



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de Curso

**INFLUÊNCIA DA OLERICULTURA NA
SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR
NA APA ROTA DO SOL, RIO GRANDE DO SUL**

Autor:

TAUÃ ISRAEL DE LUCENA RASIA

Porto Alegre, 05 de julho de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**INFLUÊNCIA DA OLERICULTURA NA
SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR
NA APA ROTA DO SOL, RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências
da Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, para a obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Autor:

TAUÃ ISRAEL DE LUCENA RASIA

Orientação:

ULISSES FRANZ BREMER

Co-orientação:

CLÓDIS DE OLIVEIRA ANDRADES FILHO (UERGS)

Porto Alegre, 05 de julho de 2015



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DE GEOGRAFIA – COMGRAD/GEA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC
AVALIAÇÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso para Habilitação em: Bacharelado () Licenciatura

ALUNO: Tainã Israel da Luzena Rasia

Título da Monografia: Influência da desflorestação no aumento da susceptibilidade à erosão laminar na APA Rota do Sol, Rio Grande do Sul.

Composição da Comissão Examinadora: Orientador: Ulisses Franz Bramer

1) Orientador(s): Claudio de Oliveira Andrade Filho

2) Prof. Examinador: Anderson Luis Ruhoff

3) Prof. Examinador: Roberto Verdum

Data da Defesa: 09/07/2015 Local (Unidade/Sala): P202 - Depto de Geografia

Aprovado () Reprovado

Parecer da Comissão Examinadora:

O trabalho cumpre as exigências para a conclusão de uma monografia de Bacharelado. Destaca-se a relevância do tema e a amplitude dos procedimentos metodológicos trabalhados com habilidade pelo estudante. Verificar as equações de perda do solo para melhorar a qualidade dos resultados e explorá-los de forma mais detalhada, especificando os diferentes usos do solo. Sugere-se retirar a palavra "aumento" do título do trabalho, pois os resultados não enfatizam esse aspecto.

Conceito Final: A

Assinaturas dos Membros da Comissão:

1) Claudio de Oliveira Andrade Filho

2) Anderson Luis Ruhoff

3) Roberto Verdum

Ciente do Aluno: Tainã Israel da Luzena Rasia

Data: 09/07/2015

UFRGS – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – COMGRAD/GEA

Av. Bento Gonçalves, n° 9500 – Bloco 1 – Prédio 43113 – Sala 201 – Fones: (051) 3308-6377 e 3308-6329 – Fax: (051) 3308-7302
Caixa Postal: 15.001 – CEP: 91541-970 – Porto Alegre, RS – Brasil. E-mail: comgradgea@ufrgs.br

Agradecimentos

Sou grato, em primeira instância, a meus pais, Anajára de Lucena e Newton Rasia e a meu irmão Kauê de Lucena Rasia pelo imenso apoio que me deram nesses últimos anos para que eu chegasse a este momento de concluir um curso de graduação.

Le doy muchas gracias a mi novia Johanna Garavito, que no solo me ha transmitido inspiración y confianza, sino también siempre me ha dado su apoyo y paciencia, además de su hermosa compañía a lo largo de la realización de este y de otros trabajos académicos, ofreciéndome gran ayuda con la edición del trabajo y grandes ideas en largas conversaciones.

Agradeço aos demais familiares e amigos que de alguma forma apoiaram meu caminho até aqui. Em especial à minha prima/irmã Luandra Lucena Moschen e ao grande amigo/irmão Ricardo Cecchin, que me abriram o caminho para Porto Alegre e me incentivaram a deixar minha cidade para estudar o que eu realmente gosto em uma universidade pública e gratuita.

Agradeço aos colegas da geografia, em especial os que conviveram comigo no Diretório Acadêmico da Geografia (DAGE), por tantos momentos e conversas, e igualmente aos vizinhos da Casa do Estudante (CEU), com os quais convivemos como uma família em meio ao caos do centro da capital. Em especial aos meus colegas de quarto Mateus Arndt e Lucas Tx.

Agradeço meu orientador prof. Ulisses Bremer, por ter sido sempre solícito, auxiliando no desenvolvimento deste trabalho, resolvendo dúvidas e mostrando o caminho a ser seguido para um resultado final satisfatório.

Agradeço ao co-orientador prof. Clódis Andrades Filho, da UERGS, pela imensa parceria e disponibilidade em resolver dúvidas, levantar questionamentos e incentivar a realização deste trabalho. Além da companhia e da orientação no trabalho de campo realizado.

Agradeço aos professores membros da comissão examinadora, Roberto Verdum e Anderson Ruhoff, pela disponibilidade e boa vontade em ler e avaliar este trabalho.

Agradeço à unidade da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) em São Francisco de Paula, por ceder o veículo para o trabalho de campo e ao guarda-parque Édison da Rosa que nos guiou dentro da área de estudo.

Agradeço ao colega Jorge Viel, que se disponibilizou a prestar ajuda com o manuseio dos SIG, agilizando a realização do trabalho.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte destes 5 ½ anos de formação acadêmica e de vivências diversas na UFRGS e na cidade de Porto Alegre.

**“Tá rebocado, meu compadre
Como os donos do mundo piraram
Eles já são carrascos e vítimas
Do próprio mecanismo que criaram”**

Raul Seixas, 1974

Resumo

O objetivo deste trabalho consistiu em analisar qualitativa e quantitativamente a influência do cultivo olerícola na suscetibilidade à erosão laminar nas áreas pertencentes à região dos Campos de Cima da Serra dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) Rota do Sol, compreendendo como área de pesquisa duas sub-bacias hidrográficas. Para a análise qualitativa, foi realizado um trabalho de campo, onde foram identificadas as principais problemáticas quanto às perdas de solos nas áreas de lavouras. Para a análise quantitativa, foi aplicada a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), através de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando métodos de sensoriamento remoto, geoprocessamento e obtenção de dados geoestatísticos. Observou-se a ausência de qualquer preocupação preservacionista nas áreas de cultivo por parte dos produtores e foi constatado que as áreas mais suscetíveis à erosão laminar são as que possuem exposição de solos inconsolidados, seja no preparo para o cultivo ou após a colheita. Analisando comparativamente cada sub-bacia, foi constatado que a do rio Tainhas – onde há proporcionalmente maior concentração de áreas de olericultura – perde anualmente 4,79 ton/ha de solo em média, enquanto a do rio Contendas perde 2,91 ton/ha, evidenciando que o aumento das perdas anuais de solo está diretamente relacionado às áreas de olericultura, principalmente quando associadas a encostas com declividades acima de 10°. Especificamente, nas áreas destinadas à olericultura em ambas sub-bacias, quando se encontram com o solo exposto, registraram uma perda anual de solos de aproximadamente 18,5 ton/ha/ano.

Palavras chave: APA Rota do Sol. EUPS. Erosão laminar. Olericultura.

Resumen

El objetivo de este trabajo consistió en analizar cualitativa y cuantitativamente la influencia del cultivo de hortalizas en la susceptibilidad a la erosión laminar en las áreas que pertenecen a la región de los *Campos de Cima da Serra* dentro del Área de Protección Ambiental (APA) Rota do Sol, comprendiendo como área de investigación dos sub-cuencas hidrográficas. Para el análisis cualitativo fue realizado un trabajo de campo, donde se identificaron las principales problemáticas en cuanto a la pérdida de suelo en las áreas de plantío. Para un análisis cuantitativo, fue aplicada la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), a través de Sistemas de Informaciones Geográficas (SIG), utilizando métodos de sensoriamiento remoto, geoprocusamiento y obtención de datos geoestadísticos. Se observó la inexistencia de cualquier preocupación preservacionista en las áreas de cultivo por parte de los productores y fue constatado que las áreas más susceptibles a la erosión laminar son las que poseen exposición de suelos inconsolidados, sea durante la preparación para el cultivo o después de la cosecha. Analizando comparativamente cada sub-cuenca, fue constatado que la del río Tainhas – en donde hay proporcionalmente mayor concentración de áreas de cultivo de hortalizas – pierde por año 2,55 ton/ha de suelo en media, mientras la del río Contendas pierde 1,54 ton/ha, evidenciando que el aumento de pérdidas anuales de suelo está directamente relacionado a las áreas de cultivo de hortalizas, principalmente cuando son asociadas a superficies con declividades encima de los 10°. Específicamente, en las áreas destinadas a el cultivo de hortalizas en ambas sub-bacias, cuándo se encuentran con suelo expuesto, registraron una pérdida anual de suelos cerca de 18,5 ton/ha/año.

Palabras clave: APA Rota do Sol, EUPS, Erosión laminar, Cultivo de hortalizas.

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Localização da Área de Estudo

Figura 2.2 - Localização da APA Rota do Sol

Figura 2.3 - Perfil de Cambissolo Húmico Álico

Figura 2.4 - Solo inconsolidado preparado para o plantio

Figura 4.1 - Etapas da pesquisa

Figura 4.2 - Obtenção dos fatores da EUPS

Figura 4.3 - Integração dos fatores da EUPS

Figura 4.4 - Recorte do Modelo Digital de Elevação

Figura 4.5 - Plantio morro abaixo em lavoura olerícola

Figura 4.6 - Imagem LANDSAT 8 de 07/12/2014

Figura 5.1 - Solo com evidência da ação do efeito *splash*

Figura 5.2 - Solo inconsolidado preparado para o plantio

Figura 5.3 - Cultivo de Soja

Figura 5.4 - Acúmulo de sedimentos

Figura 5.5 – Desrespeito às APP e assoreamento em margem de banhado

Figura 5.6 - À esquerda na foto, banhado que recebe sedimentos oriundos da lavoura de soja à direita

Figura 5.7 - Poste inclinado devido à ação erosiva no solo

Figura 5.8 - Monocultivo de soja por cima da trilha de acesso de veículos

Figura 5.9 - Acúmulo de sedimentos em lavoura de soja

Figura 5.10 - Transporte de sedimentos em direção ao banhado

Figura 5.11 - Canais de escoamento superficial em meio à lavoura de batata-inglesa

Figura 5.12 - Canais de escoamento superficial em meio à lavoura de batata-inglesa e ponto de acúmulo de sedimentos

Figura 5.13 - Assoreamento em margem de açude

Figura 5.14 - Área de acúmulo de sedimentos

Figura 5.15 - Área de acúmulo de sedimentos

Figura 5.16 - Solo preparado para o plantio

Figura 5.17 - Mapa Hipsométrico

Figura 5.18 - Mapa Clinográfico

Figura 5.19 - Fator LS

Figura 5.20 - Classificação de Cobertura do Solo

Figura 5.21 - Perda anual de solo (ton/ha)

Abreviaturas

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

EUPS – Equação Universal de Perda de Solos

MDE – Modelo Digital de Elevação

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos	12
1.1.1. Objetivo Geral	12
1.1.2. Objetivos Específicos:	12
1.2. Histórico dos Usos da Terra e Conflitos Ambientais na Região	13
2. ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.1. Olericultura na APA Rota do Sol.....	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1. Equação Universal de Perda de Solos	20
3.1.1. <i>Fator R</i> :.....	21
3.1.2. <i>Fator K</i> :.....	21
3.1.3. <i>Fator L</i> :.....	22
3.1.4. <i>Fator S</i> :.....	22
3.1.5. <i>Fator CP</i> :.....	22
3.2. Antecedentes referenciais.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. Aplicação da EUPS.....	26
4.1.1. <i>Fator R</i> :.....	26
4.1.2. <i>Fator K</i> :.....	27
4.1.3. <i>Fator LS</i> :.....	27
4.1.4. <i>Fator CP</i> :.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1. Trabalho de campo	31
5.2. Trabalho de laboratório	42
5.2.1. <i>Fator R</i>	42
5.2.2. <i>Fator K</i>	42
5.2.3. Topografia e <i>Fator LS</i>	42
5.2.4. <i>Fator CP</i>	45
5.2.5. Perdas anuais de solo.....	46
6. CONCLUSÃO.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

Área de Proteção Ambiental (APA) é uma categoria de Unidade de Conservação (UC) que tem como objetivo principal “conservar a diversidade de ambientes, de espécies e processos naturais pela adequação das atividades humanas às características ambientais da área, seus potenciais e limitações” (SEMA, 2008). Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), uma APA é classificada como unidade de Uso Sustentável, permitindo a propriedade privada e o uso da terra para atividades econômicas dentro de seus domínios. Logo, não se faz necessária a desapropriação de terras, o que a diferencia das Áreas de Proteção Integral. Esse é um fator positivo, porém, aumenta a dimensão do desafio em proteger a área, visto que os produtores locais devem se adequar a formas sustentáveis de produção e cultivo.

Na APA Rota do Sol, esse desafio está ainda longe de ser alcançado, pois muitos produtores chegam a desconhecer a existência desta UC ou são, muitas vezes, resistentes às propostas de adequação dos sistemas de produção convencionais para sistemas ambientalmente sustentáveis. Agravando o problema, a maioria dos produtores locais são arrendatários, o que diminui seu interesse em preservar os recursos naturais da região.

No caso da olericultura, além da problemática da quantidade de agrotóxicos utilizados e do descarte das embalagens dos mesmos, há a questão levantada no presente trabalho, referente ao aumento da suscetibilidade do solo à erosão laminar, colidindo com os objetivos da UC. Segundo o Art. 5º do decreto de criação da APA Rota do Sol, “(...) ficam estabelecidas, quanto ao uso dos recursos naturais, as seguintes proibições ou restrições: (...) o exercício de atividades capazes de provocar acelerada erosão das terras ou acentuado assoreamento das coleções hídricas (...)”.

Para avaliar a influência da olericultura na perda de solo para a erosão laminar na APA Rota do Sol, mais precisamente na parte que compreende os Campos de Cima da Serra dentro da APA – foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) dada por Wischmeier & Smith (2012, apud. BERTONI e LOMBARDI NETO). Esse tipo de estudo deve ser indispensável no plano de manejo de uma UC, pois quantifica a capacidade da chuva em erodir

(erosividade), relacionando-a com a suscetibilidade do solo à erosão (erodibilidade), com a forma do relevo (declividade e comprimento das encostas) e com os fatores antrópicos (uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas), espacializando assim os dados e apontando as áreas aptas ou não aptas ao cultivo agrícola. No caso da APA Rota do Sol, às áreas de olericultura.

Este trabalho vem analisar um problema ainda não questionado na região e que tampouco foi citado no Plano de Manejo da APA Rota do Sol. Não há ali nenhum tipo de conscientização ambiental quanto às consequências do aumento da perda de solo para a erosão, e não há também controle e/ou fiscalização por parte da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) – gestora da APA Rota do Sol – frente à falta de práticas conservacionistas nas áreas de cultivos olerícolas. Para tanto, foram tomadas como unidades de análise duas bacias hidrográficas de pequeno porte.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Estabelecer, a partir de dados amostrais, um diagnóstico dos níveis de suscetibilidade à erosão laminar nos solos da porção noroeste da APA Rota do Sol, aonde vem aumentando consideravelmente a conversão do campo nativo em diferentes cultivos olerícolas, em especial a batata-inglesa. Os resultados obtidos serão disponibilizados para a SEMA, visando colaborar com o processo de revisão do plano de manejo da APA Rota do Sol, que será realizado em breve pela gestão desta UC.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Estimar a perda de solo anual relativa às diferentes coberturas do solo presentes na porção noroeste da APA Rota do Sol.
- Possibilitar uma análise qualitativa e quantitativa da problemática que envolve a influência da olericultura sobre a perda de solos para a erosão laminar.

- Os mapas elaborados deverão identificar as áreas de atenção especial no que diz respeito à perda de solo para, a partir disso, reunir propostas de ações conservacionistas para as áreas de plantio.

1.2. Histórico dos Usos da Terra e Conflitos Ambientais na Região

Os primeiros habitantes dos Campos de Cima da Serra (povos originários) praticavam, como atividades principais, a coleta do pinhão (semente da *Araucária angustifolia*) e a caça de animais silvestres.

Mas a região é palco de inúmeros conflitos no que diz respeito ao uso da terra. A primeira ocupação de origem europeia naquele espaço se deu entre o final do séc. XVII e o início do séc. XVIII como rota dos tropeiros que levavam mulas desde os Campos de Viamão até as feiras de Sorocaba, para abastecer as Minas Gerais com animais de tração. Esses mesmos tropeiros encontraram ali (não por acaso) gado bovino oriundo da região das Missões Jesuíticas, onde eram criados soltos e se permitiam muitas vezes retornar ao seu estado selvagem. Essa expansão do gado solto se deu em forma de leque desde a margem esquerda do rio Uruguai, chegando às margens da Lagoa dos Patos, na chamada Vacaria do Mar e, mais ao norte, aos Campos de Cima da Serra, então denominados de Vacaria dos Pinhais ou Campos de Vacaria (FONTOURA, 2010). Não demorou a se desenvolver a pecuária (de corte e leiteira) como forte atividade econômica da região, o que é, até hoje, um símbolo da cultura local.

Paralelamente à pecuária e com a formação dos primeiros povoados, deu-se o desenvolvimento da extração da araucária (*Araucária angustifolia*) para o uso de sua madeira com a instalação de inúmeras serrarias, tendo o seu auge nos anos 1970.

Tanto a pecuária, quanto a extração de madeira foram atividades que geraram grandes impactos ambientais àquelas terras. A primeira utilizando a sapeca do campo como forma de manejo para a alimentação do gado, enquanto a segunda foi responsável pela quase extinção da araucária no Rio Grande do Sul.

Portanto, frente a essa questão ambiental, foram proibidas por lei as duas atividades. Logo, se criou um conflito social, pois a população tradicional

local teve que procurar novas fontes de renda para seu sustento. Muitos migraram para cidades próximas, como Caxias do Sul ou mesmo Porto Alegre, para trabalhar nas indústrias, ou em outras atividades urbanas. Alguns seguiram criando gado, sapecando o campo de forma ilícita. E outros “se adequaram” ao novo sistema, ou arrendaram suas terras aos que desenvolveriam atividades até então vistas como menos nocivas ao ambiente.

Primeiro foi introduzido o monocultivo do pinheiro americano (*Pínus* SPP), o qual interfere justamente no meio ambiente local, pois essa espécie é alelopática, ou seja, além de se tratar de uma espécie exótica, altera o solo quando cultivada em grande escala (monocultivo), sendo capaz de influenciar a flora nativa, não permitindo que esta se desenvolva ali e, logo, não atraindo a fauna nativa para a respectiva área. Além disso, esses monocultivos arbóreos causam grandes alterações na paisagem da região, prejudicando também o turismo local que está se desenvolvendo nas últimas décadas. Esta atividade explora principalmente as tradições da cultura gaúcha com o turismo rural e as riquezas naturais da região com o ecoturismo ou turismo de aventura (HIRT, 2009).

As lavouras olerícolas, por sua vez, vêm se desenvolvendo nas últimas duas décadas. Para essa atividade, é utilizado o sistema convencional de produção mecânico-química, onde o uso de agrotóxicos que visam o combate a pragas e doenças é muito alto. Por exemplo, nas lavouras de batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.) são utilizados 15 diferentes tipos desses insumos, contaminando não apenas o alimento, como também o solo e os recursos hídricos. Quando questionados sobre a possibilidade de cultivos orgânicos, os produtores alegam que a exigência dos consumidores quanto à aparência do produto e a alta demanda de mão de obra inviabilizam esse tipo de produção (KEHL *et. al.*, 2012).

Por fim, surge nessas áreas de cultivo a problemática do aumento da suscetibilidade do solo à erosão laminar, pois se faz necessário o uso do arado para o preparo da terra antes do plantio e, no caso da batata, no período da colheita também.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área a ser estudada (figura 2.1) se situa na bacia hidrográfica do rio Tainhas – importante afluente do sistema Taquari-Antas – e compreenderá duas sub-bacias: a sub-bacia do rio Contendas, com 89,18 km², e a sub-bacia do alto curso do rio Tainhas, com 100,81 km², sendo que esta segunda se limitará, neste estudo, até a confluência com a primeira. O interesse por essas áreas se deu por que além de possuírem grandes extensões de lavouras olerícolas – as quais vêm crescendo nas últimas décadas, contemplam a área pertencente aos Campos de Cima da Serra¹ dentro da APA Rota do Sol, o que torna o estudo mais relevante sob o ponto de vista ambiental e, inclusive, deverá ser uma importante contribuição para a atualização do plano de manejo desta UC, a qual está prevista pela SEMA.

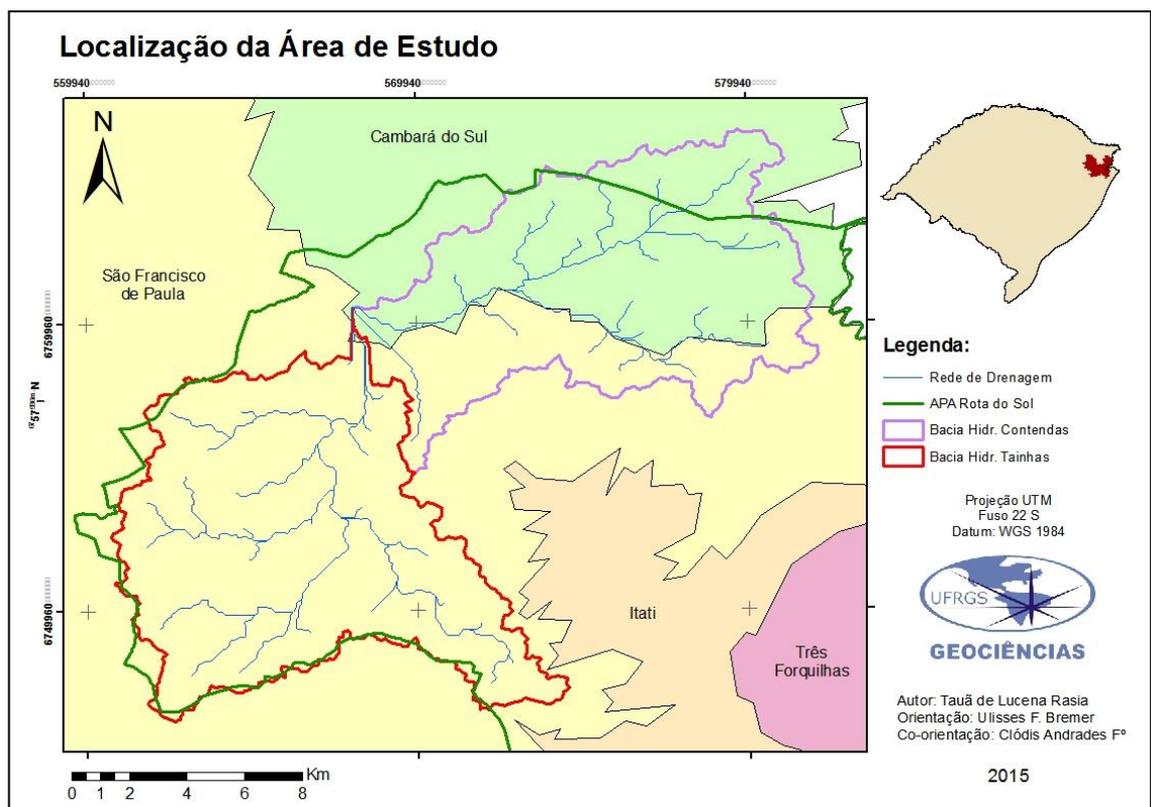


Figura 2.1 - Localização da Área de Estudo

¹ Embora esta região seja chamada de Campos de Cima da Serra, cabe salientar que não existem no Rio Grande do Sul feições geomorfológicas que caracterizem um ambiente serrano, portanto esta é uma denominação cultural da região que, na classificação científica, está inserida na formação basáltica do Planalto Meridional.

A APA Rota do Sol abrange uma área de 54.670,5 ha e é composta pelo bioma Mata Atlântica, sendo parte de Floresta Ombrófila Densa (mata paludosa) na região do Litoral Norte Gaúcho e parte de Floresta Ombrófila Mista (mata de araucárias) na região dos Campos de Cima da Serra. Está localizada nos municípios de São Francisco de Paula, Cambará do Sul, Itati e Três Forquilhas (figura 2.2). A área pertencente aos Campos e Cima da Serra, composta pelas duas sub-bacias hidrográficas estudadas no presente trabalho, compreende parte dos municípios de São Francisco de Paula e Cambará, equivalendo a 59,7% da área total da APA, ou seja, 32.635,6 ha.

A criação da APA Rota do Sol se deu pelo Decreto Estadual nº 37.346, de 11 de abril de 1997 como ação mitigadora à construção do último trecho da rodovia Rota do Sol, que liga os municípios de São Francisco de Paula (distrito de Tainhas) e de Terra de Areia, descendo a escarpa do planalto (“descida da serra”). O decreto de criação da APA contem os seguintes principais objetivos:

- Proteger os recursos hídricos ali existentes, principalmente as nascentes dos rios Tainhas e Três Forquilhas.
- Conservar as áreas de campos caracterizados como Savana Gramíneo-Lenhosa.
- Promover a recuperação das áreas com Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa.
- Propiciar a preservação e conservação da fauna silvestre.
- Garantir a preservação do conjunto paisagístico e da cultura regional.
- Funcionar como Zona de Amortecimento da Estação Ecológica Estadual de Aratinga, sendo que o Plano de Manejo desta UC, já concluído, prevê que sua zona de amortecimento corresponda aos limites da APA Rota do Sol. (SEMA, 2008)

O domínio climático dos Campos de Cima da Serra, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, denominado temperado e possuindo como característica temperaturas médias inferiores a 22°C e ficando entre -3°C e 18°C no inverno (SEMA, 2008). Quanto à pluviometria, essa é a região de maiores índices pluviométricos do Rio Grande do Sul, chegando a uma normal de 1.804,6 mm/ano no município de Cambará do Sul. Rossato (2011) propôs uma nova tipologia climática para o estado do Rio Grande do Sul, onde a região da área de estudo é denominada Subtropical IVb (muito úmido, com inverno frio e verão fresco), com chuvas abundantes e bem distribuídas em 130-150 dias do ano e com índices pluviométricos entre 1.700 e 2.000 mm anuais.

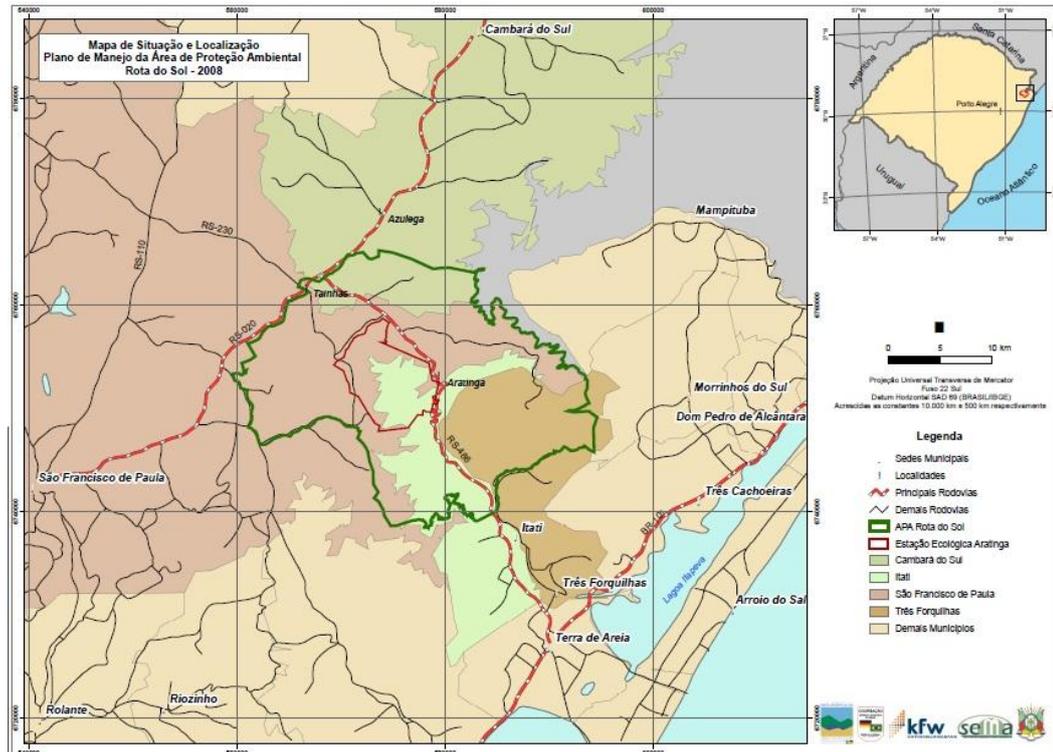


Figura 2.2 - Localização da APA Rota do Sol (Fonte: SEMA).

2.1. Olericultura na APA Rota do Sol

Como a olericultura não suporta ambientes frios, as lavouras são cultivadas desde a primavera até a metade do outono, ficando a terra exposta no inverno, ou sendo intercaladas com o plantio de algumas forrageiras exóticas de inverno, como *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Avena sativa* e *Lotus corniculatus*. Portanto, as lavouras estão sendo produzidas nas épocas de calor e chuvas torrenciais, que constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo, fazendo que a aceleração da erosão seja máxima durante esses eventos (SALOMÃO, 2009). Cabe destacar que o plantio é praticado em duas safras: a primeira, chamada “das águas”, que é cultivada entre agosto e dezembro e colhida a partir de novembro; e a segunda, a “da seca”, que é cultivada entre janeiro e março e colhida a partir de abril. Além das encostas com graus de declividade podendo passar dos 20 graus, o solo predominante dessa região é o Cambissolo Húmico Álico, caracterizado por possuir o horizonte A muito raso e o horizonte B incipiente (figura 2.3), pois a rocha matriz está muito próxima da superfície ou, muitas vezes, aflorada. E considerando que seja necessário arar a terra antes do plantio e também para a colheita da batata, teremos esse solo inconsolidado e

sem cobertura vegetal (figura 2.4). Todos esses fatores somados à inexistência de práticas conservacionistas no manejo do solo podem fragilizar consideravelmente os níveis de suscetibilidade à erosão laminar nas lavouras dessa região e, como é um solo raso, pode facilmente se esgotar, aflorando a rocha matriz e causando um impacto ambiental imensurável, inviabilizando qualquer uso da terra neste local.



Figura 2.3 - Perfil de Cambissolo Húmico Alíco
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)



Figura 2.4 - Solo inconsolidado preparado para o plantio
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A ocupação humana, iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo da terra, construção de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, dá origem e acelera os processos erosivos. Deflagrados pela ocupação do solo, os processos erosivos passam a ser comandados por diversos fatores naturais, relacionados às características das chuvas, do relevo, do solo e da cobertura vegetal (SALOMÃO et al. apud. SEMA, 2008).

A erosão é um fenômeno natural de transformação da paisagem, porém é consideravelmente acentuada devido à ação antrópica, tanto nos meios urbanos como rurais. Os estudos de solos e tentativas de controle de ações naturais, como a erosão, vêm crescendo consideravelmente como demanda para a implementação e manutenção de qualquer atividade econômica, seja agrícola, pecuária, extrativista, industrial, urbanização, etc. Segundo Antônio Soares da Silva:

Os problemas advindos do uso irracional do solo, seja ele urbano ou rural, têm despertado cada vez mais o interesse de estudiosos e pesquisadores do mundo inteiro. O aumento da população mundial e a crescente demanda por alimentos têm levado cientistas a buscar soluções para um uso mais eficiente do solo, equacionando uma maior produção com menores perdas por erosão. (SILVA, 2009)

O uso do solo para atividades agrícolas ou pecuárias exige grande atenção aos tipos de manejo utilizados e requer sempre alguma aplicação de práticas conservacionistas. Deve-se incentivar, não apenas nas UC, planejamentos territoriais conservacionistas adequados a cada tipo de solo, respeitando sua capacidade de uso, para que se possibilite a exploração dos recursos ali disponíveis sem esgotá-los e, ao mesmo tempo, sem prejudicar o interesse econômico dos produtores. Para tanto, um trabalho de levantamento dos níveis de erosão deve detalhar ao máximo as características do solo estudado, o que permitirá a execução de um planejamento de uso racional deste solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

Uma porção de solo perdida para a erosão dificilmente poderá ser recuperada e, normalmente, a parcela perdida é a mais fértil, onde se encontram os nutrientes orgânicos. Nesta parcela é onde se encontram

também os agrotóxicos aplicados pelos produtores, o que exige, após as enxurradas, novas e maiores aplicações, contaminando ainda mais o solo e os corpos hídricos. A curto e médio prazo, essa perda irrecuperável acaba tornando o espaço inabitável e improdutivo.

3.1. Equação Universal de Perda de Solos

Para estimar a perda de solos e espacializar os dados obtidos foi aplicada a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que é muito utilizada para auxiliar no controle, manejo e planejamento de uso do solo, calculando em determinada bacia hidrográfica a perda anual de solo em toneladas/hectare (ton/ha). É um tipo de análise fundamental no planejamento ambiental, e foi desenvolvido, atualmente, para ser usado com grande facilidade em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), os quais apresentam possibilidades de operações matemáticas automaticamente, espacializando-as (RUHOFF, 2004). Os primeiros estudos de perda de solos datam da década de 1940 na região do Corn Belt, nos Estados Unidos e sofreram diversas adaptações até chegar à EUPS. No Brasil, os primeiros trabalhos com essa equação foram realizados por BERTONI et. al. (apud. BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985) com dados disponíveis do estado de São Paulo. A partir disto, diversos autores vêm realizando este tipo de levantamentos em áreas específicas.

A EUPS é dada por Wischmeier & Smith (apud. BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985) pela [equação 1]:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad \text{[equação 1]}$$

Onde:

A= índice de perda de solo calculada por unidade de área (ton/ha/ano);

Fator R= índice de erosividade da chuva;

Fator K= índice de erodibilidade dos solos;

Fator L= índice relativo ao comprimento da encosta;

Fator S= índice relativo à declividade da encosta;

Fator C= índice relativo ao fator de uso e manejo de solo e;

Fator P= índice relativo às práticas conservacionistas adotadas.

3.1.1. **Fator R:**

O fator R indica a capacidade da chuva em erodir o solo. A erosão pluvial é um dos principais tipos de erosão em um clima úmido, ao lado da erosão fluvial e dos movimentos de massa. De acordo com Teresa Florenzano (2008), a erosão pluvial se desenvolve em três estágios: 1) **Salpicamento** (*splash*): quando as gotas de chuva atingem o solo rompendo e/ou removendo os agregados, causando a formação de crostas que selam a superfície do solo; 2) **Formação de poças** (*ponds*): quando o solo encontra-se saturado, a água preenche as pequenas depressões do terreno e; 3) **Escoamento Superficial** (*runoff*): é o movimento causado devido à declividade das encostas, responsável pelo transporte e deposição de sedimentos. Subdivide-se em dois estágios de fluxo, sendo o primeiro mais difuso (fluxo laminar) e o segundo mais concentrado (fluxo linear). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), “as perdas de solo ocasionadas pelas chuvas nos terrenos cultivados são diretamente proporcionais ao valor do produto de duas características da chuva: sua energia cinética total e sua intensidade máxima em trinta minutos”.

3.1.2. **Fator K:**

Fator que expressa a vulnerabilidade do solo em ser erodido pela chuva (erodibilidade). É o principal fator a ser considerado no planejamento de uso do solo, pois considera a sua capacidade de infiltração e retenção de água, além da capacidade em resistir à fragmentação e ao transporte de sedimentos, tanto pela ação do efeito *splash*, quanto pelo escoamento superficial (BAPTISTA, 2003).

3.1.3. Fator L:

Fator que determina o comprimento de rampa das encostas. É de fundamental importância na EUPS, pois quanto maior a rampa, maior será a velocidade final do fluxo laminar. A curvatura vertical poderia ser incluída nesta análise, porém, é um fator que determina não o volume de partículas transportadas, mas sim de onde serão removidos os sedimentos (nas partes convexas) do terreno, e onde serão depositados (nas partes côncavas).

3.1.4. Fator S:

Relacionado ao índice de declividade, pode ser medido pelo ângulo ou pela porcentagem da inclinação do terreno. Para a aplicação na EUPS é utilizado em porcentagem, onde 100% de declividade são o equivalente à inclinação de 45° em relação a uma linha horizontal.

3.1.5. Fator CP:

Ao contrário dos fatores já citados, que tratam dos aspectos naturais do ambiente, o fator CP complementa a EUPS considerando a influência da ação antrópica no solo e, conseqüentemente, aos níveis de suscetibilidade à erosão.

O fator C determina o uso e ocupação do solo, ou seja, a cobertura deste, onde um solo mais fragilizado é o que se encontra exposto e desprovido de cobertura vegetal, enquanto um solo com cobertura florestal nativa é o mais protegido. Já o fator P trata das práticas conservacionistas aplicadas a cada área de cultivo (plantio em curvas de nível, terraceamento, etc.) ou da falta delas.

A EUPS calcula a perda de solos frente às diferentes características de cada bacia hidrográfica, o que auxilia muito num planejamento conservacionista ao considerarmos as bacias hidrográficas como “unidades ideais de planejamento de uso das terras” (BOTELHO, 2012). Botelho (2012) compreende a bacia hidrográfica como “unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação”.

A partir de análises sobre impactos ambientais oriundos de atividades antrópicas, pode-se estabelecer medidas preventivas e/ou mitigadoras para auxiliar um possível desenvolvimento econômico com baixa degradação do meio-ambiente (ou um desenvolvimento sustentável). Botelho (2012) afirma ainda que “é preciso orientar a ocupação humana a fim de que sejam resguardadas as áreas destinadas à proteção ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade ou fragilidade ambientais e a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que certas porções da paisagem podem apresentar”.

3.2. Antecedentes referenciais

Diversos pesquisadores vêm aplicando a EUPS no Brasil depois que esta foi introduzida e adaptada por Bertoni e Lombardi Neto em 1985, principalmente para o estado de São Paulo. Porém, devido à dimensão continental do país, sempre se fazem necessárias algumas adaptações dependendo das especificidades da área estudada.

Ruhoff (2004), em seu trabalho “Gerenciamento de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas: Modelagem Ambiental com a Simulação de Cenários Preservacionistas”, utiliza o nomograma de Wishmeier e Smith (1978) adaptado por Bertoni e Lombardi Neto (1985) para a obtenção do fator K. Porém, essa adaptação não contempla os Cambissolos, os quais são contemplados no nomograma e em outras adaptações, como a de Denardin (1990). Baptista (2003) compara o nomograma de Wishmeier e Smith (1978) com adaptações feitas no Brasil e acaba adotando-o, para seu trabalho realizado no Distrito Federal, por tê-lo considerado “o mais completo, pois contempla os aspectos texturais, estruturais e orgânicos, além da permeabilidade”.

Para a obtenção do fator L, Baptista (2003) propõe o “método do retângulo equivalente (...) que pode ser compreendido como a distância média em que a água das chuvas deveria percorrer até o ponto mais próximo do leito dos rios”. Mas esse método estipula apenas um valor de comprimento de rampa para toda uma bacia, o que não é do interesse deste trabalho, pois o

fator L é um importante condicionante da ação da erosão laminar e requer um maior detalhamento de dados.

Pelton *et. al.*, criaram um tutorial chamado “*Calculating Slope Length Factor (LS) in the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*” para a quantificação do fator LS. Segundo os autores, uma boa quantificação e a espacialização do fator L demandam um trabalho detalhado em campo e em laboratório. Mas por meio de um SIG pode-se realizar, através de uma equação matemática [equação 3] baseada na clinografia e em dados de acúmulo do fluxo superficial da bacia hidrográfica, um mapeamento aproximado dos fatores L e S integrados, gerando o fator LS da EUPS. Para se obter os referidos dados espacializados, utilizam-se os Modelos Digitais de Elevação (MDE), disponibilizados pela *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*.

Baptista (2003) comenta a situação em que não é registrado nenhum tipo de práticas conservacionistas, onde o fator P se torna 1 (um), sendo assim anulado na EUPS, por esta se tratar de uma multiplicação. Assim, o autor cita a proposta de Stein *et. al.* (1987), que integra o fator P com o fator C, classificando-os de acordo com cada categoria de cobertura de solo, onde o valor mais baixo é 0,0004 para áreas de floresta nativa e o mais alto é 1 (um) para áreas com solos expostos sem cobertura vegetal, sendo estas últimas as mais vulneráveis às ações da erosão laminar.

Para basear o mapeamento da cobertura do solo, para a posterior classificação, Couto Jr. (2013) utilizou imagens de satélites, aplicando técnicas de sensoriamento remoto para diferenciar cada classe de cobertura. Como não era de seu interesse focar na influência das áreas de cultivo na EUPS, o autor definiu quatro classes: áreas de cultivo (no caso, de cana-de-açúcar); matas; pastagem e; silvicultura. No presente trabalho, foram incluídas à classificação as áreas com solo exposto e os corpos d'água.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Como etapa inicial, foi realizado um trabalho de campo, com 13 pontos de observação para reconhecimento das áreas de cultivo olerícola dentro da APA Rota do Sol, para um melhor entendimento da dimensão qualitativa da problemática ambiental ocasionada por este tipo de cultivo.

O trabalho em laboratório contemplou o uso de levantamento de dados, aplicando-os a técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, geoestatística e aplicação de fórmulas matemáticas atualizadas para a obtenção dos resultados quantitativos especializados.

As principais etapas dessa pesquisa estão ilustradas nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3:

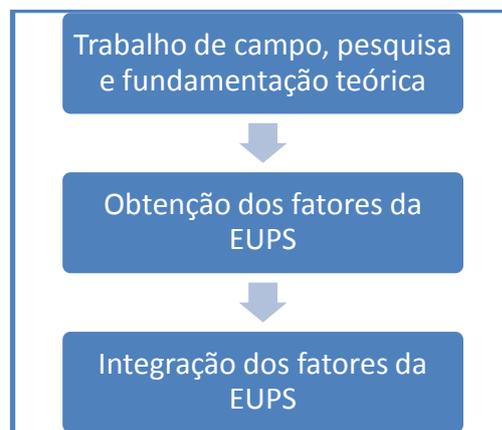


Figura 4.1 - Etapas da pesquisa

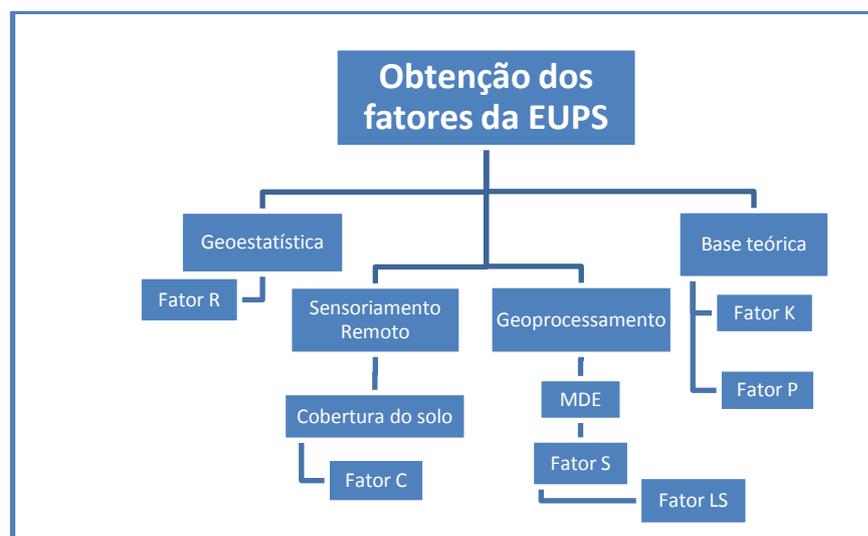


Figura 4.2 - Obtenção dos fatores da EUPS

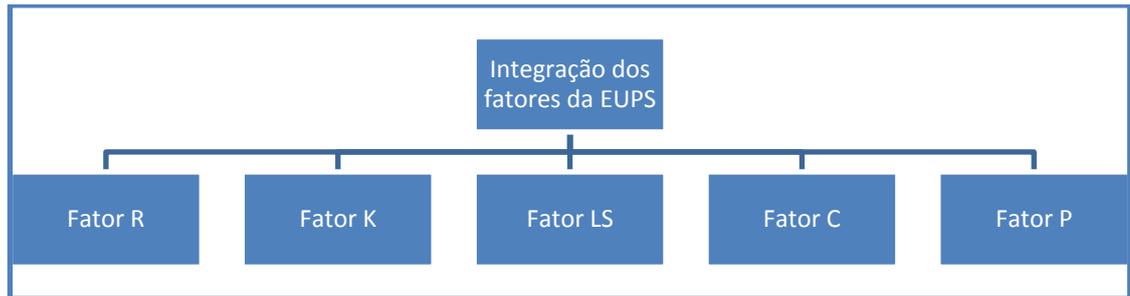


Figura 4.3 - Integração dos fatores da EUPS

4.1. Aplicação da EUPS

O uso da EUPS ganhou maior facilidade na sua aplicação com o surgimento dos SIG. Esses *softwares* computacionais permitem a aplicação de fórmulas matemáticas e cruzamentos de dados espaciais e permitindo boa visualização dos resultados esperados. Foi utilizado o SIG ArcGIS, versão 10.2.2, para o processo de obtenção dos fatores da EUPS, bem como para a integração e modelagem de dados. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para a obtenção e espacialização dos dados pedológicos (fator K), topográficos (fator LS) e de práticas conservacionistas (fator P). Para os dados de uso e ocupação do solo (fator C) se fez uso de técnicas de sensoriamento remoto. E para os dados pluviométricos, foram realizadas pesquisas de dados geoestatísticos das normais climatológicas da região e sua aplicação em equações matemáticas.

4.1.1. Fator R:

A fórmula elaborada empiricamente por Bertoni e Lombardi Neto (1985) para se obter os índices de erosividade da chuva é dada pela [Equação 2]:

$$R = 6,886 (r^2/P)^{0,85} \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde:

- R** = Índice de erosividade da chuva;
- r** = Precipitação média mensal (em mm);
- P** = Precipitação média anual (em mm).

Esta é a maneira mais próxima para quantificar a influência da chuva na erosão laminar, porém, além das médias pluviométricas, também influenciam a

intensidade, as variações no tempo e no espaço e a energia cinética dos eventos chuvosos (RUHOFF, 2004).

4.1.2. Fator K:

Para obter o valor referente à erodibilidade do solo, Baptista (2003) comparou equações e nomogramas de alguns autores, adotando o nomograma de Wischmeier e Smith (1978) para seu trabalho por ser considerado “o mais completo, pois contempla os aspectos texturais, estruturais e orgânicos, além da permeabilidade”.

4.1.3. Fator LS:

Para a obtenção dos fatores topográficos, foram executadas técnicas de geoprocessamento, com auxílio do *software* ArcGIS, versão 10.2.2. Como base, foram utilizados os dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Rabus et al., 2003), que estão disponibilizados através de Modelos Digitais de Elevação (MDE) no espaçamento de pixel de 1 segundo de arco (~30m). Foi realizado o *download* da imagem “**SRTM1S30W051V3**” através do sítio *Earth Explorer*² e feito um recorte para a área de estudo (Figura 4.4). Valeriano (2008) observa que os primeiros dados da SRTM, com resolução espacial de 3 segundos de arco (~90m), continham uma série de características negativas, pois a baixa resolução ocasionava principalmente em mudanças abruptas de altitude e, portanto, eram feitas algumas edições na imagem, como a krigagem, visando suavizar estes defeitos. Com a atual resolução de 1 segundo de arco, estas falhas ainda podem ocorrer, mas já não possuem tantas falhas indesejáveis.

² earthexplorer.usgs.gov (Acesso em 31/05/2015)

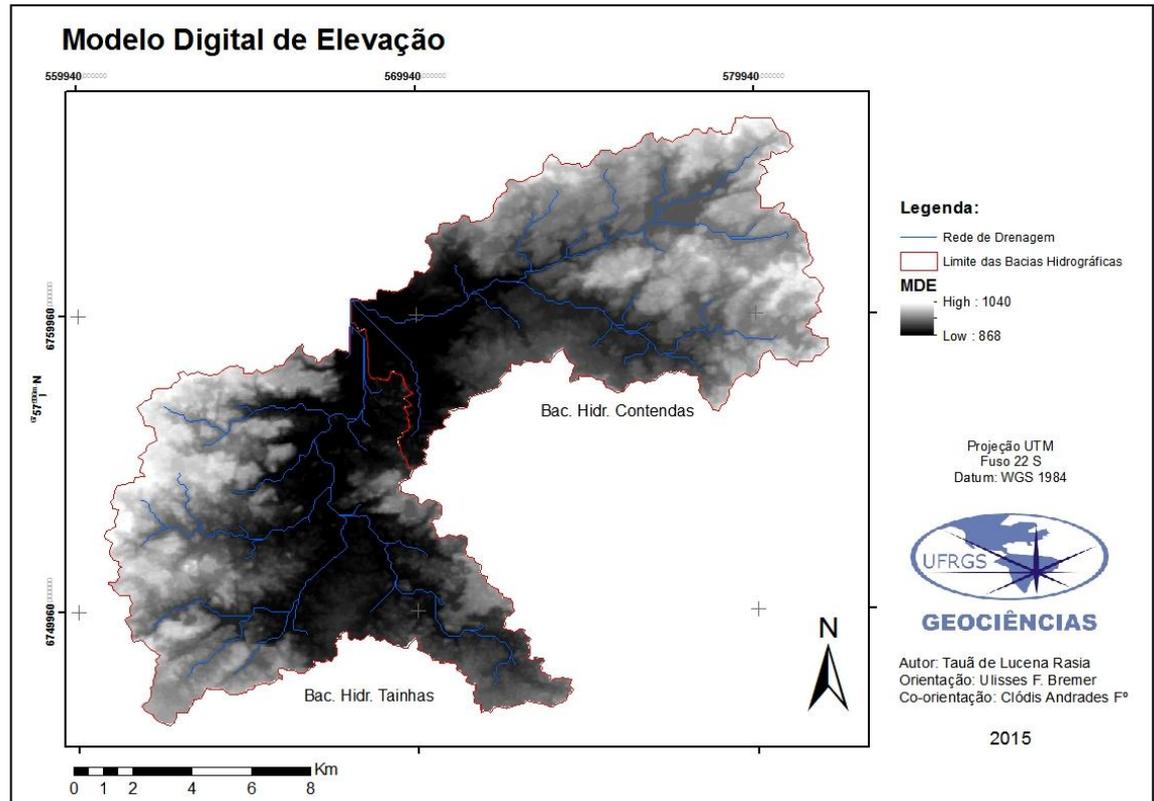


Figura 4.4 - Recorte do Modelo Digital de Elevação

Após a obtenção do MDE da área de estudo, foi utilizado o conjunto de ferramentas *Spatial Analyst Tools*, do ArcGIS, para a obtenção do fator LS. Primeiramente se aplicou a função *Fill*, da ferramenta *Hidrology*, para preencher pequenas falhas que possam ter sido geradas na criação do MDE. Em seguida, se aplicou a função *Flow Direction*, que determina a direção do fluxo de escoamento nas encostas, comparando a altimetria de um pixel em relação à de pixels vizinhos. Na sequência, a função *Flow Accumulation* identifica as áreas de drenagem acumulada, ou seja, cada pixel será quantificado de acordo com a quantidade de pixels que se encontram a montante do mesmo e que fluem em sua direção. Em seguida, foi aplicada a função *Slope*, da ferramenta *Surface*, que cria automaticamente o mapa clinográfico.

Com esse conjunto de dados, pôde ser aplicada a [Equação 3], dada por Pelton *et. al.* para a obtenção do mapa do fator LS.

$$LS = \left(\frac{\text{"Flow_accumulation"} \times 30}{22.1} \right)^{0.4} \times \left(\frac{\text{Sin ("Declividade"} \times 0.01745)}{0.09^{1.4}} \right) \times 1.4 \quad \text{[Equação3]}$$

Onde:

LS = Fator comprimento de rampa e declividade;

Flow accumulation = Mapa de acúmulo da drenagem;

Declividade = Mapa clinográfico.

4.1.4. Fator CP:

Em trabalho de campo, foi observada a ausência de qualquer preocupação conservacionista nas áreas de cultivo (figura 4.5), portanto, foi aplicado um valor constante de 1 (um) para o fator P, de acordo com a relação dada por Stein *et. al.* (1987), ou seja, a pior situação em relação às práticas conservacionistas. Nesse caso, teremos um valor integrado de C e P. Para tanto, foram utilizados os levantamentos de dados expostos também por Stein *et. al.* (1987), que obtiveram valores de C considerando cada fase de desenvolvimento de um cultivo – desde o preparo da terra até o final da colheita – e chegaram a valores para cada cobertura.



Figura 4.5 - Plantio morro abaixo em lavoura olerícola.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Para a espacialização dos dados do fator CP, foi realizada a classificação supervisionada de uso e ocupação do solo (figura 4.8) no software ArcGIS, através das funções *Create Signature* e *Maximum Likelihood Classification*, ambas da ferramenta *Multivariate*, classificando 6 tipos de cobertura do solo (tabela 1) através de uma supervisão visual.

Como base para a supervisão, foi utilizada uma imagem do satélite *Landsat 8* (figura 4.6), tomada em 07 de dezembro de 2014, que foi extraída do sítio *Earth Explorer*. As faixas espectrais utilizadas foram o Vermelho (4), o Infravermelho próximo (5) e o Infravermelho de ondas curtas (6). A composição RGB utilizada foi a 6(R) 5(G) 4(B), pelo fato de as áreas de solo exposto (foco da análise) responderem bem ao vermelho na banda 6, criando uma coloração magenta, diferenciando-as das demais e facilitando a identificação. A data da imagem escolhida foi de um período onde a maior parte das lavouras se encontra com solo exposto, por este estar sendo preparado para o plantio.

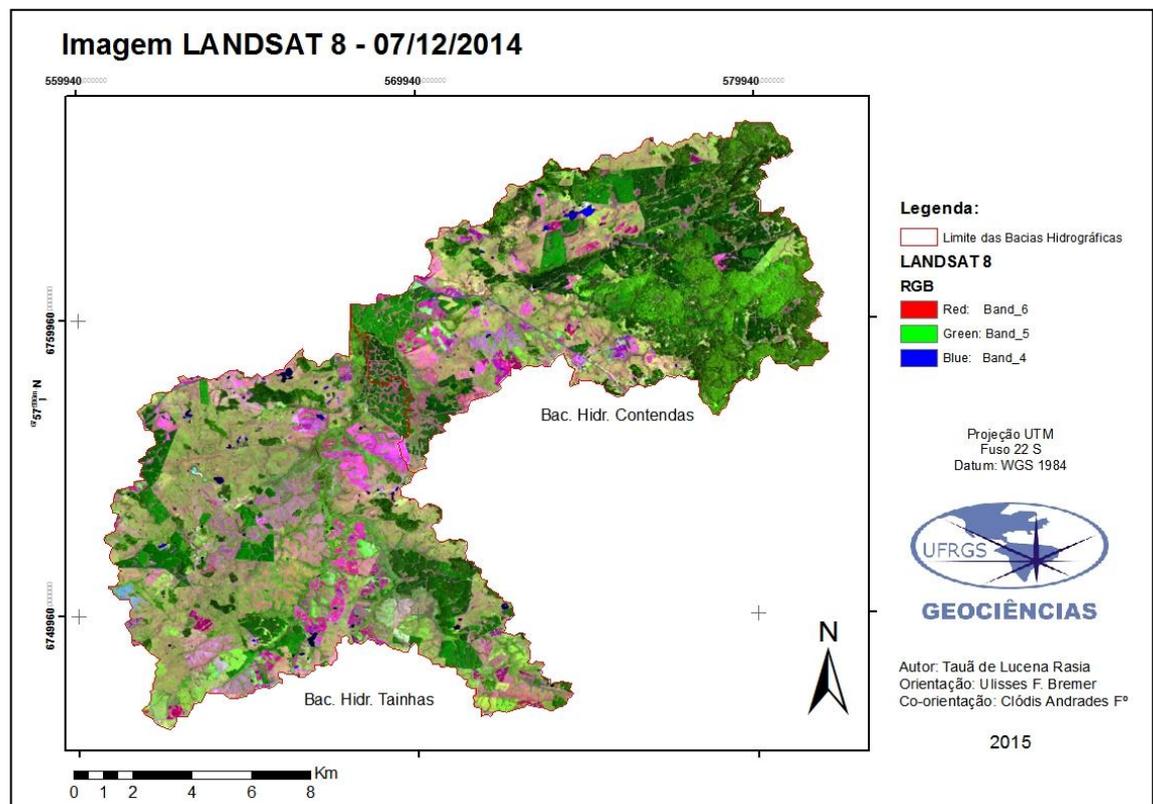


Figura 4.6 - Imagem LANDSAT 8 de 07/12/2014

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado no dia 17 de janeiro de 2015, por ser o período entre as safras “das águas” e “da seca”. Este trabalho permitiu observar o efeito da ação erosiva em diversos estágios das áreas de lavouras, pois algumas ainda estavam cobertas (pré-colheita) ou em fase de colheita, enquanto outras já estavam sendo preparadas para o próximo cultivo. Ficou evidente que as fases mais suscetíveis à erosão são após à passagem do arado, tanto na preparação da terra para o plantio de qualquer tipo de lavoura, como após à colheita da batata, quando também se faz necessário o uso deste implemento.

Segue um breve relato, de caráter qualitativo, das observações realizadas em campo:

Ponto 1 (S 50°18'21.861" - O 29°17'0.546")

Foram observadas lavouras de diversos cultivos, entre eles o brócolis (*B. oleracea* var. *Italica*), a couve-flor (*B. oleracea*, var. *Botrytis*) e o repolho (*B. oleracea* var. *Capitata*). Essas lavouras se encontram próximo às nascentes do rio Tainhas. Observou-se o uso dos mananciais (são escavados pequenos poços próximo às nascentes para armazenamento de água) para bombeamento de irrigação e para a criação de mudas.

Em partes do solo exposto foi observada a ação do salpicamento (efeito *splash*) (figura 5.1), quando o impacto das gotas de chuva desloca partículas do solo por saltamento, permanecendo as mais finas acima das de maior granulometria, criando assim uma espécie de capa argilosa na superfície por onde há maior concentração de escoamento superficial. As rachaduras encontradas nessa camada compactada indicam a direção do fluxo concentrado e são evidências de que este solo sofre dilatação quando está saturado e se contrai quando começa a secar.

Ponto 2 (S 29°17'15.503" – O 50°18'24.581)

Além das observações semelhantes às do ponto 1, o solo desta área se encontrava recém preparado para o plantio, ou seja, muito exposto e inconsolidado e, conseqüentemente, vulnerável às ações erosivas (Figura 5.2).



Figura 5.1 - Solo com evidência da ação do efeito *splash*.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)



Figura 5.2 - Solo inconsolidado preparado para o plantio
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Ponto 3 (S 29°17'21.247" – O 50°18'19.398")

Observou-se que a presença do cultivo de soja (*Glycine max L.*) também é grande na região, como o de batatas (Figura 5.3).



Figura 5.3 - Cultivo de Soja
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Ponto 4 (S 29°18'10.940" – O 50°18'14.252")

A perda de solos para a erosão nas vertentes convexas está proporcionalmente ligada ao acúmulo de sedimentos em áreas côncavas, ou mais planas e com menor declividade (figura 5.4), acentuando o processo de assoreamento de corpos d'água, como foi observado em alguns banhados, açudes e pequenos canais de escoamento. Neste ponto foi encontrada uma lavoura de beterraba (*Beta SPP*) que exemplifica o fenômeno.

Ponto 5 (S 29°19'11.172" – O 50°17'20.073")

Lavoura de batatas logo após a aplicação de secante (pré-colheita) muito próxima a um banhado, desrespeitando, como em outros casos, os limites de 30 metros de APP (Área de Preservação Permanente) de um corpo d'água. Foi observado também o assoreamento na margem do banhado (figura 5.5).



Figura 5.4 - Acúmulo de sedimentos.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)



Figura 5.5 – Desrespeito às APP e assoreamento em margem de banhado
(Foto: Clódis Andrades Fº, 17/01/2015)

Ponto 6 (S 29°19'52.702" – O 50°16'56.348")

A estrada passa entre uma lavoura de soja e um corpo d'água, o que permite a observação do transporte de sedimentos oriundos da lavoura. Há o depósito de sedimentos na estrada, os quais seguem em direção ao banhado (figura 5.6). Destaca-se que antes e depois da lavoura, quando a estrada passa entre áreas de campo nativo, a presença de sedimentos transportados pela erosão é consideravelmente menor.



Figura 5.6 - À esquerda na foto, banhado que recebe sedimentos oriundos da lavoura de soja à direita.

(Foto: Clódis Andrades Fº, 17/01/2015)

Na área desta mesma lavoura de soja foi observado um poste da rede elétrica que se encontrava inclinado devido à ação do movimento de massa (rastejo) do solo (figura 5.7).



Figura 5.7 - Poste inclinado devido ao movimento de massa do solo.

(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Ponto 7 (S 29°20'17.283" – O 50°17'30.122")

Encontramos uma grande lavoura de soja. Que, como em outras regiões tomadas por esse tipo de monocultivo, não possuem muitos critérios quanto ao terreno e a área onde serão plantadas. Só foram “poupados” os trilhos por onde passam as rodas de veículos e maquinários agrícolas (figura 5.8).



Figura 5.8 - Monocultivo de soja por cima da trilha de acesso de veículos.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Ponto 8 (S 29°20'3.999" – O 50°17'49.167")

Em meio ao mesmo plantio de soja, observou-se a presença de acúmulo de sedimentos transportados pelo processo erosivo nas lavouras (figura 5.9). As obras de manutenção do acesso de veículos contribuem com a canalização do escoamento e com a concentração do acúmulo de sedimentos.

Ponto 9 (S 29°19'43.645" – O 50°17'54.833")

Ainda cruzando as lavouras de soja foi observada, em uma parte mais baixa da trilha de acesso de veículos, a deposição de sedimentos que seguem em direção a um banhado, conforme a ação da erosão na lavoura (figura 5.10). Percebe-se, como em outros casos, o desrespeito aos 30 metros de APP nas margens do banhado. Esses dois fatores podem contribuir – talvez em curto prazo – com o assoreamento do corpo d'água.



Figura 5.9 - Acúmulo de sedimentos em lavoura de soja.
(Foto: Clódís Andrades Fº, 17/01/2015)



Figura 5.10 - Transporte de sedimentos em direção ao banhado.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Ponto 10 (S 29°17'38.677" – O 50°15'34.415")

Foi encontrada uma lavoura de batatas, logo após a colheita, em um terreno com bastante declividade, com o solo inconsolidado e sem nenhuma cobertura vegetal. Foi observada a ação da erosão com grandes impactos, chegando a criar canais de escoamento superficial em meio às lavouras (figuras 5.11 e 5.12). Percebe-se claramente ausência de qualquer preocupação conservacionista com o solo e com o ambiente. Esse exemplo reforça a ideia de que uma área com alta declividade (acima de 10°), associada à fragilidade desse solo, não contemplam áreas aptas ao cultivo olerícola convencional, com o uso do arado. Talvez, as áreas mais planas sofram menos com este efeito, podendo assim estar mais aptas ao cultivo, mas igualmente demandam práticas conservacionistas para que esta aptidão não seja rapidamente extinta, causando um impacto ambiental imensurável na APA Rota do Sol e, também, em todas as demais áreas olerícolas na região dos Campos de Cima da Serra.



Figura 5.11 - Canais de escoamento superficial em meio à lavoura de batata-inglesa.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)



Figura 5.12 - Canais de escoamento superficial em meio à lavoura de batata-inglesa e ponto de acúmulo de sedimentos.
(Foto: Clódís Andrades Fº, 17/01/2015)

Somado a isso, o açude localizado logo a jusante das lavouras possui claras evidências de assoreamento devido às ações da erosão (figura 5.13).



Figura 5.13 - Assoreamento em margem de açude.
(Foto: Clódís Andrades Fº, 17/01/2015)

Ponto 11 (S 29°17'58.707" – O 50°13'17.829")

Em uma lavoura que se encontra também em terreno com maior declividade, porém destinada a diversos cultivos, como nos primeiros pontos, contendo partes com as plantas desenvolvidas e outras já colhidas, foram registrados pontos de acúmulo de sedimentos nas partes mais baixas do terreno (figuras 5.14).



Figura 5.14 - Área de acúmulo de sedimentos.
(Foto: Tauã de Lucena Rasia, 17/01/2015)

Ponto 12 (S 29°17'30.862" – O 50°14'12.078")

Situação semelhante ao ponto anterior, porém com maior acúmulo de sedimentos (figura 5.15).

Ponto 13 (S 29°15'42.947" – O 50°17'29.353")

No último ponto visitado, presenciamos o momento de preparação da terra para o cultivo olerícola. Logo após a passagem do arado, o solo fica completamente exposto e inconsolidado, encontrando-se assim em sua fase mais suscetível à erosão (figura 5.16).



Figura 5.15 - Área de acúmulo de sedimentos.
(foto: Clódís Andrades Fº, 17/01/2015)



Figura 5.16 - Solo preparado para o plantio.
(foto: Clódís Andrades Fº, 17/01/2015)

5.2. Trabalho de laboratório

5.2.1. Fator R

A região dos Campos de Cima da Serra é a de maiores índices pluviométricos no Rio Grande do Sul. Segundo o sítio Agrometeorologia³ na internet, na normal climatológica para o município de Cambará do Sul, a precipitação média mensal é de 150,38 mm, enquanto a média anual é de 1804,6 mm. Aplicando a [Equação 2], mencionada no capítulo anterior, obteve-se o valor de 67,47 para o fator R. No período entre o final da primavera, até o final do verão, as chuvas são mais concentradas, ou seja, com menor duração, mas com dimensões torrenciais, o que faz com que a erosividade seja mais agressiva justamente nos períodos de cultivos olerícolas.

5.2.2. Fator K

De acordo com a classificação de solos de Streck *et. al.* (2002), o solo predominante na região dos Campos de Cima da Serra é o Cambissolo Húmico Álico. Essa classe de solo tem como característica o horizonte A muito raso e o B incipiente. O horizonte C é mais profundo na maior parte do terreno, porém, pode-se encontrar, em pequenas parcelas, um contato direto do horizonte A com a rocha, caracterizando um Neossolo, ou ainda, pode-se encontrar a rocha aflorada. Sendo assim, segundo o nomograma de Wischmeier e Smith (1978), o valor do fator K para o Cambissolo é 0,024, o qual foi adotado também no presente trabalho.

5.2.3. Topografia e Fator LS

Conforme o mapa hipsométrico (Figura 5.17), que foi extraído do MDE, o ponto de confluência entre as sub-bacias está a uma altitude de 868 metros. A variação de altitude na sub-bacia hidrográfica Tainhas é de 124 metros, com a cota mais alta chegando aos 992 metros. Já a sub-bacia Contendas possui uma variação de 172 metros, e a cota mais alta alcança os 1.040 metros.

³ www.agrometeorologia.rs.gov.br (acesso em 15/03/2015).

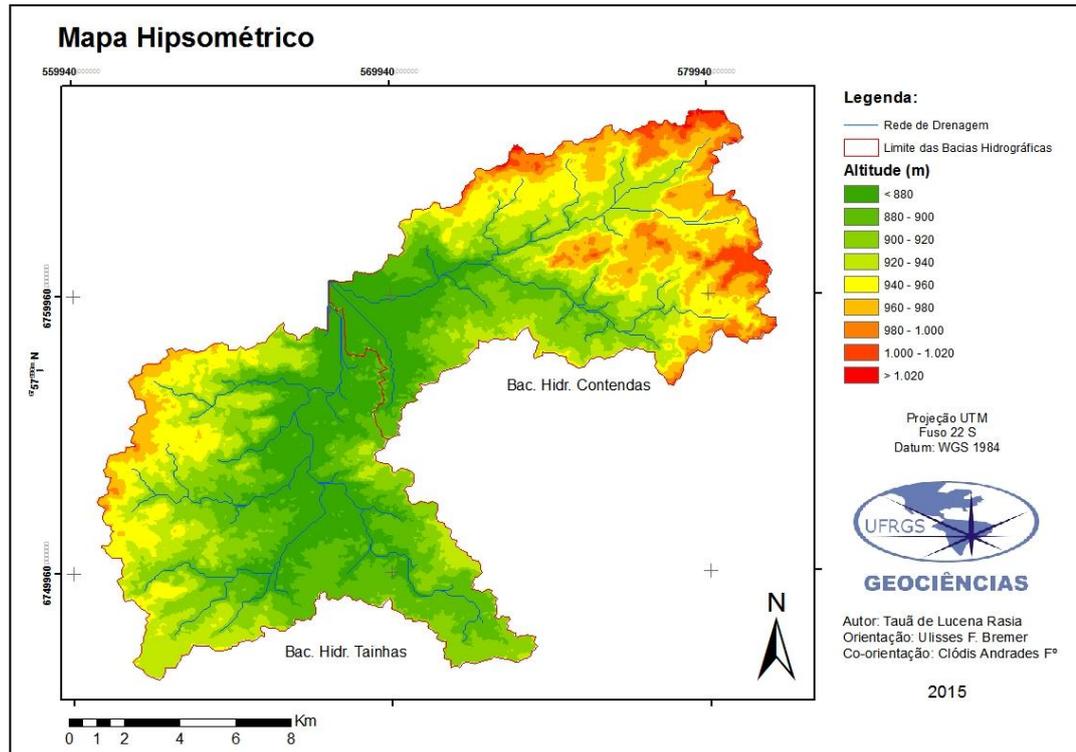


Figura 5.17 - Mapa Hipsométrico (m)

Embora a EUPS considere os dados de declividade (fator S) em porcentagem, neste trabalho foram extraídos com valores medidos em graus – onde 45° equivalem a 100% de declividade – devido à sua aplicação na [equação 3] proposta por Pelton *et. al.* em seu tutorial. A média encontrada para a declividade (figura 5.18) da sub-bacia Tainhas é de $3,6^\circ$, podendo chegar a aproximadamente 26° nas encostas mais íngremes. Já na sub-bacia Contendas, a média é de $4,5^\circ$ e os valores mais altos chegam próximo de 28° . As áreas de fluxo acumulado – outro dado condicionante do fator LS – com valores mais altos coincidem, além dos cursos principais da rede de drenagem, com as porções mais planas do terreno e com menores altimetrias.

Com o mapa do fator LS obtido (figura 5.19), percebe-se que na sub-bacia Contendas, além de atingir maiores cotas altimétricas, os valores topográficos também são mais influentes na EUPS, se comparados aos valores da sub-bacia Tainhas. Na primeira, o valor máximo de LS pode chegar a 356,681, enquanto na segunda, não passam de 179,61.

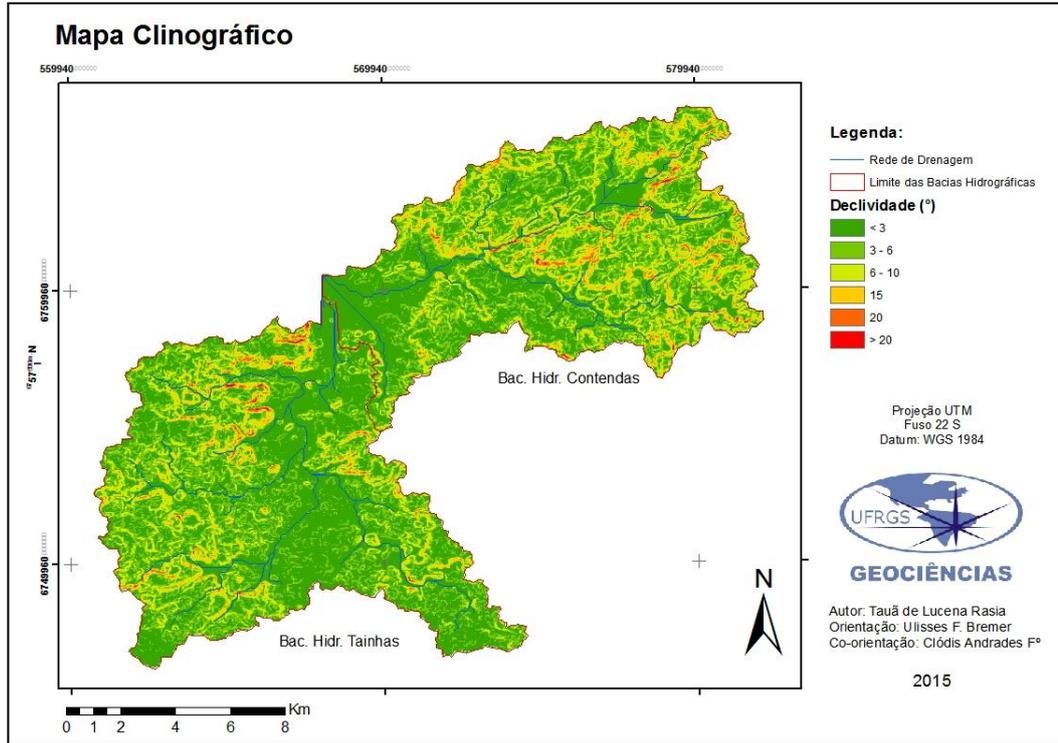


Figura 5.18 - Mapa Clinográfico (°)

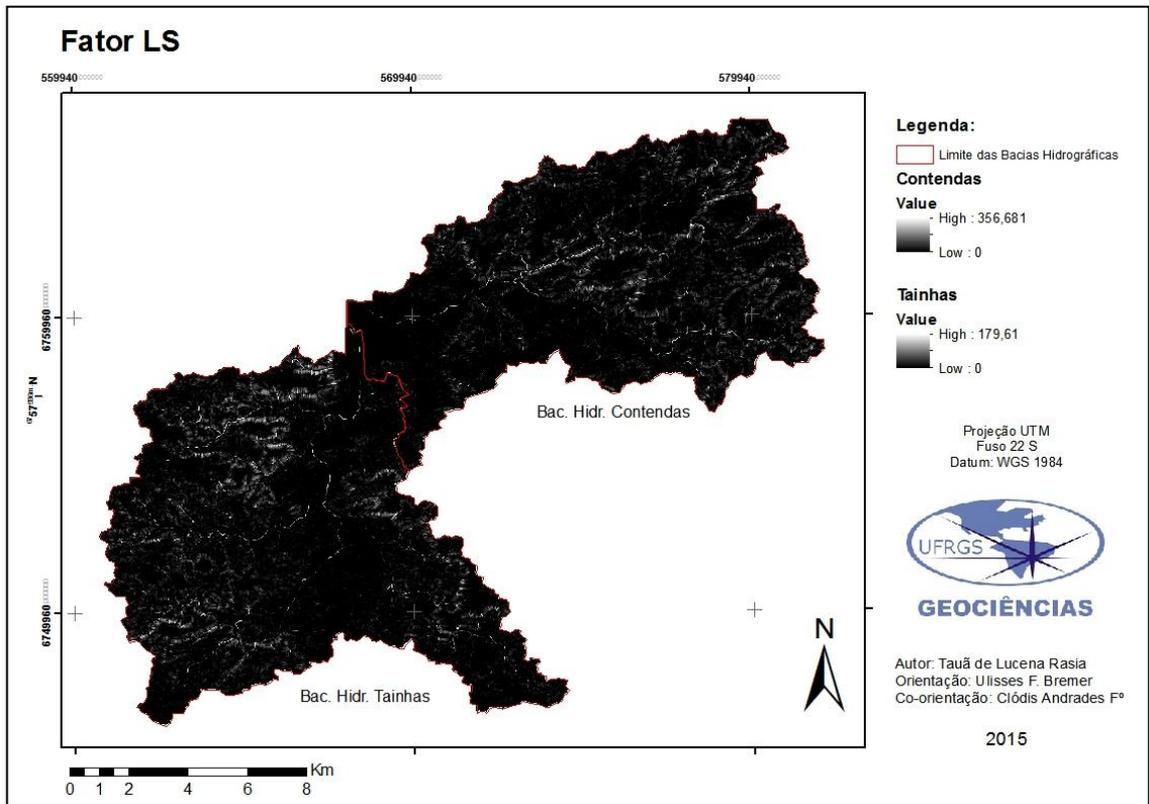


Figura 5.19 - Fator LS

5.2.4. Fator CP

Adaptada para este trabalho, teremos os valores do fator CP expressos na tabela 1. Os corpos d'água possuem valor 0 (zero) pois são áreas de deposição de sedimentos, portanto, numa multiplicação, irão anular a perda de solo para a erosão, enquanto as áreas de solo exposto compreendem a situação mais vulnerável às ações erosivas, portanto, possuem valor 1 (um). Foram identificadas seis classes de cobertura do solo (figura 5.20), às quais foram atribuídos os valores dos fatores C e P de forma integrada.

Tabela 1 - Integração de CP em função das classes de uso e ocupação do solo.

Cobertura do Solo	Fator CP
Corpos d'água	0,00
Floresta	0,00004
Silvicultura	0,0001
Campo nativo	0,01
Lavouras	0,20
Solo exposto	1,00

Adaptado de Stein *et. al.* (1987)

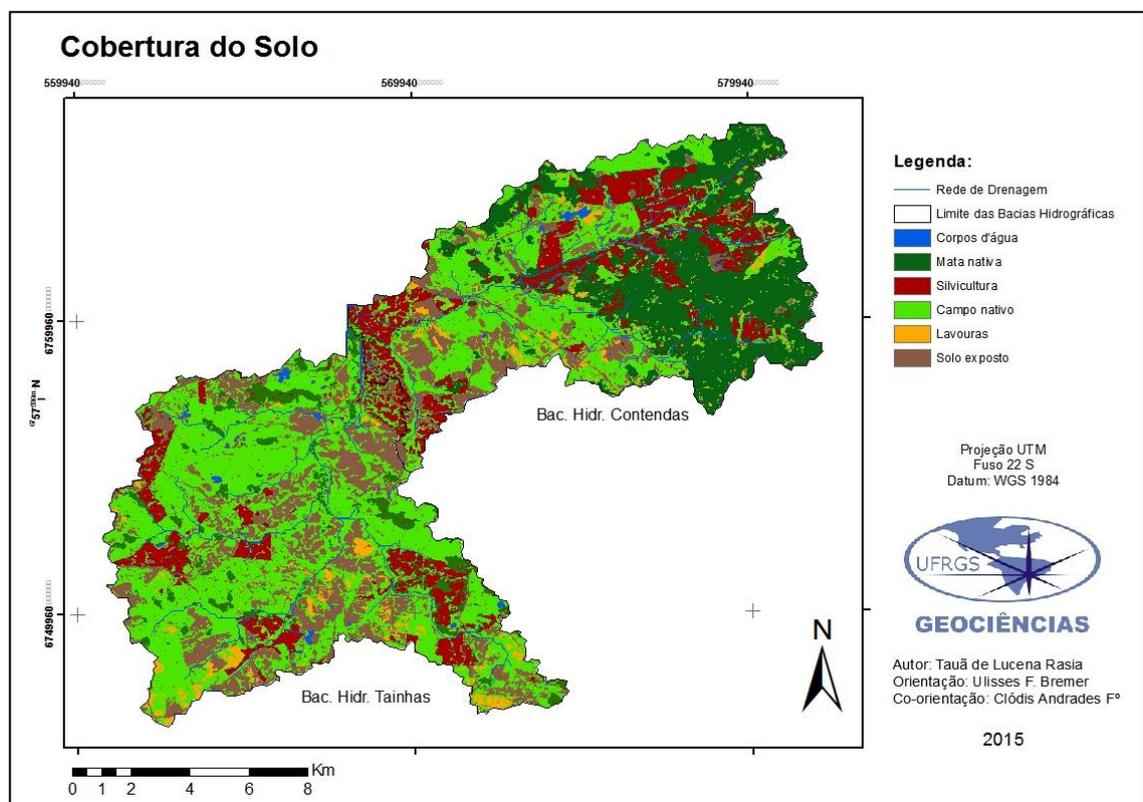


Figura 5.20 - Classificação de Cobertura do Solo

Pode-se destacar que a sub-bacia Contendas apresenta uma porcentagem maior de mata nativa, principalmente em sua porção leste, que se encontra próximo à escarpa do planalto. Além disso, há também maior concentração de silvicultura nesta sub-bacia, que apesar dos grandes impactos ambientais e paisagísticos que pode causar na região, não chega a influenciar significativamente nos valores do fator CP, ficando acima apenas das áreas de mata nativa.

Por sua vez, na sub-bacia Tainhas é onde se encontram as maiores áreas de lavouras olerícolas (2.827,62 ha). Na data da imagem classificada, estas se encontravam em grande parte com o solo exposto (87,8%), preparado para o plantio. As lavouras predominam nos arredores das margens esquerdas e dos pequenos afluentes do rio Tainhas. Quanto à mata nativa, esta se encontra apenas em pequenas áreas isoladas ao longo da sub-bacia.

5.2.5. Perdas anuais de solo

Como já foi observado anteriormente, os fatores R (erosividade da chuva) e K (erodibilidade do solo) são constantes nesta aplicação da EUPS, contendo respectivamente os valores de 67,47 e 0,024. Então, os condicionantes dos níveis de suscetibilidade à erosão laminar são os fatores LS (fator topográfico) e CP (fator antrópico).

O mapa de perda anual de solos obtido (figura 5.21) expõe que as áreas mais protegidas das ações erosivas estão nas cabeceiras do rio Contendas (porção leste da sub-bacia), apresentando baixíssimos valores de perda de solo, onde em raros casos passam de 1 ton/ano. Nesta mesma sub-bacia, as áreas mais suscetíveis à erosão laminar se concentram no seu baixo curso (porção oeste), coincidindo com as áreas de olericultura que, quando associadas a declividades dos terrenos superiores a 10°, podem passar de 5 ton/ano de perda de solo.

Na sub-bacia Tainhas as áreas mais protegidas são menores, com uma pequena concentração próxima à margem direita do leito principal do rio, no seu curso intermediário (área leste da sub-bacia). Próximo às cabeceiras, assim como no baixo curso e na porção que se encontra à esquerda do leito principal do rio, encontram-se as maiores concentrações de alta suscetibilidade

dos solos, coincidindo também com as áreas de cultivo, principalmente quando associadas a áreas com encostas acima de 10° de declividade, onde passam também de 5 ton/ano.

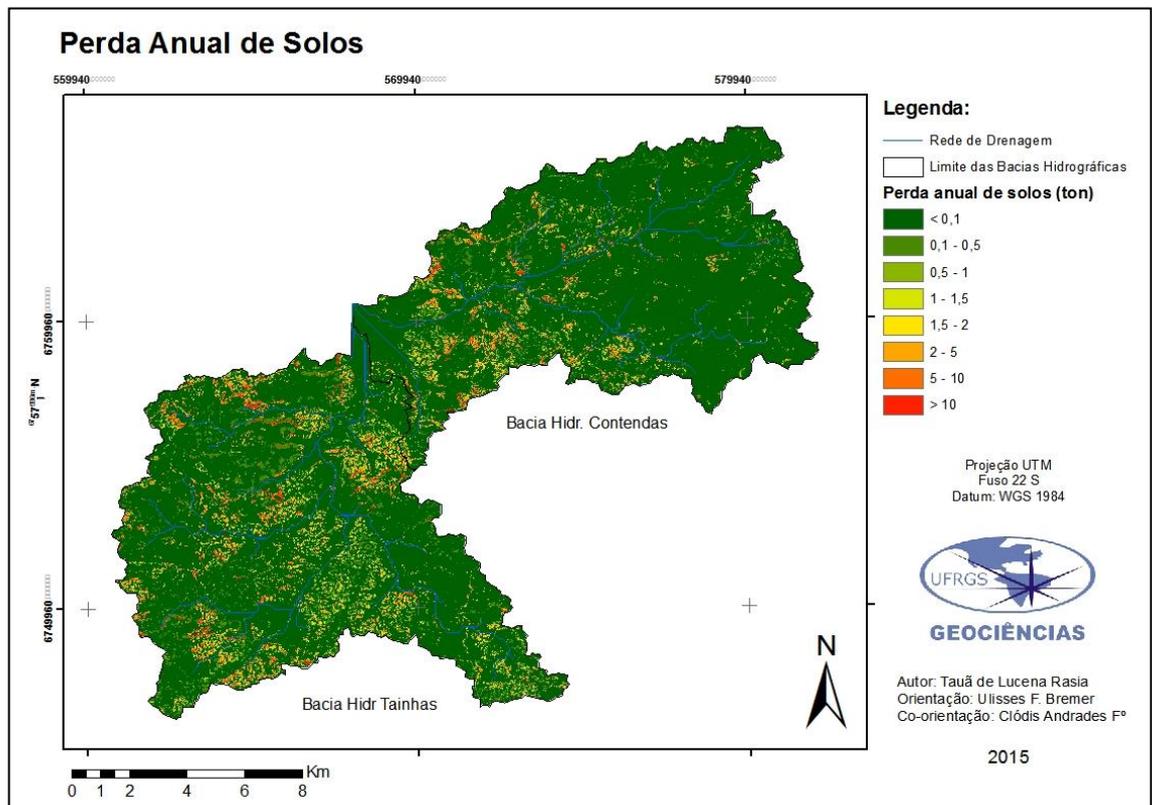


Figura 5.21 - Perda Anual de Solos (ton)

Estes pontos de concentração de perda de solos se tornam ainda mais prejudiciais quando estão mais próximos dos leitos dos rios, pois estas áreas se encontram nas partes mais baixas das vertentes, onde a velocidade do escoamento superficial é elevada, tornando assim as ações erosivas ainda mais agressivas.

Cabe salientar que algumas áreas registraram valor 0 (zero) de perda anual de solos. Em uma observação detalhada, boa parte destas áreas está associada a corpos d'água como açudes ou banhados, ou seja, trata-se das áreas baixas onde há o acúmulo de sedimentos que foram removidos, principalmente, das áreas de cultivo, o que ocasiona o assoreamento desses corpos d'água, como foi citado e ilustrado nos relatos do trabalho de campo.

Analisando a tabela 2, para o período da imagem utilizada para a classificação, as áreas de lavouras com solo exposto ocupam 24,63%

(2.483,64 ha) da área da sub-bacia hidrográfica Tainhas, e a perda anual total de solos é de 48.309,99 ton, portanto, a perda anual média é de 4,79 ton/ha. Já na sub-bacia Contendas, as áreas preparadas para o cultivo são relativamente menores, com aproximadamente 13,61% (1.199,60 ha) da área da sub-bacia, que tem uma perda anual total de solos de 25.958,83 ton, contabilizando uma perda anual média de 2,91 ton/ha. Porém, se for analisada a perda de solo para cada tipo de cobertura, se observará que as áreas de solo exposto passam de 18 ton/ha em média nas duas sub-bacias, enquanto as áreas de mata nativa (áreas mais protegidas) registraram 0,0019 ton/ha na sub-bacia Tainhas e 0,0021 ton/ha na sub-bacia Contendas.

Morgan (1986) estabelece alguns limites de tolerância de perda anual de solos. Para solos rasos e suscetíveis, como é o caso do Cambissolo, os níveis médios devem variar de 2 a 5 ton/ha, portanto, a influência da olericultura associada aos fatores topográficos podem elevar esses dados a níveis preocupantes. Todos os pontos que passaram de 5 toneladas/ano compreendem áreas de lavouras associadas a altos valores do fator LS, principalmente quando se encontram com solo exposto.

Sub-bacia	Área (ha)		Perda de solo total (ton)		Perda de solo média (ton/ha)	
	C	T	C	T	C	T
Corpos d'Água	91,17	77,22	0,00	0,00	0,00	0,00
Mata Nativa	3.144,97	820,53	6,71	1,635	0,0021	0,0019
Silvicultura	1.488,92	956,16	4,352	2,629	0,0029	0,0027
Campo Nativo	2.736,58	5.399,91	2.360,92	1.565,392	0,862	0,289
Lavouras	255,72	343,98	1.296,432	883,525	5,069	2,568
Solo Exposto	1.199,60	2.483,64	22.290,42	45.332,336	18,58	18,25
TOTAL	8.916,96	10.081,44	25.958,83	48.309,992	2,91	4,79

Tabela 2 - Comparação de perda anual de solos, por tipo de cobertura, entre sub-bacias hidrográficas. (C = Contendas; T = Tainhas)

Além das implicações diretas dos altos níveis de perda anual de solo nestas áreas, existem alguns impactos ambientais que são agravados indiretamente por este fenômeno. Segundo o trabalho de Kehl *et. al.* (2012), são usados 15 tipos diferentes de agrotóxicos somente nas lavouras de batatas. Com o transporte de sedimentos acelerado, se acelera também o carregamento destes insumos, permitindo que cheguem mais rapidamente ao lençol freático e ao leito dos rios, alterando a qualidade das águas logo nas cabeceiras do rio Tainhas que, como foi citado anteriormente, é um importante afluente do alto curso do sistema Taquari-Antas. Outro exemplo de influência indireta da erosão laminar é justamente o acúmulo dos sedimentos carregados pelo escoamento superficial, que ocorrem nas margens dos pequenos corpos d'água.

É de grande importância que seja realizada uma revisão do zoneamento de uso e ocupação do solo da APA Rota do Sol, focando também na questão da perda de solos nas lavouras olerícolas, para poder assim dirigir-se no caminho para um uso sustentável dos recursos naturais daquele espaço. É fundamental que seja incentivado aos produtores que ao menos evitem realizar a olericultura (e outros cultivos que demandem o uso do arado) em encostas que se encontrem com declividades acima de 10° ou, nestes casos, que seja experimentada alguma prática conservacionista, como o plantio em curvas de nível ou a manutenção de corredores de campo e mata nativos intercalados com as áreas de lavouras, a fim de minimizar este impacto ambiental.

6. CONCLUSÃO

A geração de mapas detalhados através dos SIG não é tarefa simples, portanto requer muito cuidado na hora de realizar cruzamento de dados e a análise dos mesmos. Foram experimentados diversos métodos para a extração de alguns fatores da EUPS até encontrar o mais adequado à área de estudo, que gerasse resultados satisfatórios. Tanto na análise qualitativa, como na análise quantitativa, observou-se que, nessa região, a olericultura associada a níveis altos de declividade ($> 10^\circ$) e comprimento de vertentes vem influenciando negativamente na suscetibilidade daqueles solos à erosão laminar.

Analisando comparativamente cada sub-bacia, foi constatado que a do rio Tainhas perde anualmente, em valores proporcionais, quase duas vezes mais solos que a do rio Contendas, pois o aumento das perdas anuais de solo está diretamente ligado às áreas de olericultura quando associadas a encostas com declividades acima de 10° . Portanto, as áreas de maior atenção, segundo o mapa gerado, se encontram nos arredores dos afluentes e à margem esquerda do curso principal do rio Tainhas e do baixo curso do rio Contendas, onde estão situadas as maiores áreas de cultivo, ou seja, onde frequentemente é feito o uso do arado, tornando aquele solo exposto e inconsolidado abrangendo também áreas com níveis altos de declividade ($> 10^\circ$) e de comprimento de encostas.

As áreas mais protegidas das ações erosivas são as que se encontram cobertas por mata nativa, principalmente na porção leste da sub-bacia Contendas. As áreas de silvicultura e de campo nativo também registraram valores baixos de perda anual de solo, porém não se podem negligenciar os impactos ambientais e paisagísticos causados pelo monocultivo de Pinus, assim como os campos nativos demandam grande atenção por serem as áreas mais propícias a serem convertidas em olericultura ou mesmo em silvicultura.

Embora a EUPS seja um modelo preditivo, é igualmente importante sua aplicação nessas áreas aonde algumas atividades antrópicas já consolidadas vêm causando impactos ambientais irreversíveis (entre eles, o aumento da erosão laminar), pois considerando os objetivos de uma APA,

ainda há a possibilidade de se estimular uma ocupação sustentável daquele espaço, respeitando principalmente, no caso da erosão, as limitações topográficas e pedológicas do ambiente. Algumas formas de manejo adequadas poderiam permitir a manutenção da olericultura na região, o que, inclusive, traria benefício aos próprios produtores a médio e longo prazo, por evitar a imediata degradação do solo, que se dá talvez em função da exigência em se obter cada vez maior produtividade em uma menor área e em menor tempo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G. M. de M., *Diagnóstico Ambiental de Erosão Laminar: Modelo geotecnológico e aplicação*. Brasília: Universa, 2003. 140 p.

BERTOL, I., et. al., 1998. Propriedades Físicas de um Cambissolo Húmico Álico Afetadas pelo Manejo do Solo. In: *Revista Ciência Rural*, v. 30, n. 1, p. 91-95. Santa Maria: UFSM, Centro de Ciências Rurais, 2000.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. *Conservação dos Solos*. Piracicaba: Livro Ceres, 1985. 392 p.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. T. (org.); SILVA, A. S. da (org.) & BOTELHO, R. G. M. (org.). *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

BUFFON, I. *Subsídio Metodológico para o Licenciamento do Uso do Fogo Visando a Manutenção da Pecuária Tradicional e Conservação da Paisagem dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, Brasil*. São Francisco de Paula: Monografia (Especialização), UERGS, 2015.

COUTO JÚNIOR, A. A. *Avaliação da Erosão Hídrica, Transporte de Sedimentos e Qualidade da Água na Bacia do Ribeirão Monjolo Grande (Itapeúna - SP)*. Rio Claro: Monografia (graduação), Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, 2013.

DENARDIN, J. E. *Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. Piracicaba: Tese (doutorado), ESALQ/USP, 1990.

FONTOURA, L. F. M. *Macanudo Taurino: Uma espécie em extinção*. São Paulo: Tese (doutorado), USP, 2000.

HIRT, Carla. *Impactos dos Monocultivos Arbóreos na Paisagem e nas Atividades Relacionadas ao Turismo em São Francisco de Paula/RS*. Porto Alegre: Dissertação (mestrado), IGEO/UFRGS, 2009.

KEHL, L. G. H. et. al. Situação Atual do Cultivo de Batata (*Solanum tuberosum* L.) e o Uso de Agrotóxicos na Área de Proteção Ambiental Rota do Sol, Rio Grande do Sul, Brasil. In: PRINTES, Rodrigo Cambará (org.). *Gestão Ambiental e Negociação de Conflitos em Unidades de Conservação do Nordeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CORAG, 2012.

MORGAN, R. P. C. *Soil Erosion & Conservation*. New York: Longman Inc., 1986.

RABUS, B. et al. The Shuttle Radar Topographic Mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 57, p. 241-262. 2003.

RIO GRANDE DO SUL. SEMA. *Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental Rota do Sol*. Volume I. Porto Alegre, 2008.

ROSSATO, M. S. *Os Climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, Tendências e Tipologia*. Porto Alegre: Tese (doutorado), IGEO/UFRGS, 2011.

RUHOFF, A. L. *Gerenciamento de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas: Modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas*. Santa Maria: Dissertação (mestrado), Centro de Ciências Rurais/UFSM, 2004.

RUHOFF, A. L. et al. Avaliação dos Processos Erosivos Através da Equação Universal de Perda de Solos, Implementada com Algoritmos em LEGAL. In: *Revista Geomática*, v. 1, n. 1, p. 12-22. Santa Maria: UFSM, 2006.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. T. (org.); SILVA, A. S. da (org.) & BOTELHO, R. G. M. (org.). *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

STEIN, D. P. et al. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópico, na Bacia do Peixe – Paranapanema. In: *4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Anais*. Marília. Vol.1, 105-135, 1987.

STRECK, E. V. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS, 2002. 124 p.

VALERIANO, M. de M. Dados Topográficos. In: **FLORENZANO, T. G.** (org.). *Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

WISHMEIER, W. H. e SMITH, D. D. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to conservation planning*. Washington: United States Department of Agriculture, 1978.

sítio na internet: www.agrometeorologia.rs.gov.br (Aceso em 15/03/2015)

sítio na internet: earthexplorer.usgs.gov (Acesso em 31/05/2015)