

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA, USO DA TERRA E
MODELAGEM DA PERDA DE SOLO EM ÁREAS DE
ENCOSTA DO REBORDO DO PLANALTO DO RS.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Pablo Miguel

Santa Maria, RS, Brasil

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA, USO DA TERRA E MODELAGEM DA PERDA DE SOLO EM ÁREAS DE ENCOSTA DO REBORDO DO PLANALTO DO RS.

por

Pablo Miguel

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo.**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Santa Maria, RS, Brasil

2010

© 2010

Todos os direitos autorais reservados a Pablo Miguel. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua João Goulart, n. 673, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-220

Fone (0xx)55 91452001; End. Eletr: tchemiguel@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA, USO DA TERRA E
MODELAGEM DA PERDA DE SOLO EM ÁREAS DE ENCOSTA DO
REBORDO DO PLANALTO DO RS.**

elaborada por
Pablo Miguel

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ricardo Simão Diniz Dalmolin (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Fabrício de Araújo Pedron (UFSM)

Prof. Dr. Paulo César do Nascimento (UFRGS)

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2010.

*“Nunca encontrei uma pessoa tão
ignorante que não pudesse ter
aprendido algo com sua ignorância”*

Galileu Galilei

Aos verdadeiros Mestres em Ciência do Solo, que da terra sempre souberam explorar o seu mais íntimo valor, Wilson e Roseli, os quais tenho orgulho de chamar de Pai e Mãe, dedico este trabalho.

Agradecimentos

Ao colega, Professor e principalmente amigo, Ricardo Simão Diniz Dalmolin, não somente pela orientação neste trabalho, mas pela amizade e confiança depositada em mim nestes mais de 5 anos de convivência, por todos os ensinamentos e pela exemplar postura profissional.

Ao amigo, colega e co-orientador Prof. Fabrício de Araújo Pedron pela descontração no laboratório, pelos ensinamentos de campo e principalmente pelo exemplo de força, dedicação e ética.

Ao Prof. Antonio Carlos de Azevedo pela primeira acolhida no setor de Pedologia e a partir daí o ingresso para a pesquisa em Ciência do Solo.

Aos fiéis escudeiros, Bandeirantes, Desbravadores da Terra, Soldados de Bento Gonçalves enfim, como queiram ser chamados, Alessandro Samuel Rosa, Jean Michel Moura Bueno e Andrisa Balbinot.

A Mestre em Ciência do Solo Paula Suélen Correa de Medeiros, por ter demonstrado ser uma pessoa muito especial, obrigado pela colaboração, compreensão e carinho (Paulinha da UFRGS).

Aos demais companheiros de campo, de laboratório e do setor de Pedologia, Jessé Fink, André Dotto, Marcos Dalla Rosa, Michel André Miguel, Eduardo Rosa, Mariana, Natali, ten Caten, Gislaine e Carlos.

Aos colegas do PPGCS, principalmente aos sobreviventes da Disciplina de Química do Solo, Marciel, Guilherme, André Copeti, Edgardo, Darines, Alexandre e Natália.

Ao Professor Paulo César do Nascimento da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por aceitar fazer parte da comissão de avaliação deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ao Departamento de Solos.

A minha família, meu Pai Wilson, minha Mãe Roseli, meu irmão Michel André, minha avó Evaldina, nona Joana, tia Jocelia, pelo incentivo, pela confiança, pela ajuda e principalmente por acreditar.

Ao Técnico em Geomática, Carlos Anhaia, pela ajuda com a confecção dos mapas, pelos ensinamentos em geoprocessamento e pelas incríveis e mágicas soluções que ele sempre tinha.

Ao Técnico em Geomática, Francisco Giraldi, pela ajuda no software ArcGis, pela amizade e disposição. “Agora e se foi”.

Aos colegas de apartamento Alberto (Alemão) e Sidinei (Ijuí), pela amizade, pelas conversas, risadas, o mate na sacada, pelos toques de gaita de violão.

Aos amigos da Invernada Artística do Departamento de Tradições Gaúchas Noel Guarany da Universidade Federal de Santa Maria pelos momentos de descontração.

Pela mente brilhante, pelo amigo, colega, Alessandro Samuel Rosa, pelas conversas, pelas festas, por toda a ajuda no trabalho.

*“A todos aqueles que de alguma forma
contribuíram para que esse tento fosse
lonqueado, desquinado e depois trançado
junto a outros, e que no rodeio da vida resultasse
em mais uma bandeira maragata do ensinamento...
eu agradeço”.*

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA, USO DA TERRA E MODELAGEM DA PERDA DE SOLO EM ÁREAS DE ENCOSTA DO REBORDO DO PLANALTO DO RS.

Autor: Pablo Miguel

Orientador: Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Local e data da defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2010.

A bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim onde está situado o reservatório de água que abastece a cidade de Santa Maria encontra-se em uma área muito movimentada do chamado Rebordo do Planalto. Nessas áreas de encosta, devido à combinação de relevo forte ondulado a montanhoso é comum a ocorrência de solos com profundidade variável, havendo o predomínio de solos rasos. O objetivo do trabalho foi delimitar áreas de risco ou potencialmente susceptíveis a perdas de solo, dentro de uma das áreas de captação da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, através da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Também um estudo do uso atual e da evolução do uso das terras, com objetivo de identificar alterações que vem ocorrendo na área. Foi realizado um levantamento de solos do tipo semi-detalhado, identificando e caracterizando as diferentes classes de solos que ocorrem na região. Através de técnicas de geoprocessamento foram gerados mapas de solos, declividade, APPs, aptidão agrícola e evolução de uso das terras de 1987 a 2009. Outros atributos foram identificados com trabalhos de campo e laboratório. Foi elaborado o mapa de adequação de uso e identificados as áreas com conflitos de uso. Mais de 50% da área apresenta aptidão inferior, sendo somente indicada para a preservação da fauna e da flora. Em um segundo momento aplicou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). O fator LS foi gerado a partir do MDE, o fator R através de dados normais de precipitação, o fator K através da composição granulométrica de cada classe de solo, e o fator CP por meio de observações no campo e comparação com a literatura. Cerca de 80% da área possui perdas de solos que variam de 1 a 2 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Somente 1% da área apresenta uma perda de solo de mais de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Para a avaliação do Potencial de Perdas de solo, o fator topográfico (LS) foi o que mais fortemente determinou o ritmo dos processos erosivos seguido do fator CP e fator K. Fazendo comparações entre o mapa do fator LS e o mapa de perdas de solos com a realidade local verificou-se que os dados obtidos correspondem aos aspectos físicos da área de estudo. O auxílio da imagem do Google Earth foi uma ferramenta de extrema importância na avaliação da ocupação e uso das terras na área de estudo. Os dados levantados através dessa metodologia para a estimativa do fator CP são confiáveis e o pesquisador pode fazer uma conferência de campo para uma possível melhoria da definição das classes de uso da terra.

Palavras-chaves: Levantamento de Solos, Perda de Solo, Bacia Hidrográfica, EUPS.

ABSTRACT

Dissertation of Master's degree
Soil Science Graduate Program
Federal University of Santa Maria

LAND USE AND SOIL LOSS IN HILLSLOPE AREAS - EVALUATION OF THE VACACAÍ-MIRIM RIVER CATCHMENT, SANTA MARIA, RS

Author: Pablo Miguel

Advisor: Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Date and Place of Defense: Santa Maria, february 25th, 2010.

The river catchment Vacacaí Mirim is located where the water reservoir that supplies the city of Santa Maria is located in a busy area called the Plateau Border. These hillside areas, due to the combination of strong relief is undulating to hilly common occurrence of soils with variable depth, with the predominance of shallow soils. The objective was to define areas of risk or potentially susceptible to loss of soil, within one of the catchments of the river catchment Vacacaí Mirim by Universal Soil Loss Equation (USLE). Also a study of current usage and evolution of land use, aiming to identify changes that have occurred in the area. A survey of soils of semi-detailed, identifying and characterizing the different classes of soils that occur in the region. Through techniques of GIS maps were generated soil, slope, APPs, agricultural suitability and development of land cover from 1987 to 2009 Other attributes have been identified with field work and laboratory. Map was drawn usability and identified areas with land use conflicts. More than 50% of the area has less ability, and only suitable for the preservation of fauna and flora. In a second stage applied Universal Soil Loss Equation (USLE). The LS factor was generated from the MDE, the R factor by normal precipitation data, the K-factor through the texture of each soil class, and the CP factor through field observations and comparison with the literature. About 80% of the losses have soils that range from 1 to 2 t.ha-1.ano-1. Only 1% of the area has a soil loss of more than 20 t ha-1.ano-1. For the evaluation of potential losses of soil, the topographic factor (LS) was the most strongly determined the rate of erosion followed by CP factor and K factor Making comparisons between the LS factor map and the map of loss of land to the actual location it was found that the data correspond to the physical aspects of the study area. The aid of Google Earth image was a very important tool in the evaluation of occupation and land use in the study area. The data gathered through this methodology for estimating the CP factor is reliable and the researcher can make a conference field for a possible better definition of the classes of land use.

Key-words: Soil Survey, Soil Loss, River Catchment, USLE.

LISTA DE FIGURAS

MATERIAL E MÉTODOS

- Figura 1.** Imagem *Google Earth* da área de captação do reservatório do DNOS/CORSAN. (Fonte: *Google Earth*, 2009). 32
- Figura 2.** Delimitação das áreas de contribuição ou sub-bacias do reservatório do DNOS/CORSAN. (Adaptado de MARINS, 2004). 35
- Figura 3.** Rede de drenagens e área contribuinte da área de estudo. 36

ESTUDO 1

- Figura 1.** Mapa Solos, escala 1:30000 da área 1. 52
- Figura 2.** Mapa Geológico, escala 1:30000 da área 1. 53
- Figura 3.** Distribuição das classes de solos nas diferentes formações geológicas que ocorrem na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS. Escala 1:30000. 54
- Figura 4.** Mapa de Aptidão Agrícola de Uso das Terras da área 1. Escala 1:30.000. 57
- Figura 5.** Áreas de Preservação Permanente com *buffer* de 30m acompanhando as drenagens. Escala 1:30000. 59
- Figura 6.** Mapa de Adequação de Uso das Terras da área 1. Escala 1:30000. 61
- Figura 7.** Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1987. 66
- Figura 8.** Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1991. 67
- Figura 9.** Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2001. 68
- Figura 10.** Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2009. 69
- Figura 11.** Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1987. 72
- Figura 12.** Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1991. 73

Figura 13. Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2001.	74
Figura 14. Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2009.	75

ESTUDO 2

Figura 1 Representação dos fatores naturais e antrópicos que influenciam na EUPS. Adaptado de Devicari, 2009.	79
Figura 2. Mapa do Fator Erodibilidade do Solo ($t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$) da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	82
Figura 3. Fluxograma de operações da EUPS. Adaptado de Fornelos e Neves (2006).	83
Figura 4. Mapa das Declividades da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	85
Figura 5. Mapa do Fator Topográfico (LS) da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	86
Figura 6. Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, utilizando imagem Google Earth, ano 2008/09.	89
Figura 7. Potencial Natural de Perdas de Solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) da a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	92
Figura 8. Potencial de Perdas de Solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) da a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	96

LISTA DE TABELAS

MATERIAL E MÉTODOS

Tabela 1. Graus de limitação por susceptibilidade a erosão.....	40
--	----

ESTUDO 1

Tabela 1. Levantamento Semi-Detalhado de Solos da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, escala 1:30.000.....	49
Tabela 2. Áreas das classes de aptidão agrícola de uso das terras na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.....	56
Tabela 3. Áreas das classes de adequação de uso das terras na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.....	60
Tabela 4 Áreas e percentagens dos usos das terras nos períodos de 1987, 1991, 2001 e 2009 para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	65
Tabela 5. Áreas e percentagens dos conflitos de usos das terras nos períodos de 1987, 1991, 2001 e 2009 para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.....	71

ESTUDO 2

Tabela 1. Normais climatológicas de precipitação (1961 a 1990) para Santa Maria/RS.....	80
Tabela 2. Erodibilidade dos solos (fator K) da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.	81
Tabela 3. Valores relativos ao fator CP para as classes de uso da terra.....	87
Tabela 4. Potencial Natural de Perda de Solo.	91
Tabela 5. Potencial de Perda de Solo.....	95

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Uso da terra	18
2.2 Efeito da perda de solo no comportamento ambiental dos agroecossistemas	20
2.2.1 Matéria Orgânica do solo.....	20
2.2.2 Qualidade da Água.....	21
2.3 Impactos em Reservatórios de água.....	23
2.4 Perda de Solo por erosão laminar.....	26
2.4.1 Erosão do solo.....	26
2.4.2 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).....	27
2.4.3 Potencial Natural à Erosão Laminar	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Área de estudo.....	31
3.2 Geomorfologia, Geologia e Pedologia	33
3.3 Setorização da Bacia Hidrográfica	33
3.4 Base de Dados.....	37
3.5 Levantamento de Solos	37
3.6 Uso da Terra	38
3.7 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)	41
3.7.1 Fatores da EUPS.....	42
3.7.1.1 Fator Erosividade da chuva (R).....	42
3.7.1.2 Fator Erodibilidade do solo (K).....	43
3.7.1.3 Fator Topográfico (LS)	44
3.7.1.4 Fator Uso e Manejo (C).....	44
3.7.1.5 Prática Conservacionista (P).....	45
4. ESTUDO 1: ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS ATRAVÉS DO SISTEMA DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE USO NA ÁREA 1 DA BACIA DE CAPTAÇÃO DA BARRAGEM DO DNOS/CORSAN, SANTA MARIA/RS.....	46
4.1 Introdução	46
4.2 Resultados e Discussão.....	48
4.2.1 Levantamento de Solos.....	48

4.2.2 Geologia	50
4.2.3. Aptidão Agrícola de uso das Terras	55
4.2.4. Áreas de Preservação Permanente (APPs)	58
4.2.5. Adequação de uso das Terras.....	60
4.2.6 Evolução de Uso das terras.....	62
4.2.7 Conflitos de uso das terras	70
4.3 CONCLUSÃO	76
5. ESTUDO 2: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PERDA DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA ÁREA 1 DA BACIA DE CAPTAÇÃO DA BARRAGEM DO DNOS/CORSAN, SANTA MARIA/RS.....	77
5.1 Introdução	77
5.2 Resultados e Discussão.....	79
5.2.1 Fator Erosividade da chuva (Fator R).....	79
5.2.2 Fator Erodibilidade do Solo (Fator K)	80
5.2.3 Fator Topográfico (fator LS)	83
5.2.4 Fator Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas (Fator CP)	87
5.2.5 Potencial Natural de Perda de Solo.....	90
5.2.6 Potencial de Perda de Solo	93
5.3 CONCLUSÃO	97
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento e o entendimento das variáveis, paisagem, tipos de solos e ocupação de uma microbacia hidrográfica ou região é de fundamental importância para um planejamento racional dos recursos naturais em função da velocidade e do tipo de ocupação do espaço físico. Essa utilização racional garante a sustentabilidade produtiva pela adequação de uso desses recursos respeitando suas vocações naturais, para isso, deve haver um gerenciamento da base dos recursos naturais e uma orientação na mudança tecnológica.

Em virtude de um crescimento populacional extremamente desordenado, ocorre uma utilização não racional dos recursos naturais como, por exemplo, o solo. O aumento demográfico traz como consequência uma maior demanda de alimentos, aumentando a pressão de uso sobre as terras, e promovendo a exploração de áreas inapropriadas. O maior impacto causado por essa ocupação indevida pode ser visto em áreas de preservação permanente nas margens de rios e barragens onde muitas vezes a atividade antrópica chega a poucos metros de distância da água.

O aumento das atividades antrópicas em áreas de risco contribui para a ocorrência de processos erosivos que promovem a degradação da qualidade das terras aráveis em várias partes do mundo, além de constituir a principal fonte não pontual de poluição dos recursos hídricos superficiais. O estudo da erosão do solo é geralmente dispendioso e demanda tempo, por isso, a utilização de ferramentas que permitam estimar as perdas de solo vem sendo cada vez mais usadas para esse propósito.

Para estudos que visam identificar, caracterizar ou classificar alguns atributos ambientais, deveria se partir de um conhecimento prévio dos solos que ocorrem na região em questão, o que muitas vezes não é feito. Os levantamentos de solos são base para um planejamento ou zoneamento de áreas que podem ser ocupadas, respeitando sua vocação de uso e com qual propósito elas podem ser usadas e quais as áreas devem ser preservadas. Além do levantamento de solos, o histórico de ocupação e evolução de uso das terras é importante, pois indica a velocidade com que esses recursos vêm sendo usados e com que propósito. Com a técnica de

Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) é possível ter uma análise rápida, econômica e eficiente dos dados obtidos.

Portanto deve-se ter consciência que para utilizar esses recursos necessita-se de uma organização e exploração controlada para que se garanta a qualidade dos mesmos para as gerações futuras.

O reservatório de água do Departamento Nacional de Obras e Saneamento DNOS/CORSAN que abastece cerca de 40% da cidade de Santa Maria vem sofrendo injeções de sedimentos desde a sua formação em 1972 devido ao fato de encontrar-se encravado na Serra do Rebordo do Planalto. Assim o relevo da região promove um carreamento mais significativo de material para dentro do reservatório. Alguns estudos constatam que em aproximadamente 30 anos após a sua formação o reservatório já havia perdido 29% de sua capacidade de armazenamento de água.

Levando em consideração que a fragilidade dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim (textura arenosa e terreno declivoso) somado ao mau uso dos mesmos causa um assoreamento dos rios e do próprio reservatório, diminuindo a sua capacidade. Determinadas áreas vêm sendo utilizadas de tal modo que isso possa afetar diretamente ou indiretamente a qualidade da água do reservatório.

Esse deste trabalho tem como objetivo delimitar áreas de risco ou que sejam potencialmente susceptíveis a perdas de solo, dentro de uma das áreas de captação da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, dentro da qual se encontra o reservatório do DNOS/CORSAN que abasteça a cidade de Santa Maria/RS, através da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).

Como suporte será realizado um levantamento de solos do tipo semi-detalhado, identificando e caracterizando as diferentes classes de solos que ocorrem na região, a qual faz parte das áreas de encostas da região central do Rio Grande do Sul e por fim um estudo do uso atual e da evolução do uso das terras, com objetivo de identificar alterações que vem ocorrendo na área.

Portanto, para que possa ocorrer um desenvolvimento sustentável dessa região devemos conhecer bem as suas limitações ou propor um manejo ambiental que melhor se adapte ao desenvolvimento agrícola e urbano da área. Sendo assim, o trabalho busca encontrar subsídios ao planejamento voltado ao desenvolvimento agrícola e urbano sustentado da Bacia Hidrográfica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso da terra

O uso racional dos solos, de modo sustentável, exige um conhecimento prévio de suas características e limitações (EMBRAPA, 2006). O solo é considerado um componente vital para os agroecossistemas no qual ocorrem os processos e ciclos de transformações físicas, biológicas e químicas, que quando mal manejado pode degradar todo o ecossistema (STRECK et al 2008).

De acordo com Santos et al. (1981), o levantamento do uso da terra tem sua importância, na medida em que os efeitos do uso e ocupação desordenados causam deterioração do meio ambiente. O manejo inadequado que causa a degradação do solo implica em riscos ambientais com impacto negativo para as comunidades rurais e repercussão no meio urbano (STRECK et al 2008; REICHERT et al 2003).

No caso de impactos ambientais, pode ser relacionado o uso do solo com a qualidade das águas dos rios e das áreas naturais (ARCOVA e CICCO, 1999). Esta qualidade é o resultado das influências do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica e ainda mais, em áreas onde se encontra uma intensa atividade antrópica o uso do solo pode afetar as características físicas, químicas e biológicas da água.

Em duas microbacias recobertas por mata atlântica e duas onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva, Arcova e Cicco (1999) encontraram que nas microbacias com agricultura houve um aumento nos valores de temperatura, turbidez e cor aparente da água comparados aos das microbacias florestadas pelo fato da ausência de matas ciliares. Este fato confirma que ocorre uma diferença significativa na qualidade da água tratando-se de diferentes usos da terra.

Lepsch et al. (1991), enfatizam que para conseguir estabelecer o melhor uso da terra deve se conhecer o solo e o meio onde ele se encontra, através de informações pré-existentes, obtidas através de levantamentos realizados na área de estudo. Os diferentes sistemas de classificação sejam eles de classificação interpretativa ou de vocação de uso das terras definem com estas podem ser utilizadas para que ocorra o mínimo de impacto ambiental.

Informações como, por exemplo, as diferentes classes de solo que ocorrem numa região, a sua distribuição geográfica, as limitações e aptidões de uso, podem ser encontradas em relatórios de levantamento de solos e mapas publicados em escalas variáveis de acordo com os objetivos pré-definidos (EMBRAPA, 1995; KLAMT et al 2000. DALMOLIN e PEDRON, 2004).

Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados dos lagos e barragens são consequência direta do mau uso deste recurso Santos et al. (1981).

Levantamentos de solos são a base para o planejamento adequado de uso, podendo ser utilizados para a previsão de riscos de uso, estratégias de manejo e conservação, loteamentos rurais, estudos integrados de microbacias, projetos de desenvolvimentos agrícolas, pastoris e florestais, estudos prévios de impacto ambiental, obras civis, entre outros (EMBRAPA, 1995; KLAMT et al 2000).

No Estado do Rio Grande do Sul as áreas de encostas são vulneráveis a degradação da terra, devido a uma combinação de relevo forte ondulado a montanhoso e solos com pequena profundidade efetiva, além do uso inadequado da área cuja ocupação iniciou, conforme Bernardes (1997), a partir do ano 1850.

Botelho (1999) chama a atenção para as bacias hidrográficas. O autor diz que elas podem ser vistas como uma unidade natural de análise da superfície terrestre, onde se pode reconhecer e estudar inter-relações da paisagem.

Compreendida dessa forma, a bacia hidrográfica passa a ter uma representação como unidade ideal para se fazer o planejamento e a evolução do uso da terra.

Os planejamentos que utilizam a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho, são mais adequadas para compatibilização da produção com preservação ambiental (SOUZA e FERNANDES, 2000), pois a mesma é uma unidade natural geográfica, possuindo características biogeofísicas e sociais integradas.

O mapa de solos que o Estado do Rio Grande do Sul possui na escala de 1:750.000 (BRASIL, 1973) é de extrema importância no papel do reconhecimento do solo, mas não é suficientemente detalhado para fins de planejamento de solos em nível de propriedades rurais, microbacias hidrográficas ou municípios, assim torna-se necessário um levantamento de solos em escalas maiores ($\geq 1:50.000$), em nível de detalhe ou semidetalhe (DALMOLIN et al 2004).

Os produtos de sensoriamento remoto, sem dúvida nenhuma, possuem uma grande utilidade no mapeamento de feições ou de propriedades específicas dos solos, que são de natureza fundamental às suas diversas práticas de uso, principalmente as agrícolas, que utilizam basicamente as informações superficiais (SANTOS et al 2005).

Segundo Valério Filho et al. (1997), quando se utiliza dados digitais de imagens de satélites e geoprocessamento para monitorar o uso agrícola e vegetação em uma microbacia, mesmo não sendo possível um detalhamento significativo das classes de uso e cobertura vegetal, as técnicas de sensoriamento remoto são ferramentas úteis para o monitoramento da dinâmica de uso do solo em uma microbacia hidrográfica.

2.2 Efeito da perda de solo no comportamento ambiental dos agroecossistemas

2.2.1 Matéria Orgânica do solo

Fator de extrema importância nas transformações, principalmente biológicas e químicas, é o teor de matéria orgânica do solo. O carbono orgânico do solo (C.org) desempenha um papel importante nos ecossistemas naturais constituindo uma parte importante da matéria orgânica do solo. Esta por sua vez contém um grande número de nutrientes vegetais, permitindo que o solo retenha água, protegendo a sua estrutura contra a erosão e compactação, e fornecendo energia para bactérias, portanto, determinando a produtividade do solo e da biodiversidade através da fotossíntese da planta, seqüestro de C e o aumento do CO₂ atmosférico (LAL, 2004).

Shrestha et al. (2008) estudando possíveis efeitos de atividades antrópicas sobre a qualidade da matéria orgânica do solo em uma bacia hidrográfica do Nepal, retrata uma significativa alteração da qualidade e dos teores de matéria orgânica do solo quando aplicados diferentes manejos ou intensa atividade antrópica. O autor cita que quando áreas de floresta sofreram degradação ou implantação de outra atividade houve um decréscimo não somente nos teores, mas também na qualidade da matéria orgânica do solo.

Alguns processos erosivos determinam a redistribuição de sedimentos, que dependendo do tamanho, ocupam novas posições na paisagem ou são perdidos do sistema (GALVÃO, et al 2005). A matéria orgânica do solo segue essa redistribuição sempre que associada a fração argila. O uso solo se mostra como fator determinante no que tende a mudanças nos teores de matéria orgânica. O revolvimento intensivo do solo diminui drasticamente seus teores de matéria orgânica, atividade microbiológica e estabilidade de agregados (RHEINHEIMER, 2001 e 2003).

Para o planejamento racional do uso das terras em bases sustentáveis, conhecer a magnitude, as dimensões e as taxas atuais da erosão é uma etapa importante do diagnóstico (SCHERTZ, 1983). Alguns autores (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999) citam que as perdas de solo por erosão podem chegar a 500 milhões de toneladas por ano.

Além do crescimento populacional, fatores naturais, tais como a fragilidade intrínseca dos ecossistemas e chuvas torrenciais, e humanos, como expansão da agricultura em encostas íngremes, invasão de florestas, elevadas pressões de pastejo em pastagens naturais, podem provocar um ambiente de crise nessas áreas (SHRESTHA et al 2008).

Por ser onerosa e dispendiosa (LAL, 1994) a pesquisa da erosão do solo tem optado por modelos que permitem estimar as perdas de solos, permitindo ao pesquisador projetar seus dados experimentais para locais não diretamente representados nas pesquisas (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

Fujihara (2002), no estudo de uma microbacia do oeste paulista afirma que as informações de solos e topografia são mais influentes nos critérios utilizados para predição dos riscos de erosão e capacidade de uso das terras, do que às de clima, geologia e geomorfologia.

2.2.2 Qualidade da Água

A determinação de parâmetros hidrológicos e a previsão da quantidade de sedimentos transportada em uma bacia hidrográfica são de fundamental importância para a busca da sustentabilidade dos recursos hídricos. Tendo em vista que a quantificação da perda de solo por erosão e eventuais práticas de controle estão diretamente relacionadas à produção agrícola.

Ainda falando em sustentabilidade, a erosão é prejudicial não somente sob a óptica econômica. Os problemas ambientais relacionados à erosão, ao transporte e à deposição de sedimentos e substâncias tais como nutrientes e contaminantes têm sido amplamente discutidos na literatura e tem um impacto muito grande perante a sociedade que cada vez mais se preocupa com a preservação dos recursos hídricos.

O uso do solo juntamente com outras práticas culturais está diretamente relacionado com a qualidade das águas que são captadas pelas bacias que abastecem os reservatórios. Através disso, com o apoio de um conhecimento prévio das áreas que cercam esses reservatórios, ou mesmo a sua bacia de captação, podemos relacionar as diferentes situações com a qualidade das águas.

Para Arcova e Cicco (1999), a qualidade da água dos rios de áreas naturais é significativamente influenciada pelo clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica, e nas áreas onde as atividades antrópicas são desenvolvidas o uso do solo contribui para características químicas, físicas e biológicas da água.

Segundo Donadio et al. (2005), existe uma influência bastante significativa da vegetação ciliar remanescente e da ação antrópica na qualidade da água. Em locais ou nascentes, onde ainda permanece algum tipo de vegetação natural remanescente, a qualidade da água é melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo as variáveis, cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total as que mais explicam essas diferenças.

A devastação das matas ciliares contribui para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água, além do comprometimento da fauna silvestre (OLIVEIRA-FILHO et al 1994).

Existe uma grande relação entre a qualidade das águas de uma microbacia e a variabilidade de classes de solos que são verificadas na mesma. Algumas variáveis como valores de temperatura e cor aparente da água (ARCOVA e CICCIO, 1999) apresentam valores superiores aos registrados em microbacias florestadas, concluindo que a ausência de matas ciliares nas microbacias com agricultura proporciona um maior aquecimento das águas. Da mesma forma em áreas onde a nascente ainda se mantém preservada (PRIMAVESI et al 2002) com mata a qualidade da água é melhor do que naquelas onde ocorre predomínio de uso agrícola.

A qualidade de água está relacionada ao tipo de uso e envolve a avaliação da suas condições físicas, químicas e biológicas, relacionando-se à sua potencialidade, quanto a causar dano à saúde humana e ao sistema aquático (GONÇALVES et al 2005). Assim, com o aumento das pequenas propriedades através das partilhas de heranças, ocorre uma produção intensiva e a contaminação antrópica do meio fica potencializada (ODUM, 1971).

As florestas ciliares respondem pela redução da deposição de poluentes de fontes que podem ser controladas, como por exemplo, esgotos domésticos e águas de resíduos industriais em rios e lagos, em diversos tipos de microbacias, de vez que controlam o ambiente físico e químico dos rios e promovem os equilíbrios físicos, químicos e biológicos, por meio da ciclagem de materiais, margens de rios e corpos d'água.

2.3 Impactos em Reservatórios de água

Ações antrópicas geralmente são as maiores precursoras da degradação das bacias hidrográficas como, por exemplo, o desmatamento, o uso inadequado do solo na agricultura e a crescente urbanização, associada aos fenômenos naturais de precipitação. Resultando assim em grande quantidade de sedimentos que são mobilizados e transportados em curto espaço de tempo. Esses sedimentos são, na maioria das vezes, em muito maior volume que aqueles produzidos em centenas de anos nas condições de equilíbrio natural (Paiva, 2003).

Pelo fato de que a capacidade de armazenamento de um reservatório de água e a sua vida útil está diretamente relacionada com a velocidade com que esse reservatório é assoreado por sedimentos, que os estudos relacionados ao comportamento sedimentológico vem sendo cada vez mais difundidos.

De acordo com Carvalho et al. (2000), a velocidade do processo de assoreamento depende do tamanho do reservatório e a deposição gradual de sedimentos pode certamente ocasionar problemas ambientais ou até mesmo a desativação do reservatório.

No Brasil, estudos sedimentológico em reservatórios de água são de extrema importância e necessidade, devido a que, cerca de 90% de toda a energia elétrica

consumida no país provem de fontes hidráulicas, porém, os estudos relacionados a esses assuntos ainda encontram-se incipientes na literatura.

O Reservatório do DNOS/CORSAN teve sua construção iniciada em 1961 com implantação e enchimento em 1972 e representa atualmente 40 % do fornecimento de água para a cidade de Santa Maria. Um estudo realizado por Paiva et al. (1998) avaliou o assoreamento do reservatório durante o período de operação de 1972 a 1997, constatando através de levantamento batimétrico uma redução de 22,87 % na capacidade de armazenamento do reservatório.

A bacia de captação do reservatório do DNOS/CORSAN tem por característica apresentar áreas com uma declividade bastante acentuada. Segundo Meller et al. (2001), através da avaliação das precipitações e enxurradas que ocorrem na área pode ser constatada uma diferença de nível de fundo de seção transversal do rio Vacacaí-Mirim. Essa diferença pode chegar até 60 cm e também modificações significativas na largura (praticamente duplicada) e no acréscimo a sinuosidade (10%).

Outro estudo realizado por Dill (2002), avaliou o uso da terra na bacia hidrográfica contribuinte, identificando as possíveis causas do assoreamento no reservatório, e também constatou uma redução na capacidade de armazenamento do reservatório do DNOS/CORSAN, de 6,58%, entre os anos de 1997 e 2001, em relação a 1972. Levando em consideração que a área apresenta um aumento na urbanização de 2,4% (0,5% em 1972 e 2,9% em 2001) pode-se dizer que urbanização é responsável por uma série de alterações como, corte e aterros, abertura de estradas em locais inadequados, urbanização em locais inadequados (áreas de preservação, áreas com declividade elevada), retirada de mata ciliar entre outros.

Comparando os dados do projeto do reservatório DNOS/CORSAN (1972) com uma batimetria realizada em 2001, Dill (2002) constatou uma redução significativa na capacidade de armazenamento do reservatório de 29,45% em 29 anos. O autor sugere que grande parte dos sedimentos que foram depositados no reservatório tem sua origem no manejo incorreto da bacia, como urbanizações desordenadas, agricultura e pecuária em áreas declivosas e retirada da mata ciliar.

De acordo com Marins (2004) ocorreu uma diminuição da capacidade de amortecimento de cheias pelo reservatório, fazendo avaliações por meio de comparações entre as vazões máximas de entrada e saída do reservatório. O autor

encontra um aumento de 2,28%, em média, das vazões máximas de saída no ano de 2001 em relação ao ano de 1961, mesmo assim, este acréscimo não é tão significativo levando em consideração a diminuição da capacidade de armazenamento de quase 30% (Dill, 2002), e tal fato pode ser atribuído a grande capacidade de descarga do vertedor.

Souza (2001), afirma que a ação da sociedade sobre a superfície e mais ainda sobre o relevo se reflete nas características físicas e químicas, ou seja, na qualidade da água do reservatório do DNOS, tendo influência direta dos diferentes usos da terra encontrados na região.

O continuo uso das áreas urbanas pelo homem tem gerado uma grande demanda por matérias primas e bens de consumo, ocasionando a produção de grandes volumes de rejeitos dos mais variados tipos, os quais tem provocado, freqüentemente, diversas alterações resultando na deterioração do ambiente (STROGANOVA e AGARKOVA, 1993; PEREIRA, 2002; PEDRON et al 2004).

De acordo com De Bie et al. (1996), a degradação das terras é freqüentemente induzida por atividades antrópicas, sendo que os principais contribuintes são as práticas agrícolas inadequadas, incluindo aí o pastoreio intensivo, a super-utilização com culturas anuais e o desmatamento.

Imigrantes italianos e alemães eram dirigidos para estas áreas onde havia floresta nativa e o solo era mais fértil além de ser áreas de preferência do governo da época que deu aos imigrantes europeus a tarefa de fazer recuar a Floresta. A agricultura avançou sobre a floresta, de acordo com Itaqui (2002), sendo que as áreas eram cultivadas por um período não maior que dois anos e logo após abandonadas, derrubando-se novas áreas para o cultivo.

Este processo não vem mais ocorrendo, conforme estudo realizado por Dill (2002) na sub bacia do DNOS, houve um aumento nas áreas de ocupação florestal de 19,5% do ano de 1972 para o ano de 2001, passando de 39,5% para 57,4% em 2001. Este aumento é devido a diminuição das áreas de agricultura e de pastagem.

Neste sentido o efeito da ocupação ou dos diferentes usos da terra pode alterar as condições naturais originais, principalmente em decorrência das alterações/remoções da cobertura vegetal ou mesmo pelo uso inadequado, afetando assim significativamente os processos erosivos, alterando sua intensidade. Portanto, o uso dos recursos da sub bacia hidrográfica pode ser ordenado em função da identificação das áreas de risco de erosão e da capacidade de uso das terras.

2.4 Perda de Solo por erosão laminar

2.4.1 Erosão do solo

O conceito de erosão descende do latim *Erodere* (BIGARELLA, et al 2003) e está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Portanto, é o processo de remoção de uma massa de solo e sua deposição em áreas mais rebaixadas topograficamente, sendo este resultado das forças exógenas.

O fenômeno da erosão do solo é uma resultante da energia cinética dos agentes erosivos. Quando ocorre a diminuição desses agentes a consequência é a deposição desses materiais, que é a última etapa do processo, sendo que, a primeira é a desagregação e a segunda é o transporte das partículas.

A erosão do solo pode ser considerada um processo natural, sendo que é um processo de desenvolvimento da paisagem (CUNHA, 1997), sendo responsável pela remoção de material em superfície.

Porém, quando a remoção desse material ocorre em processo acelerado, isso pode ser atribuído ao resultado das atividades antrópicas em determinadas condições de solo e relevo, por exemplo.

Com isso um dos maiores problemas é a redução da fertilidade do solo, seguido da formação de voçorocas, assoreamento de rios, etc.

A principal forma de erosão é a erosão hídrica. Esta se desenvolve a partir da formação de um canal onde há concentração do escoamento; em seguida, ocorre incremento rápido em profundidade e largura movendo a cabeceira para montante.

Geralmente o que mais afeta o transporte dos materiais é a sua composição granulométrica. No momento do transporte as partículas que primeiro são depositadas são aquelas mais pesadas (no caso as areias), e após as partículas mais leves (silte e argila).

Em alguns locais do mundo principalmente nos trópicos úmidos, as consequências das perdas de solo por erosão, ainda mais quando em nível acelerado, constituem um problema global de degradação de terras. As perdas anuais podem chegar a mais de meio bilhão de toneladas por ano.

Munidos com base na análise de dados de escoamento superficial e perdas de solo obtidos em mais de 10.000 parcelas experimentais, tanto em condições de

chuvas naturais ou simuladas, alguns pesquisadores da Universidade de Purdue (EUA), desenvolveram a Universal Soil Loss Equation (USLE) ou Equação Universal de Perda de Solos (EUPS). Mais tarde a equação evoluiu para um modelo computacional (WISCHMEIER e SMITH, 1978) que expressa a perda anual de solo por unidade de área.

Outros fatores, variáveis morfométricas (TEIXEIRA e CRUZ, 2005; RIBEIRO e SALOMÃO, 2003), como a densidade de drenagem, amplitude altimétrica (MILANI e CANALI, 2000), são parâmetros extraídos por bacias hidrográficas que também se relacionam com a vulnerabilidade ambiental.

2.4.2 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

A Equação Universal de Perda de Solos estima a erosão laminar e erosão em sulcos usando valores que representam os cinco fatores que mais influem no processo erosivo. Estes fatores são erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (fator K), declividade ou topografia do terreno (fator LS), uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P).

A equação se baseia em equações matemáticas que caracterizam os processos dentro do sistema, levando em consideração as leis de conservação da massa e de energia (BIGARELLA, et al 2003).

Portanto é um modelo não preciso devido a grande diversidade de solos, climas e topografia, estes considerados os componentes dinâmicos principais, por isso a importância de estudos regionais para se adaptar as características de cada local.

Sendo assim, a equação é capaz de dar suporte ao planejamento conservacionista de terras agrícolas, realizar uma predição da perda total de solo com dados representativos das condições locais (WISCHMEIER e SMITH, 1978), ser um valioso instrumento para trabalhos de conservação (BERTONI e LOMBARDI NETTO, 1990) e prever com relativa precisão as perdas anuais e médias de solos em condições específicas de declive, solo, sistemas de manejo e cultivo e outros fatores.

Os dois primeiros fatores da equação (R e K) representam, respectivamente, a erosividade da chuva e a erodibilidade do solo. A erosividade expressa a quantidade de solo erodido por unidade do índice de erosão da chuva (erosividade)

para um solo específico, que é mantido numa condição padrão (sem cobertura qualquer embora, submetido a práticas culturais normais em um declive de 9% e comprimento de rampa de 22,25 m).

O simples produto entre R e K expressa a perda de solo por unidade de área mantida na condição padrão. Os demais fatores entram na equação apenas para corrigir o valor de perda de solo para uma condição diferente daquela considerada como padrão.

Os fatores C e P, por serem fatores de origem antrópica, influenciam a interceptação das chuvas, a resistência ao escoamento superficial, a infiltração da água no solo, o armazenamento superficial, o comprimento e o direcionamento do escoamento superficial.

Portanto o valor associado a estes dois fatores é menor ou igual a 1, uma vez que a falta de cobertura do solo e a não utilização de práticas conservacionistas refletem, na maioria das vezes, uma condição de uso do solo que causa as maiores perdas possíveis.

Entretanto o fator C pode atingir valores maiores de até 1,5 em solos muito desagregados e que produzam muito escoamento superficial, bem como os valores dos fatores L e S podem também ser maiores que a unidade, desde que o terreno tenha declividade e/ou comprimento de rampa maiores que a condição padrão.

2.4.3 Potencial Natural à Erosão Laminar

O potencial natural à erosão laminar (PNE) representa a interação dos principais fatores naturais do meio físico intervenientes no processo de erosão laminar, corresponde às estimativas de perdas de solo em áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica (STEIN et al 1987).

O potencial natural à erosão laminar é avaliado qualitativamente em três níveis, representam valores baixo, moderado e alto de perdas de solo, condizentes com a tolerância de perdas admitida para os principais tipos de solo da área, considerando-se as práticas agrícolas mais difundidas, pode ser obtido por:

$$PN = K R L S$$

Onde: K é a erodibilidade do solo, R é a erosividade das chuvas e, LS é o fator topográfico (declividade x comprimento da encosta)

Embora existam dominância de um fator (K, R ou LS) sobre o outro na definição do potencial natural à erosão laminar, no geral ocorre uma razoável interação entre eles. A cada situação um fator pode se sobressair, sem porém excluir a influência dos demais (STEIN et al 1987). As combinações entre K e LS referenciam diretamente as muitas associações possíveis entre os solos e relevos já, o fator R quase nunca é notado com destaque. O substrato rochoso interfere de modo direto, através de sua influência nas formas de relevo e na constituição dos solos (VERBIST et al 2010 e ROMERO-DÍAZ et al 2007)

A agricultura é uma atividade que depende, necessariamente, dos recursos naturais, dos processos ecológicos e dos desenvolvimentos técnicos (FERNÁNDEZ e GARCIA, 2001), da mesma forma que a atividade humana. Portanto, o estudo da erosão dos solos se torna importante, pois o conhecimento antecipado do potencial de erosão de um solo em área pré-estabelecida pode direcionar a atividade humana no sentido de um uso e manejo sustentável dos recursos naturais ali contidos (AQUINO et al 2007), e ainda a atividade agrícola para locais onde não possa causar nenhum impacto ambiental.

Problemas com erosão do solo não são pronunciado somente em áreas agrícolas. Em áreas onde ocorre uma pressão da atividade antrópica, na maioria dos casos não há nenhum tipo de planejamento para receber as populações, que vão se instalando nos setores periféricos desprovidos de infra-estrutura, a assim ocasionando um mau ordenamento dos territórios urbanos (CANIL, 2001).

Segundo Lal (1990), a intensificação do uso da terra e do crescimento populacional sempre esta associada com um aumento da intensidade do processo erosivo, e no Brasil, a erosão acelerada ocorre de maneira generalizada nas áreas urbanas metropolitanas (SILVA e GUERRA, 2001) devido à ocupação indiscriminada das encostas, resultando na produção de material passível de ser transportado para as calhas fluviais.

Avaliando o impacto da cobertura vegetal sob a erosão do solo em uma microbacia hidrográfica do Rio Min, no sudoeste da China, Zhou et al. (2008) afirma que entre os fatores que afetam o erosão do solo, o fator C e o fator LS são os mais importantes, visto que a remoção do material vegetal pode ocasionar enxurradas principalmente em áreas montanhosas que é o caso da microbacia do Rio Min.

Sendo assim, uma restauração ou reabilitação potencial da vegetação poderia oferecer uma forma de melhorar a estabilidade do solo e reduzir as perdas de solo, selecionando espécies adequadas de plantas lenhosas partido das florestas existentes (ZHOU et al 2007).

Dependendo do uso do solo e manejo as perdas por erosão podem ser diferenciadas, assim, Weill e Sparovek (2008) encontraram as maiores perdas estimadas pela EUPS para o cultivo de cana-de-açúcar, comparada a áreas de reflorestamento, pastagens, matas e vegetação ciliar, e que para um mesmo uso do solo com os fatores C (cobertura e manejo da cultura) e P (práticas de controle da erosão) constantes, o fator LS (topográfico) foi o que mais influenciou na variação observada nas taxas estimadas de erosão.

Em estudos no Loess Plateau (ZHENG, 2006) mostra que a vegetação, ou seja, a cobertura do solo é o fator chave que afeta a erosão do solo.

A identificação de zonas potenciais a erosão do solo é de primordial importância para um planejamento adequado de conservação do solo (ZHOU et al 2007), sendo que, as medidas de conservação não somente reduzem a perda de solo, mas também o custo com aplicação de práticas conservacionistas como, terraços e plantio de contorno, que podem ser implementados em uma bacia hidrográfica (SHI et al 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se no município de Santa Maria delimitada pelas coordenadas W53°35' / W54°00' e S29°32' / S29°40' abrangendo parte das cartas planialtimétricas *Santa Maria* (SH.22-V-C-IV/1 - SE) e *Santa Maria* (SH.22-V-C-IV-1 - NE) da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), na escala 1:25.000.

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim situada na região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), ocupando áreas de duas regiões fisiográficas como o Planalto e a Depressão Central fazendo parte, da Bacia Hidrográfica do Rio Guaíba. Toda a água captada por esta Bacia abastece o reservatório formado pela barragem do DNOS. Hoje administrada pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), que está encravada na serra e fica a uma distância de 3 km do centro da cidade de Santa Maria/RS e que contribui com parte do abastecimento de água da cidade de Santa Maria/RS.

Possui um volume máximo de 3.800.000 m³ e uma área de captação de aproximadamente 29 Km². O reservatório tem área inundada de 0,74 km², perímetro de 6,4 km, tendo como referência a crista do vertedouro, que está localizada na cota 132 m. Possui profundidade máxima de 15 m e profundidade média de 4,5 m (PAIVA et al 1998). Sua bacia de captação está numa região de transição entre o Planalto e a Depressão Central, devido a isso se observa a declividade média das vertentes bastante elevadas.

Na parte alta da bacia, ou seja, acima do reservatório, a maior parte da área drenada é de mata nativa, característica do Bioma Mata Atlântida, agricultura de cultivos anuais e permanentes, pecuária (em menor escala) e balneários. Há uma pequena, porém crescente área em fase de urbanização. Abaixo do reservatório, a bacia é característica de área urbana em sua margem direita e de área rural, com campo nativo e agricultura irrigada em sua margem esquerda.

O clima da região é classificado segundo Köeppen, como sendo do tipo subtropical úmido sem estação seca definida. A temperatura média anual é de 19,4 °C e as chuvas são normalmente bem distribuídas sendo que a precipitação normal varia de 1300 a 1800 mm ano⁻¹.

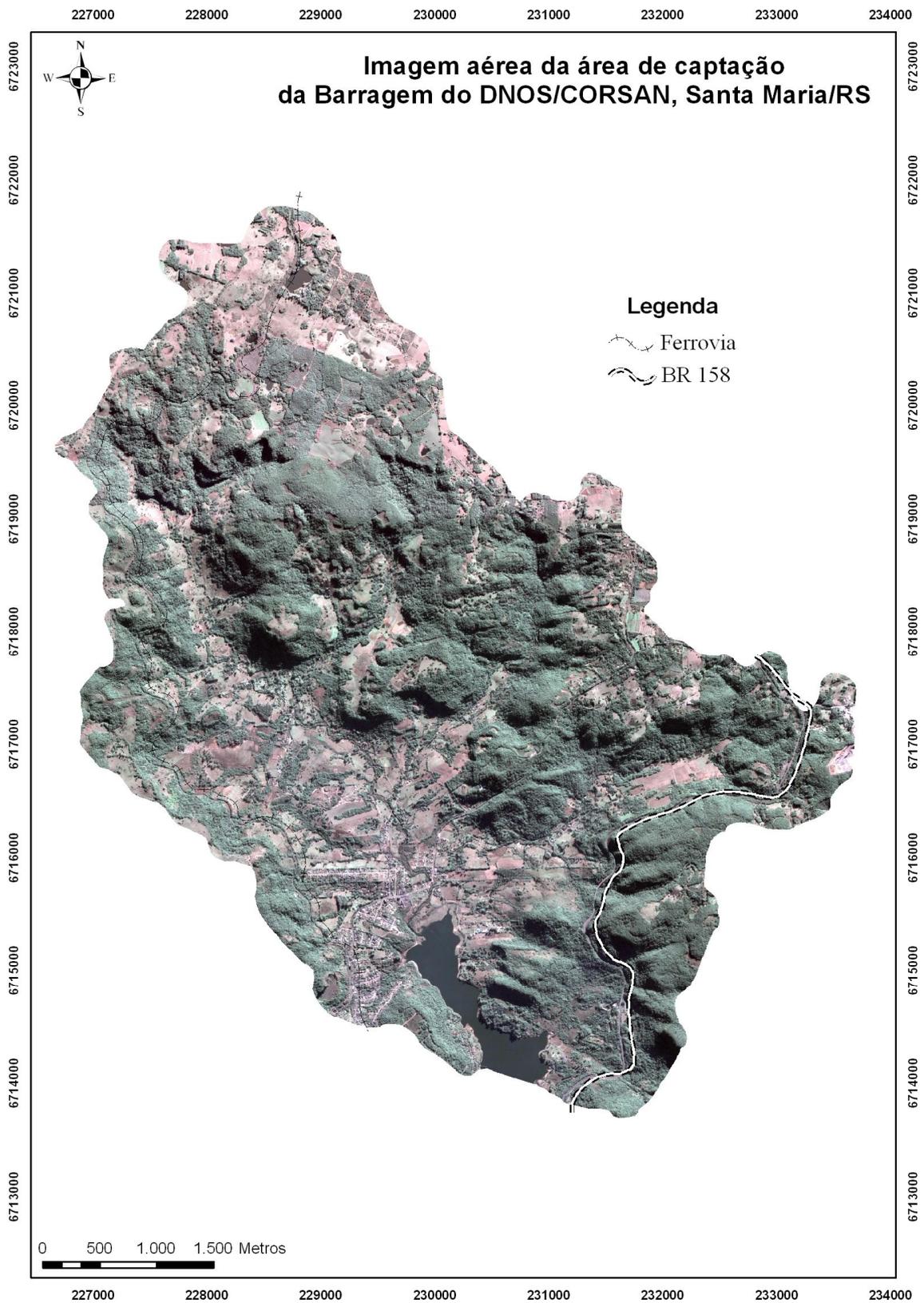


Figura 1. Imagem *Google Earth* da área de captação do reservatório do DNOS/CORSAN. (Fonte: *Google Earth*, 2009).

3.2 Geomorfologia, Geologia e Pedologia

A bacia de captação de água da Barragem do DNOS/CORSAN caracteriza-se por áreas de encosta com relevo ondulado a montanhoso com escarpas abruptas, onde são comuns vales estreitos em forma de “V”, com altitudes de 200 a 400 m (IBGE, 1986), típicas do rebordo do Planalto por estar na transição da Depressão Central e Planalto Médio do RS, onde predominam pequenas propriedades em sistema de agricultura familiar de subsistência. Na área predominam rochas vulcânicas ácidas e/ou básicas da Formação Serra Geral, encontradas nos divisores de água, e rochas sedimentares da Bacia do Paraná, pertencentes as Formações Botucatu, Caturrita e Santa Maria.

A área apresenta uma estrutura geológica relativamente complexa, onde encontra-se, em cotas acima de 350 metros, a Seqüência Superior da Formação Serra Geral, dos 200 aos 350 metros aparece a Seqüência Inferior da Formação Serra Geral, ora no interior dessa última Formação, ora abaixo dela, encontra-se o arenito da Formação Botucatu, e por último a Formação que aparece na base da sub bacia refere-se a Formação Caturrita (BRASIL, 1980).

As classes que predominam na área, em levantamentos de solos de reconhecimento de alta intensidade e do tipo semi detalhado a detalhado, são, Neossolo Litólico em mais de 34% da área, outras classes que compreendem uma menor porção como Argissolo Vermelho e Argissolo Bruno - Acinzentado, Neossolo Flúvico, Neossolo Regolítico, Planossolo Háplico, e associações Neossolo – Cambissolo – Argissolo, Cambissolo – Argissolo, Cambissolo – Argissolo – Neossolo (POELKING, 2007; PEDRON, 2005).

3.3 Setorização da Bacia Hidrográfica

A área de captação do reservatório é formada por 12 áreas de contribuição (MARINS, 2004), que podem ser agrupadas em 4 sub-bacias a partir da existência de estações de monitoramento de dados meteorológicos em cada local. A bacia foi dividida em áreas com a finalidade de agrupar áreas mais homogêneas em relação a solos e declividade para uma melhor identificação dos processos erosivos.

Assim foram denominadas Área 1, Área 2, Área 3 e Área 4 (Figura 2). Para fins de estudos mais detalhados optou-se pela realização dos estudos em somente uma das áreas que se trata da Área 1 (Figura 3), por ser a maior em extensão e apresentar uma grande variabilidade em relação a classes de solos, uso do solo e declividade.

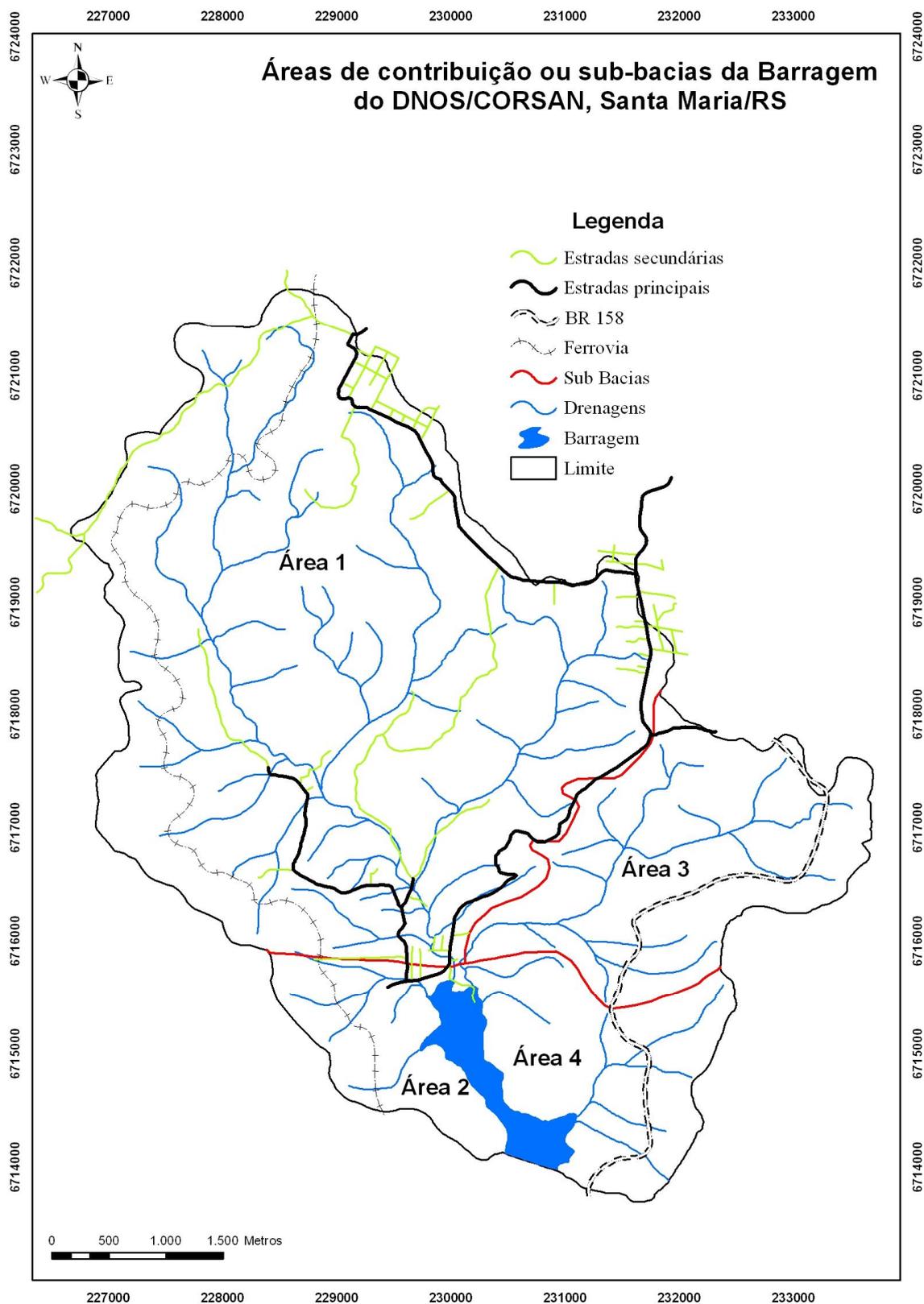


Figura 2. Delimitação das áreas de contribuição ou sub-bacias do reservatório do DNOS/CORSAN. (Adaptado de MARINS, 2004).

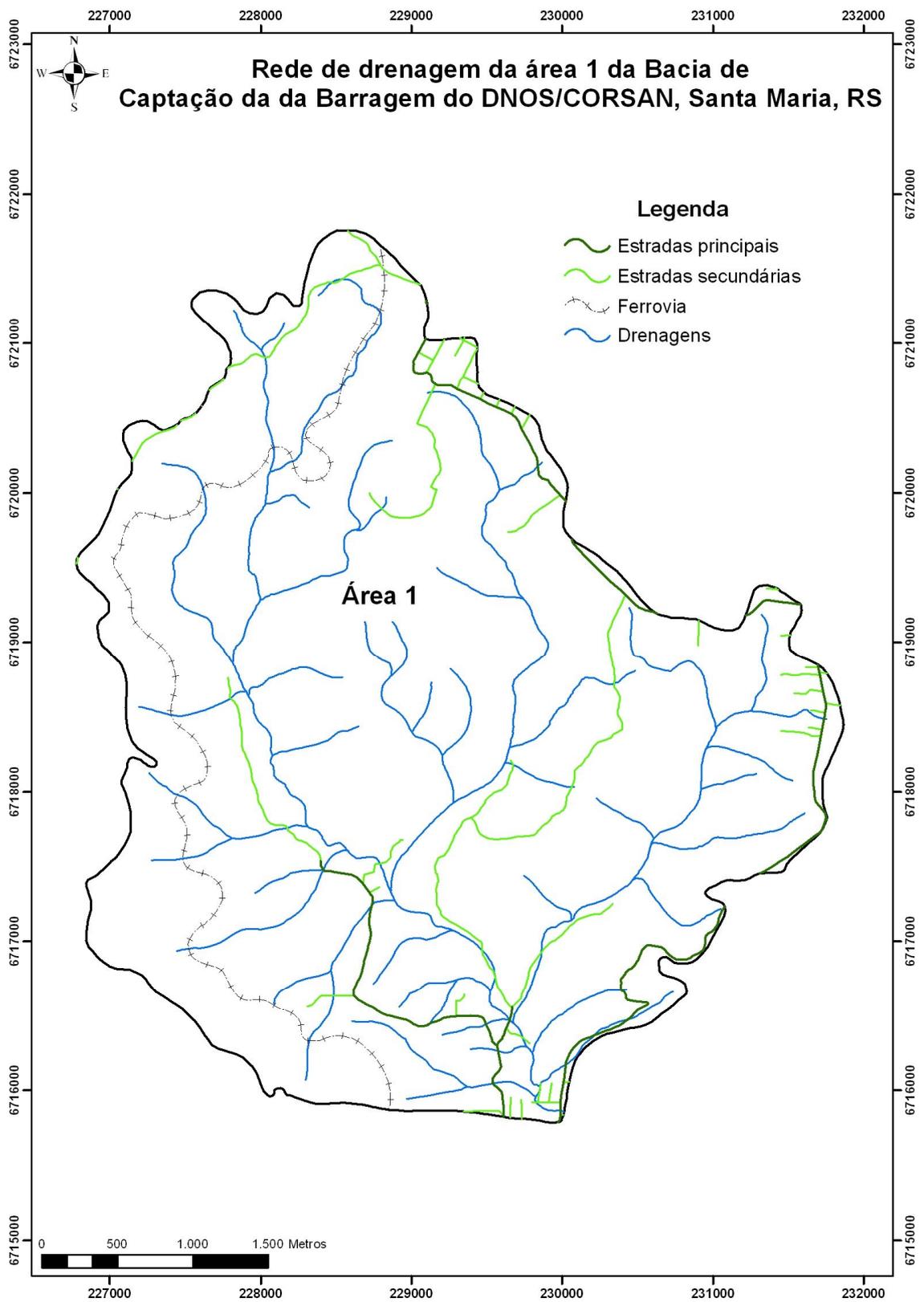


Figura 3. Rede de drenagens e área contribuinte da área de estudo.

3.4 Base de Dados

Todas as informações foram estruturadas em um sistema de informações geográficas (SIG), sendo organizados em projetos, e depois cada projeto composto por uma *camada de informação* onde cada uma representa uma informação diferente (Câmara et al 2001).

As *camadas de informação* referentes aos limites da área de captação, às curvas de nível (DV = 10m) e à hidrografia, foram obtidos a partir da digitalização de cartas topográficas (escala 1:25.000) da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG). A digitalização das respectivas *camadas* foi realizada no software ArcGis 9.3.1, um sistema de informação geográfica (SIG).

A célula básica de informação ou pixel compreende uma área de 20 x 20 m nas direções X e Y. Foi adotado como sistema de coordenadas a projeção universal transversa de Mercator (UTM), 22S, datum WGS1984, meridiano central 51°.

3.5 Levantamento de Solos

Foi realizado um levantamento semidetalhado de solos da área, com escala de publicação de 1:30.000, nas quais foram delineadas as unidades de mapeamento sobre a imagem do aplicativo computacional *Google Earth* (GOOGLE, 2009), que permite simular o trabalho de fotointerpretação convencional, substituindo-se essa fase no levantamento de solos, obtendo-se assim a separação das feições de terreno já referenciadas geograficamente nas cartas topográficas, seguindo metodologia sugerida por Poelking (2007).

Os solos representativos de cada unidade de mapeamento serão classificados segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2006). O material cartográfico básico para execução do levantamento de solos foram imagens do *Google Earth* e também as cartas planialtimétricas *Santa Maria - SE* e *Santa Maria - NE* na escala 1:25.000. Para caracterização dos solos da área, os perfis serão descritos conforme Santos et al. (2005).

Após a conclusão da legenda e da fotointerpretação, foi produzido o mapa de solos. Posteriormente a isso foram feitos ajustes no mapa de solos através da

conferência no campo, observando os diferentes compartimentos da paisagem separados na fotointerpretação e a(s) classe(s) de solo predominante.

Nesta conferência de campo, através do percorrimto de topossequências predefinidas na paisagem, foram realizadas várias sondagens através de tradagens e descrição dos perfis modais conforme metodologia de Santos et al. (2005). O sistema de classificação interpretativa a ser utilizado será a aptidão agrícola das terras descrita por Ramalho Filho e Beek (1995). O mapa de solos e o mapa de aptidão agrícola das terras serão digitalizados formando *camadas*, utilizando o Sistema de Informações Geográficas, software (ArcGis 9.3).

A composição granulométrica foi determinada conforme metodologia da Embrapa (1997), modificado por SUZUKY et al. (2004). Nesse caso, a metodologia de determinação empregada foi aquela baseada na dispersão do solo com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 4 % e agitação horizontal lenta por 4 horas, sendo a fração areia separada por tamisação úmida (peneira com abertura de 0,053 mm)

As análises químicas como pH do solo em água ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$), teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ e Al^{3+} também seguiram metodologia preconizada pela Embrapa (1997). A partir dos dados analíticos serão calculadas a $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$, $\text{Al}\%$; e $\text{V}\%$. A determinação de carbono orgânico no solo foi realizada pelo método Mébius modificado (YEOMANS e BREMNER, 1988 e NELSON e SOMMERS, 1996).

3.6 Uso da Terra

Para o estudo do uso da terra foi realizada uma avaliação espaço-temporal utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto, objetivando identificar as áreas de conflito de uso.

Para este estudo foram utilizados dados das imagens do satélite LANDSAT TM-5 (banda 4, banda 3 e banda 2), uma falsa cor que permite a diferenciação e menor confusão dos alvos coletados. Para uma maior precisão de coleta de dados foram usados as combinações de cor verdadeira, (Bandas 1, 2 e 3) e também uma composição das bandas 5, 4 e 2 que auxiliam na visualização da vegetação e de solo exposto.

As imagens são de 1987, com passagem em 18 de junho, de 1991, com passagem em 4 de janeiro, 2001, com passagem em 7 de maio e de 2009, com

passagem em 29 de janeiro, das no período de janeiro dos respectivos anos, obtidas junto ao INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais).

Para cada época a metodologia constou de processamento digital da imagem (PDI), georreferenciamento das imagens, classificação digital do uso da terra em 5 Classes: Florestas (que abrangem Florestas naturais, Florestas plantadas), Lavoura, Campo (que abrangem campo nativo, capoeira, pastagem plantada), Uso Urbano (ocupação urbana, construções, estradas) e Corpos d'água com a respectiva quantificação de cada uma dessas classes.

As imagens foram classificadas com uso de uma técnica, onde são extraídos os objetos relevantes para a aplicação desejada. Neste processo, divide-se a imagem em regiões que devem corresponder aos temas de interesse da aplicação, ou seja, um conjunto de "pixels", que apresentam uniformidade na resposta espectral dos alvos.

O processamento digital das imagens foi realizado no software ENVI 4.3, usando para a classificação o algoritmo *Mahalanobis Distance*. A classificação através do classificador *Mahalanobis Distance* leva em consideração a distância sensível e usa estatísticas para cada classe. Todos os pixels são classificados para a classe mais próxima, a menos que o polígono de coleta de amostras especifique um limite de distância, caso em que alguns pixels podem não serem classificados se não cumprir o limiar de distância.

Para a imagem de 2009 foi utilizada a classificada de forma supervisionada com posterior checagem no campo com identificação e mapeamento dos usos das terras.

As imagens depois de classificadas foram exportadas no formato tif/geotif para a sequência de cruzamento realizados no software ArcGis 9.3.1.

Como apoio cartográfico foram utilizadas as cartas planialtimétricas na escala 1:25.000, referentes as folhas de *Santa Maria - SE* e *Santa Maria - NE* que serão digitalizadas em formato vetorial, constando a rede viária, rede de drenagem e principais toponímias. O processamento digital dos dados foi realizado no ArcGis 9.3.1.

Para a geração do mapa de declividade foi realizada a digitalização das curvas de nível da carta topográfica. Após isso através da obtenção de uma grade de triângulos irregulares (TIN) foi gerado o mapa das declividades, com os respectivos valores de declividade que são indicados na tabela 1.

Tabela 1. Graus de limitação por susceptibilidade a erosão.

Declividade	Limitação
0 – 3%	Plano/praticamente plano
3 – 8%	Suave ondulado
8 – 13%	Moderadamente ondulado
13 – 20%	Ondulado
20 – 45%	Forte ondulado
45 – 100%	Montanhoso
> 100%	Escarpado

Também foi gerado o mapa de conflitos de uso, através do cruzamento dos mapas de aptidão agrícola das terras e uso atual das terras, utilizando o software ArcGis 9.3.1. Neste mapa foram identificadas as áreas onde as terras estão sendo sub-utilizadas, superutilizadas e aquelas áreas onde a utilização está adequada a aptidão máxima de uso, podendo ser também localizadas áreas de risco e aquelas em processo de degradação ambiental. Essas informações podem ser extrapoladas para as demais áreas de encosta do estado do Rio Grande do Sul.

3.7 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

Existem vários estudos para avaliar os riscos de erosão do solo, porém, o presente estudo tomou por base a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que permite a estimativa da perda anual de solo, expressa em toneladas por hectare por ano, sendo dada pelo produto de seis fatores, de acordo com a equação 01 (WISCHMEIER e SMITH, 1978; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999):

$$A = R * K * L * S * C * P \dots\dots\dots(01)$$

onde:

A = perda de solo, em t ha⁻¹.ano⁻¹;

R = fator erosividade da precipitação pluvial e da enxurrada, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

K = fator erodibilidade do solo, em Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹;

L = fator comprimento da rampa, adimensional;

S = fator grau de declividade, adimensional;

C = fator de cobertura e manejo da cultura, adimensional;

P = fator práticas de controle da erosão, adimensional.

A aplicação da EUPS em uma plataforma digital de um sistema de informação geográfica exige a elaboração de *camadas* de cada fator do modelo, que corresponde à representação espacial da sua variação na área de estudo (WEILL e SPAROVEK, 2008). Os procedimentos para ajuste local e espacialização dos fatores da EUPS são descritos abaixo.

3.7.1 Fatores da EUPS

3.7.1.1 Fator Erosividade da chuva (R)

O fator R é calculado a partir de índices mensais de erosão e expressa a capacidade da chuva de causar erosão em área sem proteção, obtidos pela equação 02, desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI_i = 67,355 \left(\frac{r_i^2}{P_i} \right)^{0,85} \quad (02)$$

onde:

EI_i = média mensal do índice de erosão, no *iésimo* mês ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

r_i = precipitação pluvial média mensal, em mm, no *iésimo* mês;

P_i = precipitação pluvial média anual, em mm; ($1 \leq i \leq 12$).

O fator R, correspondente ao somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999), foi considerado constante para toda a área de estudo.

Registros da precipitação pluviométrica na área de estudo estão disponíveis apenas para os períodos de março de 1998 a maio de 2000 (estação pluviográfica instalada pela Companhia Rio-Grandense de Saneamento, CORSAN, com aparelho registrador mecânico) e de novembro de 2000 a novembro de 2003 (estação pluviográfica instalada pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, GHIDROS, com aparelho registrador eletrônico).

A equação desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) exige a entrada de uma longa série de registros de precipitação pluviométrica (dados normais), ou seja, observações de um período de 30 anos.

Assim, os dados utilizados foram os da Estação Meteorologia que fica situada no campus da Universidade Federal de Santa Maria na área do Departamento de Fitotecnia, com normais climatológicas de precipitação de 1961 a 1990.

Para obtenção do *fator R*, o valor calculado a partir da equação 02 será atribuído a toda a área de estudo.

3.7.1.2 Fator Erodibilidade do solo (K)

O fator K é a sua vulnerabilidade e susceptibilidade a erosão, que é a recíproca da sua resistência a erosão, e foi calculado para cada classe solo encontrada na área empregando o modelo selecionado por Denardin (1990) para solos do Brasil e dos Estados Unidos, conforme a equação 03:

$$K = 0,00000748.M + 0,00448059.P - 0,0631175.DMP + 0,01039567.REL \quad (03)$$

onde:

K= erodibilidade estimada, em $Mg \ h \ MJ^{-1} \ mm^{-1}$;

M = variável expressa pela equação 04:

$$M = (\%silte + \%areia \text{ muito fina}) * (100 - \%argila) \quad (04)$$

P = variável permeabilidade do solo, de acordo com a classificação:

- (1) rápida;
- (2) moderada a rápida;
- (3) moderada;
- (4) lenta a moderada;
- (5) lenta;
- (6) muito lenta.

DMP= variável diâmetro médio da partícula, ou DMP, expressa em mm e calculada segundo a equação 05 (mm):

$$DMP = \sum(C_i * P_i) \quad (05)$$

onde:

C_i = centro da classe textural i , expresso em mm;

P_i = proporção de ocorrência da classe textural i , expressa em %.

REL= variável expressa pela equação 06 (adimensional):

$$REL = (\%MO / \%areia \text{ total} - \%areia \text{ muito fina}) \quad (06)$$

onde:

MO% = o valor da matéria orgânica em percentagem.

As variáveis M, DMP e REL foram calculadas com base nos resultados analíticos da camada amostrada do horizonte A ou da camada de 0 a 20 cm dos solos. A variável P foi estimada pela análise integrada dos dados de todo o perfil do solo, onde serão reunidas informações a cerca da profundidade do solo, ocorrência de gradiente textural, granulometria, presença de mosqueados ou de cores de redução, uso da terra e posição na paisagem (WEILL e SPAROVEK, 2008).

3.7.1.3 Fator Topográfico (LS)

Os fatores L (comprimento da rampa) e S (grau de declividade) foram combinados em um único fator, por ser a intensidade da erosão hídrica variável, dependendo da rampa que a água percorre, através de suas características comprimento (L) e grau de declive (S).

É referido por fator LS ou topográfico, que representa a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer, comparada as perdas de solo correspondentes a uma parcela unitária padrão de 22,25 metros de comprimento com 9% de declividade e estimado pela equação 07, desenvolvida por Bertoni e Lombardi Neto (1999):

$$LS = 0,00984.C^{0,63} D^{1,18} \quad (07)$$

onde:

LS = fator topográfico (adimensional);

C = comprimento da rampa, em m; D = declividade, em %.

3.7.1.4 Fator Uso e Manejo (C)

O fator C, que expressa o efeito combinado da proteção oferecida pela cobertura vegetal e os diferentes sistemas de manejo. O fator C mede o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo utilizadas, desde o plantio até a colheita, e influenciado pela época que cada operação é realizada. A obtenção do fator C foi realizada através da classificação do uso da terra na imagem do Google Earth (2008/09) e um valor atribuído para cada classe de uso conforme a literatura.

3.7.1.5 Prática Conservacionista (P)

O Fator P refere-se às práticas de controle da erosão. É definido conforme a categoria de uso da terra, a partir de anotações de campo e da literatura especializada (WISCHMEIER e SMITH, 1978; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Portanto, é a relação entre a intensidade de perdas de solo com uma determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura esta plantada no sentido do declive ou “morro abaixo”.

4. ESTUDO 1: ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS ATRAVÉS DO SISTEMA DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE USO NA ÁREA 1 DA BACIA DE CAPTAÇÃO DA BARRAGEM DO DNOS/CORSAN, SANTA MARIA/RS.

4.1 Introdução

Toda premissa do estudo de ocupação e de evolução de uso das terras parte de um princípio, e este deve ser bem definido, que é o levantamento de solos. Para que se consiga êxito na elaboração de um planejamento de uso das terras e previsão de conflitos de uso, os levantamentos de solos são importantes, porque através deles são delineadas diferentes classes mediante a análise de dados analíticos e morfológicos dos perfis (DALMOLIN et al. 2004).

Dependendo do objetivo pelo qual o levantamento é feito, as informações nele contidas podem ter maior ou menor detalhe (KLAMT et al. 2000; STRECK et al. 2002).

Partindo dessas informações preliminares referentes principalmente ao meio físico, podem ser realizados planejamentos estratégicos que visam uma melhor organização da exploração dos recursos.

Tratando de áreas que se encontram em uma região chamada Rebordo do Planalto Sul Rio-Grandense, a pesquisa (DALMOLIN et al. 2006; STÜRMER et al. 2009) nos remete a uma região que apresenta uma pronunciada fragilidade dos sistemas pedológicos. Essa maior fragilidade deve-se a uma diversidade muito grande de superfícies geomorfológicas da área que apresentam um relevo bastante acidentado, o que faz com que este venha a sofrer um intenso processo de modificação. Conseqüentemente ocorre a retirada natural de material de cotas mais altas do relevo e posterior deposição em locais mais planos.

Por suas características de relevo e pela predominância de pequenas propriedades, que essa região tem suas áreas usadas de forma inadequada. Também pelo fato de que o aumento da população pressiona a exploração de áreas marginais, como regiões de relevo montanhoso e próximo a drenagens.

Como a qualidade da água dos rios e de áreas naturais sofre a influência direta do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação que os recursos hídricos dessas áreas são afetados pelo assoreamento e eutrofização (DILL et al. 2004), principalmente em áreas onde ocorre uma intensa atividade antrópica.

O conhecimento a respeito da vocação de uso das terras é necessário para que cada parcela de terra seja utilizada de acordo com a sua capacidade de suportar tal uso e que promova uma rentabilidade econômica. Outro aspecto importante é que através disso pode haver a manutenção desses recursos para as próximas gerações (LEPSCH et al. 1991).

Um dos sistemas mais utilizados no Brasil para esse procedimento de avaliação interpretativa é o Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Em trabalhos em pedologia a integração entre ciência do solo e tecnologias computacionais possibilita um avanço nas pesquisas (McBRATNEY et al. 2003; POELKING, 2007) em levantamentos de solos e análise da dinâmica de ocupação de uso das terras.

O auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em trabalhos de levantamento de solos, resulta em uma maior facilidade e rapidez na utilização de ferramentas para análises geoestatísticas, sobreposição dos mapas, cálculo de áreas e cruzamento de informações, gerados a partir dos atributos ambientais (POELKING, 2007; PEDRON et al. 2006; GIASSON et al. 2006).

O objetivo desse estudo foi realizar um levantamento de solos da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, utilizando técnicas de geoprocessamento, e a geração dos mapas de solos, áreas de proteção permanente, aptidão agrícola para elaboração do mapa de adequação de uso das terras.

Analisar a evolução do uso das terras da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, pela análise digital de imagens de satélite de quatro épocas distintas, 1987, 1991, 2001 e 2009 e estudo dos conflitos de uso em cada época.

4.2 Resultados e Discussão

4.2.1 Levantamento de Solos

As classes de solos identificadas na área de estudo são apresentadas na tabela 1. Portanto são elas: ARGISSOLO VERMELHO Alítico típico, ARGISSOLO BRUNO-ACINZENTADO Alítico abruptico, NEOSSOLO LITÓLICO Distro-umbrico típico, PLANOSSOLO HÁPLICO Alítico típico, NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico fragmentário, NEOSSOLO REGOLÍTICO. E associações de solos como Cambissolo – Neossolo e Neossolo Litólico – Neossolo Regolítico. Para o levantamento de solos na escala 1:30000, as unidades de mapeamento são apresentadas na figura 1.

De acordo com a tabela 1 mais de 50% da área é formada por Neossolos Litólicos, geralmente sendo encontrados em locais de maior declividade. Por essa declividade mais acentuada, superior a 45%, que nesses locais o relevo sofre um processo de rejuvenescimento permanente (SAMUEL-ROSA, 2009), sendo assim, o fato pelo qual ocorre a predominância de solos rasos é que as taxas de perdas se equivalem as taxas de formação.

Nas áreas localizadas mais ao norte da Bacia de Captação encontram-se solos mais profundos, como Argissolos Vermelhos, numa proporção de 12%, e em locais com características de hifomorfismo, Planossolos Háplicos, pouco expressivos, com participação de 1,6% da área. Os Planossolos Háplicos também são encontrados nas cotas mais baixas da área de estudo próximas a Barragem do DNOS/CORSAN.

Os Argissolos Vermelhos apresentam grande variabilidade ambiental, morfológica, física e química, que afetam o seu potencial de uso (PEDRON, et al. 2004). São solos que caracterizam-se pelo horizonte superficial de textura arenosa a média sobre um horizonte subsuperficial de textura média a argilosa, podendo apresentar horizonte E logo acima do horizonte B textural (STRECK et al. 2008). Apesar do seu potencial de uso estes solos apresentam susceptibilidade a degradação ambiental quando manejados inadequadamente.

Nas áreas de Planossolos Háplicos no geral predominam áreas de campo nativo pela sua pouca expressão na área de estudo, pouco mais de 31 ha. Esses solos apresentam horizonte subsuperficial argiloso e ocorrem em áreas de banhado

e em várzeas que são áreas de recarga dos aquíferos locais (MACIEL FILHO, 1990).

Os Argissolos Bruno-Acinzentados são encontrados em 14% da área e geralmente ocorrem num relevo não tão acidentado e o seu uso é basicamente com campo nativo e algumas área de lavoura, mas num aspecto de subsistência. Foram encontrados em locais onde os processos erosivos são mais facilmente identificados. Isso pode estar relacionado ao seu material de origem onde, Formações Geológicas como Arenito Botucatu e Arenito Caturrita que originam solos com textura mais grosseira, ou seja, mais arenosa, dão origem a solos mais frágeis em relação ao manejo e ao próprio uso (MIGUEL, 2009).

Apesar da dificuldade de separar as classes de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico, foram mapeadas áreas em que há predominância de Neossolos Regolíticos totalizando 1,4% da área. Isso somente pode se realizado pela maior quantidade de perfis modais descritos nessas áreas (FINK, 2009), o que caracterizaria um levantamento de solos com um nível maior de detalhe.

Os Neossolos Flúvicos constituem a classe de menor expressão, perfazendo cerca de 1% da área, e sendo encontrados acompanhando as drenagens, e ainda no caso acompanhando a drenagem principal que é o Rio Vacacaí-Mirim.

As associações de solos, Cambissolo – Neossolo e Neossolo Litólico – Neossolo Regolítico ocupam 14% e 5,5% da área respectivamente. São encontradas geralmente no terço inferior das encostas. Possuem elevado potencial de degradação quando mal manejadas por se concentrarem em uma faixa de declividade de 20 a 45%.

Tabela 1. Levantamento Semi-Detalhado de Solos da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, escala 1:30.000.

SiBCS 2006	Área (ha)
Argissolo Bruno-Acinzentado	264
Argissolo Vermelho	219
Cambissolo – Neossolo	263
Neossolo Litólico – Neossolo Regolítico	100
Neossolo Litólico	953
Neossolo Regolítico	27
Neossolo Flúvico	17
Planossolo Háplico	31
Área Total	1895

4.2.2 Geologia

A figura 2 apresenta o mapa de geologia da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN. A área de estudo apresenta nas partes mais elevadas, acima de 350 m de altitude, a sequência superior da Formação Serra Geral. Essa sequência constitui-se basicamente de rochas de composição ácida, que normalmente ocorrem capeando as rochas efusivas básicas (PENNA e SOUZA, 2001).

Em cotas mais baixas aparece a sequência inferior da Formação Serra Geral, de composição básica. Segundo Brasil (1980), ocasionalmente, entre as lavas ocorrem camadas de arenito interderrames, com estratificação cruzada tangencial e brechas constituídas por fragmentos de basalto e arenito cimentados por lava basáltica.

As camadas de arenito correspondem a Formação Botucatú, que aparece ora no interior da sequência inferior da Formação Serra Geral, ora abaixo dessa, separando-a da formação seguinte. São arenitos de coloração vermelha, róseo e amarelo clara, finos a médios, feldspáticos, bimodais com grãos bem arredondados e foscos (BRASIL, 1980).

Outra formação rochosa que aparece em cotas próximas ao nível da barragem, é a Formação Caturrita. Constituída de um membro Juro-triássico. Essa formação é composta por arenitos médios e finos róseos, com estratificação cruzada acanalada e planar, intercalados com siltitos vermelhos, de ambiente fluvial.

Analisando a figura 3, podemos concluir que somente na Formação Serra Geral são encontrados os Argissolos Vermelhos devido ao substrato rochoso do qual estes solos são originados. Já os Argissolos Bruno-Acinzentados são encontrados nas demais formações que compõe a área.

Segundo Miguel (2009), a classe dos Planossolos não era encontrada na Formação Serra Geral, em um levantamento de solos com escala de 1:50000, realizado na área de estudo. No entanto, este trabalho já mostra uma melhor nitidez de detalhes em relação a algumas classes de solos que ocorrem na área. Os Planossolos Háplicos são encontrados tanto na Formação Serra Geral (sequência superior) como também na Formação Caturrita.

Estes solos estão em uma posição na paisagem que os remete a um risco mais elevado de degradação pelo fato de que na maioria das vezes torna-se mais

fácil o descarte de resíduos em áreas mais planas e com um uso relativamente limitado pela má drenagem.

Os Neossolos não aparecem em todas as formações geológicas encontradas na área. Geralmente são encontrados em área mais declivosas que fazem parte de áreas de preservação permanente. Apesar disso, existem áreas com declividade superior a 45% que vem sendo cultivada pelos pequenos agricultores da região, onde alguns Neossolos originados do Arenito Botucatú possuem uma textura muito arenosa e um alto grau de susceptibilidade a erosão do solo.

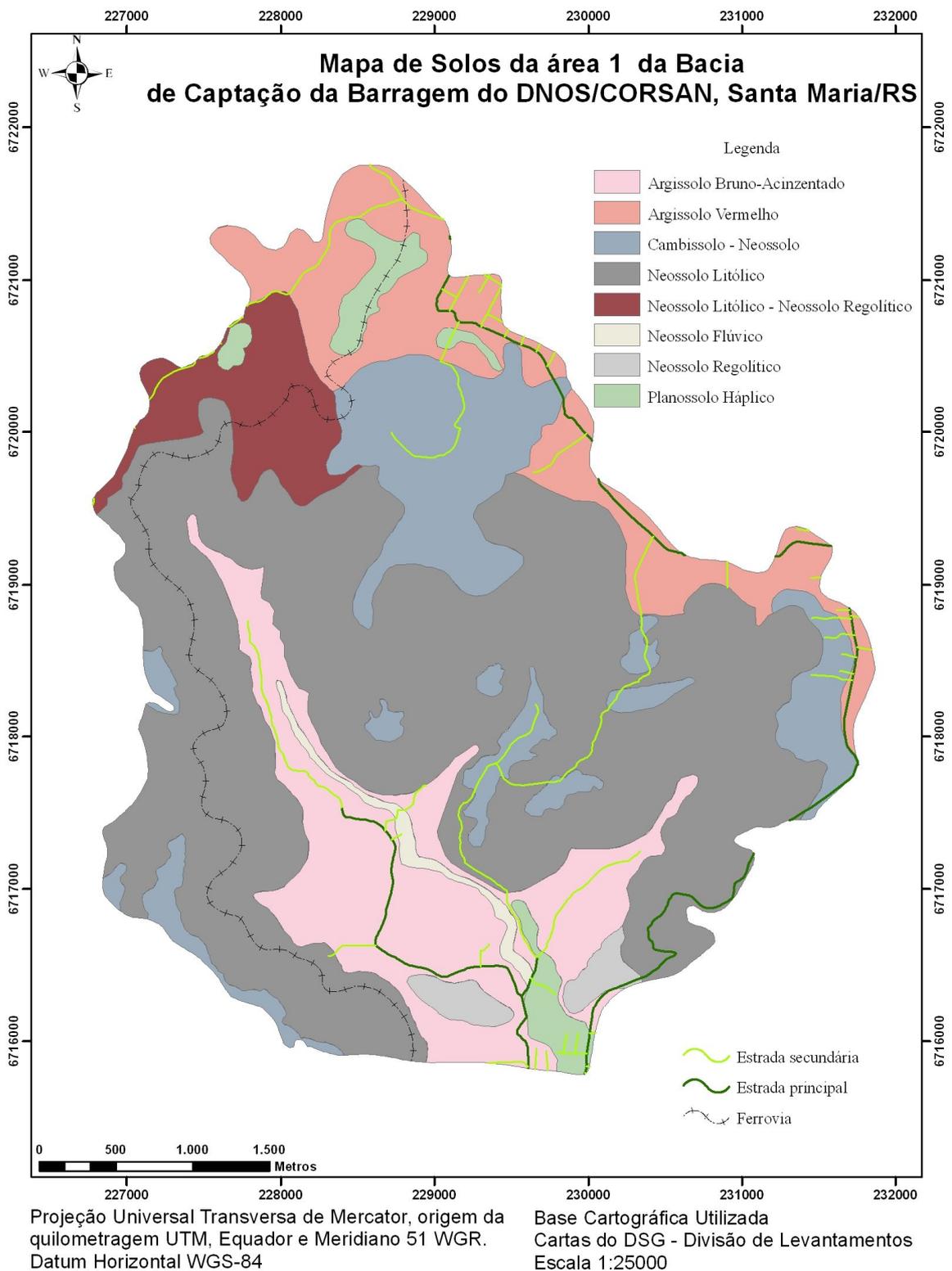
Na Formação Botucatú são encontrados representantes de quase todas as classes de solos, exceto o Argissolo Vermelho. Por isso a importância desse tipo de substrato para o estudo dos solos da área 1, levando em consideração que os solos formados por esse tipo de rocha têm como característica uma textura mais arenosa e conseqüentemente apresentam maiores problemas com erosão do solo.

Na Formação Caturrita estão presentes Neossolos Flúvicos, Litólicos e Regolíticos, Planossolos Háplicos, Argissolos Bruno-Acinzentados.

É nesta Formação que predominam os focos pontuais de degradação do solo e da água na área estudada, devido à sua ocorrência em cotas mais baixas e à textura mais arenosa de seus solos, potencializados pela concentração de uso urbano e agrícola na área de estudo.

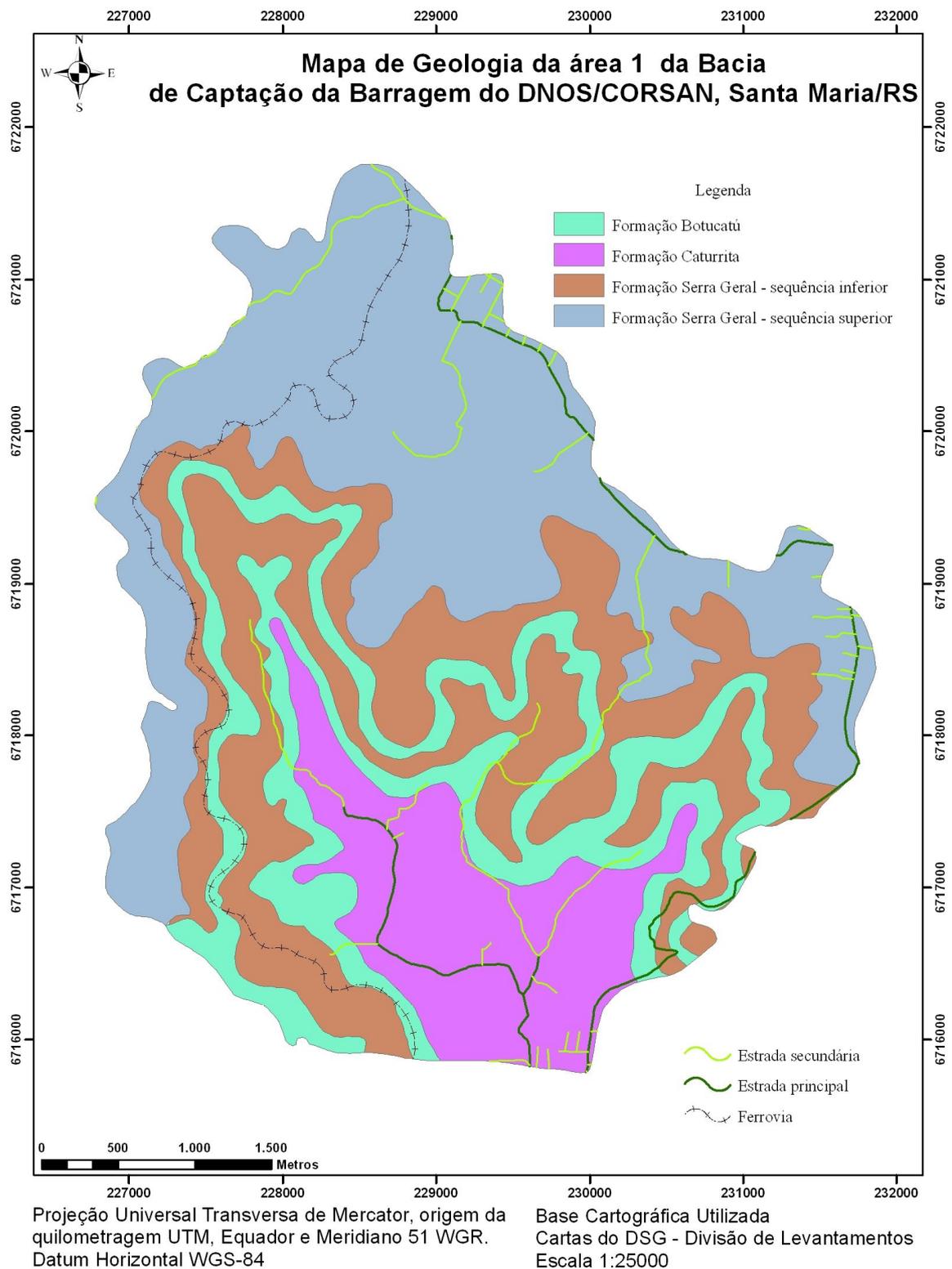
Assim é possível identificar dois grupos que apresentam maior fragilidade: o primeiro está relacionado com a declividade dos materiais vulcânicos (Neossolos e Cambissolos), que por serem solos rasos apresentam uma fragilidade morfológica maior principalmente relacionado a sua estrutura.

O segundo grupo está relacionado com a textura arenosa dos materiais sedimentares (Argissolos, Neossolos e Planossolos), estes solos por sua vez, apesar de serem encontrados em locais de relevo mais plano, sofrem a ação do transporte mecânico de partículas o que ocasiona perdas significativas de solo para cotas mais baixas do terreno ou mesmo para dentro do reservatório.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 1. Mapa Solos, escala 1:30000 da área 1.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 2. Mapa Geológico, escala 1:30000 da área 1.

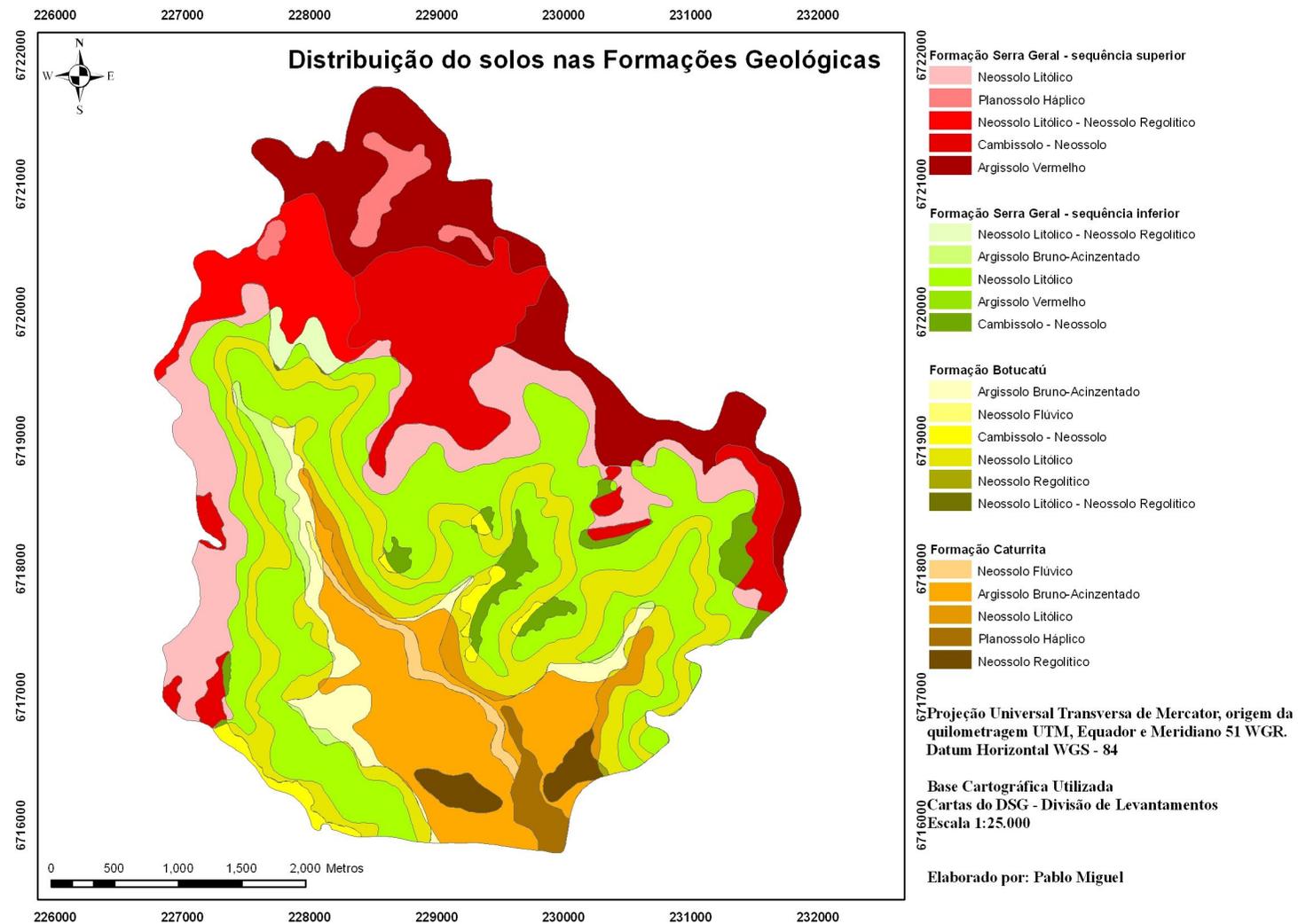


Figura 3. Distribuição das classes de solos nas diferentes formações geológicas que ocorrem na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS. Escala 1:30000.

4.2.3. Aptidão Agrícola de uso das Terras

O mapa de aptidão agrícola das terras da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN pode ser analisado na figura 4.

O sistema de aptidão agrícola das terras é uma classificação interpretativa que se baseia no conceito de terra e foi desenvolvido para interpretar os mapas de levantamentos sistemáticos de solos (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). Portanto, o mapa de aptidão foi gerado a partir do levantamento de solos, na escala 1:30000, conjuntamente a informações relevantes obtidas a campo.

Uma característica importante do sistema de aptidão é que as informações podem ser representadas graficamente, em um só mapa, para os diversos tipos de utilização.

Mais de 50% da área apresenta aptidão inferior, sendo somente indicada para a preservação da fauna e da flora (6) (Tabela 2). Essa classe está situada quase que na sua totalidade no Rebordo do Planalto e em áreas de maior declividade e conseqüentemente apresentando solos menos desenvolvidos.

Ainda em áreas do Rebordo do Planalto, mas já em uma transição para a Depressão Central, as aptidões ainda são inferiores, apresentando as classes (4P, 5ns e 5N). Essas classes correspondem aproximadamente a 7,6% da área.

A classe 4P apresenta terras inaptas para lavoura e boas para pastagem plantada, a classe 5ns, apresenta terras inaptas para lavoura e regulares para pastagem natural e silvicultura e a classe 5N apresenta terras inaptas para lavouras e boas para pastagem natural.

Já no restante da área onde ocorrem os solos mais desenvolvidos, as classes de aptidão são melhores. As classes encontradas são 2"ab(c), 2"(b)c, 2"c, correspondendo as 14%, 13% e 14% da área respectivamente.

As classes que aparecem com um traço contínuo abaixo delas indica que pode haver alguma classe com aptidão superior a indicada na legenda. No caso de uma associação de solos, uma das classes, geralmente a de menor expressão apresenta aptidão superior a indicada.

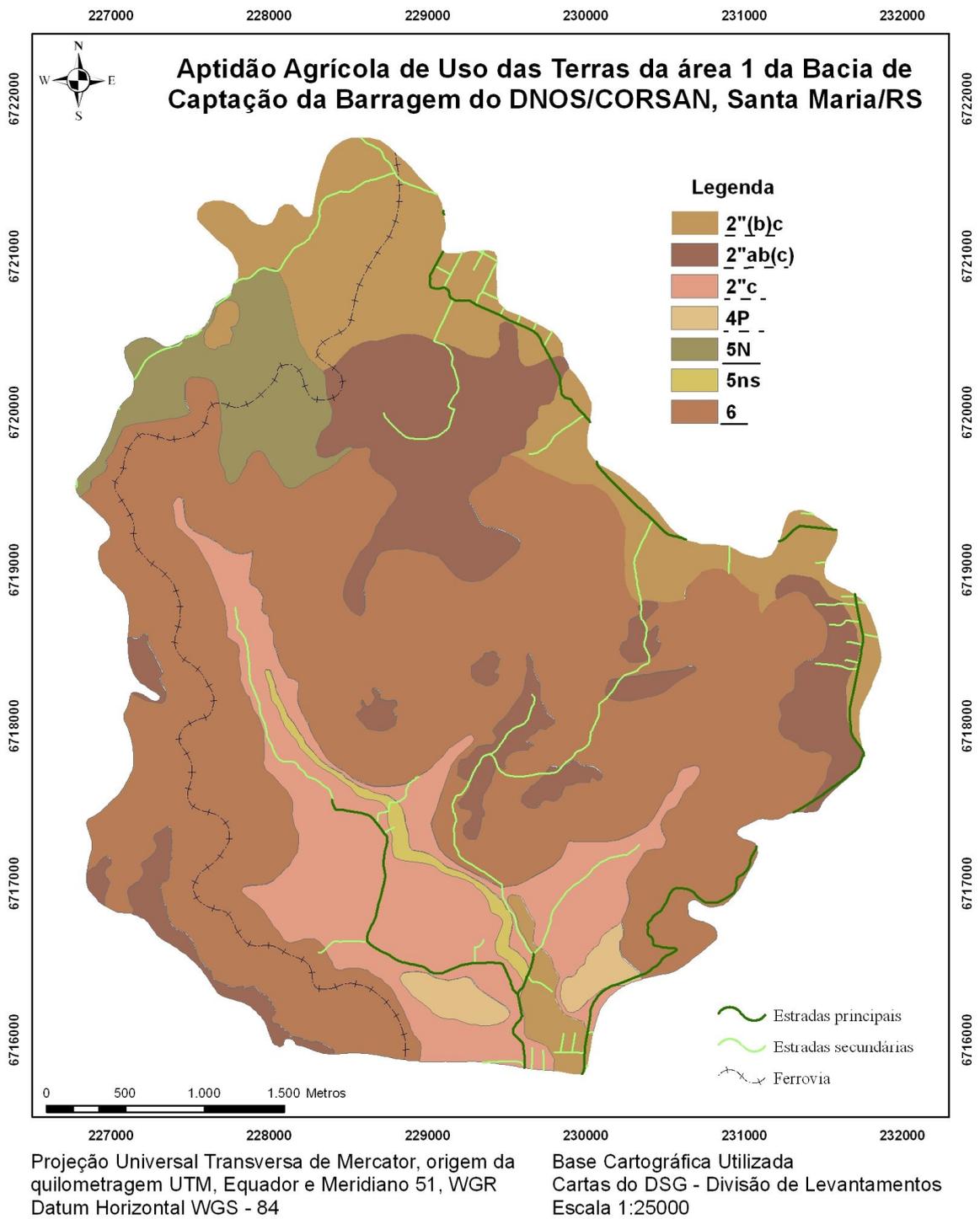
Quando apresentam um traço interrompido indica que pode haver classe em menor expressão, com aptidão inferior a indicada pelo símbolo. Se após o número indicativo do grupo, apresentar aspas, indica que as terras têm aptidão para dois cultivos por ano.

Analisando os dados constatou-se que pouco mais de 40% das terras tem aptidão regular ou restrita para agricultura nos níveis de manejo A, B e C. Levando em consideração que mesmo dentro dessas classes ainda podem ser encontradas associações de terras com aptidão inferior ao indicado na legenda, que se deve dar uma importância maior ao manejo dessas áreas e cuidados em relação ao manejo e conservação do solo.

Outra informação bastante expressiva é que mais de 50% das terras não são aptas para nenhuma atividade agrosilvipastoril. Nesta classe estão presentes as APPs que segundo Brasil (1965), restringem a exploração das terras. Uma característica dessas áreas são os solos poucos desenvolvidos e o relevo bastante acidentado.

Tabela 2. Áreas das classes de aptidão agrícola de uso das terras na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

Classes	Área (ha)
2"ab(c)	263
2"(b)c	250
2"c	264
4P	27
<u>5N</u>	100
5ns	17
<u>6</u>	953



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 4. Mapa de Aptidão Agrícola de Uso das Terras da área 1. Escala 1:30.000.

4.2.4. Áreas de Preservação Permanente (APPs)

As APPs da área de estudo totalizaram 274 ha, isso corresponde a 14% da área total de estudo. Segundo o Código Florestal Brasileiro, essas áreas devem ser mantidas intactas (BRASIL, 1965).

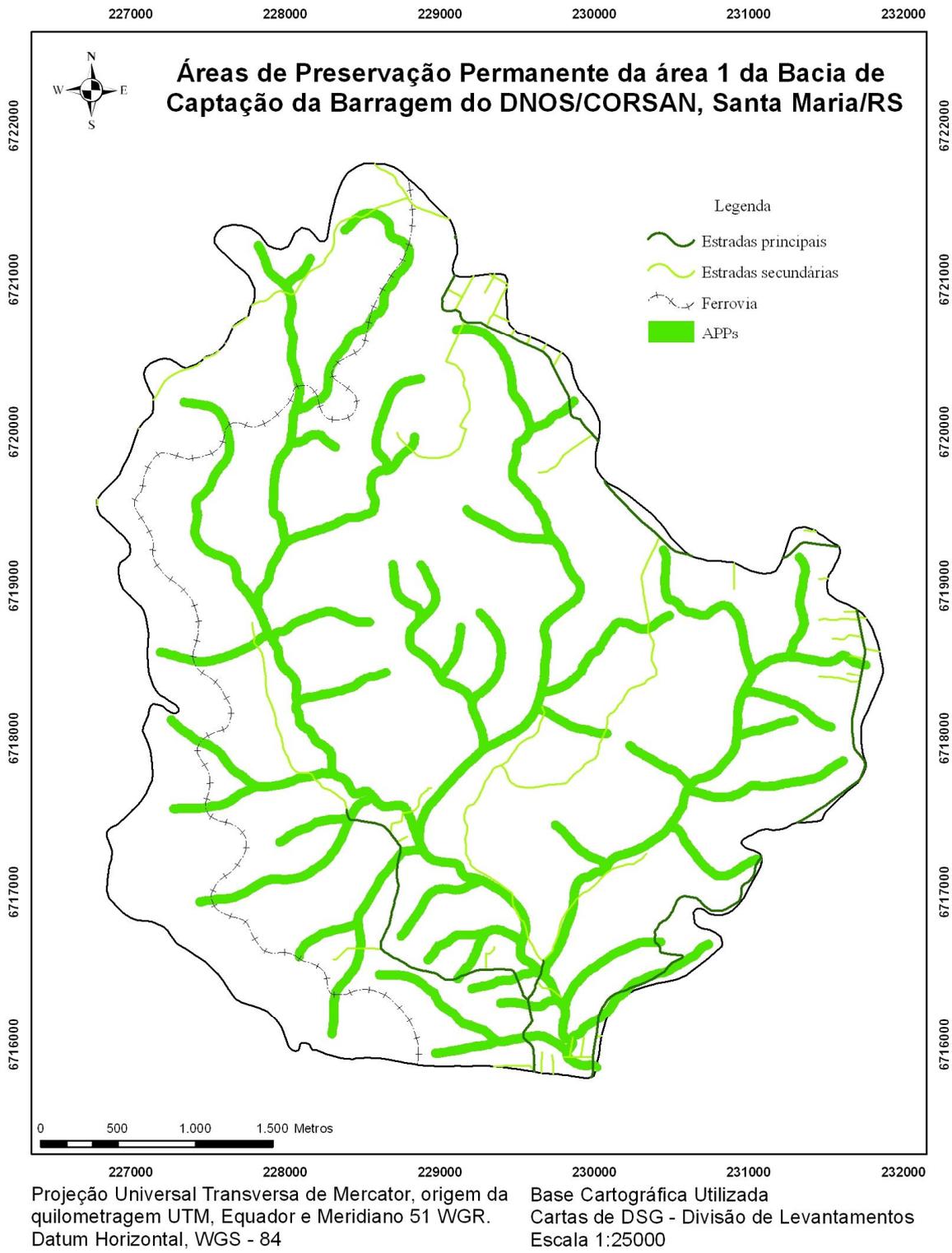
A figura 5 mostra somente as áreas de APPs correspondente as drenagens. Para isso foi utilizado um *buffer* de 30 m para delimitar as áreas junto as faixas marginais dos rios. De acordo com a resolução CONAMA nº 303 (2002), as APPs são áreas delimitadas como as áreas marginais de rios, nascentes, topos de morros, linha de cumeada e declividades superiores a 45° (100%).

Alguns autores afirmam que delimitação automática da APPs (RIBEIRO et al. 2005; POELKING, 2007) podem minimizar a subjetividade que ocorre com os procedimentos feitos a campo e assim, dar uma melhor aplicabilidade ao Código Florestal Brasileiro. Mesmo assim, em áreas de difícil acesso, nas quais não é possível a identificação e localização de todas as nascentes, vertentes e outros corpos d'água (PEDRON et al. 2006), pode haver uma sub-estimativa das APPs.

A avaliação das APPs é de extrema importância para o diagnóstico de ocupação das terras. Segundo Dill (2002), na Bacia do Rio Vacacaí-Mirim, da qual faz parte a área de estudo em questão, a urbanização que em 1966 correspondia a 0,5%, em 2001 era de 2,9%. Portanto, muitas vezes essa ocupação antrópica se deu em áreas inadequadas, conseqüentemente, áreas de preservação permanente.

Na Bacia do Vacacaí-Mirim, Goldani (2006) considera que existam várias ocupações desordenadas em áreas de proteção ambiental, como fundo de vales, encostas de morro, que implica o confinamento dos rios causando erosão das margens e problemas com o escoamento de vazões de enchentes.

Ainda este mesmo autor indica que a nascente do Rio Vacacaí-Mirim ainda se encontra preservada, o problema se localiza no leito dos rios onde a mata ciliar cede lugar ao campo, agricultura e ocupação urbana.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 5. Áreas de Preservação Permanente com *buffer* de 30m acompanhando as drenagens. Escala 1:30000.

4.2.5. Adequação de uso das Terras

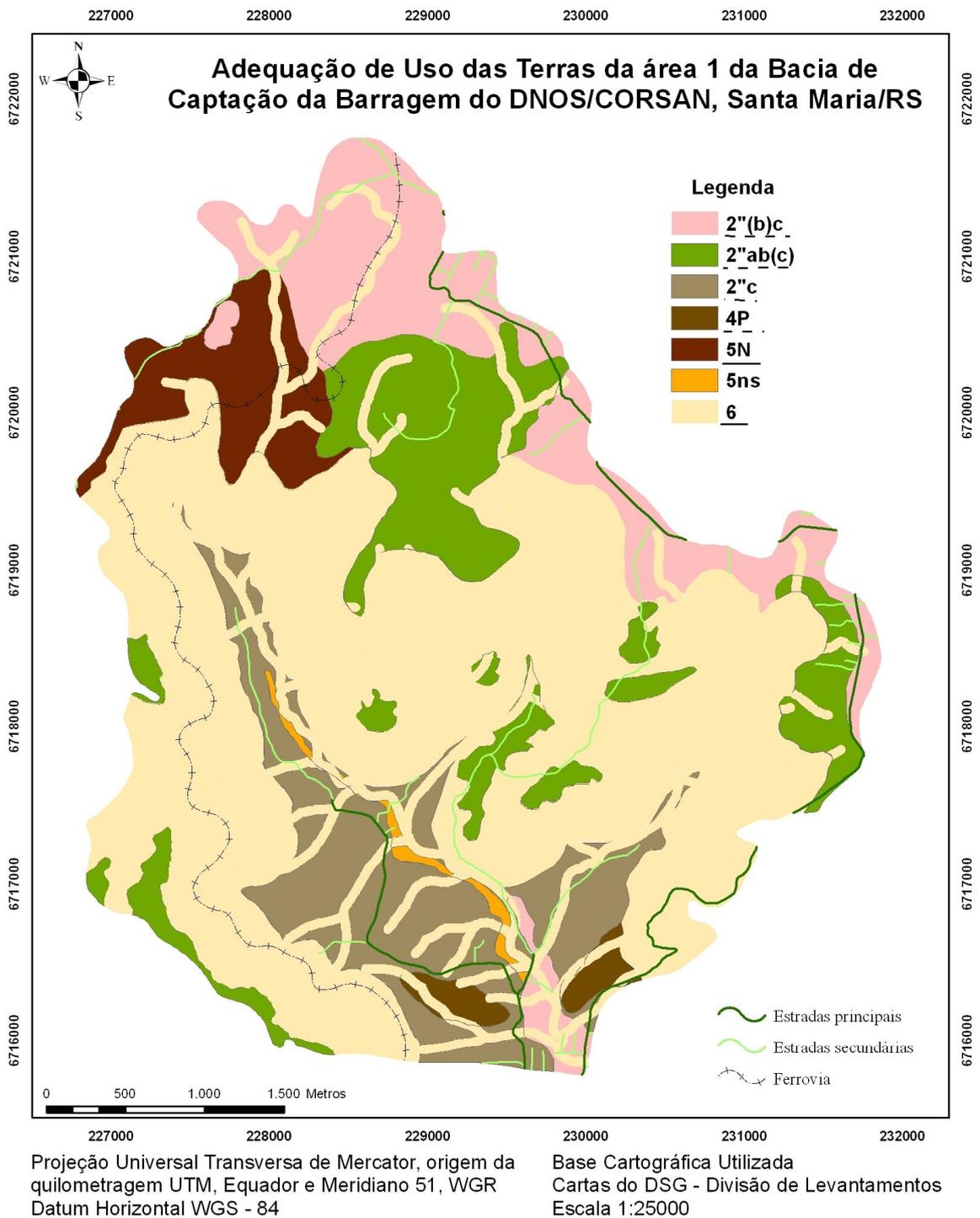
Partindo do mapa de uso da terra e do mapa das áreas de preservação permanente, foi gerado o mapa de adequação de uso das terras (figura 6), através do cruzamento dos dois mapas anteriores.

O resultado do mapa de adequação é um aumento da área da classe 6 do mapa de aptidão, porque esta classe passou a receber as APPs como classe sem aptidão para o uso agrícola. O aumento da classe 6 foi de 8% (tabela 3), o que se assemelha com o aumento de 10% de aumento encontrado por Poelking (2007) no município de Itaara/RS.

Sendo assim, apesar de 1104 ha (58%) da área ter seu potencial de uso restrito, Pedron (2006) alerta que muitas áreas de APPs, podem ter alguma aptidão agrícola mas tem seu uso limitado pela legislação.

Tabela 3. Áreas das classes de adequação de uso das terras na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

Classes	Área (ha)
2"ab(c)	238
2"(b)c	240
2"c	191
4P	20
<u>5N</u>	90
5ns	12
<u>6</u>	1104



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 6. Mapa de Adequação de Uso das Terras da área 1. Escala 1:30000.

4.2.6 Evolução de Uso das terras

As mudanças na ocupação e uso das terras que ocorreram no período de 1987 a 2009 são apresentadas na tabela 4. As figuras 7, 8, 9, e 10, são as representações gráficas ou mapas de uso das terras nas datas de 1987, 1991, 2001 e 2009 respectivamente.

Segundo os dados de classificação a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, apresenta mais da metade de sua área coberta por vegetação nativa ou área de Floresta como esta sendo denominada neste trabalho. Já em 1987 o percentual de área de Floresta era de 60% sofrendo, um aumento de 9% para o ano de 1991 e posteriormente vindo a estabilizar. Já no ano de 2009, o percentual sobe para 71%.

Isso pode ser explicado levando em consideração o relevo bastante acidentado da área, por esta se encontrar em uma transição entre o Planalto e a Depressão Central, ou seja, no Rebordo do Planalto. O que concorda com Soares (2003) quando o autor descreve que 36,50% vegetação nativa na microbacia do Rio Vacacaí-Mirim, está concentrada basicamente nas regiões de declividades acentuadas e nas áreas de difícil acesso.

Analisando o uso da terra através de imagens Google, Samuel-Rosa (2009) encontra mais de 50% da área coberto por Floresta. O autor ainda cita que os solos mais rasos e pedregosos são encontrados em áreas sob floresta natural e capoeira e que solos mais profundos e não pedregosos tendem a ser utilizados com lavoura e floresta exótica.

Também uma característica importante que deve ser levada em consideração são os solos pouco desenvolvidos ou rasos. Isso faz com que a corrente exploratória antrópica não avance sobre estas áreas, pela dificuldade de acesso e pouco potencial de uso.

Em uma análise superficial da ocupação dos solos do Rebordo do Planalto, pode-se concluir que geralmente as áreas que não foram desmatadas no início da colonização ou simplesmente ocupação antrópica, tem uma correlação muito grande com o tipo de solo, no caso, solos rasos.

Outros autores também encontraram resultados semelhantes, de acréscimo nas áreas vegetadas em regiões de encostas (POELKING, 2007; RUHOFF, 2004; DILL, 2002; SEMA, 2001).

Segundo Poelking (2007) muitas das áreas de floresta, principalmente ao longo do Rebordo do Planalto, foram desmatadas para ceder lugar à agricultura e pastagem implantadas durante a colonização da região. Nos últimos anos essas áreas foram abandonadas, pela dificuldade de mecanização, perda de fertilidade, erosão, levando a vegetação natural se estabelecer novamente.

Uma das possíveis causas do aumento das florestas pode ser devida ao processo de êxodo rural (DILL, 2002) onde parte das propriedades foram transformadas em sítios de final de semana, lavouras e pastagens foram abandonadas e transformaram-se em capoeiras e conseqüentemente, através da regeneração em matas secundárias.

Outro uso que teve um proporcional aumento foi o de campo nativo. Como as áreas de Florestas tenderam a se estabilizarem, as áreas de agricultura apresentaram um decréscimo e acredita-se que várias destas áreas tiveram sua ocupação por campo nativo ou mesmo permaneceram em pousio.

Através da classificação digital das imagens pode haver confusões entre áreas de campo e capoeira pela semelhança de reflectância dos pixels, portanto, esse trabalho assume que estas áreas apresentadas são classificadas como campo nativo, mas ao mesmo tempo evidenciando que pode haver discrepâncias entre esses dois usos.

Poelking (2007) em estudo realizado na mesma região cita que com a mudança dos processos econômicos, as áreas de campo estão sendo substituídas por agricultura nos locais de relevos mais planos e por florestas plantadas ou mesmo por capoeiras, em locais de maiores declividades e solos rasos.

As áreas de agricultura se concentram em pequenas propriedades, geralmente utilizando formas de tração animal e com o predomínio de cultivo de hortaliças na parte sul da área e na parte norte já se encontram área com cultivo de grãos (soja e milho).

Na aérea não são encontrados corpos d'água com um representatividade suficiente para um mapeamento adequado. Por isso, as variações entre os anos são relativamente baixas e variam de 0 a 6%. Outros autores também encontraram resultados semelhantes em que as áreas que apresentam corpos d'água não sofreram variações significativas (POELKING, 2007; GOLDANI, 2006).

Através das expedições de campo para coleta de amostras, o conhecimento quase que total em relação a cobertura vegetal e uso da terra na área torna-se

inevitável. Portanto, é fácil afirmar quais são os locais onde houve confusão na refletância dos alvos no momento da coleta de regiões para classificação das imagens.

Na classificação supervisionada da imagem de 2009 pode se ter uma melhor exatidão dos resultados por ter a possibilidade de conferência no campo.

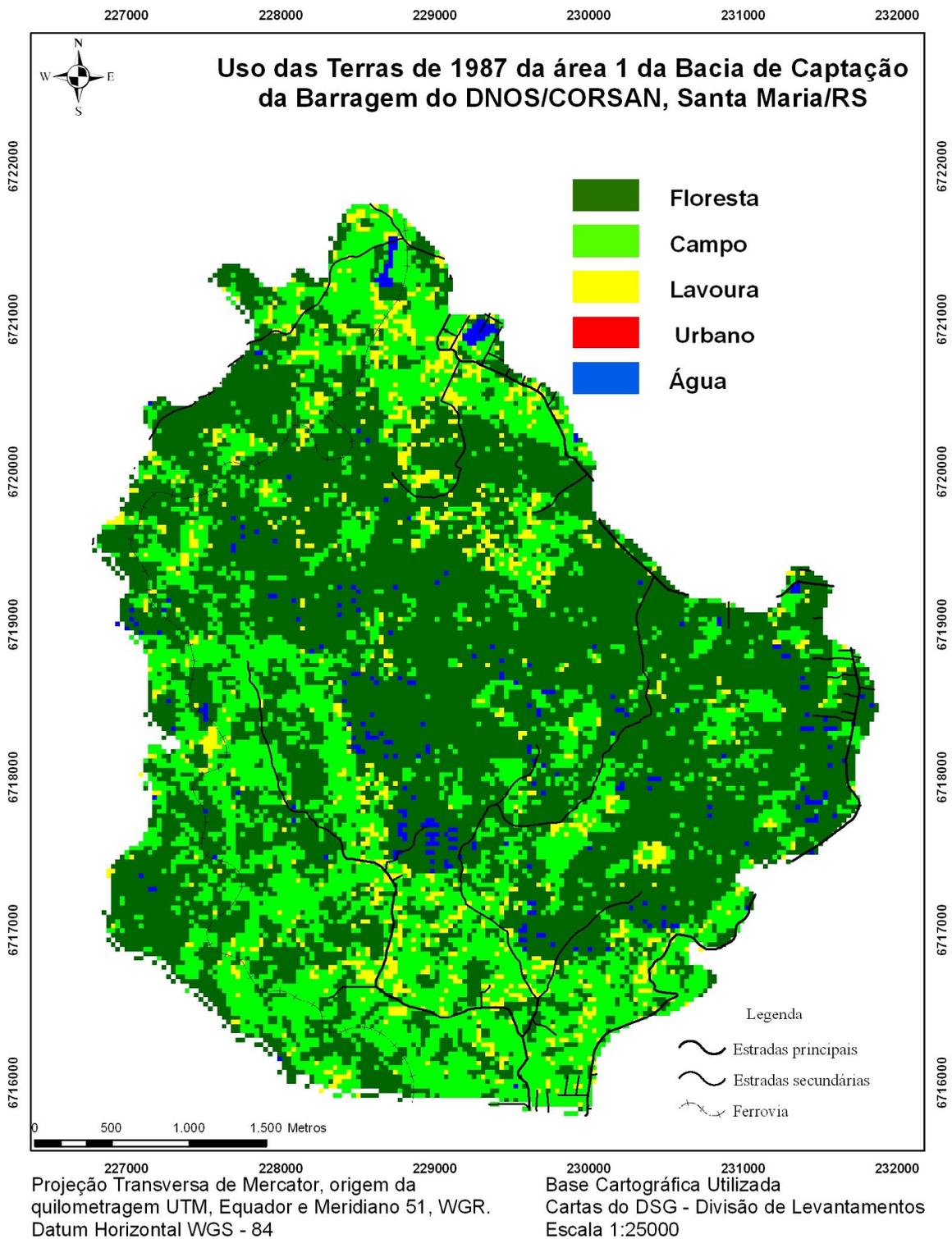
A classificação por regiões mostra-se uma interessante ferramenta no auxílio ao monitoramento do uso da terra, pois possibilita a separação de regiões com respostas espectrais homogêneas, sendo assim um procedimento que facilita a obtenção das amostras para posterior classificação, e minimiza o efeito de pixels isolados ou errôneos dispersos nas imagens (POELKING, 2007).

O presente trabalho assume que através do algoritmo classificador que foi utilizado, as imagens retratam o mais fielmente possível a realidade do campo. Em contrapartida também assume que algumas áreas, principalmente áreas de uso urbano e de corpos d'água podem estar sendo superestimadas, o que não representaria a realidade encontrada no campo fazendo com que ocorram regiões classificadas dispersas na imagem.

De acordo com Samuel-Rosa (2009), as áreas de uso urbano não são tão expressivas como aquelas encontradas por Goldani (2006). Este último mapeia uma importante zona de urbanização localizada nas regiões sudoeste e oeste da bacia. Sendo que, o que predomina naquele local são áreas com floresta natural, capoeira e campo.

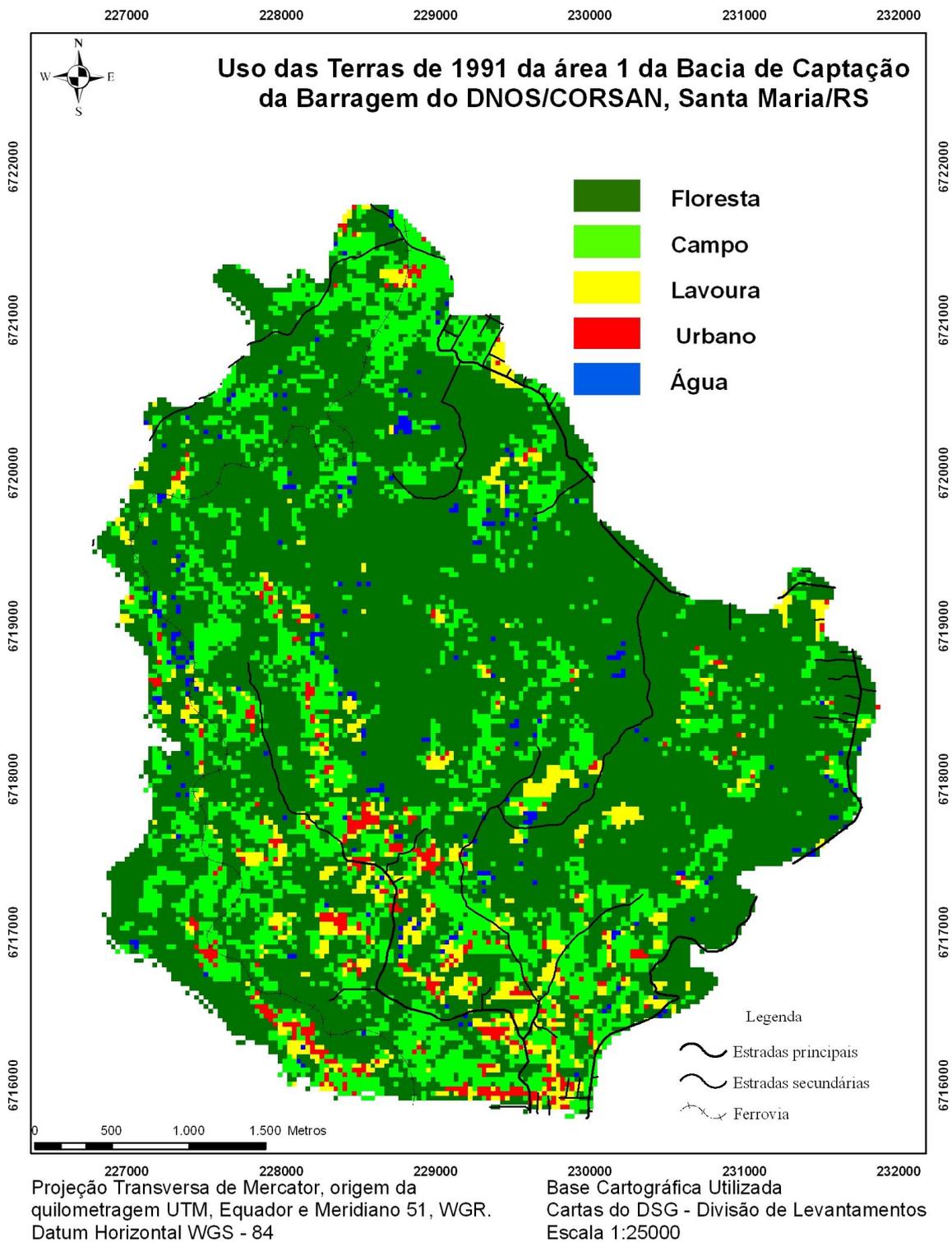
Tabela 4. Áreas e percentagens dos usos das terras nos períodos de 1987, 1991, 2001 e 2009 para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

Usos da Terra	Áreas	
	ha	%
Usos das terras 1987		
Floresta	1137,0	60,0
Campo	341,1	18,0
Lavoura	284,2	15,0
Uso Urbano	18,9	1,0
Água	113,7	6,0
Usos das terras 1991		
Floresta	1307,5	69,0
Campo	416,9	22,0
Lavoura	94,7	5,0
Uso Urbano	37,9	2,0
Água	37,9	2,0
Usos das terras 2001		
Floresta	1307,5	69,0
Campo	397,9	21,0
Lavoura	94,7	5,0
Uso Urbano	75,8	4,0
Água	18,9	1,0
Usos das terras 2009		
Floresta	1326,0	71,0
Campo	473,2	25,0
Lavoura	56,8	3,0
Uso Urbano	18,9	1,0
Água	1,0	0,05



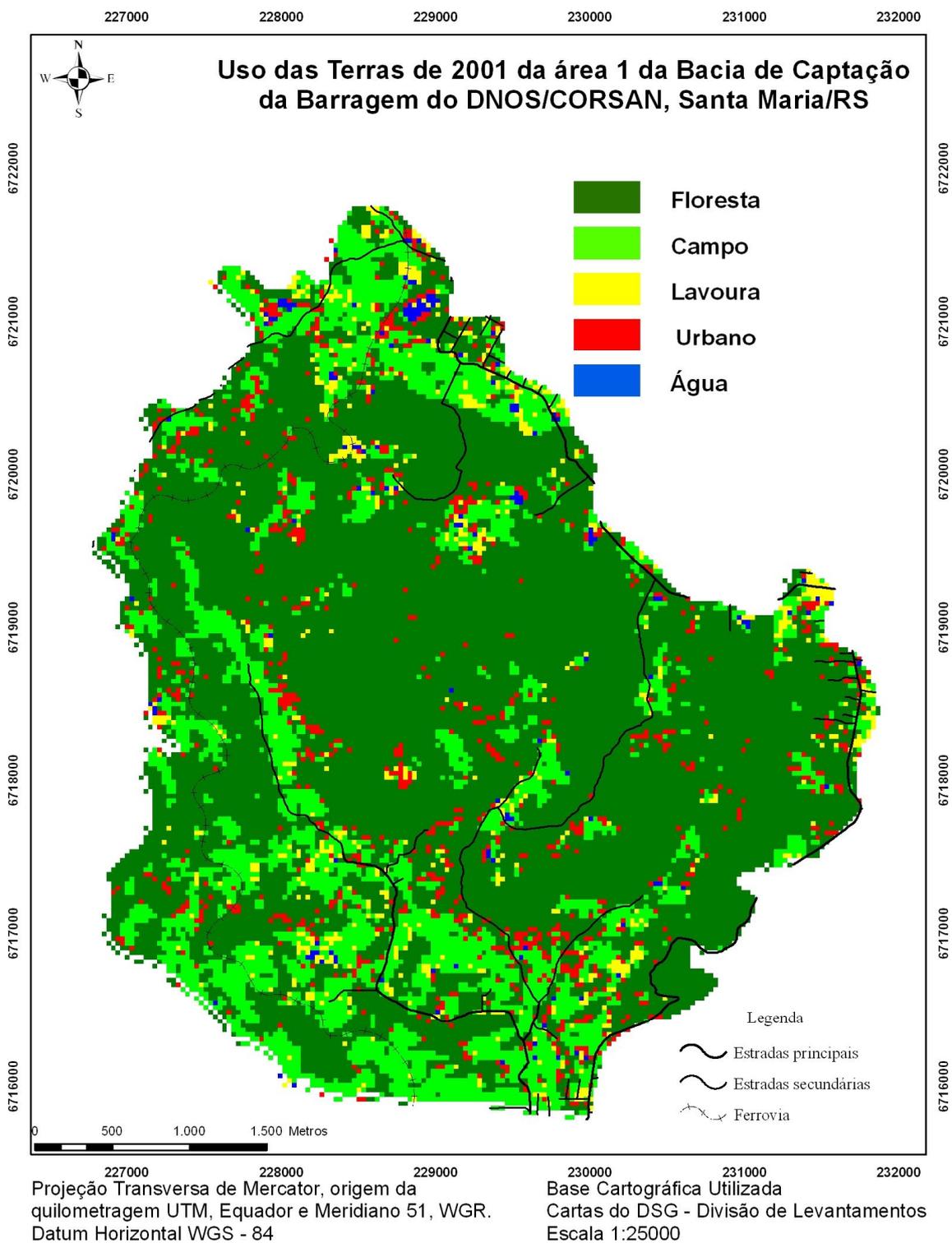
Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 7. Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1987.



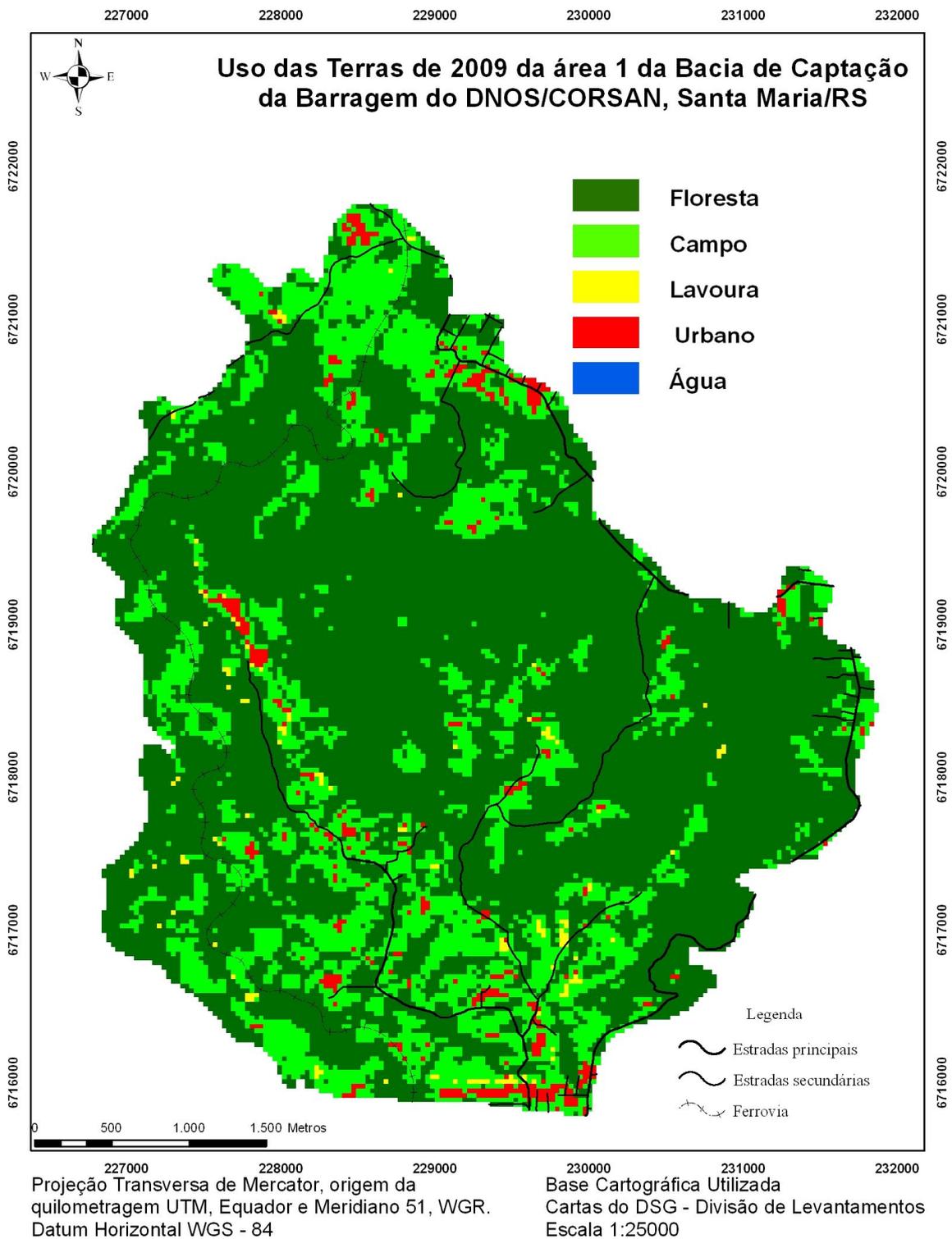
Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 8. Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1991.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 9. Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2001.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 10. Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2009.

4.2.7 Conflitos de uso das terras

O resultado do cruzamento dos mapas de adequação de uso das terras (figura 6) com os mapas de uso das 4 épocas avaliadas resultou em mais 4 mapas de conflitos de uso para cada ano, 1987, 1991, 2001 e 2009 (figuras 11, 12, 13 e 14 respectivamente).

Os valores em hectares e porcentagem de cada uma das classes, uso correto, uso incorreto e áreas sub-utilizadas são apresentados na tabela 5.

Analisando a tabela 5, observa-se um aumento de cerca de 9 pontos percentuais nas áreas sub-utilizadas nesse 22 anos de avaliação. Outra informação importante é que desde 1987 uma porcentagem significativa da área (mais de 30%) vem sendo usada abaixo da sua aptidão máxima de uso. Geralmente essas áreas são ocupadas por campo nativo ou por floresta independente de possuírem uma aptidão para agricultura ou pastagem plantada.

Em 1987 cerca de 22% das áreas possuía conflitos de uso em relação a sua exploração, ou seja, estavam sendo usadas acima da sua capacidade de suporte. Durante a evolução de uso, esse número teve um decréscimo sendo que em 2009 pouco mais de 10% da área apresentou conflitos de uso da terra. Estas áreas que apresentam problemas de ocupação são geralmente ocupadas por pastagem e agricultura e ainda coincidem com áreas de APPs (POELKING, 2007).

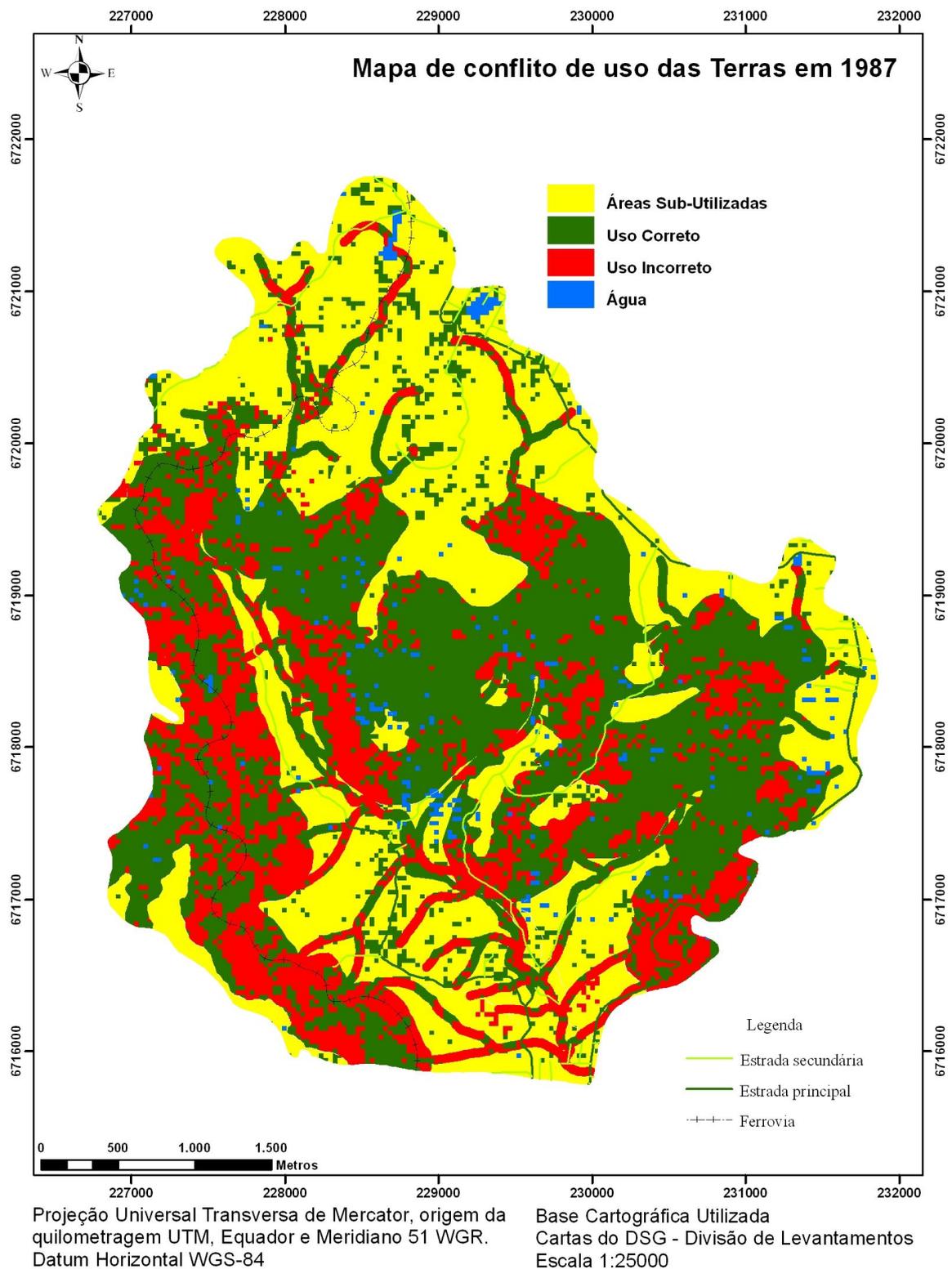
Em relação as áreas que tem sua ocupação de acordo com a aptidão agrícola, estas vem aumentando e em 2009 perfazem mais de 50% da área. Isso pode ser atribuído ao fato de que áreas com relevos acidentados e solos rasos, antes exploradas com agricultura, vêm sendo abandonadas dando lugar a evolução das florestas.

Grande parte dos conflitos de uso podem estão relacionados com o ocupação de APPs por agricultura ou pastagem e até mesmo ocupação urbana. Isso pode ser mais bem visualizado na figura 11.

Sendo assim, o aumento de áreas sub-utilizadas pode ser um benefício a região. Áreas aptas para cultivos agrícolas estão sendo abandonadas ou utilizadas com propósitos de lazer. Por mais que essas áreas fossem manejadas adequadamente, produziram algum impacto principalmente em áreas próximas a redes de drenagem.

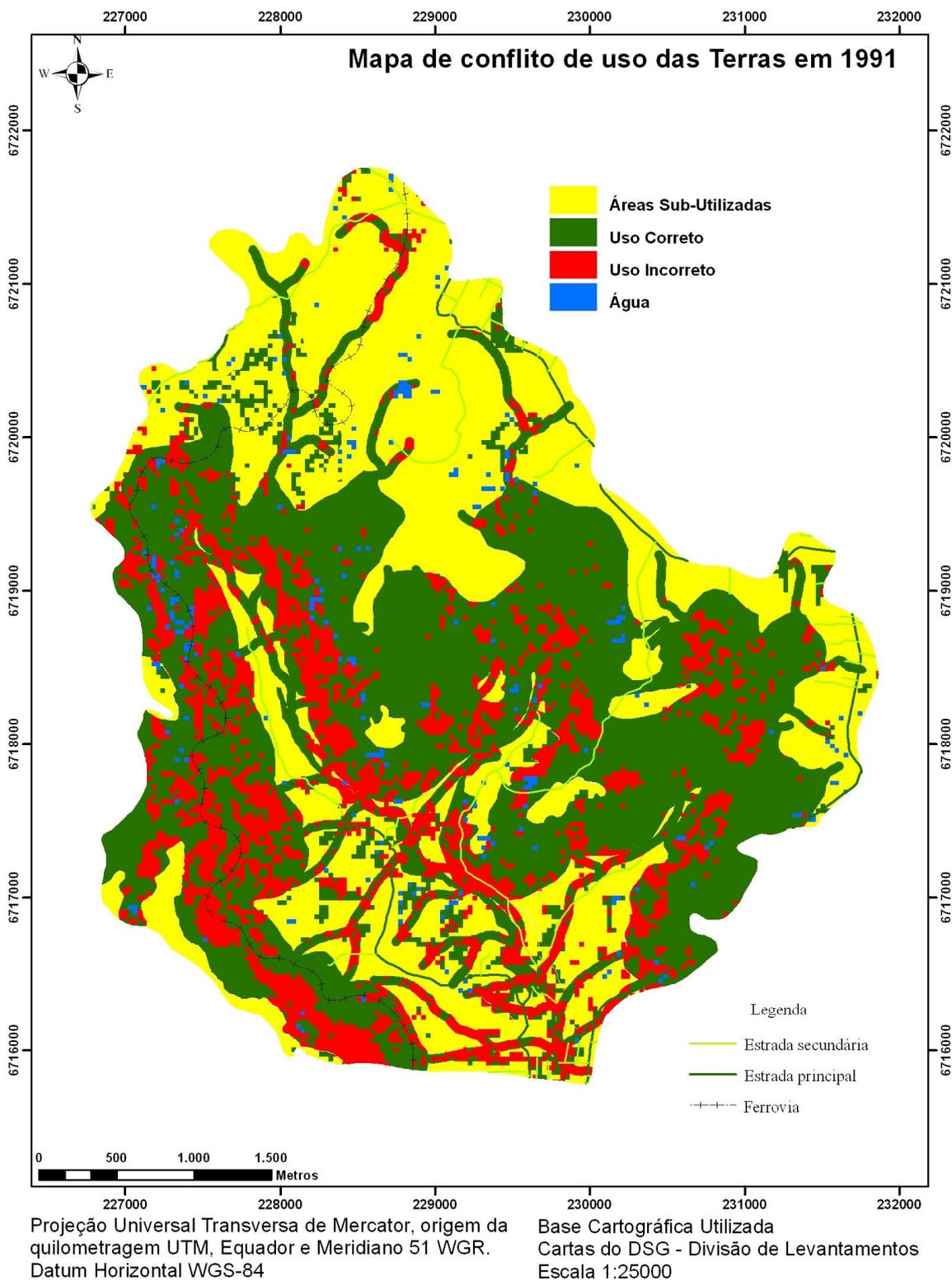
Tabela 5. Áreas e percentagens dos conflitos de usos das terras nos períodos de 1987, 1991, 2001 e 2009 para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

Usos da Terra	Áreas	
	ha	%
Conflitos de uso 1987		
Áreas Sub-Utilizadas	587	31,0
Uso Correto	776	41,0
Uso Incorreto	418	22,0
Água	114	6,0
Conflitos de usos 1991		
Áreas Sub-Utilizadas	739	39,0
Uso Correto	815	43,0
Uso Incorreto	303	16,0
Água	38	2,0
Conflitos de uso 2001		
Áreas Sub-Utilizadas	702	37,2
Uso Correto	960	51,0
Uso Incorreto	217	11,0
Água	16	0,8
Conflitos de uso 2009		
Áreas Sub-Utilizadas	747	39,4
Uso Correto	951	50,2
Uso Incorreto	200	10,4
Água	1	0,05



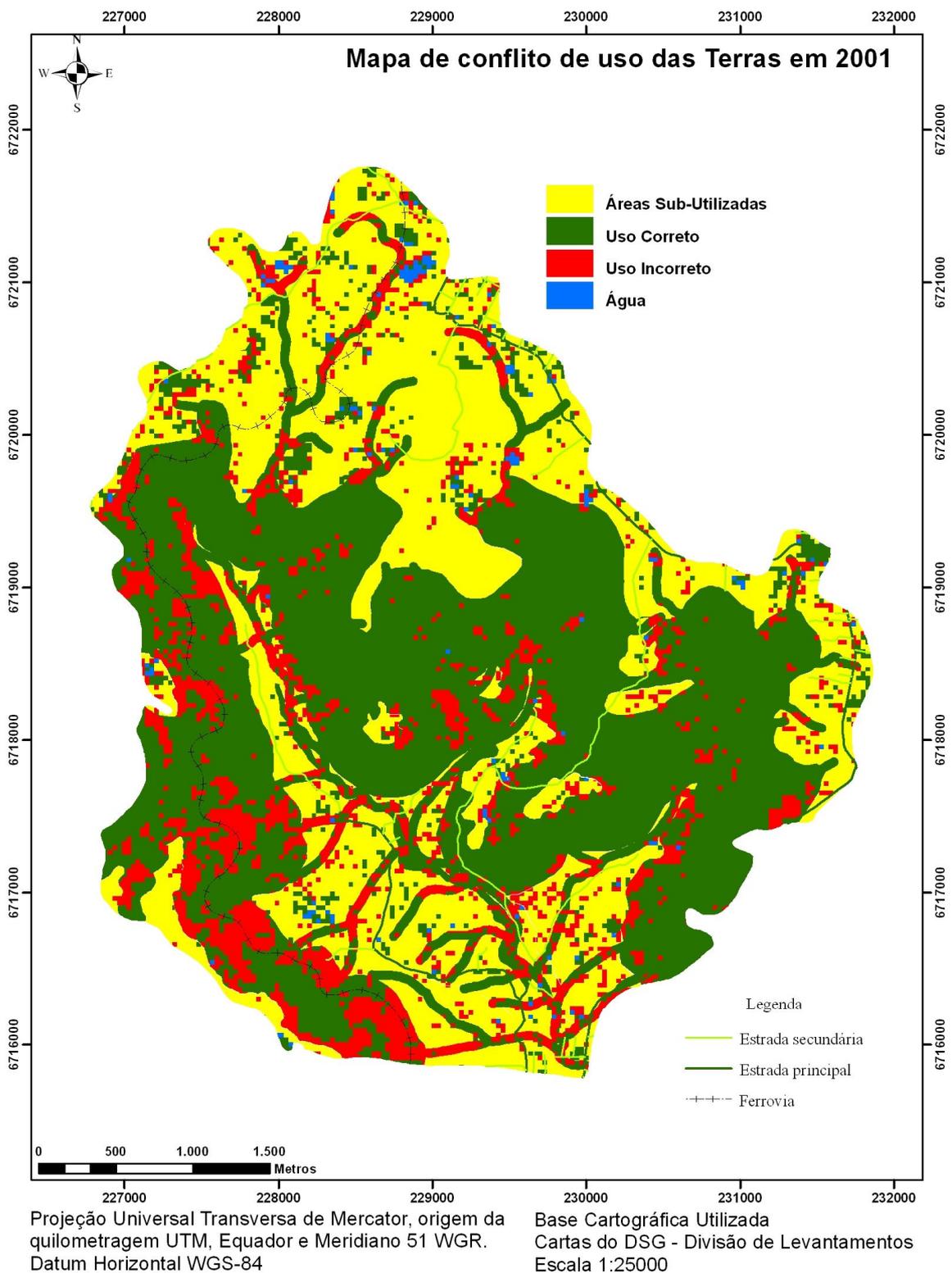
Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 11. Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1987.



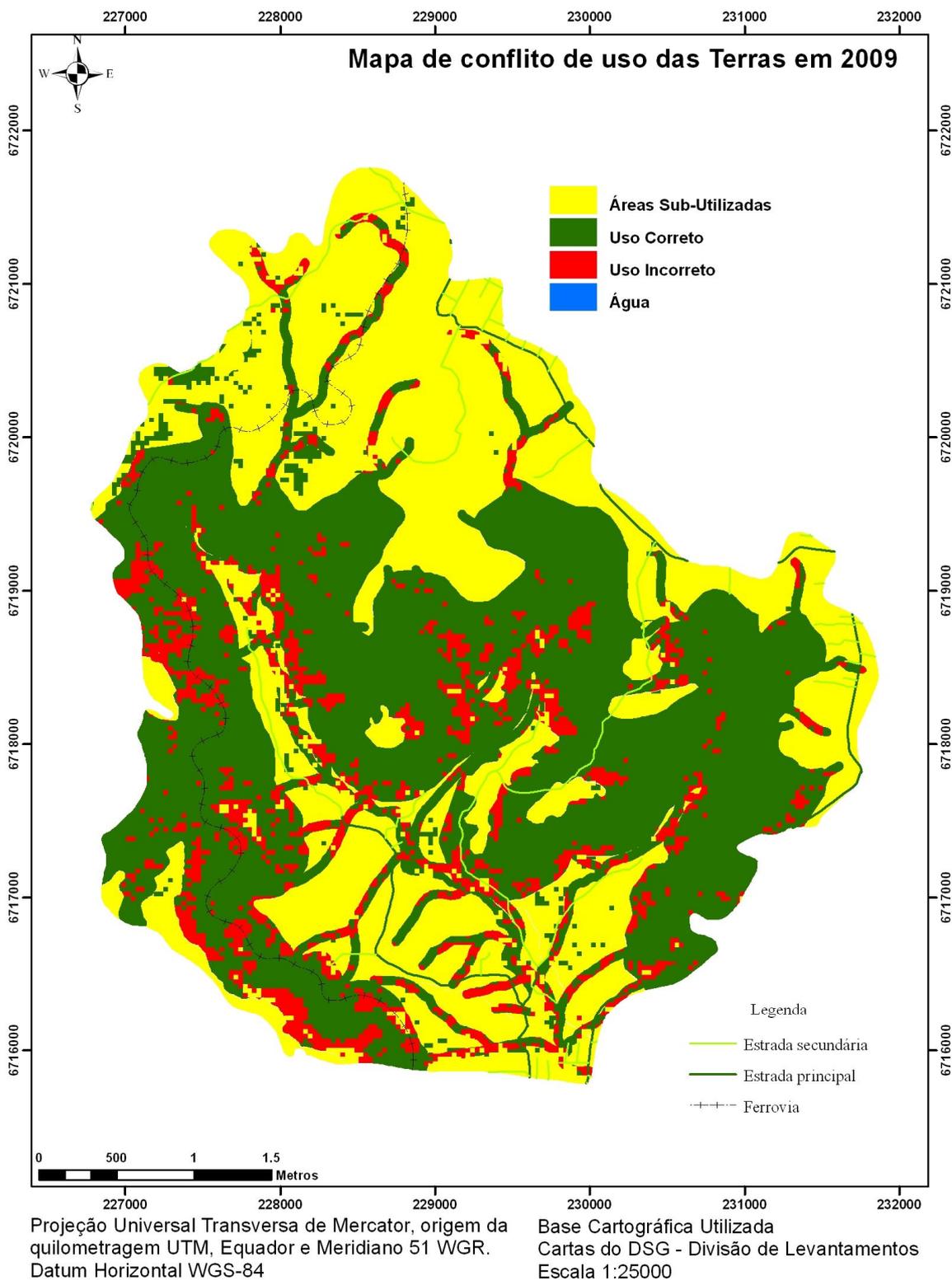
Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 12. Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 1991.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 13. Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2001.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 14. Conflitos de uso da Terra para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, para o ano de 2009.

4.3 CONCLUSÃO

A evolução de uso da terra na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, em 22 anos, mostra um aumento das áreas de Floresta com uma possível estabilização do sistema a partir do ano de 1991 e um decréscimo considerável nas áreas de Lavoura.

Os conflitos de uso indicam que o foco principal de divergências entre a aptidão e o uso se concentram principalmente em áreas de preservação permanente que são usadas com campo nativo ou lavoura para cultivos anuais.

Acredita-se que o aumento das áreas sub-utilizadas possa ser visto como um aspecto positivo, uma vez que se essas áreas fossem utilizadas com lavouras ou campo nativo causariam algum impacto mesmo com uma amplitude reduzida.

Portando, os estudos da evolução de uso das terras e avaliação de conflitos de uso é uma ferramenta importante para uma base de estudo mais direcionado no caso de uma Bacia Hidrográfica. Assim, no caso de avaliações posteriores como estudos de sedimentologia, erosão do solo e assoreamento do reservatório podem ter um subsídio maior de informações através de estudos como este.

5. ESTUDO 2: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PERDA DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA ÁREA 1 DA BACIA DE CAPTAÇÃO DA BARRAGEM DO DNOS/CORSAN, SANTA MARIA/RS.

5.1 Introdução

A erosão do solo, quando em processo acelerado, constitui um sério problema de degradação de terras. Trópicos úmidos e zonas de relevo montanhoso são mais suscetíveis a erosão do solo devido a sua topografia acidentada e clima erosivo (DADSON, et al. 2003).

No Brasil, as perdas anuais de solo por erosão podem ultrapassar a 500 milhões de toneladas, segundo estimativas realizadas para o estado de São Paulo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999) e este ocupando uma parcela de cerca de 25% da perda nacional.

Para um planejamento adequado de uso das terras, principalmente a nível de Bacias Hidrográficas, uma caracterização da extensão e magnitude das taxas atuais de erosão do solo se torna imprescindível para uma posterior realização de um diagnóstico ambiental.

Ainda a nível de Bacias, Verbist et al (2010) e Romero-Díaz et al (2007), ilustram que dentre os fatores mais importantes na produção de sedimentos estão o uso da terra, a topográfica e por último e mais importante a Litologia.

Beskow et al (2009) enfatizam que em áreas onde o processo de erosão é avançado, uma redução de produtividade do solo pode ocorrer, e os sedimentos, nutrientes e agrotóxicos podem contaminar e encher corpos d'água. Ainda segundo estes autores, o mapeamento e avaliação do risco de erosão é uma importante ferramenta para o planejamento da gestão dos recursos naturais, permitindo que através das pesquisas possam haver retificações em relação ao uso da terra e implementar estratégias de gestão mais sustentável a longo prazo.

O conhecimento do meio físico dos municípios é de fundamental importância para o planejamento das ações a serem implementadas. A formulação da EUPS permite que se conheçam as áreas mais problemáticas em relação à erosão e,

especialização da perda de solo mostra as áreas com maior grau de impacto (DEVICARI, 2009)

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) foi apresentada em 1965 por Walter H. Wischmeier e Dwight D. Smith, como um modelo de Erosão utilizado para calcular ou estimar um valor médio da perda do solo, correspondente a um longo período de tempo. Foi desenvolvida no National Runoff And Soil Loss Data Center (fundado em 1954 pela Agricultural Research Service Administration) em cooperação com a Purdue University.

É uma equação formulada empiricamente a partir de cerca de 10.000 medições, realizadas nas mais variadas condições de solos e chuvas.

Mais tarde em 1978 Wischmeier e Smith fizeram com que a equação evoluísse para um modelo computacional que expressa a perda anual de solo por unidade de área.

A equação foi adaptada para o Brasil por Lombardi Neto em 1977, principalmente para o estado de São Paulo, a partir de experimentos de campo para parametrização de seus fatores nas condições de solo e clima locais.

O modelo da EUPS se baseia em uma multiplicação simples de seus fatores, assim, a perda média anual de solo, expressa em massa por unidade de área por tempo (A , em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$), é dada pelo produto de seis fatores determinantes. O fator erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento de encosta (L), grau de declividade (S), cobertura e manejo da cultura (C) e práticas conservacionistas (P).

Os fatores R , K , L e S dependem das condições naturais do clima, do solo e do relevo são considerados um potencial natural de erosão. Os fatores C e P são antrópicos e se relacionam com as formas de ocupação e uso das terras.

Contudo isso o objetivo deste estudo foi estimar o potencial de perdas de solo na área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN através do uso de técnicas de geoprocessamento e SIG, levando em consideração principalmente a ocupação, uso e tipo de solos encontrados na área.

5.2 Resultados e Discussão

Com o objetivo final que é a confecção do mapa de perdas de solos, realizou-se o cruzamento ou combinação de todos os fatores da EUPS. A figura 1 mostra um fluxograma no qual os fatores se encontram divididos em antrópicos e fatores naturais.

Os ditos fatores antrópicos podem ser definidos como aqueles em que são diretamente alterados pelas ações do homem com as praticas conservacionistas e o uso e manejo do solo. Já os demais fatores podem vir a ser constantes (como o fator R) ou possuírem características distintas de local para local, pois levam em consideração informações de relevo, solos, geologia, etc.

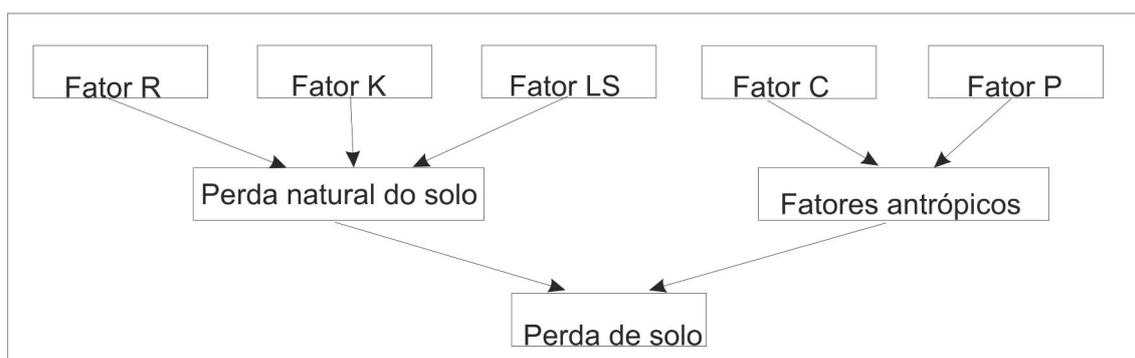


Figura 1 Representação dos fatores naturais e antrópicos que influenciam na EUPS. Adaptado de Devicari, 2009.

5.2.1 Fator Erosividade da chuva (Fator R)

Na tabela 1 são encontrados os valores normais de precipitação que são utilizados no cálculo do fator R. Estes dados foram extraídos do site do *inmet* (Instituto Nacional de Meteorologia), www.inmet.gov.br, da Estação Santa Maria/RS.

Esse valor foi considerado constante para toda a área pelo fato de não existir dentro do limite da área estações com mais de 30 anos de observações, o que é uma condição de entrada no modelo. Sendo assim, foi encontrado na área um valor de $6556 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1} . \text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Segundo Carvalho (1994), o valor da erosividade é considerado médio (R de $5000 \text{ a } 7500 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1} . \text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$).

Vários autores encontram resultados diferentes em relação a esse índice. Isso deve-se a valores distintos em cada local. Se mesmo dentro uma bacia hidrográfica, estivessem instaladas várias estações pluviométricas, cada uma delas

teria um valor diferente de erosividade da chuva. Em contrapartida, a amplitude no resultado final, ou seja, no índice ou fator R, é muito pequena. Por esse fato que neste trabalho optou-se por trabalhar com dados de uma estação que fica a mais ou menos 20 km de distância da área de estudo.

Tabela 1. Normais climatológicas de precipitação (1961 a 1990) para Santa Maria/RS.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
145,1*	130,2	151,7	134,7	129,1	144,0	148,6	137,4	153,6	145,9	132,2	133,5

* precipitação total referente a cada mês do ano em mm.

Cassol et al (2004), avaliando a erosividade da chuva através do índice do Ei30, o mesmo que esse trabalho utiliza (item 3.9.1.1) para as cidades de Veranópolis e Farroupilha obteve valores de 6353 e 6159 MJ.ha⁻¹.mm⁻¹ . h⁻¹.ano⁻¹, respectivamente.

Para outras duas cidades do Rio Grande do Sul, Quaraí e Rio Grande, Bazzano (2005) obteve um valor de 9292 MJ.ha⁻¹.mm⁻¹ . h⁻¹.ano⁻¹ para Quaraí e de 5131 MJ.ha⁻¹.mm⁻¹ . h⁻¹.ano⁻¹ para a de Rio Grande.

Cogo et al (2001), determinaram o índice a partir da análise de 1324 eventos de chuvas erosivas no município de Santa Maria entre os anos de 1963 a 2000, obtendo um índice de 8551 MJ.ha⁻¹.mm⁻¹ . h⁻¹.ano⁻¹.

5.2.2 Fator Erodibilidade do Solo (Fator K)

Os valores de erodibilidade para cada classe de solo são apresentados na tabela 2. Para a determinação desse fator foi utilizada a metodologia proposta por Denardin (1990). O mapa do fator K com as respectivas classes pode ser visualizado na figura 2.

A metodologia proposta por este autor segundo Lima et al (2007) é a que mais se aproxima de valores medidos ou de referência para a estimativa do valor K comparado a outros métodos (monograma de Wischmeier et al (1971); van der Knijff et al (1999); Stone e Hillborn (2002)).

Para o cálculo do fator K foram consideradas características do percentual de silte mais areia muito fina, argila, matéria orgânica e permeabilidade do solo. Todas as informações referentes a granulometria e teor de matéria orgânica foram extraídas do horizonte A de cada solo ou dos primeiros 20 cm (WEILL e SPAROVEK, 2008).

Para as várias metodologias que são aplicadas para a estimativa do fator K, encontram-se valores bastante distintos. Portanto a opção que este trabalho propõe, na qual o objetivo é trabalhar com valores médios do fator K para cada classe de solo pareceu ser a mais aceita, sendo a mais usada entre alguns autores (FORNELOS e NEVES, 2006; TOMAZONI e GUIMARÃES, 2005; MOREIRA e ROSA, 2006; RUHOFF et al. 2006; BRANCO, 1998).

Alguns trabalhos descrevem metodologias um pouco diferentes, como o emprego de uma malha amostral irregular de pontos georreferenciados em toda a área de estudo (WEILL e SPAROVEK, 2008) ou a estimativa do valor K em função da variação espacial do teor de argila dos solos (LIMA et al. 2007).

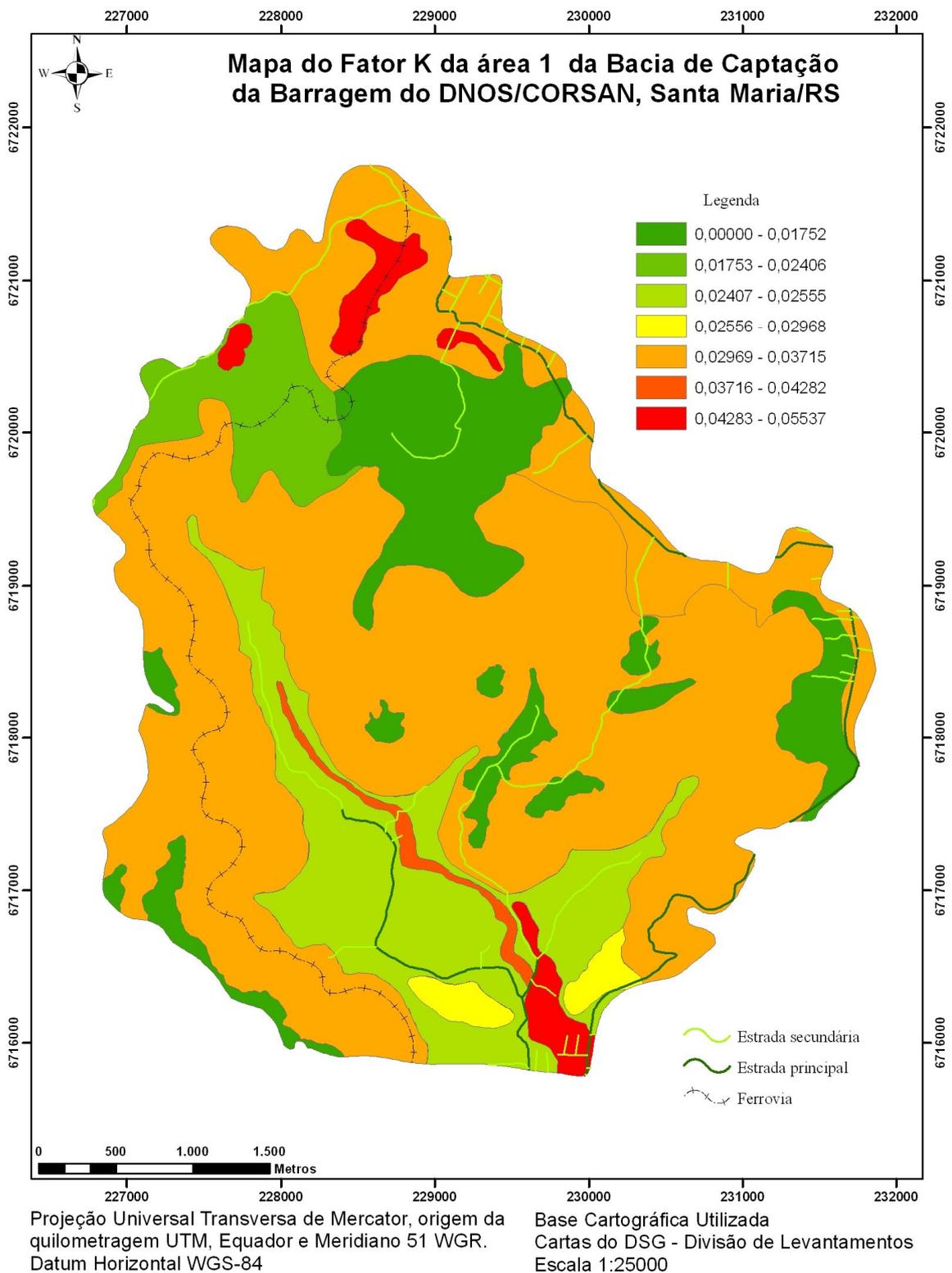
Porém, essa estratégia demanda tempo e um maior ônus com mão-de-obra para as coletas de amostras. Em uma área muito extensa e com locais de difícil acesso pode se tornar inviável e por último depende de estudos preliminares para a constatação da dependência espacial dos pontos através de análise geoestatística.

Tabela 2. Erodibilidade dos solos (fator K) da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

Classes de Solos	Erodibilidade do Solo (K*)
ARGISSOLO BRUNO-ACINZENTADO	0,025554
NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico	0,036664
ARGISSOLO VERMELHO	0,037149
CAMBISSOLO HÁPLICO	0,016599
NEOSSOLO LITÓLICO Eutro-úmbrico	0,018445
PLANOSSOLO HÁPLICO	0,055368
NEOSSOLO REGOLÍTICO	0,029682
NEOSSOLO FLÚVICO	0,042818

*t.h.MJ⁻¹.mm⁻¹

De acordo com a literatura (DEVICARI, 2009) a valor de K pode variar de 0 a 1, sendo que na maioria das vezes ele fica na faixa de 0,02 a 0,7. Os valores da área de estudo variam de 0,016 para o CAMBISSOLO HÁPLICO a 0,055 para o PLANOSSOLO HÁPLICO sendo este último o de maior erodibilidade.



Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 2. Mapa do Fator Erodibilidade do Solo ($t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$) da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

5.2.3 Fator Topográfico (fator LS)

A inclinação do terreno e o comprimento da encosta é que determinarão à velocidade de escoamento superficial, caracterizando o potencial de transporte pela erosão em termos de tamanho e quantidade de material (TOMAZONI e GUIMARÃES, 2005).

Dentre os fatores da EUPS o fator LS é sem dúvida um dos mais difíceis de ser obtido. A sua determinação pode ser efetuada a partir de mapas de declividade e de comprimento de rampa obtidos por meio de SIG. Os mapas do fator LS podem ser gerados através do Modelo Numérico de Terreno (MNT), com a digitalização da hipsometria, ou através do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido das imagens de radar interferométrico (SRTM) (FORNELOS e NEVES, 2006)

Os mapas de declividade são facilmente gerados, mas os mapas de comprimento de rampa exigem operações um pouco mais trabalhosas para serem obtidos.

Com o objetivo de contribuir na minimização das dificuldades de se calcular o fator topográfico (LS), a figura 3 apresenta uma metodologia e/ou rotina para o cálculo no software ArcGIS.

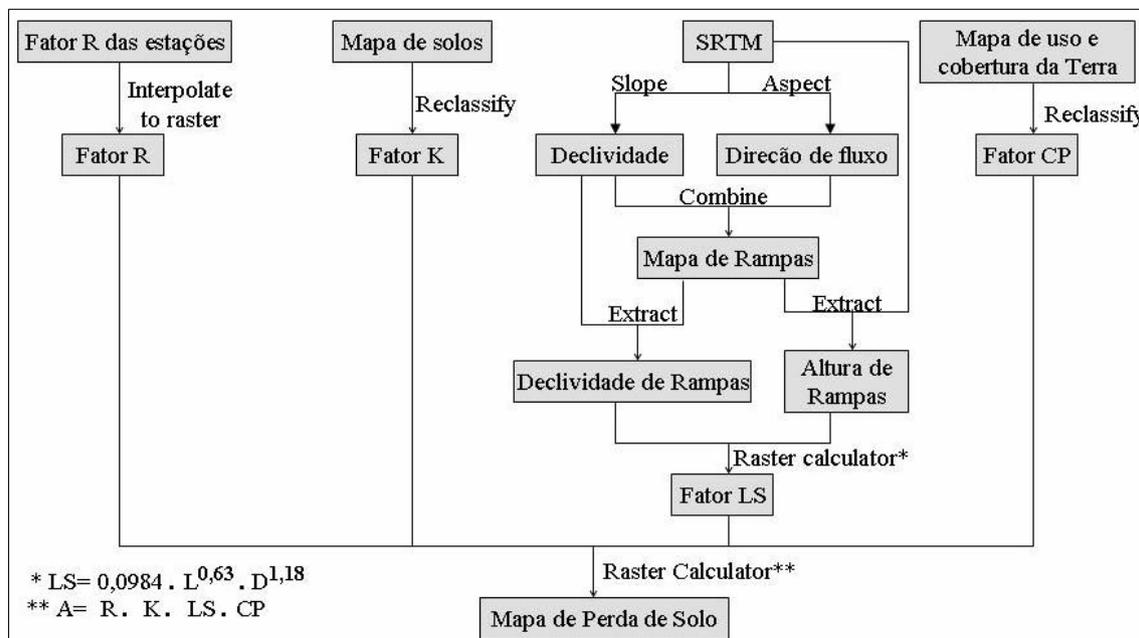


Figura 3. Fluxograma de operações da EUPS. Adaptado de Fornelos e Neves (2006).

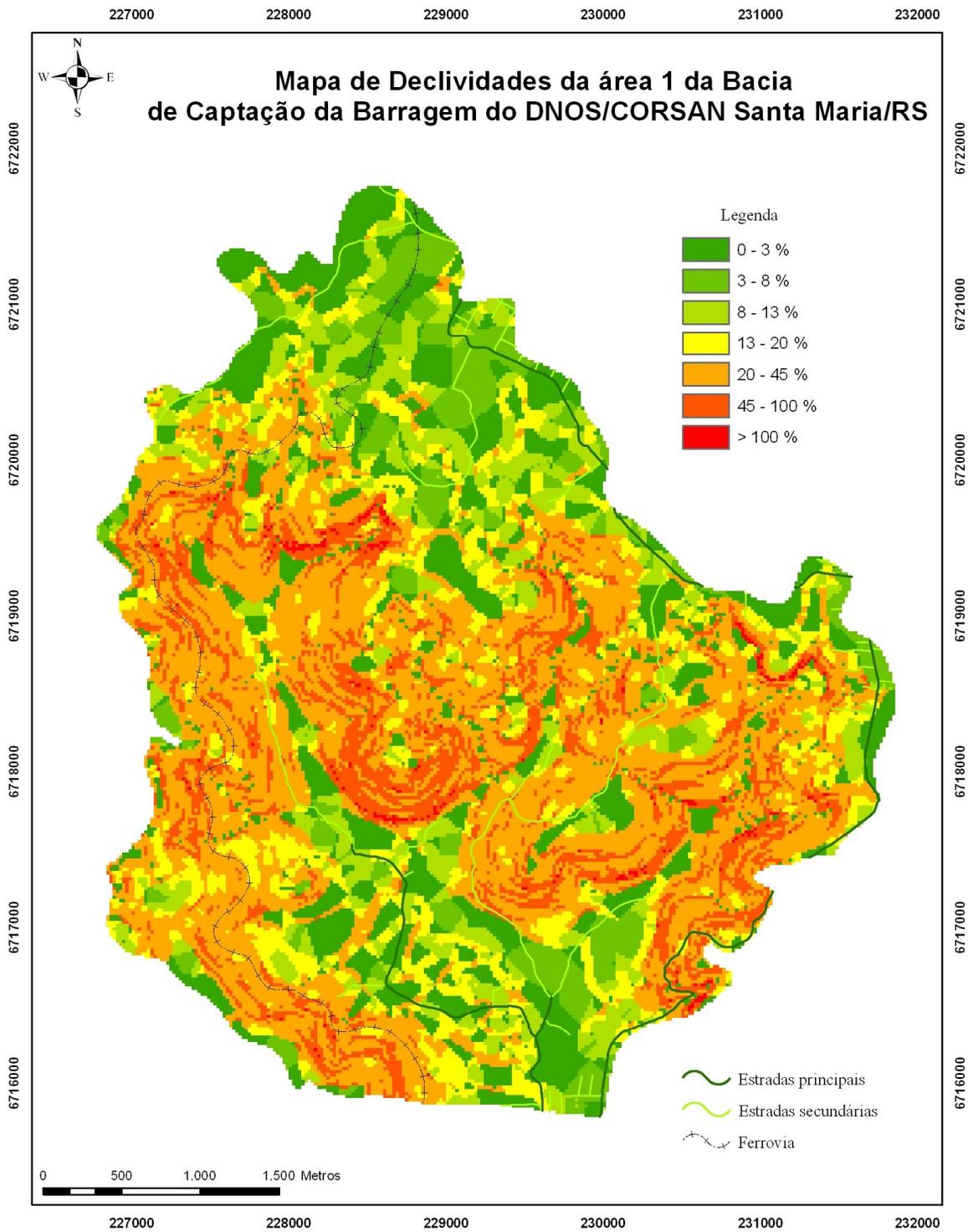
A figura 4 mostra o mapa de declividades da área gerado a partir do Modelo Numérico do Terreno e a figura 5 o mapa do fator topográfico. Os valores de LS de 0 – 1 abrangem maior quantidade da área, seguidos das classes 1,1 – 3 e 3,1 – 5. Pelo relevo acidentado da área o fator LS exerce influência importante no processo erosivo.

O fator LS possui maior influência na variação da erosão bruta do que qualquer um dos outros fatores, exceto o fator manejo do solo (FORNELOS e NEVES, 2006).

O comprimento da rampa L representa a distância entre o ponto onde se origina o escoamento superficial até o ponto onde ocorra a deposição de sedimentos. O gradiente de declividade (S) refere-se à variação de declividade em intervalos de vertentes, sendo expresso em porcentagem.

Esses parâmetros são representados para aplicação prática, como um único fator topográfico LS e sendo definido como a taxa de perda de solo por unidade de área de uma parcela-padrão de 22,13 m de comprimento e 9% de declive (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

Bertoni e Lombardi Neto (1985); desenvolveram o cálculo do fator LS para a EUPS para situações do Brasil, expresso através da equação: $LS = 0,00984.C^{0,63}.D^{1,18}$, onde D = grau de declive, em porcentagem; e C = comprimento de rampa do terreno, em metros

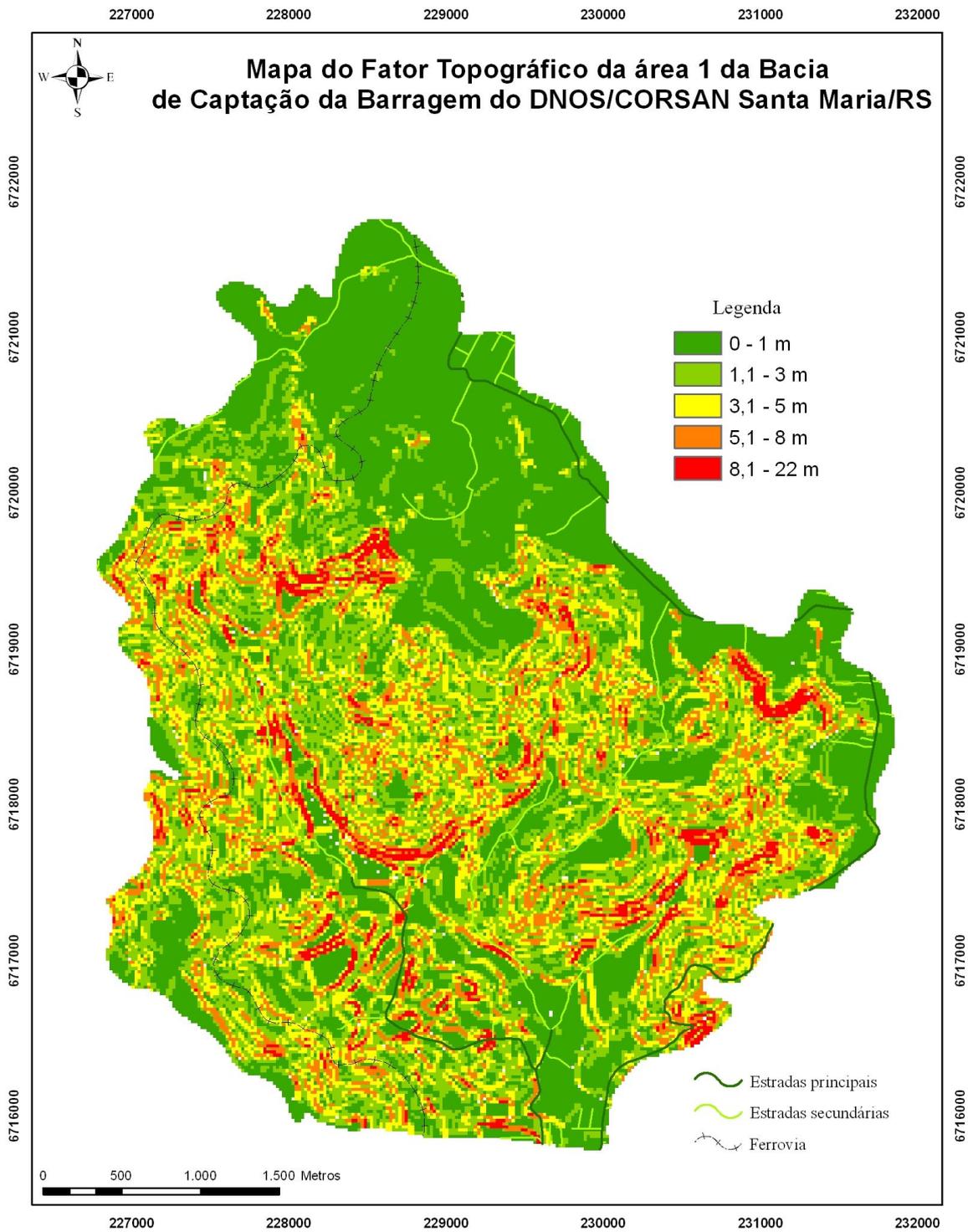


Projeção Transversa de Mercator, origem da quilometragem UTM, Equador e Meridiano 51 WGR.
Datum Horizontal WGS - 84

Base Cartográfica Utilizada
Cartas do DSG - Divisão de Levantamentos
Escala 1:25000

Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 4. Mapa das Declividades da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RN.



Projeção Transversa de Mercator, origem da quilometragem UTM, Equador e Meridiano 51 WGR.
Datum Horizontal WGS - 84

Base Cartográfica Utilizada
Cartas do DSG - Divisão de Levantamentos
Escala 1:25000

Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 5. Mapa do Fator Topográfico (LS) da área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

5.2.4 Fator Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas (Fator CP)

O fator uso e manejo do solo (fator C) pode ser dito como a relação entre as perdas de solo de uma área cultivada em determinadas condições e as perdas de solo de um terreno que é mantido descoberto (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005). Já o fator práticas conservacionistas (fator P) é a relação entre a intensidade esperada de tais perdas com uma prática de controle a erosão do solo e aquelas quando o cultivo esta no sentido do declive ou “morro a baixo”.

Esse fator estima o quanto um uso da terra e/ou um manejo da cultura consegue proteger o solo da erosão. Portanto, uma melhor cobertura significa maior proteção e, conseqüentemente menores taxa de perda de solo, comparando-se com a área desprotegida (DEVICARI, 2009).

A tabela 3 expressa os valores compilados de vários trabalhos para obtenção do fator CP que embora sejam estudados separadamente para fins de cálculos da EUPS eles são agrupados em um único fator sendo que $CP = C \cdot P$.

Tabela 3. Valores relativos ao fator CP para as classes de uso da terra.

Classes de Uso da terra	Fator C*	Fator P*
Floresta	0,012	0,1
Capoeira	0,042	0,3
Campo Sujo	0,042	0,3
Campo Limpo	0,042	0,2
Lavoura	0,180	0,7
Reflorestamento	0,020	0,2
Urbano	0,100	0,0
Água	0,000	0,0

* Fonte: Devicari (2009); Silva (2004); Tómas (1993); Stein (1987); Bertoni e Lombardi Neto (1985); ESTADOS UNIDOS - Departament of Agriculture. 1961. Predicting rainfall erosion losses. Table 10.

Para a elaboração do mapa do fator CP foi realizada a classificação de uso da terra utilizando como suporte uma imagem do Google Earth, a qual é representada na figura 6.

Através das pesquisas bibliográficas pode-se constatar o quanto são incipientes as informações em relação a essas variáveis para o estado do Rio Grande do Sul. Os dados obtidos foram baseados em estudos realizados no centro oeste brasileiro, mais precisamente no estado de São Paulo. Como o objetivo

principal do trabalho não é o estudo específico do fator CP assume-se que os dados sejam condizentes com as situações de campo encontradas na área de estudo.

Em contrapartida, a maior precisão dos resultados encontrados pode ser devida ao uso de imagens do Google Earth (SAMUEL-ROSA, 2009) para a classificação do uso da terra e não de imagens de satélite (SILVA, et al 2009; DEVICARI, 2009; SERIO et al 2008; MOREIRA e ROSA, 2006; RUHOFF et al 2006; TOMAZONI e GUIMARÃES, 2005; TOMAZONI et al 2005) ou mapas de uso da terra com escalas muito pequenas (SAITO et al 2009; COSTA et al 2007; FORNELOS e NEVES, 2006).

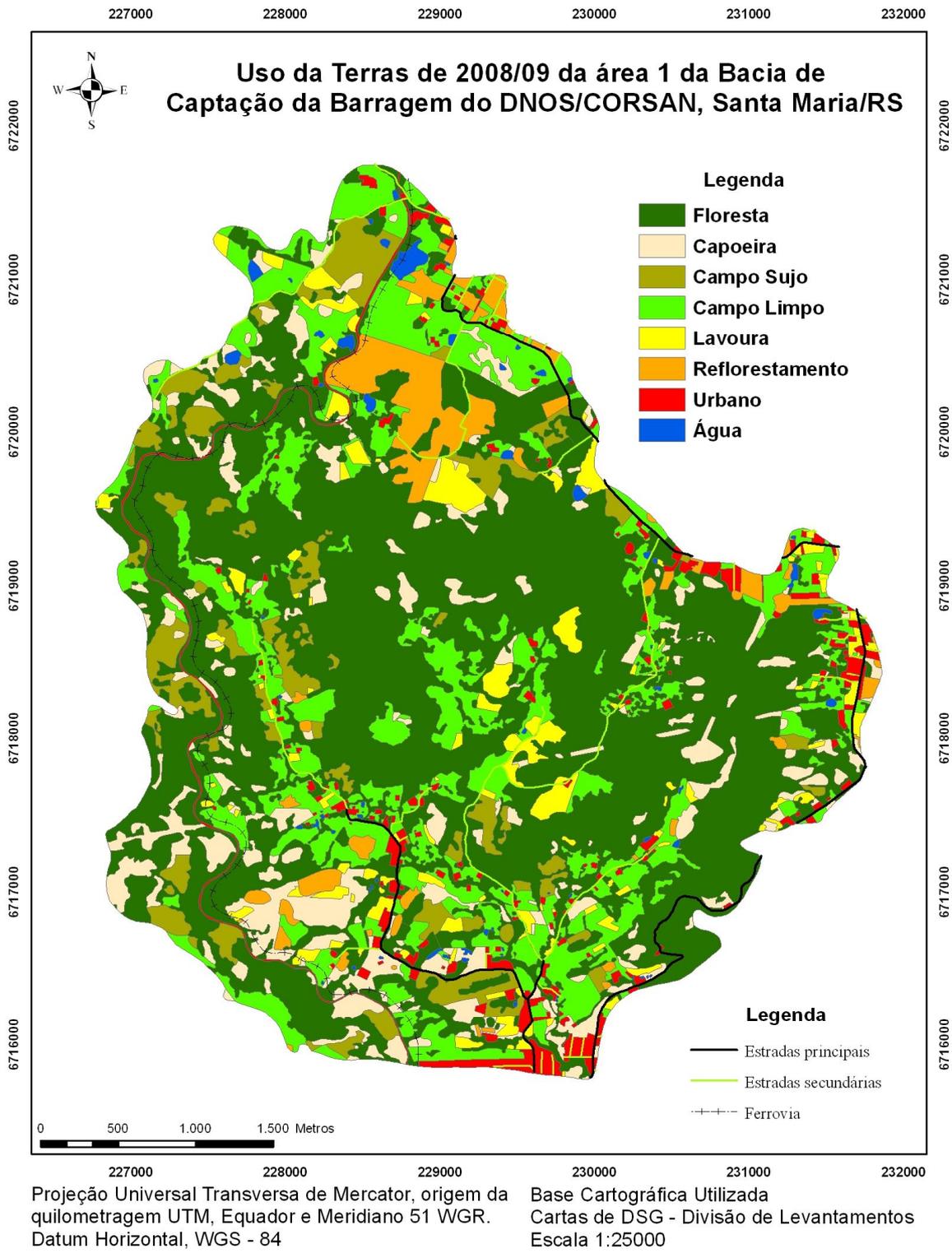
O fator P possui uma amplitude de 0 a 1 e no caso o valor de 1 seria a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas. Vários trabalhos consideram o valor de P como uma constante, sendo 1, evidenciando que na área não existem ou não se tem informações de práticas conservacionistas (BESKOW et al. 2009; OZCAN et al. 2008; COSTA et al. 2007).

Procedendo-se desta forma, a EUPS superestima a perda para cada área (DEVICARI, 2009).

Se o objetivo é adequar formas de produção agrícola de maneira a minimizar os efeitos negativos causados no meio físico (STEIN et al. 1987), as variáveis antrópicas da EUPS devem ser tratadas separadamente. Mas se o objetivo é espacializar fenômenos por meio do geoprocessamento, os valores de C e P podem ser analisados conjuntamente em função do uso e ocupação do solo.

Assim, adota-se o fator $P=1$, como sendo uma constante, por representar a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas.

Com relação ao fator C, Farinasso et al (2006) enfatiza que este fator não pode ser obtido de forma independente. Isso se deve ao fato de que uma cultura pode ser plantada sempre no mesmo local ou por meio de rotação de culturas; os restos vegetais podem ser removidos, incorporados ao solo, ou mesmo queimados; o preparo do solo pode ser irregular, deixando o solo ora liso, ora de forma irregular, entre outros fatores. Sendo assim, essas combinações podem apresentar diversos efeitos nas perdas do solo.



Elaborado por: Pablo Miguel (Adaptado de Samuel-Rosa, 2009)

Figura 6. Uso das terras para a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS, utilizando imagem Google Earth, ano 2008/09.

5.2.5 Potencial Natural de Perda de Solo

Potencial de Perda Natural de Solo (PNE) é caracterizado pelas perdas de solo em uma área que é mantida descoberta, mediante a multiplicação dos fatores naturais da equação (R, K e LS). Desconsiderando os fatores que são de origem antrópica, ou seja, fator C e fator P.

A geração do mapa de perdas de solo foi primeiramente realizada através da combinação dos fatores K e LS e mais o fator constante R. Assim, gerando o mapa de potencial natural de perdas de solo (figura 7).

Para a representação gráfica os valores de perdas foram divididos em classes e são apresentados na tabela 4 com as respectivas áreas em hectares e porcentagem.

Em 42% da área de estudo a perda de solo média anual foi de menos de 250 t.ha⁻¹.ano⁻¹. As maiores taxas de perdas, compreendendo 4% da área, com perdas acima de 2000 t.ha⁻¹.ano⁻¹, se concentram principalmente em áreas de maior declividade e com predominância de solos rasos.

Comparando-se o mapa do fator LS (figura 5) com o mapa do potencial natural à erosão laminar (figura 7), verifica-se que os mesmos possuem uma alta correlação, indicando que para a região, o parâmetro LS tem o predomínio sobre os fatores R e K

Isso pode ser mais bem explicado levando em consideração que o fator K do Neossolo Litólico distro-úmblico possui praticamente o mesmo valor do Argissolo Vermelho, porém, este último faz parte da classe mais baixa de perdas de solo. Assim, constata-se a influência potencial do fator LS.

Considerando ainda o mapa do fator K (figura 2) pode-se identificar alguns aspectos importantes relacionados aos diferentes tipos de solos encontrados na área. Em algumas áreas são encontrados valores de K superiores a 0,055 t.h.MJ⁻¹.mm⁻¹, indicando uma elevada suscetibilidade a erosão hídrica.

São áreas onde encontram-se a classe dos Planossolos. Esses solos **apresentam um horizonte superficial de textura arenosa**, daí o seu elevado fator K. Porém, essas áreas não são correlacionadas como áreas de alta suscetibilidade a perdas de solo, pelo fato de que são áreas com relevo plano. Assim, confirmando mais uma vez a importância do fator LS.

Uma estimativa ou simulação do Potencial Natural de Erosão é de extrema importância para a avaliação de regiões com alta suscetibilidade aos processos

erosivos. Desta maneira, a espacialização do potencial de perda de solo pode ser utilizada na tomada de decisões em relação ao uso do solo.

Segundo Pedro e Lorandi (2004) as estimativas de potencial natural de erosão contribuem para restringir o uso e ocupação de áreas potencialmente suscetíveis à erosão.

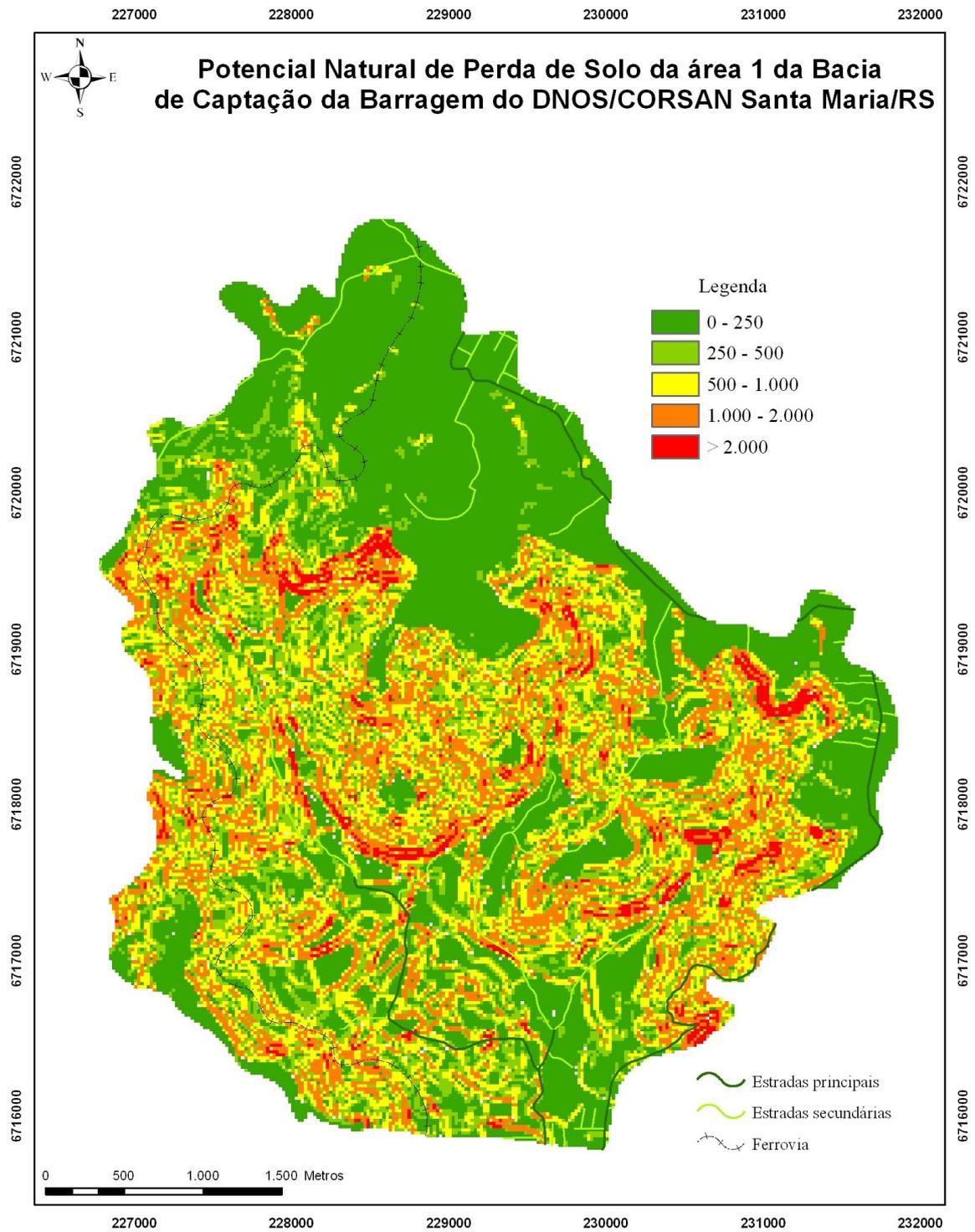
Como somente em 4% da área os processos erosivos poderiam ser classificados como críticos e ainda levando em consideração que essas áreas são quase que na sua totalidade áreas de preservação permanente com cobertura vegetal de mata nativa, pode-se afirmar que os principais cuidados em relação a preservação e manutenção da qualidade dos solos deve ser voltado para essas áreas com maior importância.

Dependendo do uso do solo e manejo as perdas por erosão podem ser diferenciadas. Weill e Sparovek (2008) afirmam que, para um mesmo uso do solo com os fatores C e P constantes, o fator LS foi o que mais influenciou na variação observada nas taxas estimadas de erosão.

Tabela 4. Potencial Natural de Perda de Solo.

Classes	Ha	%
0 – 250*	810	42
250 – 500	294	15
500 – 1000	412	21
1000 – 2000	356	18
> 2000	76	4

*t.ha⁻¹.ano⁻¹



Projeção Transversa de Mercator, origem da quilometragem UTM, Equador e Meridiano 51 WGR.
Datum Horizontal WGS - 84

Base Cartográfica Utilizada
Cartas do DSG - Divisão de Levantamentos
Escala 1:25000

Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 7. Potencial Natural de Perdas de Solo ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) da a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

5.2.6 Potencial de Perda de Solo

Após a realização de todos os procedimentos foi realizada a integração de todos os fatores da EUPS para a obtenção do mapa de perda de solo. (figura 8).

Os dois mapas gerados pela combinação (potencial natural de perda de solo e o dos fatores antrópicos) foram novamente combinados gerando o mapa de potencial de perda de solo para a área de estudo.

De acordo com a tabela 5 fica evidente que cerca de 80% da área possui perdas de solos que variam de 1 a 2 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Somente 1% da área apresenta uma perda de solo de mais de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Segundo Fornelos e Neves (2006) as classes de perdas de solos variando de 0 a 10 t.ha⁻¹.ano⁻¹ podem ser consideradas como baixas, perdas acima de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹ seriam consideradas moderadas e perdas maiores que 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ altas.

Estabelecer limites de tolerância de perdas de solos é um estudo relativamente complexo, pois deve se levar em conta não somente o volume de solos perdidos, mas também as taxas de formação de cada solo. Se estabelecido um balanço entre esses dois processos podem ser definidos limites de tolerância.

Como a classe que apresenta perdas superiores a 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹ se concentra basicamente em áreas mais declivosas da bacia e em solos mais rasos, Tomazoni e Guimarães (2005) afirmam que esses solos são mais erodíveis e que suportam menores remoções, sendo que, necessitam de uma maior atenção.

Ruhoff et al (2006) pressupõe em seu trabalho que limites de perdas de solos, em que os valores médios variam de 2 a 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, para solos rasos ou muito suscetíveis aos processos erosivos, limites de tolerância de 11 a 25 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para áreas montanhosas e com totais pluviométricos elevados. Sendo assim, a área de estudo apresenta perdas normais de solo, pois estas se encontram dentro dos limites estabelecidos pelo autor.

Alguns trabalhos tentam estabelecer através de fórmulas alguns limites de tolerância de perdas de solo baseados principalmente no fator K. Mannigel et al (2002) traz valores de tolerância de perdas de solos para Argissolo Vermelho de 11,22 t.ha⁻¹.ano⁻¹, para Cambissolo Háplico de 11,62 t.ha⁻¹.ano⁻¹, para Neossolo Quartzarênico de 14,70 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e para a classe dos Planossolos Háplicos de 5,74 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Munido dessa informação o presente trabalho afirma que somente algumas áreas com associações de solos, Cambissolo – Neossolo poderiam estar apresentando perdas acima do limite de tolerância.

Bertoni e Lombardi Neto (1990), estabelecem que os valores de tolerância média de perdas de solo variam de 4,5 a 13,4 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos com solos com B textural. As classes Argissolo Vermelho e Argissolo Bruno-Acinzentado se concentram na faixa de 0 a 2 t.ha⁻¹.ano⁻¹, portanto, diante da comparação com os dados da pesquisa essas áreas encontram-se dentro dos limites permissíveis.

Da mesma forma que o PNE, o mapa de Potencial de Perdas de Solo (figura 8) exibe uma alta correlação com o fator LS. Mostrando que mais uma vez, independente da combinação de outros fatores, sejam eles naturais ou antrópicos, o fator LS se sobressai sobre os demais.

Como já citado anteriormente, a literatura tem um caráter incipiente quando se trata dos fatores da EUPS principalmente para condições de solos e cobertura vegetal do estado do Rio Grande do Sul, ainda mais em se tratando do fator C. Ao analisar a tabela 3 nota-se a quantidade de trabalhos compilados para que se chegasse a valores de fator C o mais condizente possível com a situação em questão e mesmo assim os autores citados têm alta discrepância entre suas avaliações.

Sendo assim este trabalho afirma que existe pouca liberdade em relação a fatores da EUPS que são meramente aplicações de fórmulas matemáticas (fator R e K) ou extraídos de formas de relevo (MNT ou SRTM) como o fator LS. Porém, com fatores como C e P a amplitude de variação se torna maior, afetando em grau elevado a resultado final no mapa de perdas de solos.

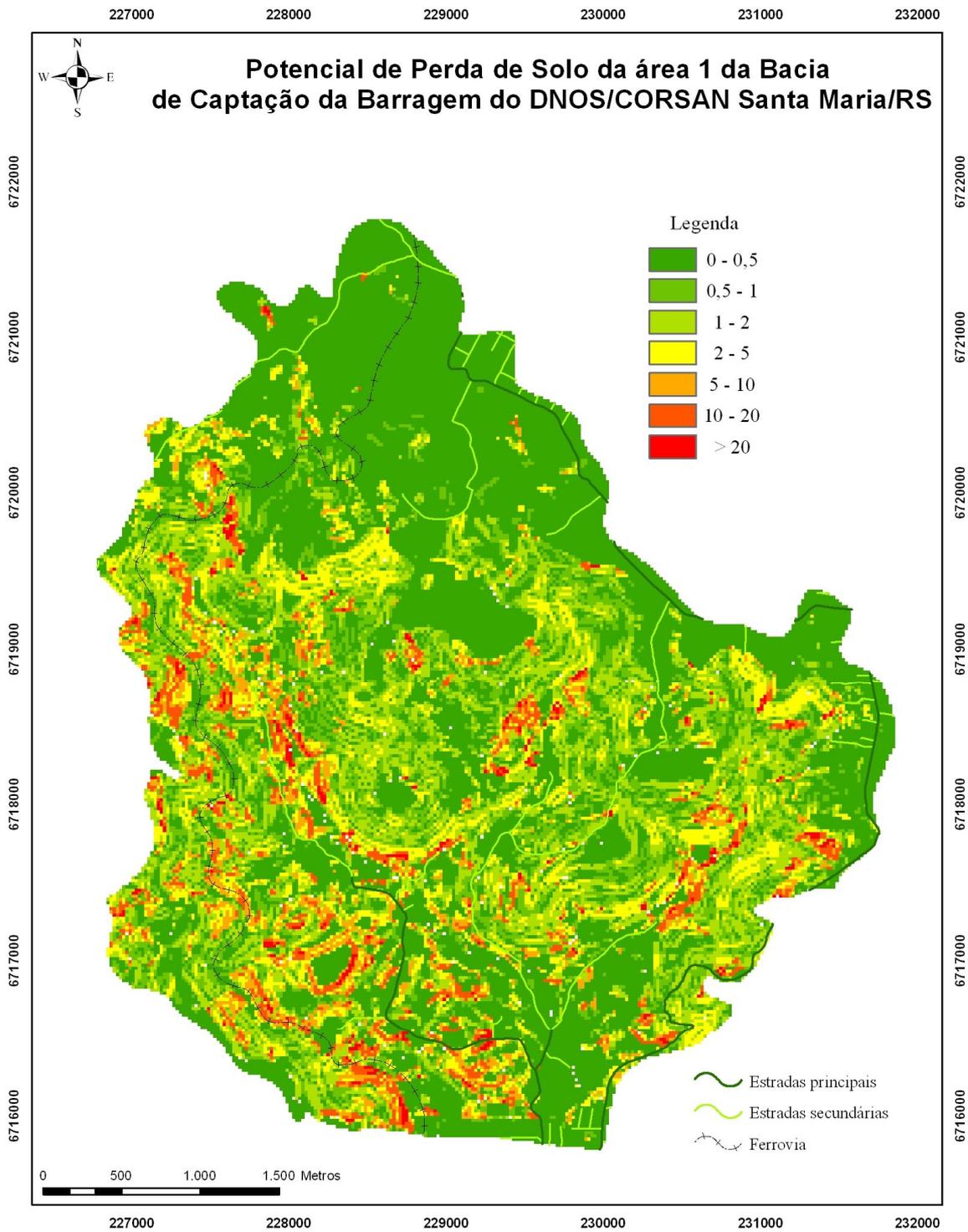
Zhou et al (2008) afirma que entre os fatores que afetam o erosão do solo, o fator C e o fator LS são os mais importantes, visto que a remoção do material vegetal pode ocasionar enxurradas principalmente em áreas montanhosas que é o caso da microbacia do Rio Min na China.

Como as áreas de lavoura em que possivelmente ocorra um revolvimento do solo, aparecem na área em um percentual pouco significativo, se torna difícil identificar esses possíveis focos pontuais de erosão do solo e propor técnicas de manejo e conservação do solo que visam melhorar a situação. Mesmo assim, Stein et al (1987), afirma que as áreas degradadas e ocupadas por agricultura são mais críticas por propiciar a perda laminar de solos, e devem ser atendidas prioritariamente com técnicas conservacionistas, ajustando-se à sua capacidade de uso, de acordo com sua classe de aptidão agrícola.

Tabela 5. Potencial de Perda de Solo.

Classes	Ha	%
0,0 – 0,5*	890	47
0,5 – 1	285	15
1 – 2	325	17
2 – 5	190	10
5 – 10	90	5
10 – 20	80	4
> 20	53	1

*t.ha⁻¹.ano⁻¹



Projeção Transversa de Mercator, origem da quilometragem UTM, Equador e Meridiano 51 WGR. Datum Horizontal WGS - 84

Base Cartográfica Utilizada
 Cartas do DSG - Divisão de Levantamentos
 Escala 1:25000

Elaborado por: Pablo Miguel

Figura 8. Potencial de Perdas de Solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) da a área 1 da Bacia de Captação da Barragem do DNOS/CORSAN, Santa Maria/RS.

5.3 CONCLUSÃO

A avaliação tanto do Potencial Natural de Perdas de Solo como do Potencial Total de Perdas releva uma estimativa importante no planejamento de ocupação e de uso das terras em relação às áreas que apresentam maior risco ou maior probabilidade de ocorrerem processos erosivos numa escala que possa causar degradação das terras.

Os trabalhos relacionados a Equação Universal de Perda de Solo no estado do Rio Grande do Sul tem sua base de estimativa dos fatores em bibliografias que retratam situações de outros estados, principalmente do centro oeste brasileiro. Sendo assim, o presente trabalho tentou, através da avaliação de outros autores, se aproximar ao máximo ou representar de forma mais idônea a situação da área de estudo principalmente em relação ao fator uso e manejo do solo e práticas conservacionistas.

O auxílio da imagem do Google Earth foi uma ferramenta de extrema importância na avaliação da ocupação e uso das terras na área de estudo. Os dados levantados através dessa metodologia para a estimativa do fator CP são confiáveis e o pesquisador pode fazer uma conferência de campo para uma possível melhoria da definição das classes de uso da terra.

Para a avaliação do Potencial de Perdas de solo, o fator topográfico (LS) foi o que mais fortemente determinou o ritmo dos processos erosivos seguido do fator CP e fator K. Fazendo comparações entre o mapa do fator LS e o mapa de perdas de solos com a realidade local verificou-se que os dados obtidos correspondem aos aspectos físicos da área de estudo.

A integração entre os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), principalmente o software ArcGis, na modelagem preditiva da erosão do solo, foram importantes ferramentas no diagnóstico para o planejamento ambiental, promovendo uma rápida análise sob o aspecto quantitativo e qualitativo.

Cada um dos parâmetros da EUPS não necessita ser estimado de forma tradicional, através de inúmeros experimentos de campo, o que isso representaria uma limitação em relação a grandes áreas. Portanto, as técnicas de geoprocessamento aparecem como ferramentas alternativas para que este tipo de

análise possa ser feita em escala regional e em menor escala de tempo e conseqüentemente menor custo.

Mesmo com o auxílio de todas as técnicas de geoprocessamento disponíveis ainda há necessidade de trabalhos de campo para calibração do modelo, visando a espacialização das perdas e ajuda nas tomadas de decisão.

Assim, se torna cada vez mais interessante chamar a atenção de administradores para as regiões que são mais propicias as degradação com relevo acidentado e com solos de alta capacidade de erodibilidade. Estabelecendo assim, nestas áreas, dinâmicas de controle e preservação da erosão do solo e a adoção de praticas menos intensivas de uso da terra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, D. N. et al. A aplicação da USLE e SIG na estimativa da perda de solos em uma microbacia hidrográfica do semi-árido do estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007. Bonito, MG. **Anais...** Bonito, MS: Acqua Consultoria, 2007.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.5, n.6, p.125-34, 1999.

BAZZANO, M. G. P. **Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e períodos de retorno das chuvas de Quaraí e Rio Grande, RS**. 2005. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5 ed. Piracicaba/SP; Ícone Editora 355p. 2005. FAO. Metodologia provisional para evaluation de la degradacion de los suelos. Roma. FAO/PNUMA: Unesco. 1980. 86p.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Ed. Ícone. 1985.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Ed. Ícone. 1990.

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

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **CATENA**. 79, 49 – 59. 2009.

BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais 3**. Florianópolis: UFSC, 2003.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A.J.T.; et al. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Cap. 08, p.269-300. 1999.

BRANCO, N. **Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta**, Dissertação de mestrado, UFSM, Santa Maria, 1998. p. 118.

BRASIL, Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Naturais e Exatas. Departamento de Geociências. **Mapa Geológico da Folha Santa Maria – RS**. Santa Maria, 1980. Mapa p&b. Escala 1:50.000.

BRASIL. Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965. **Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em: 29 de agosto de 2009.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed.) **Introdução à ciência do geoinformação**. São Jose dos Campos: Inpe, 2001. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>
Acesso em 24 de novembro de 2009.

CANIL, K. **Processos erosivos e planejamento urbano: carta de risco de erosão das áreas urbana e periurbana do município de Franca, SP**. 2000 96 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 1994. 372p.

CARVALHO, N. O.; SANTOS, P. M. C. et al. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

CASSOL, E. A, et al. Erosividade das chuvas, determinada pelo índice Ei30, no período de 1957 a 1997 em Veranópolis, RS e no período de 1963 a 1997 em farroupilha, RS. In: V Reunião sul brasileira de ciência do solo, 2004, Florianópolis. **Anais** da V Reunião sul brasileira de ciência do solo, 2004.

COGO, C. M; ELTZ; F. L. F; CASSOL, E. A. Erosividade das chuvas de Santa Maria, RS, determinada pelo índice ei30 no período de 1963 a 2000. In: XIV Reunião Brasileira de ciência do Solo, 2001, Cuiabá. **Anais** da Reunião Brasileira de ciência do Solo.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 303, de 20 de março de 2002 – **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>.
Acesso em 15 de jan. de 2009.

COSTA, T. C. C. da.; UZEDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; LUMBRERAS, J. F.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P. Vulnerabilidade ambiental em sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda de solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. **Anais...** 21-26 abril 2007, INPE, p. 2493-2500.

CUNHA, C. M. L. da. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1997, 93p.

DADSON, S.J., HOVIUS, N., CHEN, H., DADE, W.B., HSIEH, M.-L., WILLETT, S.D., HU, J.-C., HORNG, M.-J., CHEN, M.-C., STARK, C.P., LAGUE, D., LIN, J.-C. Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen. **Nature** 426 (6967), 648–651. 2003.

DALMOLIN, R. S. D; et al; Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, v.34, n 5, p. 1479-1486, 2004.

DALMOLIN, R. S. D; et al: Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, v.35, n.2, p.481-489, 2005.

DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A; KLAMT, E. Relação solo-paisagem no Rebordo do Planalto do RS. In: XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2006, Aracajú - SE. **Anais...** 2006. (CD-ROM)

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1990. 114p. (Tese de Doutorado).

DEVICARI, L. F. **O Modelado de Dissecção do Relevo como Fator Topográfico na Equação Universal de Perda de Solo Aplicado ao Município de São Pedro do Sul – RS**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 124p. (Dissertação de Mestrado)

DILL, P.R.J. **Assoreamento do Reservatório do Vacacaí Mirim e sua Relação com a Deterioração da Bacia Hidrográfica Contribuinte**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2002. 112p. (Dissertação de Mestrado).

DILL, P.R.J.; PAIVA, E.M.D.; PAIVA, J.B.D.; ROCHA, J.S.M. Assoreamento do Reservatório do Vacacaí-Mirim em Santa Maria e a sua relação com a deterioração da Bacia Hidrográfica contribuinte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 9:56-64, 2004.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J.A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, **Brasil. Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1997. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 221p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2 ed., Brasília, 2006. 306p.

ESRI. **ArcGIS for Windows**. Versão 9.3.1. 2009.

FARINASSO, M.; JUNIOR, 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 solos utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - Ano 7, nº 2, 2006.

FERNANDÉZ, X. S.; GARCIA, D. D. Desenvolvimento rural sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Agronomia e desenvolvimento rural sustentável**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 17- 26. abr./jun. 2001.

FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. da S. Uso de Modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Anais...** 1 Simpósio de Geotecnologias do Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11 – 15 de novembro de 2006. Embrapa Informática Agropecuária,/INPE, p. 182 – 191. 2006.

FINK, J. R. **Morfologia e Classificação de Neossolos derivados de Rochas Sedimentares do Rio Grande do Sul, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 30p. Santa Maria, 2009.

GALVÃO, S. R. da S.; SALCEDO, I. H.; dos SANTOS, A. C. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do agreste em vaca brava (PB). **R. Bras. Ci. Solo.** 29:955-962, 2005.

GIASSON, E; CLARKE, R. T; INDA JUNIOR, A. V: Mapeamento digital de solos utilizando regressões logísticas múltiplas e parâmetros do terreno no sul do Brasil. **Scientia Agrícola**, v.63, n.3, p.262-268, 2006.

GOOGLE. **Google Earth Professional.** Versão 4.2.0180.1134 (beta). 2007. Acesso em janeiro de 2009.

GOLDANI, J.Z. **Ocupação antrópica e sócio-ambiental na área de captação do reservatório do DNOS Santa Maria – RS.** 2006. 104f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2006.

GONCALVES, C. S., RHEINHEIMER, D. S., PELLEGRINI, J. B. R. et al. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol. 9, no. 3. p. 391-399. 2005.

IBGE. **Levantamento de recursos naturais do projeto RadamBrasil.** Folha SH.22.Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiiana e Si. 22 Lagoa Mirim, 1986.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia – <http://www.inmet.gov.br> (acessado dia 08/02/2010).

KLAMT, E; et al: **Proposta de normas e critérios para execução de levantamentos semi-detalhados de solos e para avaliação da aptidão agrícola das terras.** Pelotas: NRS-SBCS, 2000. 44 p. (Boletim Técnico, 5).

LAL, R. Soil Erosion and Land degradadtion: The Global Risks. In: **Advances in Soil Science**, v. 11, p. 129-172. 1990.

LEPSCH, I. F; et al; **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; EID, N. J.; MARTINS, E. S.; KOIDE, S.; REATTO, A. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da

erodibilidade dos solos da bacia Experimental do Alto Rio Jardim – DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - Ano 8, nº 2. 2007.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p. (Tese de Mestrado)

LOMBARDI NETO, F. e MOLDENHAUER, W.C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)**. *Bragantia*, 51:189-196, 1992.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria : Imprensa Universitária - UFSM, 1990. 21 p.

MANNGIEL, A. R.; CARVALHO, M. de P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MARINS, A. P. **Simulação Hidrológica do reservatório do Vacacaí-Mirim Santa Maria/RS utilizando o sistema IPHS1**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004, 183p. (Dissertação de Mestrado).

MCBRATNEY, A. B; MENDONÇA SANTOS, M. L; MINASNY, B.; On digital soil mapping, **GEODERMA**, v 117, n. 1-2, p.3-52, 2003.

MELLER A.; ATTUS, P M.; PAIVA, E. M. C. D de.; MAFFINI, F.; PAIVA, J. B D de.; DIL, P. R. Evolução de Processo Erosivo Acelerado em trecho do Arroio Vacacaí Mirim. RBRH. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre. v.6, n.2, p abr/jun. p-129-135. 2001.

MIGUEL, P; DALMOLIN, R, S, D; BUENO, J, M, M; PEDRON, F, de A; ROSA, A, S. Caracterização Pedogeológica da Sub - Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, Santa Maria, RS.. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009, Fortaleza. **Anais...** (CD-ROM)Fortaleza – CE.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E. O sistema hidrográfico do rio Matinhos: uma análise morfométrica. **R. RA'EGA**, Curitiba, UFPR, n. 4, p. 139-152. 2000.

MOREIRA, M. R.; ROSA, R. **Avaliação de perdas de Solo por Erosão Laminar no Município do Prata – MG** 2006 acesso em 13 de fevereiro de 2010. www.ig.ufu.br/lgeop/artigos/mir_vic.pdf.

NELSON, D.W. e SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L; HELMKE, P.A. & LOEPPERT, R.H. eds. **Methods of soil analysis: chemical methods**. Part 3. Madison, American Society of America, 1996. p.961-1010.

ODUM, E.P. **Fundamentals of ecology**. 3 ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1971. 474p.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J. de; MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

OZCAN, A. U.; ERPUL, G.; BASARAN, M.; ERDOGAN, H. E. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass–Çankiri, Turkey. **Environmental Geology** 53, 1731–1741. 2008.

PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. et al. **Estimativa do Assoreamento do Reservatório do DNOS, em Santa Maria, RS**. In: XVII Congresso Nacional del Agua e II Simpósio de Recursos Hídricos del Cono Sur, 1998, Santa Fé. Santa Fé: ABRH Digital, 1998. V.3 p.452-461.

PAIVA, J.B.D. e PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. ABRH:Porto Alegre/RS. 628p. 2003.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP.**Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro Nº 56/01, 2004

PEDRON, F.A. **Classificação do potencial de uso das terras no perímetro urbano de Santa Maria – RS**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 75p. (Dissertação de Mestrado).

PEDRON, F. de A.; MIGUEL, P.; RODRIGUES, R. B. et al.Variabilidade e a aptidão agrícola de Argissolos na Depressão Central do Rio Grande do Sul. In. V REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004, Florianópolis, SC. **Anais...** (CD-ROM) Florianópolis, 2004. 4p.

PEDRON, F. A; et al; A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine - RS. **Ciência Rural**, v. 36, n.1, p.105-112, 2006.

PENNA E SOUZA, B. S. 2001. **A qualidade da água de Santa Maria/RS: umas análise ambiental das sub bacia hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí Mirim**. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

POELKING, E.L. **Aptidão, evolução e conflitos de uso das terras no município de Itaara, RS**. 2007. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2007.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.45, n.2, p.209-17, 2002.

RAMALHO FILHO, A; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.

RIBEIRO C. S; et al. O Desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**. Viçosa, Minas Gerais. v.29, n.2, p.203-212, 2005.

RIBEIRO, J. C.; SALOMÃO, F. X. T. Abordagem morfoopedológica aplicada ao diagnóstico e prevenção de processos erosivos na bacia hidrográfica do alto rio da casca, MT São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 22, n. 1, p. 83-95, 2003.

ROMERO-DÍAZ, A.; ALONSO-SARRIÁ, F.; MARTÍNEZ-LLORIS, M. Erosion rates obtained from check-dam sedimentation (SE Spain). A multi-method comparison. **CATENA**, 71, 172 – 178. 2007.

RUHOFF, A. L; **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

RUHOFF, A.L., SOUZA, B.S.P., GIOTTO, E., PEREIRA, R.S. Avaliação dos processos erosivos através da Equação Universal de Perda de Solos, implementada com algoritmos em LEGAL. **Geomática**, 1–9. 2006

SAMUEL-ROSA, A. **Uso da Terra no Rebordo do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 24p. Santa Maria, 2009.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa : SBCS, 5 ed, 2005. 100p.

SANTOS, F. J. dos; KLAMT, E: Gestão agroecológica de microbacias hidrográficas através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto – caso Fazenda Pantanoso. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1785-1792, 2004.

SEMA. **Relatório final do inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 706p.

SERIO, J.; COSTA, C. A. G.; TEIXEIRA, A. dos S.; ORTEGA, E. Aplicação da USLE e sig na caracterização de três micro bacias hidrográficas no BRASIL. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 213-221, abr./jun. 2008

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações Geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos**. Campinas. Editora da UNICAMP, 2004.

SILVA, M. R.; PAIVA, F. M. de L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na Bacia do Rio Capiá baseado em sig e sensoriamento remoto. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife-PE Vol.2 n.01 jan/abril,26-40.2009.

SILVA, J.E.B.; GUERRA, A.J.T. Análise das propriedades dos solos das sub-bacias do rio Tindiba e do córrego do Catonho, Rio de Janeiro, com fins à identificação de

áreas com predisposição à erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais...** CD-ROM.

SHI, Z.H., CAI, C.F., DING, S.W., WANG, T.W., CHOW, T.L. Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the Three Gorge Area of China. **CATENA** 55, p. 33–48. 2004

SOARES, E. M. F: **Proposta de um modelo de sistema de gestão das águas para bacia hidrográfica – SGABH. Microbacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim a montante da RS 287/Santa Maria/RS. 2003.** ____ f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SOUZA, E.R.; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe agropecuário.** Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20. 2000.

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A. F.; PONÇANO, W. L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na bacia do Peixe - Parapanema. In: 4o Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Marília, SP, **Anais...** 1987. p:105-135

STONE, R.P. e HILLBORN, D. Universal Soil Loss Equation (USLE). Canadá: Ontário Ministry of Agriculture and Food (OMAFRA). ISSN: 1198-712X. <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/00-001.htm>, 2002.

STRECK, E. V.; et al: **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002.

STRECK, E. V.; et al: **Solos do Rio Grande do Sul.** 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008.

STÜRMER, S.L.K., DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; PEDRON, F.A.; MENEZES, F.P. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprolito com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, 36: 2057-2064, 2009.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; KAISER, D.R.; KUNZ, M.; PELLEGRINI, A.; REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.A. Teor de argila de solos sob diferentes tempos de agitação horizontal, tempo de contato do dispersante químico e dispersão mecânica. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria/RS. **Anais...** 2004. CD-ROM.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun.* In: **Soil Science. Plant Analysis.** 19:1467-1476, 1988.

TEIXEIRA A.J.A; CRUZ C.B.M. Classificação de Bacias de Drenagem com o Suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento- o Caso da Baía de Guanabara. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, 2005,

Goiânia, **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2779-2786. CD-ROM.

TÓMAS, P. P. et al. Erosão Hídrica dos solos em pequenas bacias hidrográficas – Aplicação da equação universal de degradação dos solos. Publicação **CEHIDRO** nº 7, Instituto Superior Técnico. Lisboa, 1993.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. Sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia** Nº 57/03, (ISSN 1808-0936). 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.

VALÉRIO FILHO, M.; DONZELI, P.L.; PINTO, S. dos A. F., et al. Monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias hidrográficas através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro : SBSCS, 1997. Publicado em CD ROM.

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. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:801-814, 2008.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. e CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, 26 (5): 189-193, 1971.

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

Van Der KNIJFF, J.M.; JONES, R.J.A. e MONTANARELLA, L. Soil erosion risk assessment in Italy. **European Soil Bureau**. Joint Research Center of the European Commission, 52 p. Report, 1999.

VERBIST, B.; POESEN, J.; Van NOORDWIJK, M.; WIDIANTO; SUPRAYOGO, D.; AGUS, F.; DECKERS, J. Factors affecting soil loss at plot scale and sediment yield at catchment scale in a tropical volcanic agroforestry landscape. **CATENA**, 80 34 – 46. 2010.

ZHENG, F.. Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau. **PEDOSPHERE** ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P . 16, 420–427. 2006.

ZHOU, P., LUUKKANEN, O., TOKOLA, T., NIEMINEN, J., 2007. Vegetation Dynamics and Forest Landscape Restoration in the Upper Min River Watershed, Sichuan, China. **Restoration Ecology** (Online Early Articles). doi:10.1111/j.1526-100X.2007.00307.x.

ZHOU, P., LUUKKANEN, O., TOKOLA, T., NIEMINEN, J. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. **CATENA**, 75 p. 319–325, 2008.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)