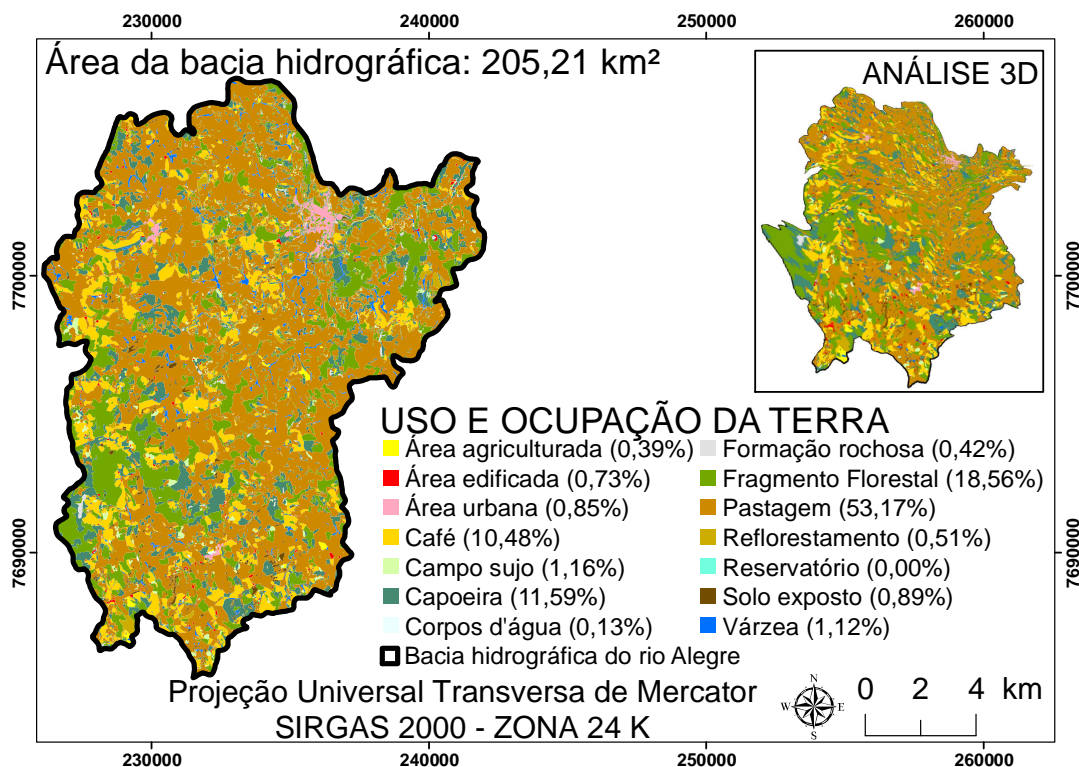


Figura 2. Uso e ocupação da terra para a bacia hidrográfica do rio Alegre

Tabela 1. Quantificação das classes de uso e ocupação da terra

Uso da Terra	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Perímetro (Km)
Área agricultada	0,80	0,39	36,24
Área edificada	1,50	0,73	154,68
Área urbana	1,75	0,85	75,40
Café	21,54	10,48	519,98
Campo sujo	2,38	1,16	161,55
Capoeira	23,83	11,59	1029,93
Corpos d' água	0,27	0,13	34,05
Formação rochosa	0,87	0,42	90,00
Fragmento florestal	38,16	18,56	1100,34
Pastagem	109,31	53,17	1844,69
Reflorestamento	1,04	0,51	25,67
Reservatório	0,01	0,00	0,98
Solo exposto	1,82	0,89	197,37
Várzea	2,30	1,12	193,36
<b>TOTAL</b>	<b>205,21</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

O uso predominante da bacia é de pastagem com 53,17% da área de estudo. De acordo com Eugenio et al., (2011) esta cobertura vegetal quando bem manejada proporciona o recobrimento da superfície do solo durante todo o ano, reduzindo a velocidade do escoamento superficial, quando comparados com culturas agrícolas anuais, que deixam o terreno exposto durante o preparo do solo para o plantio. No entanto, com as observações de campo notam-se áreas de pastagens mal manejadas e parte compactada devido à alta pressão de pastejo deixando o solo descoberto e sem proteção contra erosão das chuvas e dos ventos, causando a diminuição da infiltração e afetando diretamente a vazão e longevidade das nascentes.

As áreas do entorno das nascentes são de suma importância no que diz respeito à vida útil dos rios por elas abastecidos, uma vez que sem a proteção adequada no entorno da mesma nota-se um processo de degradação do rio, o que fora verificado em visitas técnicas na área de estudo, indo ao encontro do verificado por Donadio, Galbiatti e Paula (2005), os quais estudaram quatro nascentes, sendo duas com a presença de vegetação natural remanescente e duas com predominância de atividades agrícolas e concluíram que a presença de remanescentes de vegetação de mata ciliar auxilia na proteção dos recursos hídricos. A área ocupada por essas APP's é de 2,33 km<sup>2</sup>, o que representa 1,14% da área total da bacia (Figura 3).

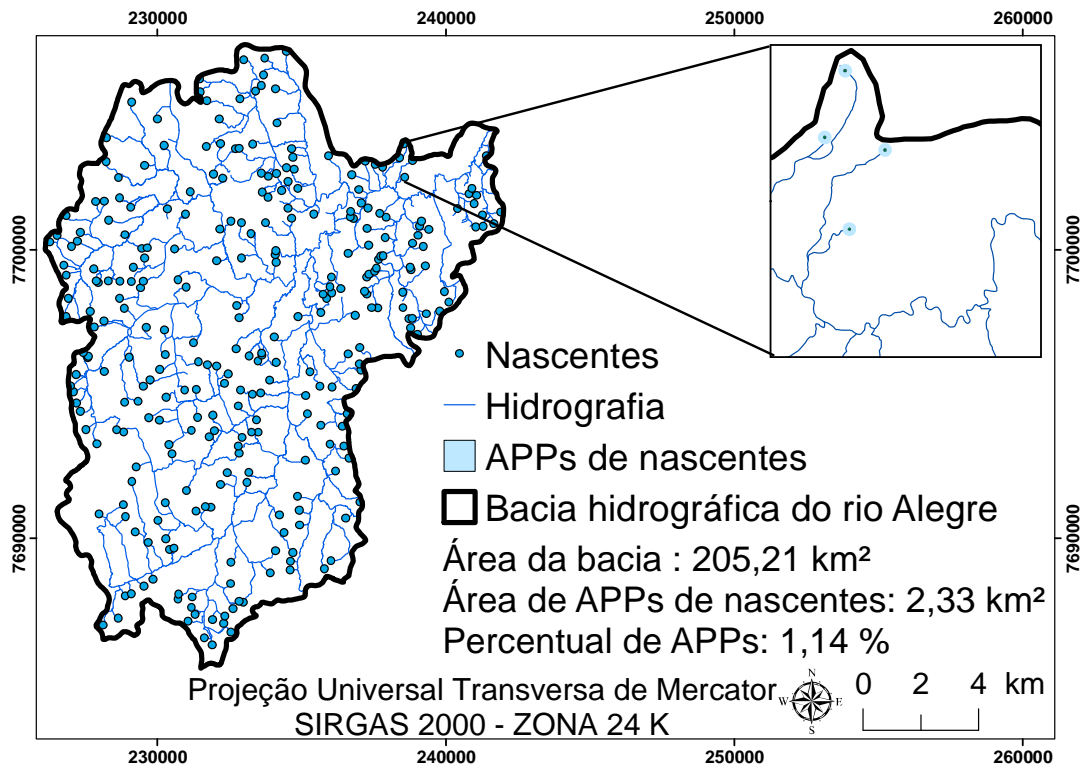


Figura 3. Total das APP's de Nascentes da bacia hidrográfica do rio Alegre

Devido à natureza do relevo da bacia, ocorre predomínio dos rios de planalto, que apresentam rupturas de declive, vales encaixados, entre outras características, as quais lhes conferem um alto potencial para a geração de energia elétrica. Em decorrência de seu perfil não regularizado os rios ficam prejudicados no que diz respeito à navegabilidade.

As APP's de curso d'água garantem a estabilização das margens, tendo assim, uma importância vital no controle da erosão do solo e da qualidade da água, evitando o carreamento direto para o ambiente aquático de sedimentos, nutrientes e produtos químicos provenientes das partes mais altas do terreno, os quais afetam a qualidade da água, diminuem a vida útil dos reservatórios, das instalações hidroelétricas e dos sistemas de irrigação. A área ocupada por estas APP's representa 11,41 % de toda bacia, totalizando 23,42 km<sup>2</sup> (Figura 4).

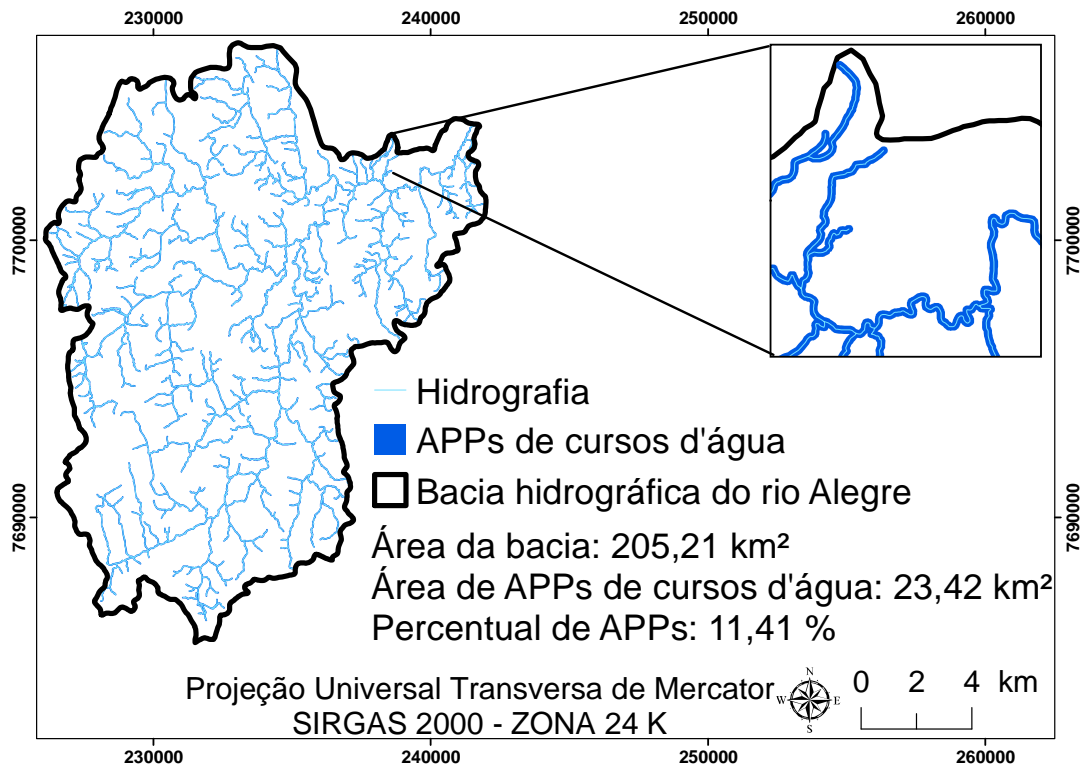


Figura 4. Total das APP's de Cursos D'água da bacia hidrográfica do rio Alegre

A bacia do rio Alegre possui um território que, devido sua formação geológica, é modelado em rochas cristalinas e, portanto, bastante acidentado e elevado, possuindo altitudes que variam de 120 a 1.320 metros.

As APP's de declividade são obtidas nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45 graus, equivalente a 100% na linha de maior declive. A área ocupada por esta APP abrange 0,06 % de toda a bacia, totalizando 0,13 km<sup>2</sup> (Figura 5).

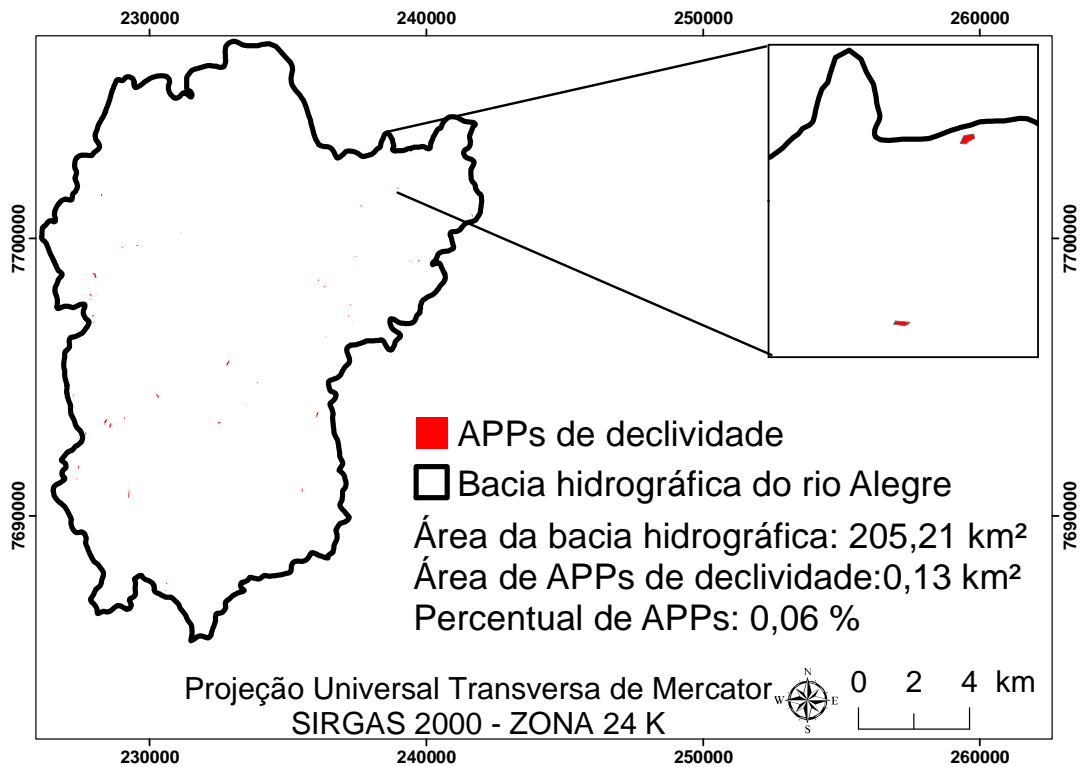


Figura 5. Total das APP's de encostas da bacia hidrográfica do rio Alegre

Devido ao seu relevo acidentado, esta bacia possui uma extensa área ocupada pelas APP's de topo de morro, em tais áreas verifica-se a importância de ser protegida uma vez que sendo instrumentos de relevante interesse ambiental elas integram o desenvolvimento sustentável visando gerações futuras. A área ocupada por estas APP's é de 50,72km<sup>2</sup>, o que representa 24,71% da área total da bacia (Figura 6).

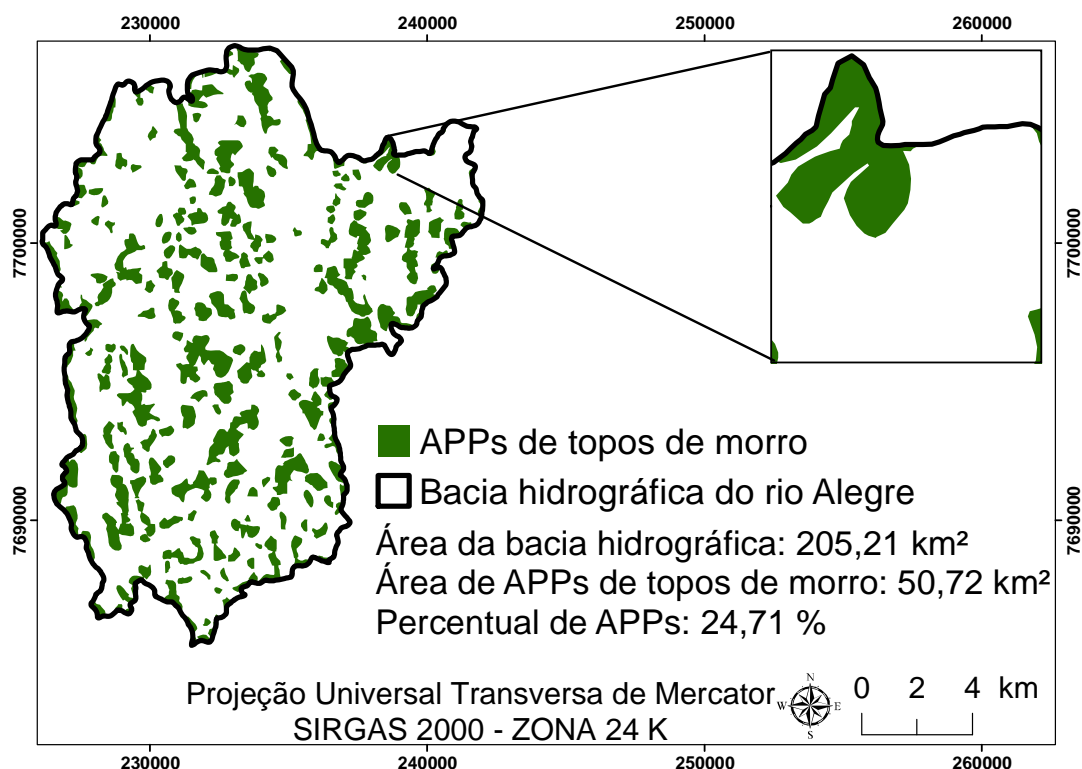


Figura 6. Total das APP's de topo de morro da bacia hidrográfica do rio Alegre

A metodologia de delimitação automática das APP's, tendo como referência legal a Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, possibilitou identificar e quantificar as categorias de APP's situadas nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição – APP-1, ao longo das margens cursos d'água – APP-2, nas encostas com declividade superior a 45 graus – APP-3, no terço superior dos morros com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25° – APP-4 (Figura 7 e Tabela 2). Os resultados mostram que a menor e a maior participação entre as categorias de APP's correspondeu às APP-3 e APP-4 com 0,06 km<sup>2</sup> (0,03%) e 50,71 km<sup>2</sup> (24,72%), respectivamente.

Nota-se ainda que as APP's ocupam uma área total de 73,60 km<sup>2</sup>, de um total de 205,21 km<sup>2</sup> da área da bacia, representando 35,88% de áreas legalmente protegidas.

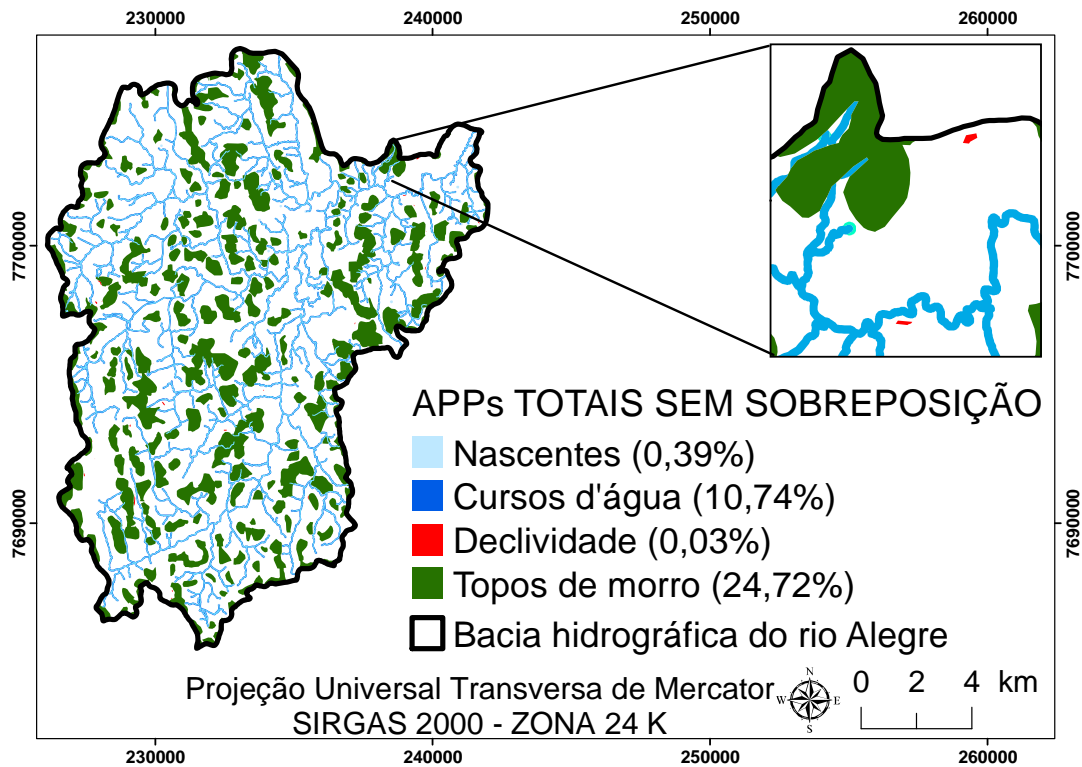


Figura 7. Total das APP's da bacia hidrográfica do rio Alegre

Tabela 2. Porcentagem das áreas ocupadas pelas APP's na bacia hidrográfica do rio Alegre

APP's	Característica	Área (Km <sup>2</sup> )	% (ocupada na área na bacia)
APP-1	Raio de 50m	0,79	0,39
APP-2	Buffer de 30m	22,04	10,74
APP-3	Acima de 45°	0,06	0,03
APP-4	Terço superior de morro	50,71	24,72
TOTAL	Sem sobreposições	73,60	35,88

Os resultados do confronto das áreas obtidos por meio de cruzamento tabular dos mapas de APP's e de uso e ocupação da terra, estão dispostos na Figura 8 e na Tabela 3.

Do total da área destinada às APP's, 47,5 km<sup>2</sup> encontra-se com uso inadequado da terra, correspondendo a 64,6% das APP's, sendo necessário recompor estas áreas com vegetação nativa do bioma da Mata Atlântica. Constatou-se que a maior extensão de área degradada de APP's ocorre na classe de pastagem que equivale a 37,73 km<sup>2</sup>, representativo de 51,27% das áreas destinadas a APP's.

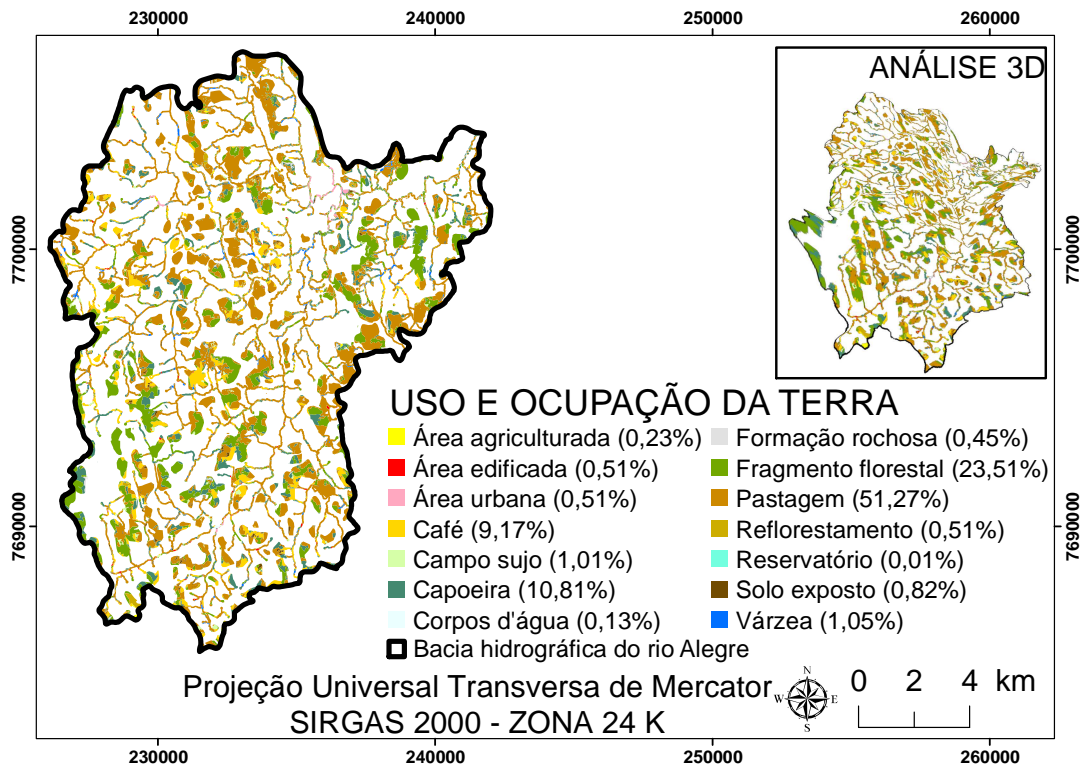


Figura 8. Confronto do uso e ocupação da terra em relação às APP's totais

Tabela 3. Quantificação das áreas de uso e ocupação da terra nas APP's totais na bacia do rio Alegre

Uso da Terra	Área (ha)	Área (%)
Área agricultada	0,17	0,23
Área edificada	0,38	0,51
Área urbana	0,38	0,51
Café	6,75	9,17
Campo sujo	0,74	1,01
Capoeira	7,96	10,81
Corpos d' água	0,10	0,13
Formação rochosa	0,33	0,45
Fragmento florestal	17,30	23,51
Pastagem	37,73	51,27
Reflorestamento	0,38	0,51
Reservatório	0,01	0,01
Solo exposto	0,60	0,82
Várzea	0,77	1,05
<b>TOTAL</b>	<b>73,60</b>	<b>100,00</b>

Eugenio et al., (2011) corrobora com os resultados obtidos neste estudo, propondo ações de controle e preservação das APP's, tais como a recuperação vegetal com práticas de reflorestamento, o qual pode ser feito pelo plantio de mudas ou ressemeio, fiscalização mais efetiva dos órgãos ambientais, com o intuito de prevenir e autuar os possíveis infratores, além da criação de um sistema que possa fornecer informações relevantes à implantação de projetos de uso e ocupação da terra, proteção e conservação ambiental da região.

#### **4. CONCLUSÕES**

4.1 A metodologia adotada para delimitação automática das APP's mostrou-se eficiente.

4.2 As APP's ocupam uma área total de 73,60 km<sup>2</sup>, de um total de 205,21 km<sup>2</sup> da área da bacia, representando 35,88% de áreas legalmente protegidas.

4.3 As APP's do terço superior de morro são as que ocupam a maior área, correspondendo a 24,72% da área total da bacia.

4.4 Do total da área destinada às APP's, 47,50 km<sup>2</sup> encontra-se com uso inadequado da terra, correspondendo a 64,60% das APP's.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.;VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**, v. 4, p. 131-149, 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**, Brasília, DF. Publicada no Diário Oficial da União em 28 de maio de 2012.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, p. 871-880, 2010.

CARREGA, E. F. B.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X. Diagnóstico de conflitos em áreas de preservação permanente na bacia do rio Capivara, Botucatu (SP). **Revista Energia na Agricultura**, v. 26, p.25-43, 2011.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 2. ed., 2008.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.25, p. 115-125, 2005.

ESRI, Environmental Systems Resarch Institute ArcGIS® 10: Getting started with ArGIS. Redlands: ESRI, 2011.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; PIMENTEL, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação de áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologias. **Revista Cerne**, v. 17, p. 563-571, 2011.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R; GARCIA, R. F. Corredores ecológicos potenciais na subbacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, indicados por meio de SIG. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 133-141, 2012.

GARCIA, M. J. L.; CAMARASA, A. M. Use of geomorphological units to improve drainage network extraction from DEM – Comparision between automated extraction and photointerpretation methods in the Carraixet catchment (Valencia, Spain). **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.1, p.187-194, 1999.

HOTT, M.C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E.E. **Método para determinação automática em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite, 2004. 32p.

MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, p. 63-70, 2011.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; ELIAS, S. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite Ikonos II. **Revista Árvore**, v.30, p. 389-398, 2006.

SILVA, K. G.; SANTOS, A. R.; BALAN, L. L. Análise multitemporal da cobertura do solo na área de influência da PCH - São Simão, utilizando imagens suborbital e orbital. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 8, p. 116-126, 2011.

TRIBE, A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. **Journal of Hydrology**, v.139, p. 263-293, 1992.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE**

## RESUMO

NUNES, Alisson Rodrigues. **Estimativa de perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

Entre as modelagens matemáticas utilizadas para estimativa da perda de solos, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) é frequentemente adotada para determinar, em níveis médios anuais, o volume de solo perdido por erosão hídrica. Logo, o objetivo do trabalho foi estimar a perda de solo por erosão hídrica nas classes de APP's e classes de riscos de deslizamento de terra para a bacia hidrográfica do rio Alegre e para os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES, localizado entre as latitudes 20° 31' e 20° 55' Sul e longitudes 41° 21 e 41° 39' Oeste, com uma área de 773,40 km<sup>2</sup>. Os resultados demonstraram que a perda de solo média na bacia hidrográfica do rio Alegre, nas APP's que compreendem a bacia hidrográfica e nos 20 bairros da cidade de Alegre foi de 8,30, 5,70 e 49,60 ton/ha/ano, respectivamente.

**Palavras Chaves:** perdas de solo, APP's, deslizamento de terra.

## ABSTRACT

NUNES, Alisson Rodrigues. **Estimation of soil loss in the River Basin Alegre**. 2013. Dissertation (Master's in Forestry Science) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Advisor: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

Among the mathematical models used to estimate soil loss, Equation Universal Soil Loss (USLE) is often adopted to determine at average annual levels, the volume of soil lost by erosion. Therefore, the aim of the study was to estimate soil loss by water erosion in the classes of APP's and classes of risks of landslides in the watershed Alegre and the neighborhoods of the district headquarters of the municipality of Alegre, ES, located between latitudes  $20^{\circ} 31'$  and  $20^{\circ} 55'$  South and longitude  $41^{\circ} 21'$  and  $41^{\circ} 39'$  West, with an area of 773.40 km<sup>2</sup>. The results showed that the average soil loss in the catchment area of the river Alegre, in APP's that comprise the watershed and the 20 neighborhoods in the city of Alegre was 8,30, 5,70 and 49,60 ton/ha/year respectively.

**Key words:** soil losses, APP's, mudslide

## 1. INTRODUÇÃO

O mapeamento de áreas afetadas por desastres naturais é uma das principais atividades na avaliação de danos ocorridos a população afetada. Assim, o uso de geotecnologias fornece informações de síntese para avaliação de riscos, tomada de decisões e entendimento das causas e consequências destes eventos (GILLESPIE et al., 2007; JOYCE et al., 2009; TRALLI et al., 2005).

Levantamentos de riscos realizados em encostas de vários municípios brasileiros indicam que, em todos eles, a falta de infraestrutura urbana é uma das principais causas dos fenômenos de deslizamentos no Brasil. Dessa forma, uma política eficiente de prevenção de riscos de deslizamentos em encostas deve considerar como áreas prioritárias de atuação os assentamentos precários e deve também fazer parte das políticas municipais de habitação, saneamento e planejamento urbano (CARVALHO; GALVÃO, 2006).

A erosão hídrica é citada como uma das principais formas de degradação dos solos. De acordo com Cassol e Lima (2003) a erosão hídrica é um processo físico de desagregação, transporte e deposição de partículas de solo, provocado pela ação da água das chuvas, que se dá por meio do escoamento superficial. Este processo é diretamente intensificado pela ação antrópica, ou seja, áreas que apresentam uso do solo incorreto tendem a sofrer maior impacto com a erosão hídrica.

Vários fatores estão relacionados com a perda de solo por erosão hídrica, dentre esses pode-se destacar a cobertura vegetal (SILVA, 1986), a declividade da área (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003) e a pluviosidade observada na região. O transporte de partículas começa quando o solo está saturado ou quando a velocidade e volume de água precipitada é superior a sua capacidade de infiltração, ocasionando o escoamento superficial do excesso de água e o arraste do solo desagregado para áreas de baixo declive. O processo erosivo se finaliza quando todo material carregado é depositado, seja em depressões naturais do terreno ou em ecossistemas fluviais como rios, lagos, açudes, represas (ELTZ et al., 1984) e áreas brejosas, ocasionando

sérios problemas ambientais, como assoreamento, eutrofização da água e a mortandade de organismos.

Com objetivo de regularizar o uso do solo, minimizar os impactos antrópicos e monitorar a exploração de recursos naturais, foi instituído em 2012, o novo código florestal brasileiro, Lei nº.12.651, de 25 de maio de 2012, que obriga a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) dentro das propriedades rurais (BRASIL, 2012).

Monitorar a perda de solo dentro de uma bacia hidrográfica é uma atividade muito dispendiosa e impraticável, no entanto, com a popularização das geotecnologias nas últimas décadas, o planejamento do meio natural ganhou um forte aliado, os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Essa é uma tecnologia capaz de automatizar tarefas antes desempenhadas manualmente, facilitando à realização de análises complexas e conseqüentemente as tomadas de decisão (PRADO; NÓBREGA, 2005; TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005; TOMAZONI et al., 2005; WEILL; SPAROVEK, 2008).

Entre as modelagens matemáticas utilizadas, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) é frequentemente adotada para determinar, em níveis médios anuais, o volume de solo perdido por erosão hídrica. É um modelo empírico que estima a perda de solo com base em valores de quatro grandes fatores atuantes no processo erosivo: I) erosividade climática, II) erodibilidade dos solos, III) topografia, e IV) preparo, manejo do solo e práticas conservacionistas (VIEIRA, 2008). Esses modelos de simulação, quando aplicados às situações de campo auxiliam na determinação de práticas conservacionistas indicando o manejo mais adequado para cada cenário.

O objetivo deste estudo foi estimar a perda de solo por erosão hídrica nas classes de APP's da bacia hidrográfica do rio Alegre e nas classes de APP's e de riscos de deslizamento de terra para bacia do rio Alegre e para os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Alegre, extremo Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, localizada entre as latitudes 20° 42' 59" e 20° 54' 41" Sul e longitudes 41° 28' 41" e 41° 37' 51" Oeste, com uma área de 205,21 km<sup>2</sup> (Figura 1).

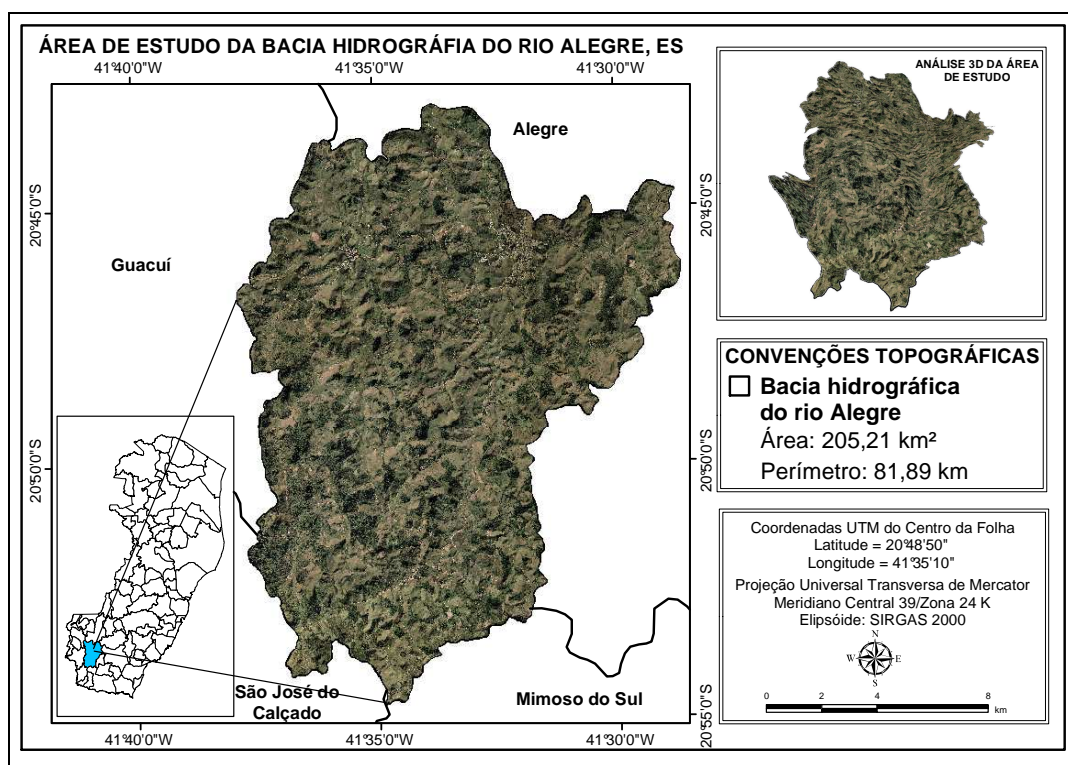


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Alegre

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso.

### 2.1. ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR TOPOGRÁFICO LS (ETAPA 01)

Nesta etapa, utilizando o aplicativo computacional *ArcGIS*<sup>®</sup> 10.0 (ESRI, 2011), inicialmente, foi aplicada a função de interpolação espacial (método "topo to raster") tendo como entrada os arquivos vetoriais de curvas de nível e perímetro da área de estudo (máscara de corte) com o objetivo de gerar o

Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 10 m. Posteriormente, foi gerada a imagem matricial contínua declividade, em porcentagem, por meio da função “*slope*” tendo como entrada a imagem matricial MDE.

De posse da imagem matricial de declividade, foi utilizada a função de álgebra de mapas com objetivo de gerar a imagem matricial de comprimento de rampa (L) de acordo com Equação 1:

$$L = \sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} \cdot P\right)^2} \quad (1)$$

em que,

$L$  = comprimento de rampa (adimensional);

$P$  = tamanho do pixel adotado (10 m);

$D$  = declividade em porcentagem.

Finalmente, foi aplicada, novamente, a função de álgebra de mapas, a partir da Equação 2, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2012):

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (2)$$

em que,

$LS$  = fator topográfico (adimensional);

$L$  = comprimento de rampa (adimensional);

$D$  = declividade em porcentagem.

## 2.2. ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR EROSIDADE R (ETAPA 02)

Utilizando o aplicativo computacional *microsoft excel* 2010 foi aplicado o balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Matter (1955) tendo com entrada os dados meteorológicos de 17 estações distribuídas sobre a área de estudo e limítrofes, tendo como produto final uma única planilha

eletrônica, em formato .xls, contendo as variáveis meteorológicas, com destaque para precipitação média mensal e anual.

Novamente, no aplicativo computacional ArcGIS® 10.0 (ESRI, 2011), foi realizada a adição das coordenadas geográficas latitude (Y) e longitude (X) tendo como saída os pontos vetoriais representativos das estações meteorológicas e seu respectivo banco de dados meteorológicos.

Utilizando-se como entrada os campos de precipitação média mensal e anual, aplicou-se a interpolação espacial pelo método da krigagem esférica, com ajuste estatístico do semivariograma com o objetivo de gerar as imagens matriciais contínuas de saída de precipitação média mensal e anual.

Finalmente, o fator de erosividade da chuva ( $R$ ), pôde ser estimado por meio da função de álgebra de mapas, a partir da Equação 3, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2012):

$$EI = 67,355 \left( \frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (3)$$

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI_j \quad (4)$$

em que,

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

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

$r$  = precipitação média mensal (mm);

$P$  = precipitação média anual (mm).

### 2.3. ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR ERODIBILIDADE K (ETAPA 03)

De posse do mapa vetorial representativo da Carta de levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo (EMCAPA, 1971), em sua tabela de atributos espaciais, foi criado um campo denominado K e, em estado de edição espacial, foram adicionados os valores de erodibilidade propostos por Chagas (2011) representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Fator K (erodibilidade) da EUPS da área de estudo

Tipo de solo	K	Citação
Latossolo Verm. Dist. Típ. - LVd5	0,011414	Chagas (2011)
Latossolo Verm. Dist. Típ. e Psamítico - LVd10	0,015511	
Latossolo Verm. Dist. Argissólico - LVd4	0,018452	
Nitossolo Verm. Dist. Latossólico - NVef	0,027500	
Latossolo Verm. Dist. Argissólico - LVd3	0,041709	
Argissolo Verm. Amar. Dist. Latossólico - PVad3	0,093756	

Finalmente, foi realizada a conversão da imagem vetorial de tipos de solos, tendo como campo de entrada as classes representativas de erodibilidade, anteriormente editadas, gerando a imagem matricial da erodibilidade para a área de estudo.

#### 2.4. ESPACIALIZAÇÃO DOS FATORES PREPARO E COBERTURA DO SOLO C E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS P (ETAPA 04)

Nesta etapa, inicialmente, foi realizada a fotointerpretação em tela, na escala de trabalho de 1:500, sobre uma imagem matricial, com 1m de resolução espacial, oriunda de aerofoto digital, referente ao ano de 2007.

De posse do mapa vetorial de uso e ocupação da terra, em sua tabela de atributos espaciais, foi criado os campos C e P e, em estado de edição espacial, foram adicionados os valores de fatores preparo e cobertura do solo (C) Tabela 2 e práticas conservacionistas (P) Tabela 3 propostos por diferentes autores.

Finalmente, foi realizada a conversão da imagem vetorial de uso e ocupação da terra, tendo como campos de entradas as classes representativas C e P, anteriormente editadas, gerando as imagens matriciais de preparo e cobertura do solo (C) e práticas conservacionistas (P) para a área de estudo.

Tabela 2. 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	Citação
Área agriculturada	0,20000	Vitte, 1997
Área edificada	1,00000	Vitte, 1997
Área urbana	1,00000	Vitte, 1997
Café	0,02010	Silva (2007)
Campo sujo	0,04200	Silva (2004)
Capoeira	0,00100	Dutra; Teixeira; Mendonça (1997)
Corpos d'água	0,00000	Silva (2004)
Formação rochosa	0,00100	Ribeiro e Alves (2008)
Fragmentos florestais	0,00004	Vitte, 1997
Pastagem	0,01000	Tomazoni <i>et al</i> (2005)
Reflorestamento	0,03241	Silva (2007)
Reservatório	0,00000	Silva (2004)
Solo exposto	1,00000	Farinasso <i>et al</i> (2006)
Várzea	0,00040	Oliveira; Pinto; Neto (2007)

Tabela 3. Fator P (práticas conservacionistas) da EUPS para as classes de uso e ocupação da terra

Classe de uso e ocupação da terra	P	Citação
Área agriculturada	0,7	Ruhoff (2006)
Área edificada	1,0	Prado (2005)
Área urbana	1,0	Prado (2005)
Café	0,5	Domingos (2006)
Campo sujo	0,4	Ruhoff (2006)
Capoeira	0,2	Souza (2010)
Corpos d'água	0,0	Ruhoff (2006)
Formação rochosa	1,0	Autor
Fragmentos florestais	0,1	Ruhoff (2006)
Pastagem	0,3	Domingos (2006)
Reflorestamento	0,2	Souza (2010)
Reservatório	0,0	Ruhoff (2006)
Solo exposto	1,0	Ruhoff (2006)
Várzea	0,3	Autor

## 2.5. ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA NAS CLASSES DE APP'S E CLASSES DE ÁREAS DE RISCOS DE DESLIZAMENTO DE TERRA (ETAPA 05)

Nesta última etapa, foi realizada a Integração das imagens matriciais geradas nas etapas anteriores por meio da função de álgebra de mapas. Foi utilizado o modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), desenvolvida em 1953 pelo *Soil and Water Conservation Research Division of the Agricultural Research Service* da Universidade de Purdue (EUA),

que consiste de um modelo multiplicativo simples, no qual a perda média anual de solo, expressa em massa por unidade de área por tempo (ton/ha/ano), é dada pelo produto de seis fatores determinantes, sendo 4 fatores de origem naturais (*R*, *K*, *L* e *S*) e 2 Antrópicos (*C* e *P*) de acordo com a Equação 4 (WISCHMEIER; SMITH, 1978; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (4)$$

em que,

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

*K* = fator erodibilidade do solo (ton/h/MJ. mm);

*LS* = fator topográfico (adimensional);

*C* = fator preparo e cobertura do solo (adimensional);

*P* = fator práticas conservacionistas (adimensional).

Utilizando como entrada as imagens vetoriais poligonais representativas das APP's, modificadas para o novo código florestal (BRASIL, 2012) e riscos de deslizamento de terra (obtidos em campo e processados no aplicativo computacional "Sistema de Informação para Cadastro das Áreas de Deslizamento de Solo, Enchentes e Inundação – SICADSEI 1.0, desenvolvido por (SANTOS et al., 2012). Foram geradas as imagens matriciais:

- a) perdas de solo nas classes de APP's; e
- b) perdas de solo nas classes de deslizamento de terra.

O fluxograma metodológico contendo todas as etapas necessárias para a implementação da metodologia é mostrado na Figura 2.

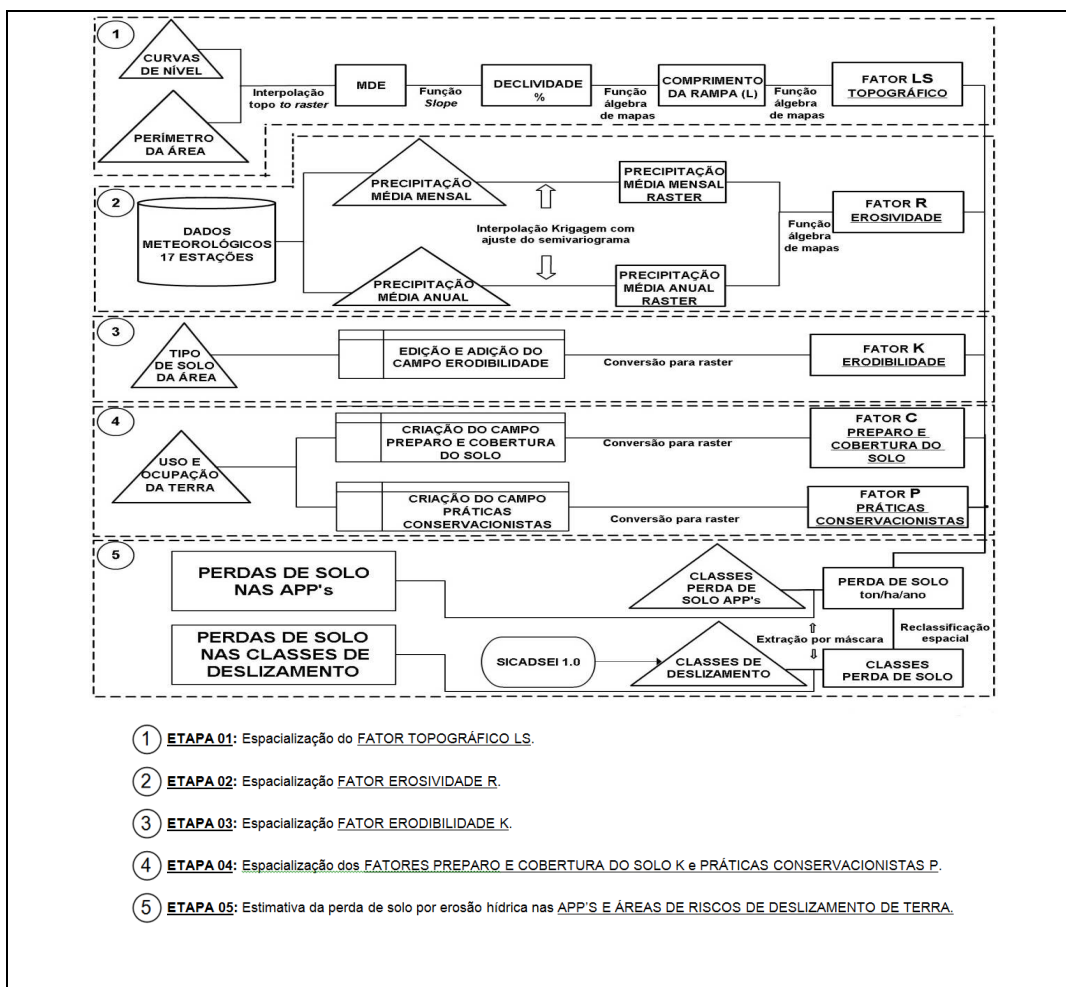


Figura 2. Fluxograma das etapas metodológicas desenvolvidas

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A declividade média da área de estudo e para os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES é de 29,87% (Figura 3 a) e 22,83% (Figura 3 b) respectivamente, sendo caracterizada como relevo fortemente ondulado. Logo, fica evidenciada a existência de poucas áreas planas (Figuras 3a e 3b).

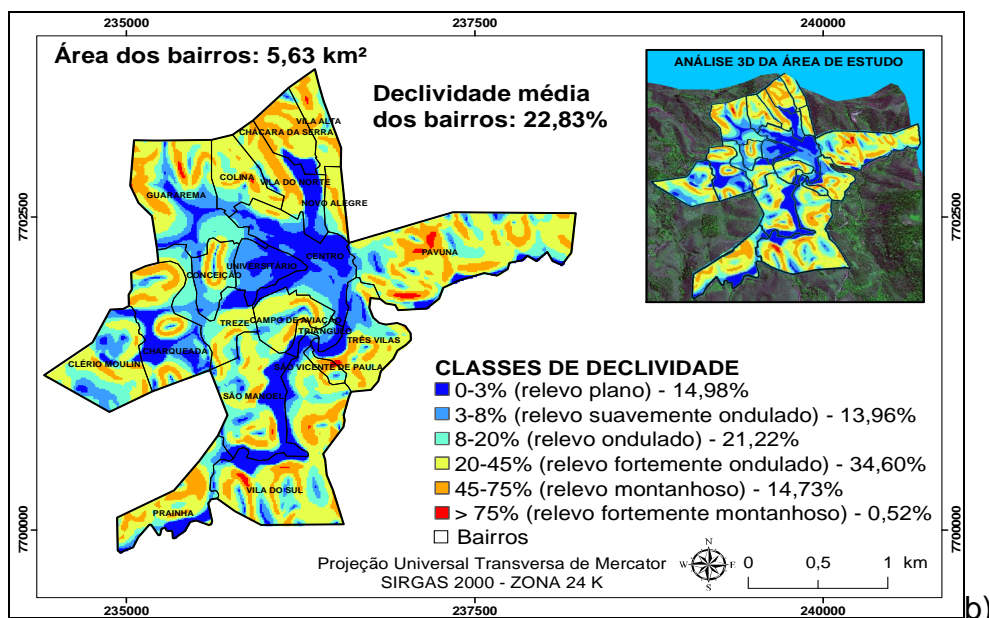
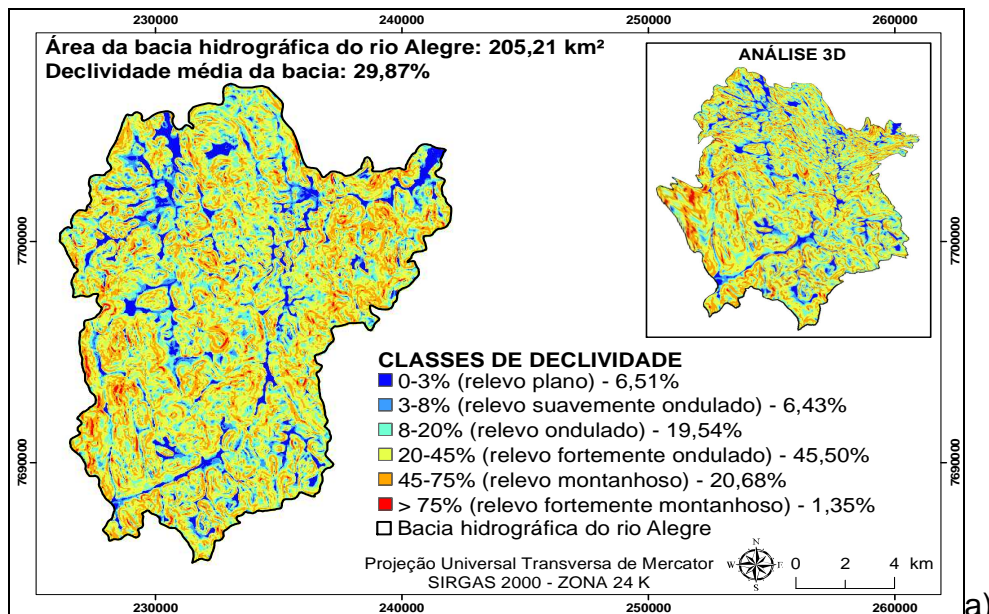


Figura 3. Clinografia da área da bacia (a) e dos bairros (b)

As classes de fragilidade ambiental para a área estudo são representadas nas Figuras 4(a) e 4(b). Observa-se uma distribuição não regular entre as cinco classes de fragilidade, porém preocupante, pois aproximadamente 30% (Figura 4a) da área da bacia e 20% (Figura 4b) encontram-se nas classes alta e muita alta, principalmente nas zonas periféricas dos bairros.

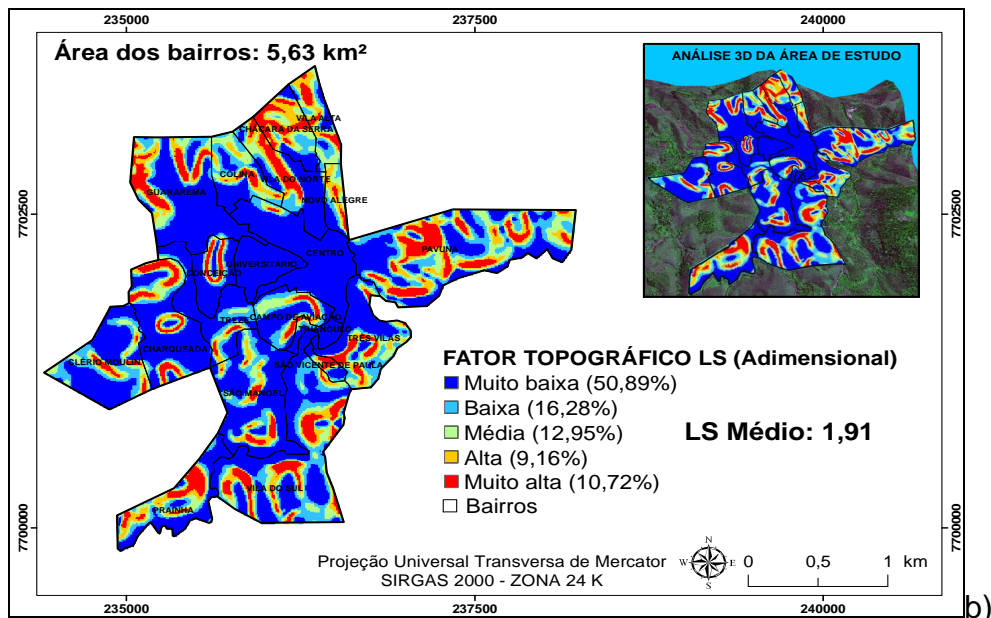
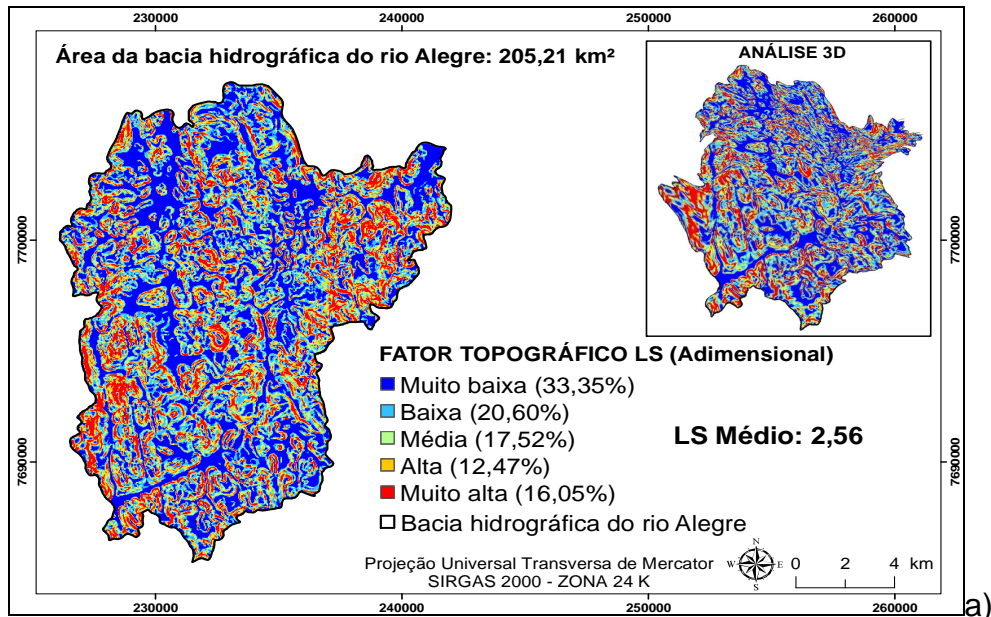


Figura 4. Fator LS da bacia (a) e da área dos bairros (b)

Conforme demonstra a Figura 5a, a média do Fator de erosividade R estimada para a Bacia do Rio Alegre é de 5626,44 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e na Figura 5b para a área dos bairros a média do Fator de erosividade R estimada foi de 5498,64 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Sabendo os valores de erosividade foram interpolados pelo método da krigagem esférica, com bom ajuste do semivariograma e, foram utilizadas 17 estações meteorológicas, bem

distribuídas sobre a área de estudo e limítrofes, acredita-se que o valor médio encontrado é significativo.

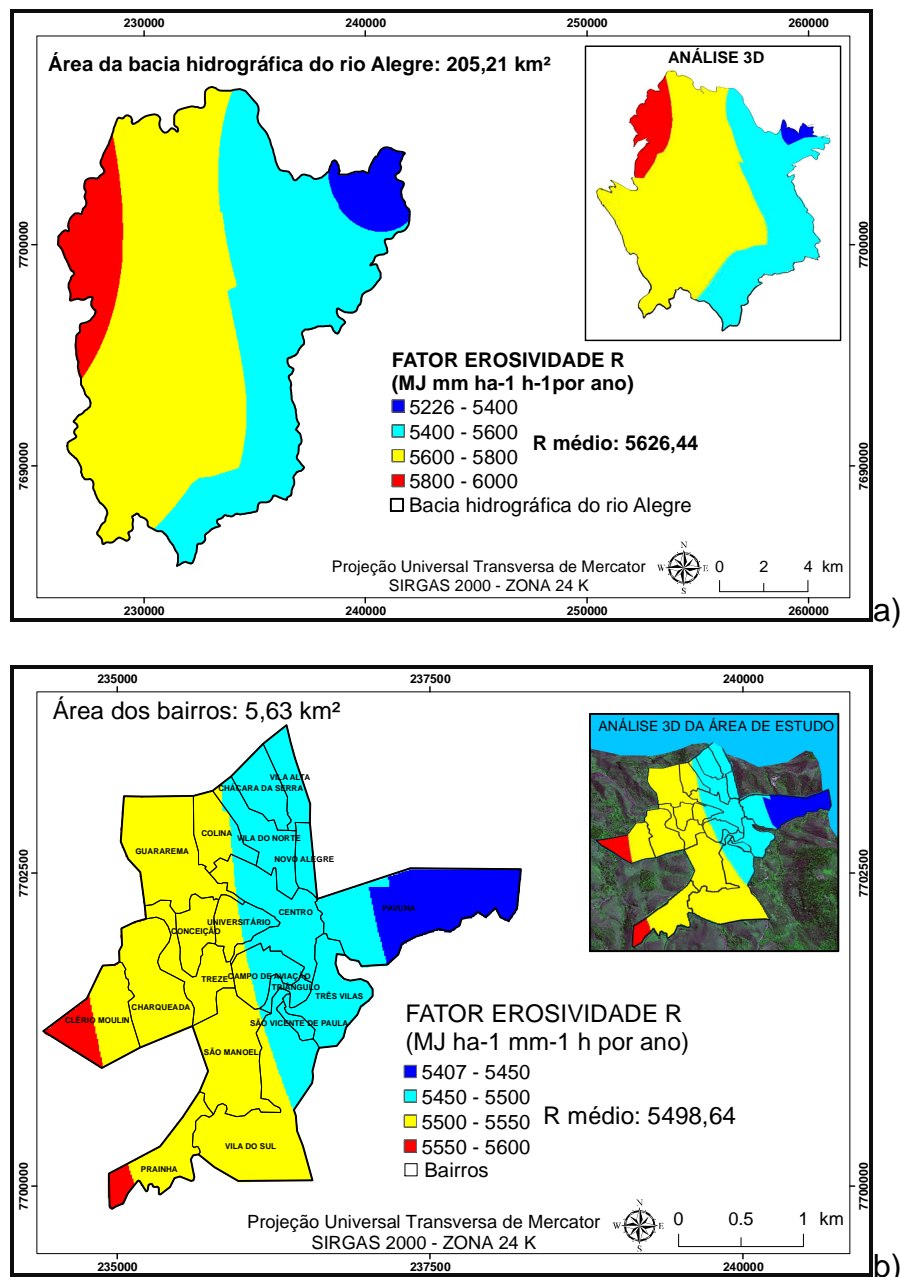


Figura 5. Fator R (erosividade) da bacia (a) e dos bairros (b) da EUPS

Ao observar os valores de erodibilidade para a bacia Figura 6a e para os bairros Figura 6b, constata-se que seus solos são relativamente pouco erodíveis, não sendo, portanto, o principal fator determinante no processo erosivo, contudo, nas faixas onde predominam argissolo vermelho amarelo distrófico latossólico (PVad3), que apresenta maior textura arenosa, pode-se

defini-los como uma das determinantes para valores maiores de potencial erosivo (CHAGAS, 2011).

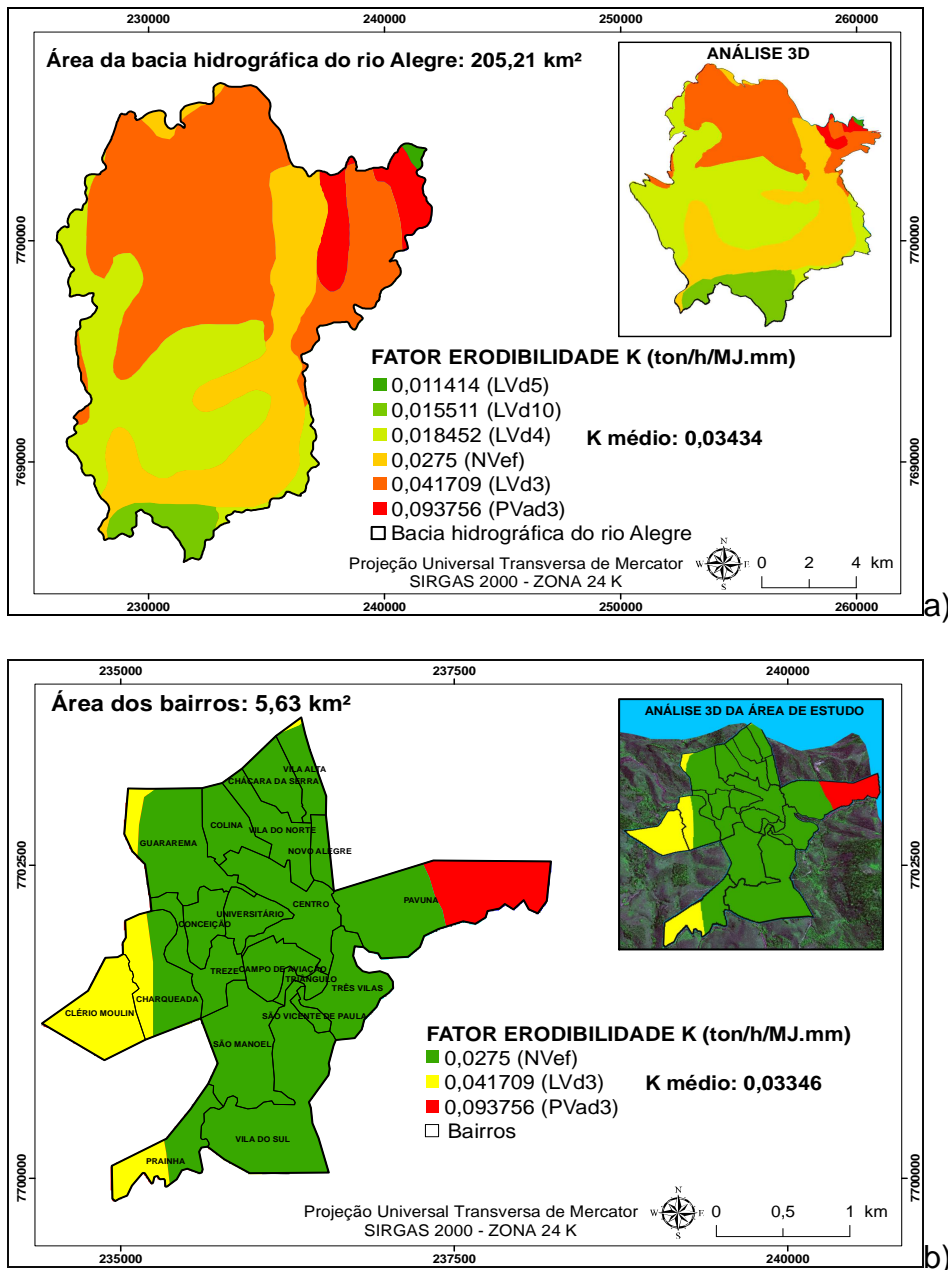


Figura 6. Fator K (erodibilidade) da bacia (a) e dos bairros (b) da EUPS

A espacialização dos Fatores C (preparo e cobertura do solo) e P (práticas conservacionistas) para a bacia representada na Figura 7a e 7b. A bacia apresenta 53,17% de pastagens (C = 0,01 e P = 0,3), seguidos de 18,56% de fragmentação florestal (C = 0,00004 e P = 0,1), influenciando de

maneira significativa a média de seus valores que foram de 0,03222 (C médio) e 0,2926 (P médio).

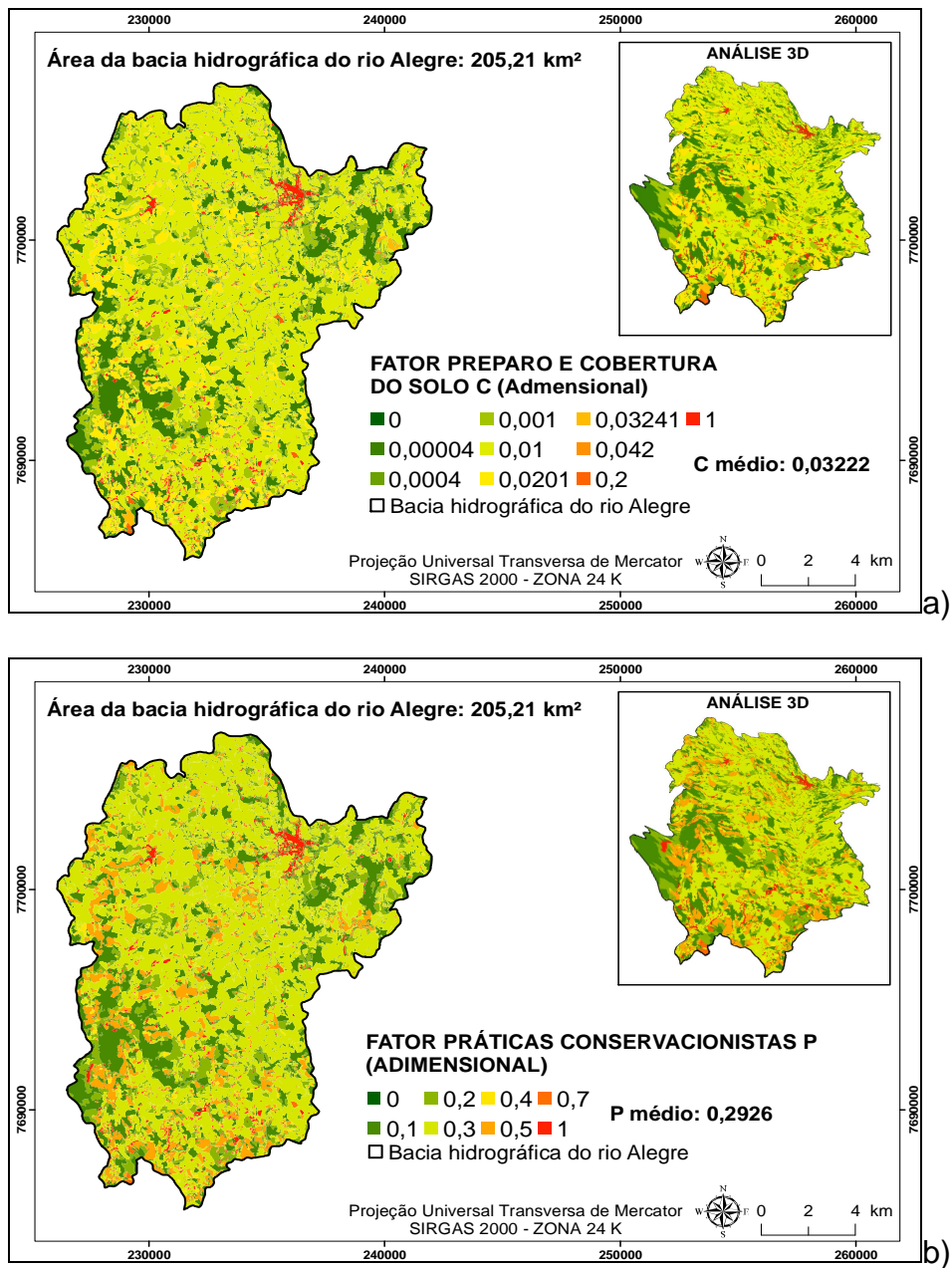


Figura 7. Fator C (preparo e cobertura do solo) (a) e P (práticas conservacionistas) (b) da EUPS para a área da bacia hidrográfica do rio Alegre

Na Figura 8a e 8b é ilustrada a espacialização dos Fatores C (preparo e cobertura do solo) e P (práticas conservacionistas) dos bairros. A área

apresenta 25,56% de área urbana, representada por valores de C e P de 1, o que influencia de maneira significativa a média de seus valores que foram de 0,2707 e 0,4495, respectivamente.

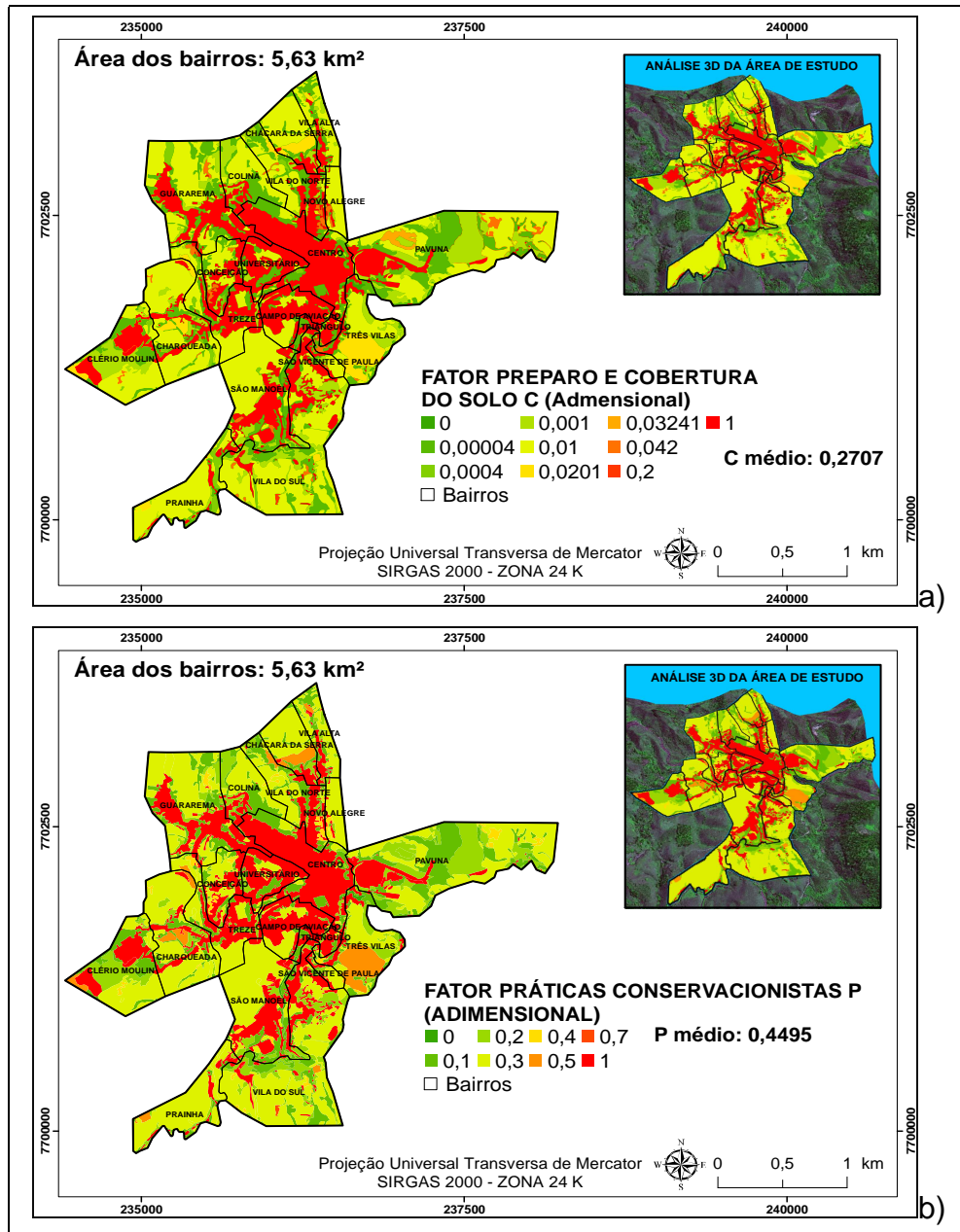


Figura 8. Fatores C (preparo e cobertura do solo) (a) e P (práticas conservacionistas) (b) da EUPS para a área dos bairros

A perda de solo média para a bacia hidrográfica do rio Alegre, ES é de 8,30 ton/ha/ano (Figura 9). No entanto, quando considerado apenas os 20 bairros da cidade de Alegre, ES (Figura 10) (Tabela 4), localizada no interior da

bacia, a perda de solo média foi de 49,60 ton/ha/ano, caracterizando efetiva ação antropogênica e ausência de práticas conservacionistas na cidade. Na Tabela 3, observa-se que o bairro Campo de Aviação apresenta a maior perda de solo média anual de 197,40 ton/ha/ano seguidos dos bairros São Vicente Paula e Conceição com valores de 104,30 ton/ha/ano e 88,10 ton/ha/ano respectivamente. Já o bairro Pavuna destaca-se pelo valor máximo 3319,2 ton/ha/ano de perda de solo, justificado na prática, pelos constantes deslizamentos de terra e intervenções da Defesa Civil do Estado.

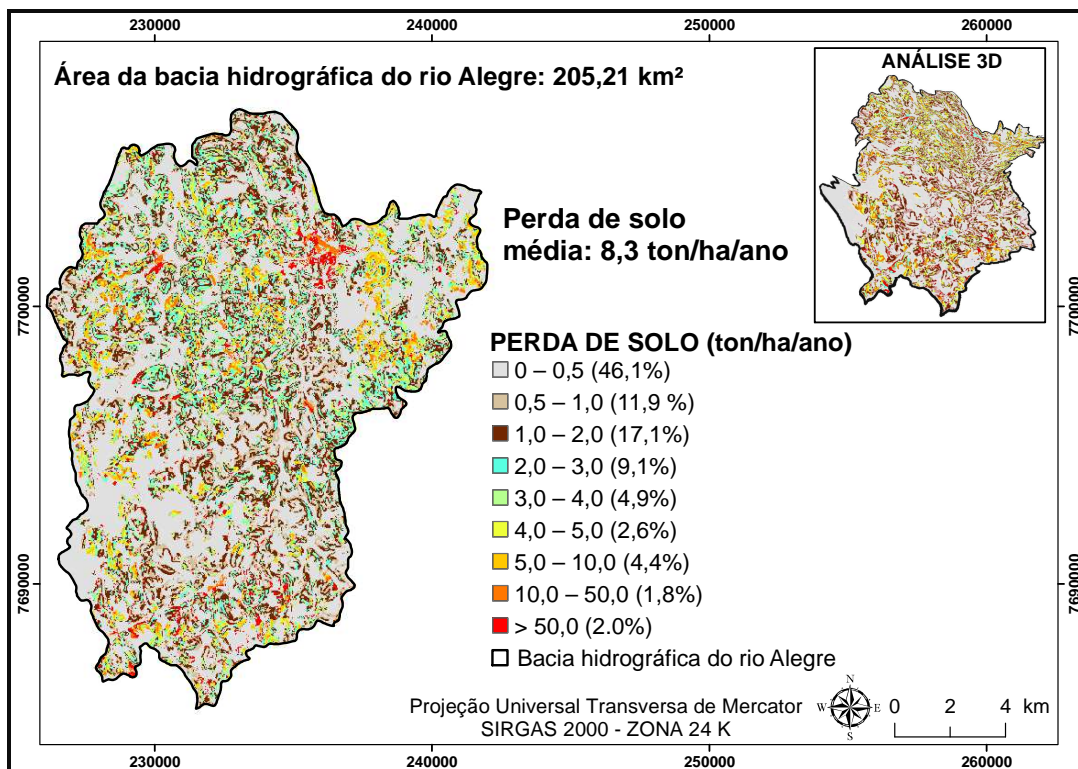


Figura 9. Perda de solo estimada pela EUPS para bacia hidrográfica do rio Alegre

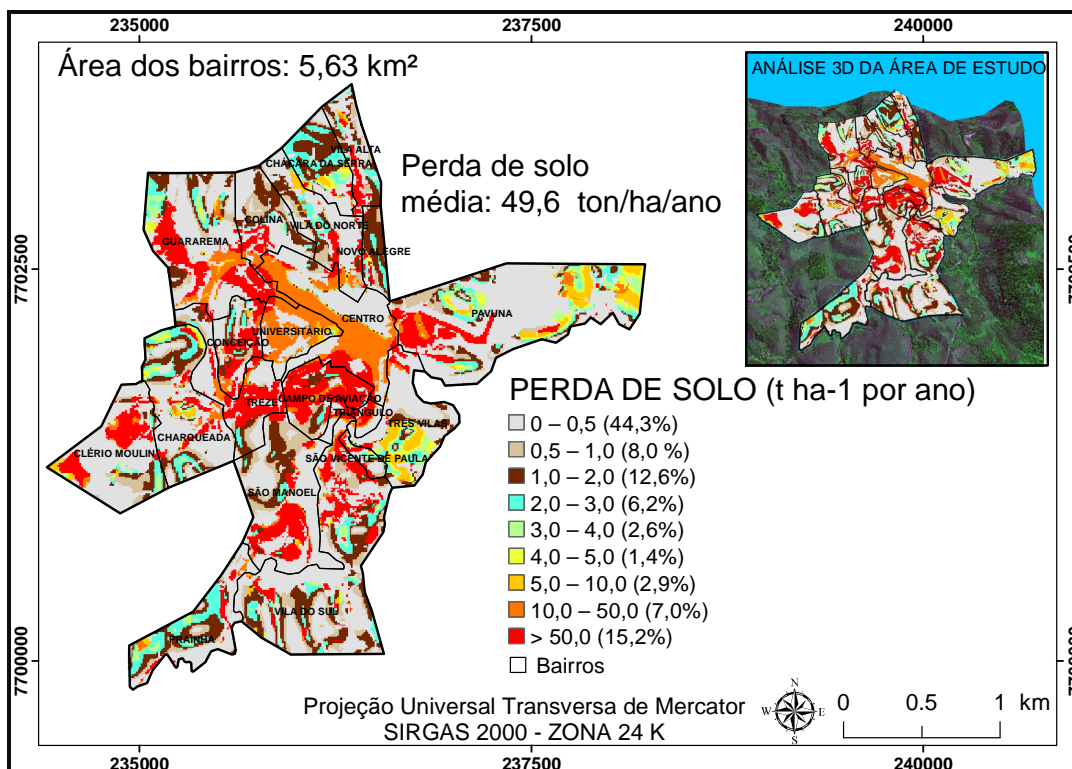


Figura 10. Perda de solo estimada pela EUPS para os bairros de Alegre

Tabela 4. Volume total de Perda de solo estimada pela EUPS nos bairros da cidade de Alegre

BAIRROS	PIXELS	PERDA DE SOLO (ton/ha/ano)		
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA
Campo de Aviação	1712	0,0	959,0	197,4
Centro	3752	0,0	439,8	22,8
Chácara da Serra	1694	0,0	776,2	12,9
Charqueada	3767	0,0	1065,1	25,1
Clério Moulin	3403	0,0	1196,0	49,4
Colina	1873	0,0	703,8	20,5
Conceição	1424	0,0	957,2	88,1
Guararema	5042	0,0	1579,7	71,8
Novo Alegre	751	0,0	650,5	21,8
Pavuna	7781	0,0	3319,2	44,0
Prainha	2516	0,0	1030,7	27,2
São Manoel	4222	0,0	1263,1	67,1
São Vicente de Paula	350	0,0	1229,0	104,3
Três Vilas	2815	0,0	1310,6	16,7
Treze	2315	0,0	863,6	80,4
Triângulo	541	0,0	828,4	70,1
Universitário	1451	0,0	79,7	15,3
Vila Alta	1362	0,0	1271,1	73,4
Vila do Norte	2341	0,0	1133,5	35,8
Vila do Sul	7085	0,0	1536,4	47,7

A perda de solo média nas classes de APP's da área da bacia e dos bairros é de 5,70 ton/ha/ano (Figura 11a) e 26,50 ton/ha/ano (Figura 11b), respectivamente. De acordo com os resultados estatísticos descritivos da perda de solo nas classes de APP's (Tabela 5), constata-se que a classe de APP's de nascente obtiveram os maiores valores médios de perda de solo de 6,90 ton/ha/ano, seguidos das classes de APP's de topos de morro, declividade e cursos d'água com valores de 5,70, 5,60 e 4,00 ton/ha/ano, respectivamente. Silva (2004) explica que as áreas mais críticas quanto à perda de solo estimada estão associadas a elevadas declividades. Ainda de acordo o referido autor, numa análise de sensibilidade dos fatores da EUPS, observa-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). Para Bertoni e Lombardi Neto (2012), valores maiores que 15,00 ton/ha/ano podem não apresentar tolerância à perda máxima de solo com um grau de conservação tal que mantenha uma produção econômica em futuro imprevisível com os meios técnicos atuais.

Tabela 5. Volume total de perda de solo estimada pela EUPS nas APP's da bacia hidrográfica do rio Alegre

APP's	Pixels	Perda de solo (ton/ha/ano)		
		Mínimo	Máximo	Média
Nascentes	7976	0,00	1389,0	6,9
Declividade	220255	0,00	3122,1	5,6
Cursos d'água	633	0,00	20,7	4,0
Topos de Morro	506414	0,00	3406,1	5,7

Dos 79 pontos de deslizamento de terra mapeados (Figura 12) e processados no aplicativo computacional SICADSEI 1.0 desenvolvidos pelos autores Santos et al. (2012), foi verificado que, apesar da boa distribuição espacial sobre a área de estudo, com pequenas exceções, o distrito Sede do município de Alegre, mantida as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa. Esta afirmação é comprovada, visto que, de acordo com os resultados da

Tabela 6, a classe de deslizamento de risco médio (R2) apresenta perda de solo média de 330,40 ton/ha/ano.

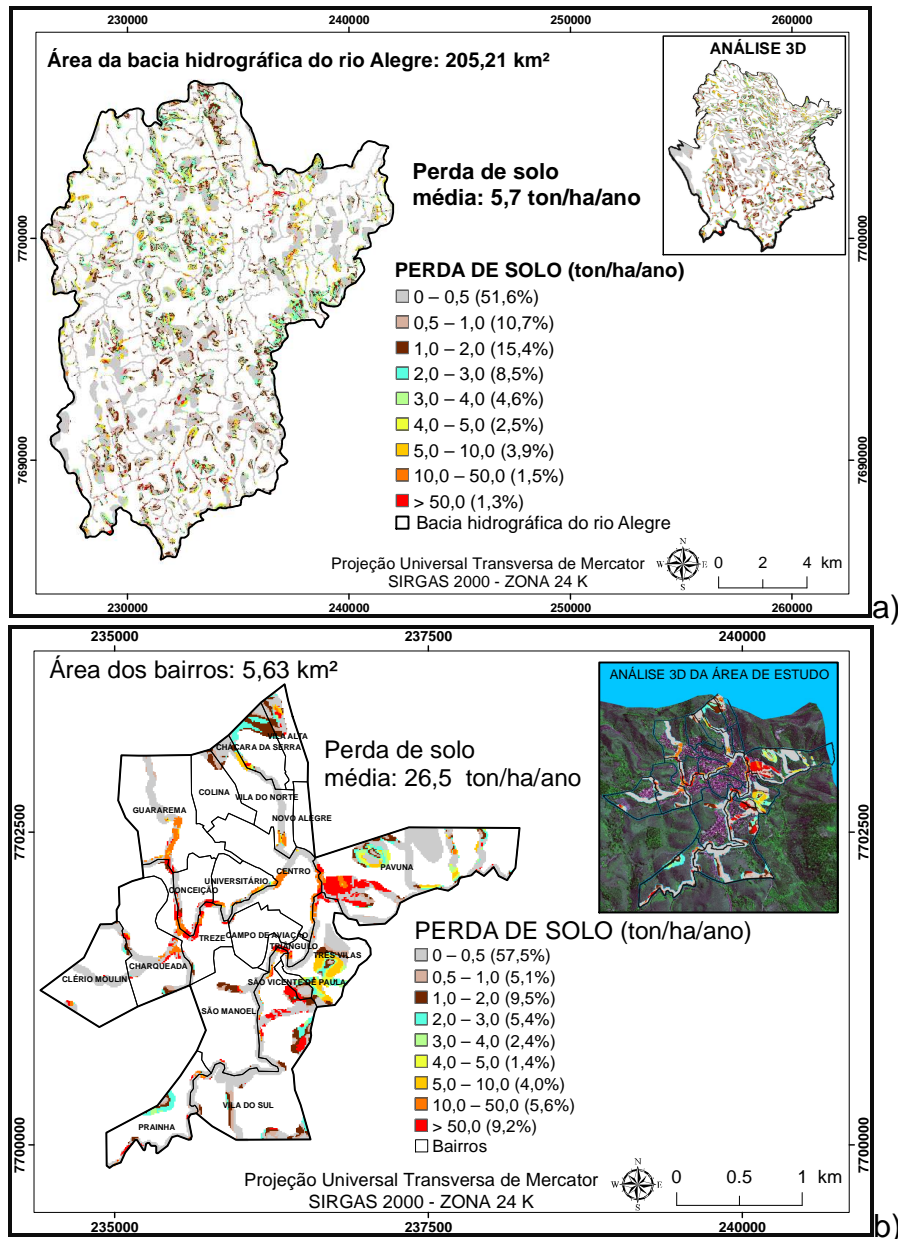


Figura 11. Perda de solo estimada pela EUPS nas APP's da bacia (a) e dos bairros (b)

Tabela 6. Volume total de Perda de solo estimada pela EUPS nas classes de risco de deslizamento de terra para a área dos bairros do distrito sede de Alegre

Risco de deslizamentos	Pixels	Perda de solo (ton/ha/ano)		
		Mínimo	Máximo	Média
Baixo - R1	55887	0,0	3319,2	49,5
Médio - R2	5	1,2	749,2	330,4
Alto - R3	148	0,0	757,5	103,4
Muito alto - R4	157	0,0	751,8	75,8

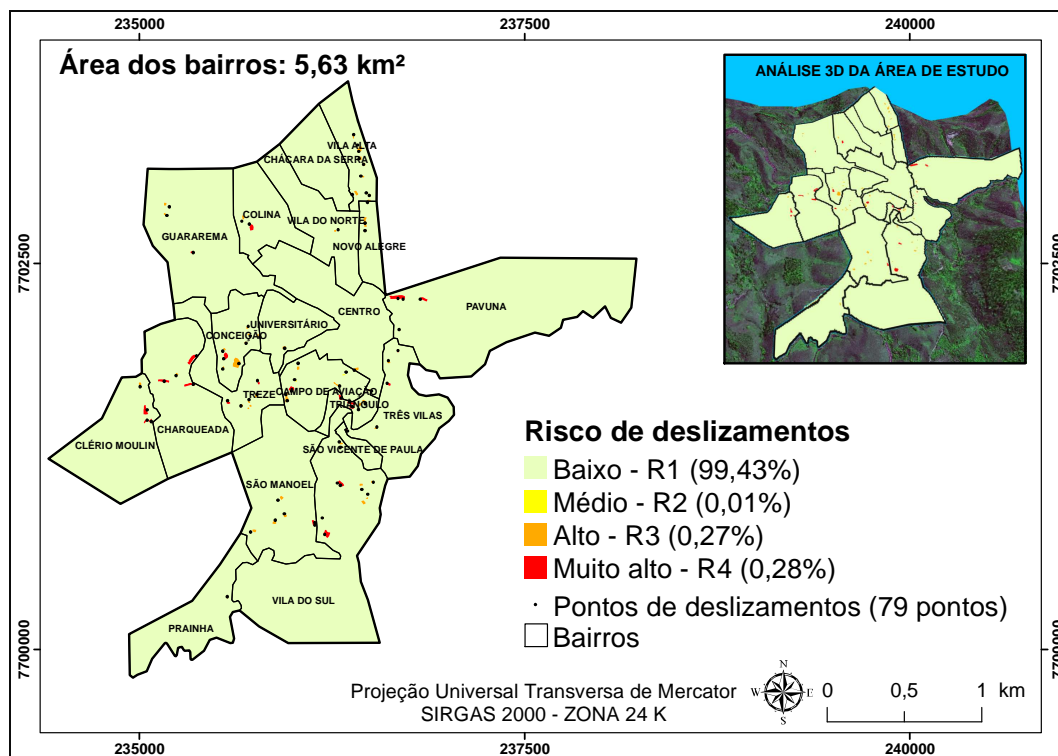


Figura 12. Risco de deslizamentos para os bairros do distrito Sede de Alegre

#### **4. CONCLUSÕES**

Nas condições em que os estudos foram conduzidos, a análise dos resultados permitiu-se apresentar as seguintes conclusões:

4.1. A declividade média da área de estudo representada pela bacia hidrográfica do rio Alegre e os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES é de 29,87 e 22,83% respectivamente;

4.2. Cerca 30% da área da bacia e 20% da área dos bairros encontram-se nas classes alta e muita alta fragilidade.

4.3. A erosividade (R) média para a área da bacia é de 5626,44 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e para os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES é de 5498,64 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

4.4. A área dos bairros da Sede do município de Alegre, ES apresenta 25,56% de área urbana, influenciando de maneira significativa a média dos fatores preparo e cobertura do solo (C) e práticas conservacionistas (P);

4.5. A perda de solo média para os 20 bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES é de 49,60 ton/ha/ano;

4.6. A perda de solo média nas APP's da bacia e dos bairros foi de 5,70 ton/ha/ano de 26,50 ton/ha/ano, respectivamente.

4.7. A classe de deslizamento de terra de risco médio (R2) apresenta perda de solo média de 330,40 ton/ha/ano para os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES.

## 5. REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas**: guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, v 1, p. 10-17, 2006.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. Erosão em entres sulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.117-124, 2003.

CHAGAS, C. S. **Zoneamento Agroecológico do município de Dois Irmãos do Buriti – MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 61p.

COGO, N. P.; LEVIEN R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, n.4, p.743-753, 2003.

DOMINGOS, J. L. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma Bacia hidrográfica**. Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

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 Ciências do Solo**, v.8, n.1, p.117- 125, 1984.

Empresa Capixaba de Pesquisas Agropecuárias (EMCAPA). **Carta de levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Secretaria de Agricultura, 1971.

ESRI, Environmental Systems Research Institute ArcGIS® 10: Getting started with ArGIS. Redlands: ESRI, 2011.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. L. O.; PIMENTEL, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação das áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Revista Cerne**, v. 17, n. 4, p. 563-571, 2011.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O.A. de C.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da Eups - Equação Universal de Perdas de Solo, utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores

na região do Alto Parnaíba-Pi-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n.2, p.73-85, 2006.

GILLESPIE, T. W.; CHU, J.; FRANKENBERG, E.; THOMAS, D; Assessment and prediction of natural hazards from satellite imagery. **Progress in Physical Geography**, v.31, n.5, p. 459-70, 2007.

JOYCE, K. E.; BELLISS, S. E.; V, S.; MCNEILL, S. J.; GLASSEY, P. J. A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. **Progress in Physical Geography**, v.33, n.2, p.183-207, 2009.

PRADO, J. P. B.; NÓBREGA, M. T.. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, v. 27, p. 33-42, 2005.

RIBEIRO, L.S.; ALVES, M. da G. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos de Goytacazes/RJ através de técnicas de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, p. 3039-3046, 2007.

RUHOFF, A. L.; PENNA, B. S. S; GIOTTO, E; PEREIRA, R. S. Avaliação dos processos erosivos através da equação universal de perdas de solos, implementada com algoritmos em legal. **Geomática**, vol. 1 - Nº 1, 2006.

SANTOS, A. R. dos; MAGALHÃES, I. A. L.; FERRARI, J. L.; MOREIRA, T. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F. de; EUGENIO, F. C.; AGUIAR JUNIOR, E. R.; SILVA, A. C.; PIMENTA, A. A. G. O *Software SICADSEI 1.0* e suas aplicações como sistema de informação para cadastro das áreas de deslizamento de solo, enchentes e inundação. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, n. 2, p. 054-071, 2012.

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, set./dez. 2004.

SILVA, I. F. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle de erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.3, p.289-292, 1986.

SOUZA, V. **Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego pinhalzinho II com suporte de Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

THORNTHWAITTE, C. W.; MATTER, J. R. The water balance. **Climatology**, n.3, v.10, 1955.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 57, p. 235-244, 2005.

TOMAZONI, J.C.; MANTOVANI, L.E.; BITTENCOURT, A.V.L.; ROSA FILHO, E.F. da. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.3, n.1, p.1-21, jan./jun. 2005.

TRALLI, D. M.; BLOM, R. G.; ZLOTNICKI, V.; DONNELLAN, A.; EVANS, D. L. Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing** v.59, p.185-198, 2005.

VIEIRA, V. F. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. **Revista de Geografia da Universidade estadual de Londrina**, v. 17, n. 1, p.73-80, 2008.

VITTE, A. C. Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias de drenagem. **Bol. Par. de Geoc.**, Curitiba, n. 45, p. 59-65, 1997.

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 801-814, 2008.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning**. Washington: USDA, 58p, 1978.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que os estudos foram conduzidos, a análise dos resultados permitiu constatar que a metodologia adotada para delimitação automática das APP's mostrou-se eficiente, produzindo de forma eficaz e rápida as informações precisas sobre as suas dimensões e distribuição espacial na bacia hidrográfica do rio Alegre. Por sua vez, ao se observar o descumprimento da legislação referente ao uso e ocupação da terra em APP's dos cursos d'água, nascentes, topo de morro e encostas na área estudada, nota-se a necessidade de uma política de educação ambiental junto aos moradores, produtores rurais e frequentadores da região, para que juntamente com um plano de recomposição, se realize melhoras nas áreas no que tange projetos de reflorestamento e conservação dos fragmentos florestais já existentes.

Além disso, as análises com os dados de campo amostrados na área de estudo verificou que a declividade média da área de estudo representada pela bacia hidrográfica do rio Alegre e os bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES é de 29,87 e 22,83% e cerca de 20% da área encontra-se nas classes alta e muita alta fragilidade. A perda de solo média para os 20 bairros do distrito Sede do município de Alegre, ES é de 4,29 ton/ha/ano; e a classe de deslizamento de terra de risco médio (R2) apresenta perda de solo média de 29,90 ton/ha/ano.

Por fim, ao se analisar os dados e discussões propostas verifica-se que o confronto de áreas de APP's e uso da terra realizado na presente dissertação será capaz de contribuir para o uso sustentável dos recursos naturais, conservar a biodiversidade e promover o abrigo e proteção da fauna e da flora.