

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO
SOLO NA CONFORMAÇÃO DE VERTENTE EM UMA
TOPOSSEQUÊNCIA NO MUNICÍPIO DE
GAURAMA/RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Cleusa Fátima Sandalowski

Santa Maria, RS, Brasil

Setembro/2013

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO
NA CONFORMAÇÃO DE VERTENTE EM UMA
TOPOSSEQUÊNCIA NO MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS**

por

Cleusa Fátima Sandalowski

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

Santa Maria, RS, Brasil

Setembro/2013

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

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

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO NA
CONFORMAÇÃO DE VERTENTE EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO
MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS**

elaborada por
Cleusa Fátima Sandalowski

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Mauro Kumpfer Werlang, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

José Luiz Silvério da Silva, Dr. (UFSM)

Elsbeth Léia Spode Becker, Dr^a. (UNIFRA)

Bernardo Sayão Penna e Souza, Dr. (UFSM)
(Suplente)

Santa Maria, 06 de setembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Às pessoas mais importantes e queridas da minha vida e que, acima de tudo, acreditam na minha capacidade de vencer: meus pais Geraldo e Irene, minha irmã Mari e meu sobrinho Bernardo...

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar este mestrado em uma instituição de ensino pública e de qualidade;

Ao professor Mauro Kumpfer Werlang, não somente pela orientação deste trabalho, mas pela oportunidade, amizade, compreensão e paciência na transmissão de seus conhecimentos;

Aos meus pais Geraldo e Irene, e a minha irmã Mari, pelo incansável apoio, atenção e presença em todos os momentos, e acima de tudo, pelo esforço despendido para que eu pudesse realizar este mestrado e pela compreensão nos momentos de ausência;

A Cláudia Regina Rodrigues Ferraz e Dalvana Brasil do Nascimento pela constância da amizade e convívio, apoio e motivação em todos os momentos;

Ao Felipe Corrêa e a Patrícia Michele Pereira Trindade pelas sugestões no desenvolvimento do material cartográfico;

Aos colegas de mestrado, pelas experiências compartilhadas;

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, por este período de aprendizagem e amizade cultivada;

Ao laboratorista Rômulo Augusto Aragonês Aita, do Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria, pelo auxílio nos procedimentos de análise física das amostragens de solo;

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, estiveram presentes em algum momento desta caminhada e não estão nominalmente citados...

...muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO NA CONFORMAÇÃO DE VERTENTE EM UMA TOPOSEQUÊNCIA NO MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS

**AUTORA: CLEUSA FÁTIMA SANDALOWSKI
ORIENTADOR: MAURO KUMPFER WERLANG**

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 06 de setembro de 2013.

O solo é a base de sustentação de diversos elementos e atividades humanas, entre as quais se destacam a agricultura e a pecuária e é portanto um componente vital do ecossistema, no qual ocorrem processos e ciclos de transformações físicas, químicas e biológicas. No município de Gaurama, Rio Grande do Sul, assim como em diversos outros municípios do nosso país, a economia local encontra-se fortemente vinculada à atividade agropecuária, a qual ainda é responsável por um uso intenso do solo associada à baixa ou, muitas vezes, inexistente aplicação de práticas que visam conservar as propriedades básicas dos recursos naturais, contribuindo assim com a degradação do ecossistema. Nesse contexto, a proposta de estudar a conformação de vertentes a partir da análise da estabilidade de agregados do solo em uma topossequência teve como objetivo contribuir para a compreensão da importância que o manto pedológico imprime para a análise morfológica das vertentes, além da instalação de três trincheiras e três tradagens sobre a vertente, a fim de analisar as características morfológicas dos volumes pedológicos das trincheiras 1, 2 e 3, a distribuição de partículas, limites de consistência e a estabilidade de agregados, via úmida. O método de pesquisa utilizado foi o dedutivo. A análise granulométrica dos volumes pedológicos evidenciou características semelhantes entre a T1 e a T3 em relação ao diâmetro de partículas, com o predomínio das frações silte e argila, bem como valores semelhantes para os limites de consistência e estabilidade de agregados. Na T2 a fração areia manteve-se em equilíbrio com as demais, não havendo predomínio abrupto de uma fração granulométrica sobre as demais. Os limites de consistência permitiram inferir que a T2 apresenta menor limite de liquidez e plasticidade o que lhe confere maior suscetibilidade frente à ocorrência de processos erosivos, pois seu perfil necessita de menor quantidade de precipitação pluviométrica para atingir o comportamento de fluído. A ocorrência dos maiores percentuais de agregação do solo ocorreu no volume pedológico superficial. Constatou-se que o V3 da trincheira 2 apresentou a menor estabilidade de agregados de toda a topossequência da vertente de estudo, o que evidencia que o processo de controle do modelado do relevo no terço médio e médio inferior da vertente recebe forte inferência deste volume.

Palavras-chave: Manto pedológico. Modelado do relevo. Vertente.

ABSTRACT

Master's Degree Thesis
Geography and Geosciences Post-Graduation Program
Universidade Federal de Santa Maria

ANALYSIS OF SOIL AGGREGATE STABILITY IN THE SLOPE MANAGEMENT IN A TOPOSEQUENCE IN GAURAMA MUNICIPALITY / RS

AUTHOR: CLEUSA FÁTIMA SANDALOWSKI

ADVISOR: MAURO KUMPFER WERLANG

Date and Place of Defense: Santa Maria, September 06th, 2013.

The soil is the base which supports several human elements and activities, such as agriculture and livestock. Therefore, it is a vital component of the ecosystem in which physical, chemical and biological processes and cycle transformations occur. In the municipality Gaurama, Rio Grande do Sul, and in other cities of our country, the local economy is strongly linked to agriculture activity being still responsible for an intense use of soil associated to a low or almost non-existence practice which aims to preserve the basic properties of natural resources leading to a great contribution for the ecosystem degradation. In such context, the proposition of studying slope management through analyses of soil aggregate stability in a toposequence has as objective to contribute for the importance of the comprehension that the pedological cover has in the slope morphological analysis as well as in the installation of three drillings and trenches above the slope in order to analyze morphological characteristics of the pedological volumes of the trenchings 1, 2 and 3, the distribution of particles, consistency limit and aggregate stability by humid via. This research was based on the deductive method. The granulometric analysis of the pedological volumes demonstrated similar characteristics between the T1 and T3 concerning the diameter of the particles, with the predominance of silt and clay fractions, as well as the similar values for the consistency limits and aggregate stability. In the T2, the sand fraction kept itself in balance with the others, not having any abrupt predominance of a granulometric fraction over the other ones. The consistency limits showed that the T2 presents a lower liquid and plastic limit which give it a higher susceptibility to erosive processes due to this soil profile which requires a lower amount of water to reach a fluid behavior. The higher rates of soil aggregation occurred in the superficial pedological volumes. It was found that the V3 in Trench 2 had the lowest aggregate stability in the entire toposequence of the slope in this research, which shows that the modeling control process of the relief in the medium third and medium lower third of the slope receives a higher inference of this volume.

Key words: Pedological cover. Modeling relief. Slope.

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	16
Figura 2 – Topossequência da vertente estudada em uma propriedade rural no município de Gaurama – RS.....	55
Figura 3 – Aspecto da conformação da paisagem da área de estudo com os plantios anuais (soja e milho).....	56
Figura 4 – Aspecto do perfil da trincheira 1 (T1).....	58
Figura 5 – Aspecto do perfil da trincheira 2 (T2).....	60
Figura 6 – Aspecto do perfil da trincheira 3 (T3).....	62
Figura 7 – Estabilidade de agregados do solo (%) por volume pedológico na trincheira 1....	73
Figura 8 – Estabilidade de agregados do solo (%) por volume pedológico na trincheira 2....	74
Figura 9 – Estabilidade de agregados do solo (%) por volume pedológico na trincheira 3....	74
Figura 10 – Porcentagem de estabilidade de agregados de acordo com as trincheiras (T1, T2 e T3) e seus respectivos volumes pedológicos (V1, V2 e V3).....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos volumes pedológicos observados na topossequência de estudo: T1.....	57
Quadro 2 – Descrição dos volumes pedológicos observados na topossequência de estudo: T2.....	59
Quadro 3 – Descrição dos volumes pedológicos observados na topossequência de estudo: T3.....	61
Quadro 4 – Curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 1 (T1).....	65
Quadro 5 – Curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 2 (T2).....	68
Quadro 6 – Curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 3 (T3).....	70
Quadro 7 – Limites de consistência das trincheiras 1, 2 e 3 (T1, T2 e T3).....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 1 (V1) da trincheira 1 (T1).....	63
Tabela 2 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 2 (V2) da trincheira 1 (T1).....	64
Tabela 3 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 1 (V1) da trincheira 2 (T2).....	65
Tabela 4 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 2 (V2) da trincheira 2 (T2).....	66
Tabela 5 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 3 (V3) da trincheira 2 (T2).....	67
Tabela 6 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 1 (V1) da trincheira 3 (T3).....	69
Tabela 7 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 2 (V2) da trincheira 3 (T3).....	69

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Apresentação da proposta de trabalho.....	13
1.2 Localização da área de estudo.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Importância da geomorfologia nos estudos ambientais.....	17
2.2 Estudo das vertentes.....	18
2.3 A litologia da área de estudo.....	21
2.4 Características climáticas.....	24
2.5 Características vegetacionais.....	25
2.6 Características de relevo.....	25
2.7 Características hidrográficas.....	26
2.8 Conceito e formação dos solos.....	27
2.8.1 Propriedades físicas do solo.....	30
2.8.2 Morfologia e classificação do solo.....	32
2.9 O conceito para erosão.....	35
2.9.1 Formas de erosão hídrica.....	36
2.9.2 Importância das forças ativas e passivas nos processos erosivos.....	39
2.10 Estabilidade de agregados.....	40
3 METODOLOGIA.....	46
3.1 Procedimentos metodológicos.....	46
3.2 Procedimentos técnicos aplicados.....	47
3.2.1 Análise granulométrica.....	47
3.2.2 Limites de consistência.....	48
3.2.3 Estabilidade de agregados.....	50
3.2.4 Conformação da paisagem: o traçado da topossequência.....	52

4 RESULTADOS.....	54
4.1 Elaboração do traçado da topossequência sobre a vertente de estudo.....	54
4.2 Descrição morfológica dos volumes pedológicos das trincheiras na topossequência sobre a vertente de estudo.....	57
4.3 Determinação da textura dos volumes pedológicos das trincheiras na topossequência sobre a vertente de estudo.....	63
4.4 Determinação dos limites de consistência dos volumes pedológicos das trincheiras sobre a vertente de estudo.....	71
4.5 Determinação da porcentagem de estabilidade de agregados.....	72
4.6 A conformação da paisagem na vertente de estudo sob a ótica dos processos erosivos.....	76
5 CONCLUSÃO.....	78
6 REFERÊNCIAS.....	80

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação da proposta de trabalho

O município de Gaurama localiza-se na porção norte do estado do Rio Grande do Sul, nos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (ROSS, 2005), entre as coordenadas geográficas 27°30'42" e 27°31'53" de latitude sul e 52°04'05" e 52°11'12" de longitude oeste.

Conforme Wolff (2005, p. 152) “são raros os registros de períodos anteriores à trajetória da ferrovia (final do século XIX e início do século XX) que tratam desta região específica e que enfocam a presença humana na região do atual município de Gaurama”. Ainda, de acordo com Wolff (2005, p. 141) “foi com o assentamento dos trilhos, a imediata exploração da madeira das florestas e o crescente mercado de terras que cimentaram a ocupação desse espaço, atraindo os colonos e as colonizadoras”.

Conforme Piran et al., (1988):

A colonização de Barro¹ se dá à esquerda da ferrovia, sentido sul-norte, pela Empresa Colonizadora Luce-Rosa & Cia. Ltda. A Luce-Rosa cobrava 1 conto de réis pelos lotes rurais, pagáveis em quatro anos. Já a direita da ferrovia as terras do Governo foram “invadidas” pelos poloneses. Pagavam pelo lote rural 500 mil réis em 5 prestações iguais anuais. À esquerda da ferrovia entraram mais italianos e alemães. Além de se darem melhor entre si, alemães e italianos consideravam que a luminosidade anual maior que recebe o vale do Rio Suzana, entre os espigões onde corre a ferrovia e a BR-153, favorecia a lavoura e, sobretudo, os parreirais, compensando o preço maior (PIRAN, 1988, p. 25).

Verifica-se, portanto, que desde a sua origem o município apresenta sua economia alicerçada na agricultura e que apesar de atualmente a economia municipal ser mantida pelos setores secundário e terciário, o município de Gaurama ainda possui uma importante parcela de seus dividendos voltada para o setor agropecuário. Apresenta uma estrutura fundiária com pequenas propriedades que utilizam predominantemente o trabalho familiar. Destacam-se os cultivos de soja, milho, trigo e feijão, assim como o cultivo e a industrialização da erva-mate

¹ No início do processo de colonização do atual município de Gaurama, por volta de 1911, a denominação dada ao então povoado, foi Barro, devido à existência de um banhado existente na região do qual se extraía muito barro. Por meio do Decreto-Lei nº. 720, de 29/12/1944, ocorreu a alteração da denominação, passando a ser chamada pelo atual nome – Gaurama, aonde se acredita que mantenha o mesmo significado na língua indígena tupi-guarani “Gau” = lama, barro e “Rama” = terra (no sentido de Pátria), isto é, “terra do barro” (PIRAN et al., 1988, p. 26).

que vem apresentando relevância no município. Destacam-se também a produção de leite e de frangos.

No entanto, a atividade agropecuária nos dias atuais ainda é responsável por um uso intenso do solo, associada à baixa ou ausente aplicação de práticas conservacionistas. Isso tem provocado à alteração na estrutura dos solos e na estabilidade dos agregados com consequente destruição da camada arável dos solos. Nesse sentido, a utilização do solo e seus problemas de uso remetem a uma grande discussão que abrange vários segmentos da sociedade. O processo de apropriação e exploração deste recurso demanda diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir impactos negativos, tanto para se evitar a degradação dos solos a serem explorados, quanto para minimizar as degradações já ocorridas, proporcionando subsídios para a elaboração de ações mitigadoras, pois de acordo com Bertoni; Lombardi Neto (1990), os recursos naturais são as riquezas básicas de uma nação; não se pode compreender que o desenvolvimento e o progresso social e cultural da população sejam obtidos à custa de sua dilapidação ou do seu mau uso.

Nesse contexto, o presente trabalho parte da hipótese de que os processos erosivos estão relacionados com os fatores controladores da erosão, os quais são representados pelas propriedades do solo, ou seja, o conjunto de características que juntamente com outros fatores determinam uma maior ou menor suscetibilidade a erosão.

Assim, a proposta de estudar a conformação de vertentes a partir da análise da estabilidade de agregados do solo, em uma topossequência, tem como objetivo contribuir para a compreensão da importância que o manto pedológico imprime para a análise morfológica das vertentes. Para tanto, foi selecionada uma topossequência de vertentes no interior do município de Gaurama onde foi traçada uma topossequência sobre a vertente. Também foram cavadas as trincheiras (T1, T2 e T3) e realizadas as tradagens (S1, S2 e S3) em pontos diferentes dos segmentos da vertente a fim de descrever as características morfológicas dos volumes pedológicos.

A partir das trincheiras, foram descritos os volumes pedológicos e coletadas amostras deformadas de solos. Dessas amostras, foram determinadas a distribuição do tamanho de partículas para cada um dos volumes descritos nas trincheiras 1, 2 e 3 (T1, T2 e T3). Foram determinados, também, os limites de consistência: liquidez, plasticidade e de contração do solo nesses volumes pedológicos das trincheiras analisadas. Foi ainda realizada a determinação do grau de estabilidade de agregados, via úmida, dos volumes pedológicos dessas trincheiras.

Por fim, analisou-se os dados obtidos a partir da concepção de que o perfil e, a forma da vertente, evoluem face ao comportamento desses parâmetros, no sentido de que a evolução da vertente propicia informações relacionadas à estabilidade de agregados do solo, processo erosivo e conformação do perfil das vertentes, uma vez que a maior estabilidade dos agregados confere aos solos uma menor suscetibilidade à erosão. Resgata-se o argumento, para a realização desse trabalho, de que esse tema é ainda pouco trabalhado dentro da Ciência Geográfica e, portanto, merece ser aprofundado visando à ampliação do conhecimento.

1.2 Localização da área de estudo

O município de Gaurama está localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul. Limita-se ao norte com o município de Três Arroios; ao sul com Áurea; a leste com Viadutos e ao oeste com o município de Erechim. Abrange uma área de 204,149 km² e uma população de 5.862 habitantes, tendo uma densidade demográfica de 28,71 hab/km² (IBGE, 2010).

A vertente selecionada para o estudo, localiza-se no sul do município de Gaurama, numa propriedade rural da localidade Alto-Caçador. Está situada entre as coordenadas geográficas 27°38'58,6" a 27°38'51,0" de latitude sul e 52°06'15,1" a 52°06'18,5" de longitude oeste, cuja altitude varia de 659 a 610 metros acima do nível do mar. A Figura 1 ilustra a localização da vertente de estudo no contexto do município de Gaurama e do estado do Rio Grande do Sul.

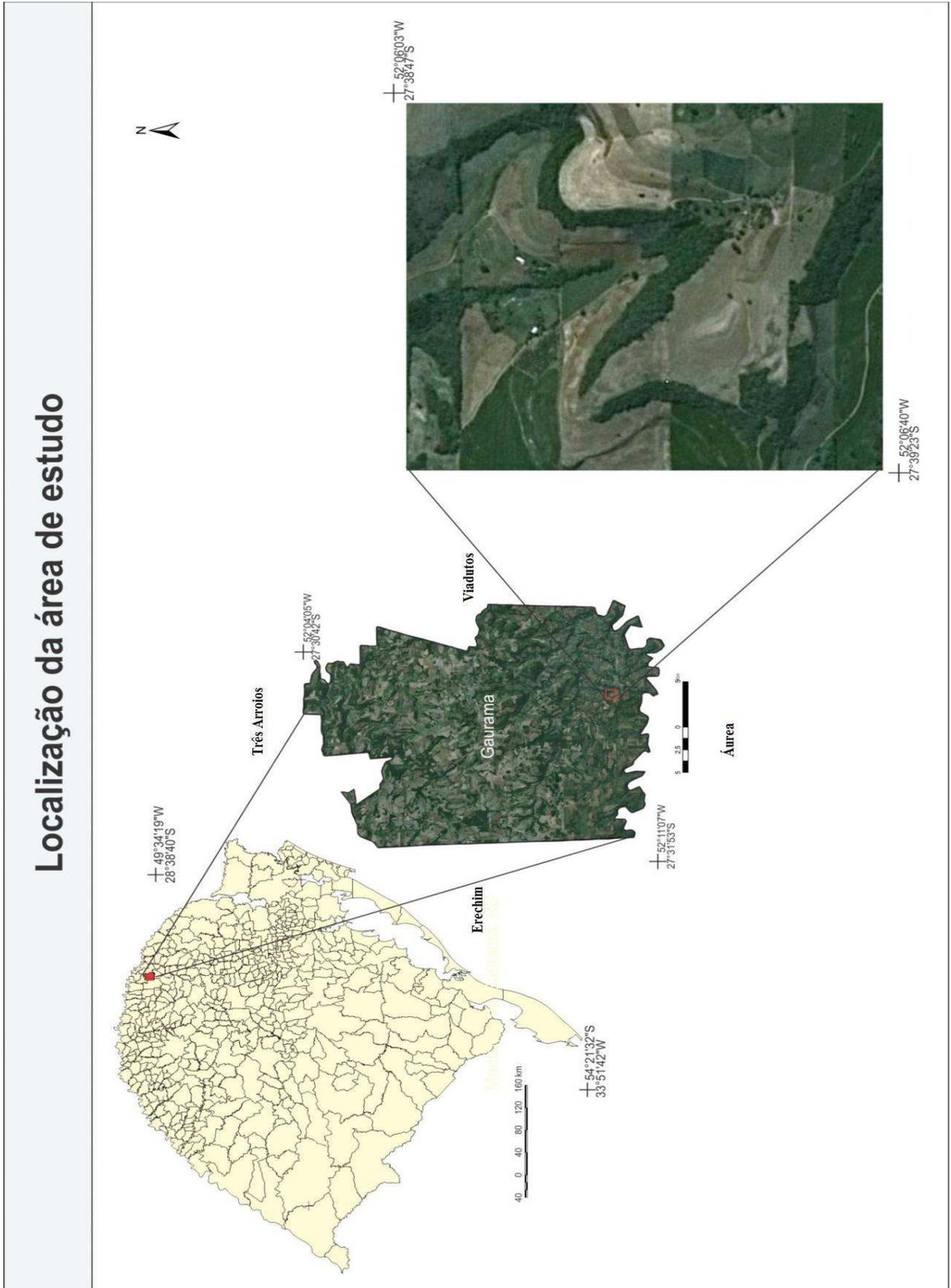


Figura 1 – Localização da vertente de estudo no contexto municipal de Gaurama e do estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Google Earth (2010).

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Importância da geomorfologia nos estudos ambientais

Segundo Ross (2003, p. 48), “os estudos do homem e do meio, da geografia agrária, da indústria, dos climas, do relevo, dos solos, da energia, da população, do turismo, da biogeografia, nada mais são do que os temas hoje tratados nos estudos integrados da natureza e da sociedade, denominados estudos ou análises ambientais”. De acordo com o autor, a pesquisa ambiental tem por objetivo entender as relações da sociedade com a natureza, por meio de uma pesquisa dinâmica dos aspectos sociais, culturais, econômicos e naturais.

Nesse sentido, a Geografia como Ciência busca e proporciona o entendimento das relações entre a sociedade e seu meio, sendo considerada uma Ciência-ponte entre as Ciências Naturais Exatas e as Ciências Sociais. Conforme Penteadó (1983), esse vínculo de ligação ocorre de forma sintética e analítica, encontrando na geomorfologia as relações estreitas com outras especialidades, como Climatologia, Geologia, Pedologia, Sedimentologia e Biogeografia.

Conforme Casseti (1994), a geomorfologia tem como objetivo analisar as formas de relevo, buscando compreender as relações processuais, pretéritas e atuais, tendo como objeto de estudo a superfície da crosta terrestre. Segundo Ross (2003, p. 52) relevo é “o conjunto heterogêneo das formas que compõe a superfície da Terra. Ele se concretiza por meio da geometria apresentada por suas formas e seu modelado ocorre pelas diferenciações locais e regionais da silhueta topográfica”. De acordo com o autor, o relevo participa como um dos componentes que serve como indicador das potencialidades dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, das fragilidades dos ambientes naturais.

Segundo Marques (2003), à primeira vista as formas do relevo podem transmitir a falsa ideia de que são elementos independentes da paisagem. Entretanto, as mesmas se encontram interligadas com os demais componentes do ambiente, e são responsáveis por promover ações induzidas por influências mútuas que, em maior ou menor grau de intensidade, agem no sentido de criar uma fisionomia que reflete ajustes alcançados no ambiente. Assim, a criação e evolução das formas de relevo não está dissociada da participação dos demais componentes ambientais, os quais exercem sua influência sobre ela.

De acordo com Vieira; Vieira (1983) com vistas a conservar ou aumentar a capacidade produtiva do meio físico é necessário conhecê-lo, pois este é resultante de um conjunto de fatores naturais. No caso do Brasil, a grande amplitude de suas dimensões territoriais faz com que sejam necessários estudos que levantem o conhecimento da dinâmica ambiental de cada região do país, a fim de se entender melhor a realidade dos processos envolvidos em cada uma dessas regiões, com vistas ao planejamento das melhores formas de uso para cada local e determinando as potencialidades e/ou fragilidades de cada ambiente.

2.2 Estudo das vertentes

Segundo Christofolletti (1980), o estudo das vertentes é um dos mais importantes setores da pesquisa em geomorfologia, pois engloba a análise dos processos e formas. Sendo, portanto, um setor bastante complexo, pois envolve a ação de diversos processos responsáveis tanto pela formação, como pela remoção do material detrítico. Para o referido autor, em um sentido amplo, “vertente significa superfície inclinada, não horizontal, sem apresentar qualquer conotação genética ou locacional” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 26). Nesse sentido amplo, as vertentes podem resultar da influência de qualquer processo e abrangem todos os elementos componentes da superfície terrestre. Sua origem se deve a ampla variedade de condições internas e externas da Terra. Nesse contexto, as vertentes são locais onde ocorrem os processos de intemperismo, transporte e deposição de materiais, fatores estes que ocasionam, muitas vezes, grandes perdas de solo.

Num sentido amplo, as vertentes podem resultar da influência de qualquer processo e abrangem todos os elementos componentes da superfície terrestre. Sua origem se deve a ampla variedade de condições internas e externas da terra. Nesse contexto, as vertentes são locais onde ocorrem os processos de intemperismo, transporte e deposição de materiais, fatores estes que ocasionam, muitas vezes, grandes perdas de solo.

Christofolletti (1980), destaca que as vertentes podem ser divididas em dois tipos, sendo elas: vertentes endogenéticas, cuja existência se deve aos processos originados no interior da Terra; ou vertentes exogenéticas, as quais resultam da ação dos processos externos ou próximos à superfície terrestre, estes sendo controlados pelos fatores externos. Christofolletti (1980, p. 26) observa que “os processos exógenos (meteorização, movimentos

de massa, ablação, transporte, deposição) tendem a reduzir a paisagem terrestre a um determinado nível de base (o principal é o nível do mar)”.

Portanto, o estudo das vertentes fornece informações básicas necessárias à caracterização de determinada área e dos processos que ocorrem em seu espaço, o que requer uma precisa e cuidadosa descrição, a qual geralmente é feita tendo como referência, o seu perfil. Nesse sentido, conforme Caseti (1994), o perfil da vertente é definido como “a linha traçada sobre o terreno descrevendo sua inclinação. Esta inclinação é expressa por um ângulo ou um gradiente”. Christofolletti (1980, p. 39), propõe os principais termos utilizados na descrição das parcelas componentes da vertente como sendo:

1. Unidade de vertente: consiste em um segmento ou em um elemento;
2. Segmento: é uma porção do perfil da vertente no qual os ângulos permanecem aproximadamente constantes, o que lhe dá o caráter retilíneo;
3. Elemento: é a porção da vertente na qual a curvatura permanece aproximadamente constante. Pode ser dividido em *elemento convexo*, com curvatura positiva, quando os ângulos aumentam continuamente para baixo, e em *elemento côncavo*, com curvatura negativa, quando os ângulos decrescem continuamente para baixo;
4. Convexidade: consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há diminuição dos ângulos em direção a jusante;
5. Concavidade: consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há aumento dos ângulos em direção a jusante;
6. Sequência de vertente: é uma porção do perfil consistindo sucessivamente de uma convexidade, de um segmento com declividade maior que as unidades superior e inferior, e de uma concavidade;
7. Ruptura de declive: consiste no ponto de passagem de uma unidade à outra.

Christofolletti (1980, p. 44) destaca que, “o método usado com maior frequência na análise dos perfis de vertente é dividir as unidades em retilíneas, convexas e côncavas”. Nesse sentido, vertentes cujo perfil apresenta um ângulo constante são chamadas de retilíneas, cabe salientar, no entanto, que os segmentos das vertentes também podem conter este tipo de perfil. No caso das vertentes serem curvas, estas são denominadas como côncavas ou convexas dependendo, todavia, da direção da sua curvatura.

Para Caseti (1994) uma vertente deve ser analisada segundo as quatro dimensões assumidas por ela em relação ao seu perfil, e aonde o fator temporal assume relevância para a compreensão do seu processo evolutivo. Conforme Christofolletti (1980), isto é, verifica-se o

limite inferior da vertente (constituído pela parte mais rebaixada da topografia); o seu limite superior (o qual representa a extensão mais distante e mais alta da superfície da vertente); o limite interno, que compõe a terceira dimensão (constituído pelo embasamento rochoso); e por fim, o processo atuante representado pelo escoamento superficial e que ocupa posição excepcional em relação aos demais processos. Nesse contexto, Dylik (1968 apud BIGARELLA et al., 2003, p. 973), sugere uma definição mais precisa para o conceito de vertente, aonde esta é “uma forma tridimensional modelada pelos processos de denudação atuantes tanto no passado como no presente, representando a conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo do vale”.

Segundo o autor, os processos morfogenéticos são responsáveis pela esculturação das formas de relevo e representam a ação da dinâmica externa sobre as vertentes, onde o fator climático assume a maior importância. Para Christofolletti (1980, p. 31), cabe salientar dois conceitos básicos envolvidos: “que processos morfogenéticos diferentes produzem formas de relevo diferentes; e que as características do modelado devem refletir até certo ponto as condições climáticas sob as quais se desenvolveu a topografia”.

Segundo Bigarella et al. (2003), a estabilidade de uma vertente varia em função das condições climáticas, do material proveniente da rocha subjacente, além da sua própria declividade. Tricart (1963, apud ROSS, 2003), também salienta essas condições quando comenta que a noção de frequência processual “permite colocar em destaque o jogo dos fatores que comandam o aperfeiçoamento das vertentes: intensidade da dissecação, estrutura e clima”. Assim, a intensidade de dissecação geralmente encontra-se associada à evolução dos talwegues, os quais se constituem em nível de base do aperfeiçoamento das vertentes, e podem estar relacionados a mudanças climáticas ou a efeitos de natureza tectônica. Conforme Casseti (1994), os fatores morfoclimáticos intervêm por meio das modalidades de meteorização e pedogênese e da natureza dos processos de aperfeiçoamento das vertentes. No que tange a estrutura, as influências litológicas intervêm de diversas maneiras: na forma do perfil da vertente, na sua declividade média, na velocidade de recuo, entre outras.

Conforme Casseti (1994), os processos que ocorrem em uma vertente são controlados pelos fatores endógenos e exógenos. Os fatores endógenos são comandados pela estrutura geológica e tectônica, enquanto os fatores exógenos, pela dinâmica climática. Destacam-se como agentes intempéricos a variação diária e anual da temperatura, devido à insolação, e a precipitação pluviométrica anual, que em função do comportamento da interface, favorecem um maior escoamento superficial ou uma maior infiltração no subsolo, gerando consequentes efeitos na estabilidade das vertentes.

Em se tratando de perdas erosivas de solo, em uma vertente, o fator que mais influência a ocorrência de tal processo é o comprimento de rampa e o grau de declive. Ou seja, com o início do processo erosivo (impacto da gota de chuva no solo) e quanto mais longa for a distância percorrida em relação à área mais baixa do terreno, e da declividade dessa vertente, maior também será a velocidade do fluxo, gerando conseqüentemente, um maior arraste de partículas. Segundo Casseti (1994), quanto mais declivosa for a vertente, maior será a velocidade do fluxo, o que propiciará uma maior capacidade erosiva. Cabe salientar, todavia, que a cobertura vegetal exerce um papel essencial na capacidade de retenção do processo erosivo em vertentes.

2.3 A litologia da área de estudo

O estado do Rio Grande do Sul, apresenta segundo Carraro et al., (1974), quatro grandes províncias geomorfológicas, sendo elas: Escudo Sul-Rio-grandense, Depressão Periférica, Planalto da Serra Geral e Planície Costeira. Sendo que cada uma dessas apresenta origens e constituição geológica bem distintas.

Conforme Rosa et al. (2006), a área ocupada pelo município de Gaurama faz parte geologicamente da Bacia Sedimentar do Paraná, formada a partir da Era Paleozóica (cerca de 570 milhões de anos), em cuja área foram sendo depositados sedimentos provenientes das áreas adjacentes. Na Era Mesozóica (cerca de 225 milhões de anos), nos períodos compreendidos do Triássico e Jurássico, sob influência de um clima desértico, iniciou-se grande deposição de areias as quais resultaram na geração dos arenitos da Formação Botucatu. Sotoposto a esses arenitos, com início no período Jurássico e prolongando-se pelo Cretáceo ocorreu uma grande manifestação vulcânica, com extenso derrame de rochas basálticas que vieram à superfície por meio de falhas tectônicas existentes no terreno. A deposição dos arenitos e os derrames basálticos originaram o Planalto Arenito-Basáltico, denominado de Planalto Meridional do Brasil. Esta região se caracteriza por dois grandes domínios topográficos: ao sul, o planalto de ondulações suaves e, ao norte, um maior reentalhamento das formas com afloramentos de rochas basálticas.

Entretanto, cabe destacar que na região do Alto Uruguai, no qual se encontra inserido entre outros, também o município de Gaurama, há o predomínio de rochas basálticas pois as

características da ação vulcânica nesta porção do estado não permitiram a denudação dos arenitos.

Segundo Rambo (1936), analisando-se os traços fisionômicos do Alto Uruguai, praticamente em toda a extensão de seus 800 km que compõe o vale do rio Uruguai, as rochas presentes são as mesmas: a diábase (no leito de alguns rios), o basalto (nas encostas de muitas serras) e o meláfiro amigdalóide (encontrado em toda parte). A diábase se caracteriza por apresentar coloração acinzentada, grande peso; dureza considerável e está presente em vários lugares do vale do rio Uruguai. O basalto, é uma rocha muito dura e pesada, e cuja cor característica pode ser pardo-escuro, azul-escuro ou quase preta, apresenta completa ausência de espaços vazios (textura maciça). Já a rocha predominante na região, o meláfiro amigdalóide, possui uma massa avermelhada, crivada de pequenos vácuos (vesículas) que originariamente eram preenchidas por bolhas de gás. Nas partes mais profundas, as quais ainda não foram atingidas pela decomposição, uma camada de cristais muito pequenos do grupo dos zeólitos, reveste as paredes destes vácuos; já nas vizinhanças da superfície que se decompõe e se desfaz sob ação da umidade, encontram-se presentes muitas variedades de quartzo, ametista, citrino e calcedônia.

De acordo com Leinz; Amaral (1975), os derrames vulcânicos basálticos apresentam uma espessura variável entre 25 e 50 metros e são constituídos por quatro zonas, estas formadas conforme a velocidade de resfriamento e a composição das lavas. Assim, a disposição dessas zonas seria composta por uma base, constituída por material vítreo (não cristalino) decorrente do resfriamento muito rápido da lava em contato com a superfície fria do terreno; uma zona de diáclase (fendilhamento) horizontal, constituída por basalto microcristalino (cristais muito pequenos, não visíveis a olho nú) devido ao resfriamento mais lento da lava e apresentando eventualmente algumas vesículas mais alongadas no sentido horizontal; uma zona central de diáclase vertical, constituída por basalto de maior cristalinidade dos minerais (tamanhos maiores, podendo ou não serem visíveis a olho nú) devido ao resfriamento muito mais lento; e uma zona de topo do derrame, constituída por basalto com cavidades amigdalóides (amígdalas preenchidos) formadas pelo aprisionamento de gases. A formação de cristais, como ametistas, quartzo, entre outros, nas amígdalas resultaram da supersaturação com sílica das soluções aquosas que migraram por meio das lavas e fraturas durante o lento processo de resfriamento.

Ainda de acordo com Leinz; Amaral (1975), nas escarpas e encostas basálticas, as zonas da base e as vesiculares e de diáclase horizontal são geralmente locais de afloramento de água (surgências) as quais são menos resistentes aos processos de intemperismo, possíveis

de serem identificadas nas encostas, devido ao crescimento de vegetação arbórea em cinturões paralelos.

Segundo Streck et al. (2008, p. 136) “o Rio Grande do Sul apresenta uma grande diversidade de paisagens e de litologias, que são as principais responsáveis pela variedade de solos encontrada e representada no mapa de solos”. Nesse sentido, Brasil (1973), efetuou o reconhecimento dos solos desse estado, cuja descrição foi feita por setores, dentro de cada província geomorfológica e ainda, considerando eventualmente, a sua subdivisão em regiões fisiográficas. No caso da província geomorfológica do Planalto, sua subdivisão em regiões fisiográficas resultou em: Campos de Cima da Serra, Encosta Inferior do Nordeste, Encosta Superior do Nordeste, Missões, Campanha, Planalto Médio e Alto Uruguai. Nessa última se insere o município de Gaurama. Nesse sentido, Streck et al. (2008) salientam que:

Na região do Alto Uruguai, nas porções mais dissecadas pelas calhas dos afluentes do rio Uruguai, todos originados de rochas basálticas e ocupando um relevo ondulado a forte ondulado ocorrem Neossolos Litólicos ou Regolíticos Eutróficos (U. Charrua), Chernossolos Argilúvicos Férricos (U. Ciríaco) e Cambissolos Háplicos Eutróficos (U. Ciríaco degradada); nas áreas de relevo suave ondulado ocorrem Latossolos Vermelhos Distroférricos e Eutroférricos, além de Nitossolos Brunos e Vermelhos Distroférricos (STRECK et al., 2008, p. 140)”.

Ainda, conforme Streck et al., (2008), os Neossolos Litólicos se caracterizam por apresentarem um horizonte superficial (A ou O) assentado diretamente sobre o horizonte C ou Cr, ou ainda, sobre material com 90% (por volume), ou mais, da sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro > 2 mm (cascalhos, calhaus, matações), com contato lítico (rocha, camada R), dentro de 50 cm da superfície do solo. De acordo com os autores “devido a pouca profundidade efetiva para o desenvolvimento das raízes e para o armazenamento de água e, por ocorrerem em regiões de relevo forte ondulado e montanhoso, em geral apresentam pedregosidade e afloramentos de rochas, e também fortes restrições para culturas anuais. Em consequência disso, devem ser mantidos sob preservação permanente (STRECK et al., 2008, p. 95)”.

Já os Neossolos Regolíticos Eutróficos apresentam o horizonte A assentado sobre a rocha totalmente alterada (horizonte C ou Cr) e contato lítico em profundidade maior do que 50 cm, admitindo um horizonte Bi com espessura < 10 cm, esses apresentam alta saturação por bases (maior ou igual a 50%). De acordo com Streck et al., (2008), sua formação ocorre nas encostas de relevo mais acentuado, onde “solos com sequência de horizontes A-C, com contato sobre rocha decomposta e declividade $< 15\%$, podem ser cultivados mediante práticas

intensivas de conservação, com mínima mobilização do solo. Como por exemplo, cordão em contorno, cobertura permanente do solo e plantio direto (STRECK et al., 2008, p. 95)”.

Conforme o referido autor, são denominados de Chernossolos Argilúvicos Férricos, os solos que possuem horizonte B textural ou acumulação de argila no horizonte B e elevado teor de ferro (maior ou igual a 18%). São solos rasos a profundos e se caracterizam por apresentar razoáveis teores de material orgânico, o que lhes confere cores escuras na camada superficial, além de possuírem uma alta fertilidade química.

No caso dos Latossolos Vermelhos Distroféricos e Eutroféricos se caracterizam por apresentarem baixa saturação por bases (< 50%) e elevado teor de ferro (maior ou igual a 18%), caso dos Distroféricos, todavia quando a saturação por bases for menor ou igual a 50% caracteriza-se como Eutroférico. Conforme Streck et al. (2008), são solos bem drenados, normalmente profundos a muito profundos e possuem pouco ou nenhum incremento de argila com a profundidade, além de apresentar uma transição difusa ou gradual entre os horizontes, mostrando um perfil muito homogêneo, o que dificulta a diferenciação dos horizontes.

Por sua vez, os Nitossolos Brunos e Vermelhos Distroféricos possuem alto teor de ferro e baixa saturação por bases (< 50%). Ocorrem em relevo suave ondulado a ondulado, geralmente associados com os Latossolos.

2.4 Características climáticas

Em relação às condições climáticas, os elementos mais importantes para a sucessão do tempo na região sul do Brasil são provenientes das várias massas de ar que atuam na circulação geral atmosférica.

Conforme Monteiro 1980 (apud OLIVEIRA; RIBEIRO, 1996), as principais massas de ar responsáveis por atuar de forma intensa na região sul do país e dominar o tempo são a Massa Tropical Atlântica, a Massa Polar Atlântica e a Massa Tropical Continental.

Pelo fato da formação do seu centro de ação ocorrer sob o oceano, a Massa Tropical Atlântica se caracteriza como uma massa de ar quente e úmida que adentra no interior do continente com atividades no leste, sul e centro-oeste. Perpassa a região em correntes de leste e nordeste e seus efeitos dependem da época do ano, contudo, atua de forma mais comum no favorecimento da instabilidade do tempo.

A Massa Polar Atlântica é conhecida por ser uma massa de ar fria e úmida, devido à alta latitude em que se forma seu centro de ação no oceano. Sua formação ocorre no sul do continente americano, todavia, ao chegar ao continente se divide em duas massas quando se depara com o obstáculo da Cordilheira dos Andes, dando origem então a Massa Polar Atlântica e a Massa Polar Pacífica.

No caso da Massa Tropical Continental, verifica-se que sua atuação ocorre de forma mais pronunciada no verão devido à alta temperatura na Depressão do Chaco, região esta onde se localiza a massa de ar continentalizada. A passagem da Massa Tropical Continental pelo sul do Brasil gera fortes ondas de calor e, geralmente, precede a Massa Polar Atlântica, ocasionando instabilidade no tempo.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (1938), o município de Gaurama está sob o domínio do clima temperado chuvoso (Cfb), com média anual de 16,5°C. A precipitação pluviométrica varia de 1.750 a 1.800mm, todavia em anos sazonais tem-se registrado insuficiência pluviométrica devido à ocorrência do fenômeno climático “La Niña”. A temperatura média anual da região é de 18,5°C e a precipitação em anos considerados normais é superior a 1.800mm. Os vales dos rios normalmente apresentam temperaturas mais altas do que as encontradas nas áreas mais elevadas. Geralmente, as chuvas ocorrem com maior frequência na estação do inverno onde, em algumas ocasiões, registra-se a queda de neve e, mais frequentemente, há formação de geada (ROSA et al., 2006).

2.5 Características vegetacionais

A cobertura original da região da área de estudo é caracterizada como Floresta Subtropical Perenifólia com presença, em geral, de três estratos (EMBRAPA, 1999). O Planalto do Alto Uruguai, em sua maior parte foi ocupado pela floresta subtropical com araucária, da qual ainda podem ser verificadas algumas porções testemunhais, na forma de manchas presentes nos topos dos morros ou nas encostas mais íngremes. A vegetação natural é a de mata subtropical alta com araucária. A mata original foi profundamente modificada devido à extinção de muitas espécies vegetais, as quais deram lugar a paisagem dos campos.

2.6 Características de relevo

Regionalmente, o relevo da porção centro-norte do estado do Rio Grande do Sul recebe a denominação de Planalto do Alto Uruguai e suas altitudes variam, em média, dos 400 aos 800 metros. A sede do município de Gaurama encontra-se a 775 metros acima do nível do mar, entretanto, apresenta porções de seu território próximas aos 800 metros. Esses valores decrescem até atingir 600 metros em direção ao vale do rio Uruguai, variando dos 500 aos 700 metros quando em direção ao sul do município (PIRAN et al., 1988). A maior dissecação e entalhamento das formas topográficas situa-se na porção norte e deve-se a imposição da rede hidrográfica, a qual resulta ser mais intensa nessa área, apresentando vales encaixados e encostas íngremes.

2.7 Características hidrográficas

Em relação ao desenvolvimento da rede de drenagem, após a elevação do Planalto Meridional, a drenagem organizando-se hierarquicamente para escoar as águas das chuvas, fez com que elas procurassem as linhas de fraqueza, onde sua energia de desgaste permitiu um encaixe fácil, conforme as linhas de grandes direções tectônicas, representadas pelas falhas e juntas. Há, assim, uma escarpa e patamares separando vales em forma de “V”, onde foi possível o desenvolvimento da drenagem que se direciona ao rio Uruguai (ROSA et al., 2006) e a Bacia Hidrográfica do Uruguai (U010), (SEMA, 2012).

Os aspectos climáticos revelam a ocorrência de um superávit médio anual da precipitação sobre a evapotranspiração, o que favorece a manutenção anual da rede de drenagem, assim como a recarga das águas de subsuperfície. A formação da rede de drenagem superficial está intimamente relacionada com o afloramento da água do lençol freático, isso demonstra que em praticamente todas as cabeceiras os cursos geralmente permanentes possuem sua origem em fontes (surgências) que são os mananciais sustentadores do fluxo básico (SILVA et al., 2004).

A rede hidrográfica que compõe a área de estudo deságua no rio Uruguai, bacia a qual pertence. De acordo com Almeida (1977), a bacia do rio Uruguai drena uma área de 178.000 Km² e apresenta regime fluvial temperado perene, com vazão média anual de 4.150 m³/s. O

regime dos rios desta bacia se caracteriza por ser pluvial. Como principais rios do município de Gaurama, citam-se: o Apuaê, Suzana, Apuaê-Mirim e o rio Abaúna.

2.8 Conceito e formação dos solos

A diversidade geológica, climática e do relevo proporcionam a ocorrência de uma grande variedade de tipos de solos que contribuem para os diferentes padrões de ocupação das terras, do seu uso agrícola e do desenvolvimento regional. Do mesmo modo, o seu conceito possui várias definições, que com o passar do tempo foram se tornando mais abrangentes. De acordo com Streck et al., (2008, p. 11) “não há uma resposta única para esta questão, pois o entendimento daquilo que é “solo” varia conforme a atividade ou a formação profissional das pessoas”.

No ecossistema terrestre as funções do solo são bem amplas e o solo destaca-se como meio para o desenvolvimento de plantas, agindo como suporte, fonte de nutrientes e de água; sistema natural de reciclagem de nutrientes e resíduos orgânicos, formando húmus e outros compostos; habitat para organismos vivos; regulador e filtro da água no sistema hidrológico; meio para descarte de rejeitos e resíduos, agindo como filtro e inativador de produtos tóxicos; além de servir como meio e material para obras de engenharia.

Conforme Streck et al., (2008, p. 11), “cada uma dessas funções permite a elaboração de definições de solo com significado apropriado à maneira particular de “enxergar” ou usar o solo”. No caso da abordagem do desenvolvimento do manto pedológico e da conservação ambiental a definição do que é solo requer que se considerem aspectos desde a sua origem, composição, importância ambiental até o seu uso e manejo.

Nesse sentido, Bertoni; Lombardi Neto (1990, p. 48), definem solo como uma “coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva e suportando ou sendo capaz de suportar plantas”. Por sua vez, para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1999), o solo é:

Uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades humanas (EMBRAPA, 1999, p. 5).

Para Streck et al., (2008, p. 11-12), “os solos podem ser definidos como corpos naturais que cobrem a superfície terrestre, são constituídos por materiais minerais e orgânicos, contém organismos vivos e têm potencial para o desenvolvimento de vegetação onde ocorrem e que foram em parte modificados pela atividade humana”. Conforme Azevedo; Dalmolin (2004, p. 12), o solo é definido como “um sistema composto por matéria no estado sólido, líquido e gasoso, chamadas fases”. Nesse sentido:

A fase líquida do solo representa um reservatório de água e nutrientes nela dissolvidos que podem ser utilizados pelas plantas e pelos organismos que vivem no solo, e também é meio de reações químicas. A fase sólida do solo pode ser classificada quanto à sua natureza, isto é, pode ser mineral ou orgânica, e quanto ao tamanho às partículas. Na maioria dos solos, as partículas minerais (vindas diretamente das rochas) predominam sobre as partículas orgânicas (resultado da transformação de restos vegetais e animais). A fase sólida é constituída por partículas minerais e orgânicas. Estas partículas possuem vários tamanhos. A distribuição do tamanho de partículas do solo é quanto da massa seca do solo se encontra em cada intervalo de tamanho (AZEVEDO; DALMOLIM, 2004, p. 12).

O solo é um recurso básico, lentamente renovável, encontrado em diferentes posições na paisagem e responsável por suportar toda a cobertura vegetal da Terra, sem a qual os seres vivos não poderiam sobreviver. Segundo Bertoni; Lombardi Neto (1990), essa cobertura vegetal inclui não somente as culturas, mas também, todos os tipos de gramíneas, árvores, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pela humanidade. Além da grande superfície que detém no globo, o solo é responsável por uma das maiores fontes de energia para a grande trama da vida em que, geração após geração de seres vivos, atua na Terra. Os solos também apresentam grande importância dentro do ciclo hidrológico, pois funcionam como um reservatório natural de água para as plantas, além de atuarem como agentes reguladores do escoamento superficial e subsuperficial. Assim, de acordo com Azevedo; Dalmolin (2004), as propriedades dos solos definem a quantidade de precipitação que infiltra e que escoar na superfície do terreno, considerando que, a trajetória da água sobre a superfície é mais rápida, tornando-se cada vez mais lenta em profundidade.

De acordo com Bigarella et al., (2003), as forças que atuam na formação do solo são denominadas de intemperismo e incluem as forças físicas (responsáveis pela desintegração das rochas); as reações químicas (responsáveis por alterar a composição das rochas e dos minerais) e as forças biológicas (as quais resultam na intensificação das forças físicas e químicas). Nesse contexto, cabe salientar Bertoni; Lombardi Neto (1990), cujos autores ressaltam a existência de uma grande variedade de tipos de rochas e minerais com diferente composição química, diferentes graus de resistência ao intemperismo e ainda, diferentes propriedades físicas.

Guerra; Mendonça (2004), afirmam que a formação dos solos é o resultado da interação de muitos processos, tanto geomorfológicos como pedológicos. Tais processos retratam uma variabilidade temporal significativa sendo, portanto, importante abordar os solos como um sistema dinâmico. Segundo Dokuchaev (s/d apud VIEIRA, 1984), o solo resulta da ação conjugada de diversos fatores tais como: o clima, a biosfera, a rocha matriz, o relevo e a ação do tempo.

Para Lepsch (2002), dentre os fatores mencionados acima, o clima é considerado o fator de maior relevância, uma vez que os seus principais elementos, a temperatura e a umidade, condicionam a velocidade e o tipo de intemperismo nas rochas, além do desenvolvimento dos organismos. Nesse sentido, para Vieira (1984), o clima pode agir de dois modos distintos, ou seja, diretamente, por meio de seus elementos primários (precipitação e temperatura), que trazem água e calor para reagir com o material de origem; ou indiretamente, aonde o clima determina a flora e a fauna, que compõem sob a forma de matéria orgânica, a fonte de energia na ação evolutiva do solo. Neste contexto, de acordo com Leinz; Amaral (1975), o processo de intemperismo é mais acelerado e a lavagem dos solos mais drástica em climas quentes e úmidos, ao passo em que em climas frios, o intemperismo é mais lento e o teor de matéria orgânica, de modo geral, mais elevado, pois no inverno a decomposição torna-se mais reduzida.

A biosfera é outro fator importante na formação do solo e tem nos organismos um papel relevante devido a sua atuação nos diferentes perfis do solo, visto que decompõe os restos vegetais e animais. Conforme Vieira; Vieira (1983) a ação dos organismos se faz sentir no processo de formação do solo, não só antes, mas principalmente após a acumulação dos detritos minerais, provenientes da decomposição das rochas pelos agentes químicos e físicos do intemperismo. São responsáveis por promover a formação de húmus (material que serve de ligante entre as partículas), o qual se acumula, principalmente, nos horizontes superficiais minimizando assim, os processos erosivos nos solos.

Por sua vez, o material de origem é considerado um fator de resistência à própria formação do solo, pois é passiva a ação do clima e dos organismos. Assim, dependendo do tipo de material de origem, maior ou menor será a velocidade com que o solo irá se formar. Conforme Vieira; Vieira (1983), a composição mineralógica, a resistência mecânica e a textura do material de origem são as características mais importantes para a formação do solo.

Em relação ao relevo, este determina o grau de declive e o comprimento de rampa, implicando de maneira decisiva no percurso da água (se for por movimento lateral ou transversal), regulando a sua velocidade e, conseqüentemente, o seu poder erosivo. Vieira;

Vieira (1983), afirmam que o relevo pode modificar o perfil do solo de três modos, ou seja, facilitando a absorção e a retenção da água das precipitações; influenciando no grau de remoção de partículas de solo pelo processo erosivo e/ou; facilitando a movimentação de materiais em suspensão ou solução para outras áreas.

O fator tempo, por sua vez, é necessário para que a rocha decomposta passe na formação do solo. A velocidade de maturação de um perfil do solo é influenciada pela maior ou menor facilidade com que o material de origem for decomposto. Assim, o tempo é um fator que define quanto à ação do clima e dos organismos incidiram sobre o material de origem, em um determinado tipo de relevo (EMBRAPA, 1999).

Nesse contexto, cabe ressaltar Bertoni; Lombardi Neto (1990), cujos autores reafirmam a importância da ação de diferentes fatores na formação do solo:

O material original, o clima, a atividade biológica dos organismos vivos, a topografia e o tempo. O material original tem uma influência passiva nessa formação. O clima, representado pela chuva e temperatura, influi principalmente na distribuição variada dos elementos solúveis e na velocidade das reações químicas. A principal ação dos micro-organismos no solo é decompor-lhe os restos vegetais e animais. A topografia influi pelo movimento transversal e lateral da água. A formação de um solo depende, naturalmente, do espaço de tempo em que atuam os diferentes fatores (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p. 37).

Cabe salientar, ainda, que todos os solos apresentam uma característica em comum, isto é, exibem diferentes camadas aproximadamente paralelas à superfície, resultantes da ação dos processos de formação do solo, também conhecidos como processos pedogenéticos. Estas camadas mais ou menos paralelas são designadas de horizontes pedogenéticos. Por sua vez, quando há a abertura de uma seção vertical no solo, denomina-se a de perfil. Segundo Azevedo; Dalmolim (2004, p. 40), “o perfil é a chave para a identificação das séries de solo”, ou seja, a identificação dos tipos de solo no campo é feita pela observação do perfil do solo, a qual pode ser feita em um talude de estrada ou na parede de uma trincheira. De acordo com Streck et al. (2008, p. 17) “o entendimento do perfil é a primeira etapa na identificação e interpretação das características do solo para fins de recomendação de uso e manejo”. Já as características morfológicas representam a aparência do solo no campo e sua feição no perfil é utilizada na identificação de solos, na avaliação da capacidade de uso da terra, no diagnóstico da causa de variação no crescimento de plantas e no diagnóstico de degradação das propriedades do solo.

2.8.1 Propriedades físicas do solo

As propriedades físicas do solo são fundamentais para o entendimento dos processos erosivos. Deste modo, segundo Azevedo; Dalmolim (2004), as propriedades físicas básicas do solo se referem a sua estrutura, textura, porosidade, densidade do solo e densidade de partículas. Em relação à estrutura, cabe salientar que a mesma pode ser definida como:

O arranjo das partículas areia, silte e argila formando os agregados do solo. Os agregados do solo, também denominados torrões, pedos ou unidades estruturais, apresentam-se com diferenças quanto à forma, resistência (estabilidade) e tamanho. Características importantes como o fluxo de água no perfil, aeração e densidade do solo são influenciadas pela estrutura (AZEVEDO; DALMOLIM, 2004, p. 21).

De acordo com Bigarella et al., (2003), a estrutura do solo é responsável por influenciar o desenvolvimento das plantas de várias maneiras. Ela regula a aeração (circulação de ar), o suprimento de água, a penetração das raízes, a disponibilidade de nutrientes, a atividade biológica e a temperatura do solo.

Em se tratando da textura, essa é uma propriedade que faz referência à proporção das frações areia, silte e argila presente no solo. Para Azevedo; Dalmolim (2004, p. 20), “a textura também influencia o comportamento físico do solo, estando diretamente ligada ao arranjo das partículas no solo (estrutura), oferecendo maior ou menor resistência a degradação por erosão”. Sendo assim, um solo arenoso, que se caracteriza por apresentar espaços porosos grandes, durante uma precipitação de pouca intensidade é capaz de absorver completamente a água, não acarretando nenhum dano. Todavia, o fato do mesmo apresentar baixa proporção de argila (responsável pela ligação entre as partículas de tamanho maior), pode vir a favorecer o transporte de grande quantidade de solo, mesmo que haja somente uma pequena enxurrada. Por sua vez, em se tratando de um solo argiloso (caracterizado por apresentar espaços porosos menores do que o solo arenoso), a infiltração da água torna-se mais lenta, favorecendo o escoamento superficial em casos de precipitação intensa. Porém, o fato da força de coesão das partículas ser maior, resulta no aumento da resistência desse solo aos processos erosivos.

A porosidade do solo é a ocorrência de espaços vazios entre os agregados, sendo tão importante quanto à fração sólida do solo, pois é por meio dos poros (espaços vazios) que circulam a água e o ar. Assim, a porosidade do solo diz respeito ao volume de espaços ocupados por fluídos (gases e líquidos) existentes no solo.

Conforme Azevedo; Dalmolim (2004, p. 30), a densidade do solo pode ser definida como “o peso seco de um volume determinado do solo”, ou seja, leva em conta os poros do solo. Esta propriedade física é utilizada para avaliar o impacto de modificações no ambiente sobre o solo e está relacionada com a estrutura do mesmo, uma vez que os poros do solo são

espaços vazios dentro e entre os agregados. Deste modo, ao se degradar a estrutura do solo provoca-se o aumento da sua densidade.

A densidade de partículas do solo, segundo Azevedo; Dalmolim (2004) é definida como:

A densidade da fase sólida do solo. Portanto, não leva em conta a porosidade do solo. A densidade de partículas depende apenas da composição do solo, que é uma propriedade bastante estável. As partículas minerais do solo levam muito tempo para se modificarem (milhares de anos) exceto em alguns casos especiais (minerais muito solúveis como carbonatos e sulfatos). Já as partículas orgânicas podem se alterar mais rapidamente, em décadas ou séculos. Conceitualmente, a densidade de partículas (D_p) é a média ponderada das densidades das partículas do solo. Em geral, as partículas minerais do solo são constituídas de silicatos de alumínio e óxidos de ferro e alumínio (AZEVEDO; DALMOLIM, 2004, p. 32).

Assim, cabe salientar que existe diferença entre o que é densidade do solo e densidade de partículas.

2.8.2 Morfologia e classificação do solo

Os solos, pelo fato de serem formados sob diversas condições climáticas, em distintos substratos geológicos e receberem a influência do relevo e dos organismos, apresentam características muito variadas entre si.

Assim, entende-se por características morfológicas do solo, a sua aparência no campo, ou seja, as propriedades do solo visíveis a olho nú ou perceptível pela manipulação do material. Conforme Streck et al (2008, p.19) “a sua feição no perfil de solo é utilizada na identificação de solos, na avaliação da capacidade de uso da terra, no diagnóstico da causa de variação no crescimento de plantas e no diagnóstico de degradação em propriedades do solo”. Neste contexto, segundo Azevedo; Dalmolim (2004) as características morfológicas do solo também podem ser interpretadas para compreender particularidades que não se tornam visíveis a campo sendo, portanto, de grande importância devido à correlação existente entre as propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo.

Realiza-se a descrição morfológica por meio de um perfil do solo, este podendo ser obtido a partir da abertura de uma trincheira ou em um corte de estrada (necessitando neste caso limpar primeiramente a área). Inicialmente são identificados os horizontes e, em seguida, observadas e descritas as suas características morfológicas, segundo Lemos; Santos (1996) de:

espessura, cor, textura, estrutura, porosidade, cerosidade, consistência, plasticidade, transição entre os horizontes e presença de raízes.

Conforme Lemos; Santos (1996, p. 4) “uma vez feita a separação dos horizontes ou camadas mede-se a espessura de cada horizonte ou camada, procurando-se fazer coincidir o zero (0) da trena com o topo do horizonte superficial e procede-se a leitura, expressando-se as medidas em cm”. Quando determinada a espessura dos horizontes do perfil procede-se à notação das transições entre os horizontes, que diz respeito à nitidez ou contraste de separação entre os mesmos.

A cor do solo é uma propriedade muito útil para a avaliação e identificação do mesmo e sua obtenção se dá pela comparação visual de um torrão de solo com a escala Munsell, sendo considerada para fins de distinção de classes, pelos sistemas de classificação de solos.

Conforme Azevedo; Dalmolim (2004), os principais agentes responsáveis pela cor do solo são:

A matéria orgânica, que confere coloração escura e os óxidos de ferro que conferem cores avermelhadas ou amareladas ao solo. A presença de cor preta, geralmente revestindo os agregados do solo, é devido à presença de óxidos de manganês. Carbonatos de cálcio e de magnésio, típicos de regiões áridas, propiciam coloração esbranquiçada e/ou avermelhada ao solo (AZEVEDO; DALMOLIM, 2004, p. 46).

Ainda, de acordo com Bertoni; Lombardi Neto (1990, p. 64), “Terras altas, bem drenadas, são de cor clara; terras de drenagem imperfeita são de cor e topografia intermediárias, e terras de baixada, pobremente drenadas, são escuras”. Deste modo, a cor também é responsável por indicar as condições de drenagem do solo.

Segundo Lemos; Santos (1996, p. 13), “a textura do solo refere-se à proporção relativa das frações granulométricas que compõe a massa do solo. É avaliada através do tato, pela sensação ao esfregar um pouco de solo úmido entre os dedos. A areia provoca sensação de aspereza, o silte de sedosidade e a argila de pegajosidade”. Cabe salientar ainda, conforme os autores, que quando se avalia a textura torna-se necessário tomar o cuidado de homogeneizar a massa do solo, pois determinados solos exigem que a massa seja bem trabalhada.

A estrutura do solo é definida, conforme Lemos; Santos (1996, p. 17) como: “a agregação das partículas primárias do solo em unidades estruturais compostas, separadas entre si pelas superfícies de fraqueza”. Nesse sentido, cabe salientar que o termo agregado é definido pelos referidos autores como:

A agregação de partículas primárias do solo, mas que não apresentam superfície de fraqueza quando submetidos a uma determinada pressão, isto é o agregado se quebra sem uma determinada forma e tamanho, produzindo fragmentos de conformações não específicas. O faturamento é ao acaso (LEMOS; SANTOS 1996, p. 17).

No caso das unidades estruturais, estas são definidas como agregados que representam formas e tamanhos definidos e comportam-se como partes individualizadas. A manipulação de torrões para distinção do tipo de unidade estrutural deve ser realizada com cuidado, a fim de evitar-se que ocorra alteração de sua morfologia. Para tanto, deve-se procurar selecionar, com os dedos, separar e distinguir os agregados de estrutura.

Segundo Streck et al. (2008, p. 202), a porosidade “é constituída pelos vazios entre as partículas sólidas, sendo responsável pelo movimento de ar e água no solo”. Ainda, de acordo com os autores, quando da observação no campo, a porosidade do solo pode ser estimada pela capacidade de absorção de água dos agregados.

Para Lemos; Santos (1996, p. 29) cerosidade “é o aspecto um tanto brilhante e ceroso que ocorre por vezes na superfície das unidades de estrutura, manifestada frequentemente por um brilho matizado”. A cerosidade decorre da presença de película de material coloidal, depositada nas superfícies das unidades estruturais, material esse constituído por minerais de argila ou óxido de ferro.

O termo consistência é “usado para designar as manifestações das forças físicas de coesão e adesão entre as partículas do solo, conforme variação dos graus de umidade” (Lemos; Santos, 1996, p. 30). Segundo os autores, as observações de campo e as investigações experimentais mostram que a consistência varia primordialmente com o conteúdo de umidade, bem como com a textura, matéria orgânica, quantidade e natureza do material coloidal e o tipo de cátion adsorvido.

A plasticidade é definida como a propriedade que pode apresentar o material do solo de mudar continuamente de forma, devido à ação da força aplicada, e de manter a forma imprimida, quando se interrompe a ação dessa força.

Conforme Lemos; Santos (1996), a descrição das raízes deverá constar imediatamente após o registro da descrição morfológica do perfil. Segundo os autores:

É difícil uma definição satisfatória de termos descritos para a quantidade de raízes avaliada por observação na face do perfil; entretanto, como o objetivo principal é usualmente distinguir as quantidades relativas de raízes nos diferentes horizontes, pode ser suficiente o uso, sem definições rígidas, da seguinte série de termos: muitas, comuns, poucas; raras” (LEMOS; SANTOS, 1996, p. 62).

De acordo com Streck et al., (2008, p. 20), cabe salientar que “as características morfológicas devem ser observadas numa face recém exposta do perfil, pois a exposição prolongada produz alterações, principalmente na cor e na estrutura”. No entanto, além da descrição das características morfológicas presentes no perfil, Streck et al., (2008, p. 20) salientam a necessidade de se descrever “também o ambiente de ocorrência do solo, quanto

aos seguintes aspectos: relevo, drenagem, vegetação, geologia, pedregosidade, rochosidade, erosão, uso atual e clima”.

2.9 O conceito para erosão

A erosão é um processo natural que contribui para a conformação da paisagem superficial da Terra. De acordo com Bigarella et al., (2003):

O conceito de erosão (do latim: *erodere*) está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Implica na relação de fragmentação mecânica das rochas ou na decomposição química das mesmas, bem como na remoção superficial ou subsuperficial dos produtos do intemperismo [...] Em sentido amplo, a erosão consiste no desgaste, no afrouxamento do material rochoso e na remoção dos detritos através dos processos atuantes na superfície da Terra (BIGARELLA et al., 2003, p. 884 – 885).

Para Bertoni; Lombardi Neto (1990):

A erosão no seu aspecto físico é simplesmente a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material de solo e no seu transporte. O processo erosivo começa quando as gotas de chuva embatem a superfície do solo e destroem os agregados, e termina com as três etapas seguintes: (a) as partículas de solo se soltam. (b) o material desprendido é transportado. (c) esse material é depositado. Nas duas primeiras etapas, o resultado não pode ser expresso em unidades, porém, na terceira, pode ser expresso em peso ou volume por unidade de área, tal como toneladas por hectare (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p. 70).

Todavia, a ação humana vem acelerando muito este processo e o uso do solo encontra-se relacionado diretamente à degradação do ambiente pelas ações antrópicas, sejam elas diretas ou indiretas. Tais ações podem variar em grau de intensidade, dependendo da função que determinado ambiente assume decorrente da apropriação dos recursos naturais, modificando-o em um espaço que demanda a sua exploração econômica, estabelecendo uma nova dinâmica do ser humano com a natureza e gerando efeitos no meio natural. Nesta relação do ser humano com a natureza, geralmente é priorizado o fator socioeconômico, em detrimento do ambiente físico.

Neste sentido, para Freitas et al., (2011), o uso não planejado das terras, o manejo inadequado dos solos, a adoção de sistemas importados de cultivo, o desmatamento desenfreado e o uso de áreas impróprias (como solos de baixa aptidão agrícola) e de matas ciliares, têm provocado a degradação dos recursos naturais. Essas práticas, ao tornar o solo menos permeável, acabam impedindo que o mesmo exerça seu papel natural de estoque e

filtro de água. O excedente, ao escoar com maior velocidade sobre a superfície do solo, acaba por carregar toneladas deste recurso para rios e lagoas, resultando no assoreamento dos reservatórios.

Nesse contexto, cabe salientar que o conhecimento dos processos erosivos foi lento e gradual, pois, segundo Bertoni; Lombardi Neto (1990):

Somente há cerca de trinta anos descobriu-se que o impacto da gota da chuva em um terreno descoberto, e o resultante desprendimento das partículas do solo é a principal causa de erosão do solo pela água. O escoamento da enxurrada era apenas um parceiro atuante no problema. Ao mesmo tempo, ficou evidente que a cobertura vegetal, fornecida abundantemente pela natureza em todos os lugares, era, ao contrário, o parceiro nas medidas de proteção do solo contra a força de impacto das gotas de chuva. A descoberta do efeito do impacto das gotas de chuva no processo de erosão pode explicar o fracasso das primeiras tentativas de proteger o solo. Uma aparente inocente gota de chuva é mais importante no processo de erosão do solo que o seu simples fornecimento de água para formar a enxurrada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p. 24).

Deste modo, a erosão é um processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo e tem como fator de causa a ação da água e do vento. Cabe salientar, todavia, que em climas úmidos a água é o agente mais importante de erosão, quer seja pelos rios, córregos ou pela própria precipitação, todos acabam por transportar sedimentos em suspensão. Por sua vez, o transporte de partículas do solo pela ação do vento se faz mais presente em climas áridos.

A erosão provoca, ainda, redução na produtividade por degradar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Um dos efeitos diretos da erosão é a redução da fertilidade do solo, uma vez que remove seletivamente as partículas mais finas, argila e a matéria orgânica, além das camadas superficiais. Tal fato acaba provocando, muitas vezes, o aumento de áreas desmatadas a fim de ampliar as áreas de cultivo com a finalidade de se manter a taxa de lucros. Além disso, a erosão também traz alguns efeitos físicos negativos, tais como encrostamento, compactação e redução da capacidade de retenção de água no solo, provocando com isto inúmeros problemas não apenas para o meio natural, como conseqüentemente, para a sociedade.

2.9.1 Formas de erosão hídrica

A água proveniente das precipitações exerce sua influência nos processos erosivos do solo mediante o impacto das gotas de chuva. Sua queda possui velocidade e energia variável conforme for o seu diâmetro e também, mediante a ação de escoamento superficial.

Cabe salientar, porém, que o movimento da água no solo é um processo complexo e sofre a influência de vários fatores como a quantidade, intensidade e duração da chuva, natureza do solo, cobertura vegetal, declividade da superfície do terreno, sendo, portanto a força erosiva da água determinada pela interação desses fatores.

Segundo Bertoni; Lombardi Neto (1990), a erosão hídrica pode se apresentar das seguintes formas: pelo impacto da gota de chuva, laminar, em sulcos, voçorocas, movimentos de massas de solo, em pedestal, em pináculo, em túnel e pela erosão da fertilidade do solo. Dentre as citadas, a erosão pelo impacto da gota de chuva, a erosão laminar, em sulcos, voçorocas e movimentos de massas de solo merecem ser destacadas por serem consideradas as principais formas erosivas.

A erosão pelo impacto da gota de chuva (ou erosão por salpicamento) é o estágio inicial e de maior importância no processo erosivo. Nesse sentido, Bertoni; Lombardi Neto (1990) comentam que:

A erosão causada pelo impacto das gotas da chuva constitui o primeiro passo no processo da erosão. As gotas podem ser consideradas como bombas em miniatura que golpeiam a superfície do solo, rompendo os grânulos e torrões, reduzindo-os a partículas menores e, em consequência, fazendo diminuir a capacidade de infiltração de água do solo. Uma gota golpeando um solo úmido forma uma cratera, compactando a área imediatamente sob o centro da gota, movimentando as partículas soltas para fora em um círculo em volta de sua área. Pesquisadores têm calculado que uma única chuva pode desprender mais de 200 toneladas de solo por hectare; as partículas de solo podem ser deslocadas a uma altura de 1,00 m e cobrir um raio de 1,50 m. Em terrenos em declive, a força das gotas de chuva é tal que mais da metade das partículas que foram desprendidas pode movimentar-se morro abaixo; a força de milhões de gotas durante uma chuva intensa em um terreno cultivado resulta em apreciável movimento dos detritos do solo nas áreas morro abaixo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p. 75).

No caso da erosão laminar, esta se caracteriza por remover camadas delgadas de solo sobre a totalidade de uma área. Esta forma de erosão é a menos perceptível e é, portanto, muito ameaçadora na atividade agrícola. Sua forma de atuação se dá por meio do arraste das partículas mais leves do solo, ou seja, a parte de maior valor nutricional para as plantas, ocasionando efeitos negativos sobre a fertilidade do solo. Bigarella (2003) salienta que:

A erosão laminar depende da ação das precipitações e do escoamento superficial difuso. Os solos possuem uma estrutura na qual predominam elementos de formas e tamanhos variados, ou seja, agregados constituídos de partículas arenosas e silticas "cimentadas" por argila ou matéria orgânica. Na erosão laminar ocorre a remoção progressiva e sucessiva de películas do solo afetando principalmente as partículas mais finas do solo (BIGARELLA, 2003, p. 921).

Por sua vez, quando se tratar de uma erosão em sulcos, Bertoni; Lombardi Neto (1990) observam que esta, se caracteriza por apresentar pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz com que a enxurrada concentre-se em alguns pontos do terreno, atingindo volume e velocidade suficientes para formar sulcos mais ou menos profundos. Para Bigarella (2003), devido ao fluxo concentrado da água, a tendência é a dissecação do terreno no sentido vertical. Em princípio, o escoamento superficial apresenta-se geralmente de forma laminar difusa, pois existindo irregularidades na superfície do terreno, o fluxo assume uma forma de filetes que provocam ranhuras e sulcos no terreno. À medida que há o aumento de tamanho, os pequenos sulcos modificam-se formando ravinas.

As voçorocas são, conforme Bertoni; Lombardi Neto (1990, p. 48) “a forma espetacular da erosão”, originadas de grandes concentrações de enxurrada que passam, ano após ano, pelo mesmo sulco, o qual vai se ampliando devido ao deslocamento de grandes massas de solo propiciando, assim, grandes cavidades em extensão e profundidade.

Os movimentos de massas são segundo Bigarella (2003), outra forma de erosão e devem ser subdivididos em: escorregamentos, deslizamentos e desmoronamentos. O escorregamento ocorre quando a resistência do solo ao cisalhamento é menor que a ação da gravidade na encosta. Deste modo, quando o equilíbrio é rompido ocorre o movimento que também pode ter sua origem provocada por uma causa externa como, por exemplo, a uma escavação ou um corte no sopé do talude. É característica do escorregamento o movimento lento, uniforme e rotacional, podendo ser ligeiramente, pouco ou muito deformante. Ainda, conforme o autor:

O escorregamento se faz presente ao longo de superfícies de cisalhamento côncavas, sobre as quais a massa em movimento apresenta um comportamento rotacional. São comuns nos mantos de intemperismo espessos, bem como em sequências de rochas silto-argilosas (lamitos) ocorrendo também em rochas duras e muito fraturadas (BIGARELLA, 2003, p. 1053).

Os processos de deslizamento e desmoronamento ocorrem, segundo Bigarella (2003), ao longo de planos de cisalhamento planar, onde a massa fragmenta-se em blocos e a superfície de movimentação é abrupta, além do volume de material envolvido ser muito grande. Verifica-se, no processo de deslizamento, que os blocos de solo ou rochas permanecem por longo período inalterados e passam a movimentar-se sobre um plano uniforme constituído por argila com alto teor de água. No caso dos desmoronamentos, estes se diferenciam dos processos anteriormente citados, por apresentarem comprimento muito maior do que a espessura da massa que se movimenta e por seu início ocorrer na parte superior da vertente.

2.9.2 Importância das forças ativas e passivas nos processos erosivos

Segundo Bertoni; Lombardi Neto (1990), a erosão pode ser ocasionada por forças ativas, estando estas forças relacionadas às características da chuva, declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que o solo possui de absorver água, e também por forças passivas, neste caso estando vinculada a resistência que o solo exerce a ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

A água proveniente das precipitações é a primeira fase do processo erosivo sobre o solo e ocorre pelo impacto de suas gotas, quando estas atingem o solo com velocidade e energia variáveis, causando a desagregação de suas partículas. Todavia, é necessário salientar que as propriedades físicas (como a textura, estrutura, permeabilidade e densidade) e as características químicas e biológicas do solo exercem diferentes influências sobre a erosão, portanto a mesma, não se processa do mesmo modo em todos os solos.

Na superfície do terreno, a erosão tem seu início quando a força do fluxo excede a resistência do solo. A ação erosiva nas vertentes depende do poder erosivo das gotas de chuva e da erosividade², do escorregamento de massas de terra e da erodibilidade³ do solo. Para Bigarella (2003):

Os solos arenosos tendem a apresentar um alto índice de permeabilidade, porém a coesão entre as partículas é muito baixa, favorecendo sua grande erodibilidade. Os latossolos, mesmo argilosos, são altamente permeáveis em função de sua estrutura que favorece a infiltração relativamente rápida da água. Entretanto, as partículas podem se agregar como se fossem “falsos grãos de areia”, provocando uma coesão muito fraca das partículas e erodibilidade elevada. Os solos siltosos possuem igualmente uma grande erodibilidade (BIGARELLA et al., 2003, p. 900).

A topografia do terreno é outro fator importante a ser considerado no processo erosivo. Bertoni; Lombardi Neto (1990) afirmam que em superfícies planas, o material salpicado tende a ser esparramado na superfície do solo em todas as direções quando as gotas caem em direção vertical; existindo portanto um balanço nas partículas que se deslocam e das que chegam. Todavia, quando as gotas golpeiam terrenos declivosos, a maioria das partículas se

² A erosividade é controlada principalmente pela intensidade das precipitações. O aumento da intensidade implica no incremento da proporção de gotas maiores (2 a 6 mm de diâmetro); devido ao tamanho, as gotas caem com velocidades maiores e, conseqüentemente, com maior energia cinética (BIGARELLA, 2003).

³ A erodibilidade esta relacionada a vários fatores, como: intensidade de chuvas, capacidade de infiltração (permeabilidade da superfície), propriedades físicas e químicas que controlam a desintegração do solo e determinam sua coesão, e a vegetação que interfere diretamente na estabilidade. A erodibilidade decresce à medida que a superfície do terreno torna-se suficientemente compactada (BIGARELLA, 2003).

movimenta morro abaixo; neste caso, grandes quantidades de solo podem ser deslocadas simplesmente pela ação do salpicamento.

O comprimento de rampa, segundo Bigarella et al. (2003) também é um fator determinante na erosão, pois à medida que o caminho percorrido for aumentando, as águas tem seu volume acrescido progressivamente, assim como sua velocidade de escoamento torna-se progressiva. Nesse sentido, quanto maior for o comprimento de rampa, maior a enxurrada acumulada e maior a energia resultante, maior será o processo erosivo.

De acordo com Bertoni; Lombardi Neto (1990, p. 68) a cobertura vegetal é considerada como “a defesa natural de um terreno contra a erosão”. Neste sentido, a vegetação exerce proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes mesmo que atinja o solo; decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; melhora da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando, deste modo, a retenção de água; além de diminuir a velocidade de escoamento da enxurrada devido ao aumento do atrito na superfície.

Neste contexto, de acordo com os autores, na medida em que ocorre precipitação em um terreno coberto com densa vegetação, o impacto da gota de chuva diminui, pelo fato dessa se dividir em inúmeras gotículas. Todavia, caso o terreno encontre-se descoberto, o impacto da gota faz com que ocorra o desprendimento e salpique das partículas do solo, ocasionando o fácil transporte destas.

A propriedade física textura afeta a erosão, pois algumas frações granulométricas são removidas com mais facilidade do que outras. Segundo Farmer 1973 (apud BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990) há maior remoção de sedimentos na fração de areia média (0,5 – 0, 250mm), diminuindo nas partículas maiores ou menores. Entretanto, de acordo com Bertoni; Lombardi Neto (1990, p. 72): “as percentagens de areia, silte e argila devem ser levadas em consideração em conjunto com outras propriedades, porque a agregação dessas frações granulométricas é afetada por outros elementos, como o teor de matéria orgânica”.

2.10 Estabilidade de agregados

A utilização dos solos para a produção de alimentos, matérias primas, edificações e construções em geral, frequentemente resulta na alteração de suas características físicas originais. Perusi; Carvalho (2005), afirmam que:

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura, resultado da agregação das partículas primárias do solo e de outros componentes bióticos e abióticos, é considerada como uma das mais importantes. Solos bem estruturados possuem maior porosidade, o que resulta numa melhor percolação da água da chuva, além de facilitar a troca gasosa, conferindo-lhe melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e uma maior resistência aos agentes erosivos (PERUSI; CARVALHO, 2005, p. 28).

A estrutura do solo está relacionada com a retenção e infiltração de água e ar, com a temperatura do solo e com o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Vários trabalhos mostram que, com o uso agrícola do solo, existe uma diminuição na quantidade de agregados maiores do que 2,0 mm, fazendo com que a infiltração de água seja menor e o solo se torne mais suscetível à erosão. Tal efeito é mais intenso, quanto mais trabalhado for o solo.

Desta maneira, a estruturação exerce influência direta sobre a movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade do solo e porosidade que influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas, sendo um bom indicador da qualidade do solo, que pode ser classificado quantitativamente por meio da distribuição por classes de tamanho e da estabilidade de agregados (EA), via úmida e via seca.

Devido a estruturação do solo ser um bom indicador da qualidade do mesmo, é importante determinar a quantidade de agregados que tem um solo, como eles estão distribuídos por classes e qual a resistência desses agregados a fim de entender o comportamento que o manto pedológico exerce no modelado do relevo.

De acordo com Six et al. (2004 apud SALTON et al., 2008), a compreensão sobre os processos de organização e formação de agregados no solo considera a formação de microagregados em função da ligação entre domínios de argila orientadas com matéria orgânica e partículas de quartzo, sendo a proteção da matéria orgânica do solo proporcional a área superficial dos domínios. Outra teoria para a formação de microagregados origina-se da relação entre moléculas orgânicas, cátions polivalentes (Fe, Al e Ca) e partículas de argila. Já no conceito hierárquico de agregação, as partículas primárias livres e agregados de tamanho de silte são unidas por agentes ligantes persistentes, como matéria orgânica humificada ou complexos com cátions polivalentes, óxidos e aluminossilicatos, formando os microagregados (20 a 250 μm). Estes microagregados estáveis são unidos por agentes ligantes temporários (raízes ou hifas de fungos) e transientes (polissacarídeos derivados de microorganismos ou plantas) resultando em macroagregados (> 250 μm). Um acréscimo, alterando o modelo

hierárquico, propõe que raízes e hifas atuam como núcleos de formação de microagregados e, por serem ligantes temporários, ao se decomporem, formam fragmentos recobertos por mucilagens e incrustados de argilas, originando novos agregados.

Segundo Salton et al. (2008), como resultado dos fluxos de energia e matéria que ocorrem entre os componentes do sistema agropecuário de produção, há formação de agregados no solo, o que em escala crescente, representa o grau de organização deste. Assim:

Em uma fase preliminar, a formação de microagregados (diâmetro inferior a 0,25 mm) está relacionada à interação da matéria mineral entre si e com compostos orgânicos. Posteriormente, o crescimento de raízes e hifas de fungos, juntamente com resíduos de vegetais, insetos e outros organismos, estimula a formação de estruturas mais complexas e diversificadas, como macroagregados estáveis, com tamanho superior a 0,25 mm. Essas estruturas correspondem a um nível de organização mais elevado. (SALTON et al., 2008, p. 13).

Conforme Azevedo; Dalmolim (2004):

A formação dos agregados no solo depende basicamente dos fatores que promovem a aproximação das partículas de areia, silte e argila e dos fatores que irão manter estas partículas unidas contra outras forças que tendem a separá-las. Entre os fatores que promovem a aproximação das partículas destaca-se a floculação das argilas, que é um processo físico-químico, dependente do pH e dos cátions presentes na solução do solo e adsorvidos. Processos físicos como a desidratação e a pressão exercida pelas raízes também influenciam na formação dos agregados do solo. Os organismos presentes no solo também contribuem para a gênese de agregado (AZEVEDO; DALMOLIM, 2004, p. 21).

Segundo Kemper; Chepil (1995 apud FÁVERO et al., 2007), definem agregado como “um grupo de duas ou mais partículas primárias que aderem umas as outras mais fortemente do que com as partículas que as circundam”. Sobre a estabilidade de agregados, temos a contribuição de Silva; Mielniczuk (1997), cujos autores comentam que:

A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem simultaneamente na atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Esses processos atuam por mecanismos, em que são envolvidos por substâncias que agem na agregação e na estabilização. Entre essas substâncias, as principais são: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxido e hidróxidos de ferro e alumínio (SILVA; MIELNICZUK, 1997, p. 114).

Para Tisdall; Oades (1979), além da matéria orgânica, fungos e bactérias também exercem papel fundamental na agregação do solo. De acordo com Azevedo; Dalmolim (2004, p. 21) “os microorganismos também são importantes neste processo pois além de produzirem substâncias que podem atuar como agentes estabilizadores (como se fosse uma “cola”), as hifas dos fungos, juntamente com pequenas raízes, funcionam como uma rede envolvendo os agregados do solo”. Todavia, Tisdall; Oades (1979), afirmam que embora importantes, as

hifas são temporárias e substituídas anualmente, o que pode fazer com que seu efeito agregante desapareça, ao se proceder à calagem (responsável por neutralizar as condições ácidas do solo). As hifas podem desaparecer ainda em função de sistemas de preparo que movimentam muito o solo.

Segundo Silva; Mielniczuk (1997), a matéria orgânica, os óxidos e hidróxidos são agentes cimentantes, tanto das partículas primárias quanto secundárias do solo. A vegetação e seus resíduos protegem os agregados da superfície contra a desagregação pelo impacto da chuva e variações bruscas de umidade. Ao mesmo tempo, o contínuo fornecimento de material orgânico serve de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos são constituídos de moléculas orgânicas e atuam como agentes de formação e estabilização dos agregados. Ainda, segundo Carpenedo; Mielniczuk (1990):

O solo quando submetido a cultivos intensivos, tende a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados maiores em unidades menores, com consequente redução dos macroporos e aumento dos microporos e da densidade. A intensidade com que as alterações ocorrem depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo utilizados (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990, p. 92).

De acordo com Reichert et al., (1993), as forças responsáveis pela desagregação do solo podem ser divididas em: abrasão por implementos de cultivo; impacto de água (precipitação) e cisalhamento pela água (escoamento) e entrada de água nos agregados. Nesse sentido, Castro Filho et al., (1998, p. 527) também destacam que “o tamanho dos agregados do solo e o estado de agregação podem ser influenciados por diferentes processos de manejo e práticas culturais que alteram o teor de matéria orgânica e a atividade biológica do solo”.

Deste modo, tanto o tamanho dos agregados como o estado de agregação do solo podem ser definidos usando-se como parâmetros o Diâmetro Médio Ponderado (DMP), o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e a Estabilidade dos Agregados (EA), segundo proposto por Kemper; Chepil (1965).

Em relação à Estabilidade de Agregados do Solo (EA), o mesmo representa, conforme Castro Filho et al., (1998, p. 528) “uma medida da agregação total do solo e não considera a distribuição por classes de agregados, ou seja, quanto maior a quantidade de agregados < 0,25 mm, menor será a EA”. Assim, quando há presença de agregados grandes pode-se cogitar uma maior resistência do solo a erosão.

Para Angulo et al., (1984),

A agregação do solo, avaliada por meio da estabilidade dos agregados em água e resistência ao impacto da gota, proporcionou melhor correlação com o fator K, seguida da correlação com a média do índice DMP e agregados >1 mm. Isso acontece porque, quanto maior for o agregado, maiores serão o DMP e os espaços

porosos entre agregados, aumentando a infiltração e diminuindo a erosão (ANGULO et al., 1984, p. 136).

Para Castro Filho; Logan (1991), os mecanismos de formação das diferentes classes de tamanho dos agregados são influenciados pela matéria orgânica, cuja quantidade irá permitir maior ou menor agregação, resultando assim numa maior ou menor perda de solo, em decorrência da maior resistência a desagregação e dispersão. Wischmeier; Mannering (1969), afirmam que além da matéria orgânica, a resistência a desagregação e a dispersão também é influenciada pela composição textural do solo.

Todavia, em um mesmo tipo de solo distintas práticas de manejo podem afetar diretamente suas propriedades, incluindo os processos de agregação. Carpenedo; Mielniczuk (1990) comentam que o sistema de plantio direto, ao manter os resíduos culturais na superfície, poderá aumentar a quantidade de matéria orgânica e melhorar a agregação do solo, se comparado ao plantio convencional, pois os agregados maiores e menos densos aumentam a capacidade de infiltração de água no solo. Guerra; Mendonça (2004) também salientam que a estabilidade do solo irá variar de uma área para outra, o que se sabe é que solos mais desenvolvidos são mais estáveis e, portanto, mais difíceis de desagregar. Por outro lado, solos menos desenvolvidos são mais suscetíveis de remoção.

As propriedades físicas do solo são fundamentais para a compreensão dos processos erosivos e de modelado das vertentes, portanto devem estar presentes no estudo da topossequência da vertente em análise. Nesse contexto, Guerra; Cunha (2003) afirmam que:

A estabilidade dos agregados tem papel importante na erodibilidade dos solos. A infiltração ocorre mais rapidamente se o solo possuir agregados grandes e estáveis, reduzindo, dessa forma, as taxas de *runoff*. À medida que os agregados são destruídos e a superfície do solo se torna selada, as crostas podem oferecer maior resistência ao *splash*. Mas, por outro lado, a remoção (*detachment*) de sedimentos para dentro do fluxo de água pode crescer, à medida que aumenta a velocidade do *runoff*. A única situação em que o solo selado pelas crostas não proporciona aumento do *runoff* é quando a superfície do solo se torna tão seca que se formam fendas, e, assim, a infiltração é maior do que o escoamento (GUERRA; CUNHA, 2003, p. 177).

Neste sentido, a energia cinética da chuva tem sido o principal parâmetro usado para descrever o potencial da chuva em causar desestruturação de agregados na superfície e erosão dos solos. Loch (1989), afirma que gotas grandes possuem maior probabilidade de superar a resistência das unidades estruturais, sendo provavelmente, a causa do maior rompimento de agregados.

De acordo com Azevedo; Dalmolim (2004, p. 22), cabe salientar que “os agregados são importantes do ponto de vista ambiental porque, sem eles, não haveria porosidade do solo.

Sem poros, o solo não poderia armazenar água tão eficientemente”. Além disso, sem permeabilidade não haveria movimento da solução do solo e, portanto, não haveria recarga subterrânea de aquíferos.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos metodológicos

Conforme Libault (1971), em cujo trabalho intitulado “Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica”, os trabalhos desenvolvidos na Ciência Geográfica devem ser acompanhados de uma sequência lógica e para tanto distingue quatro estágios a serem utilizados no desenvolvimento das pesquisas, os quais são designados de: nível compilatório, correlatório, semântico e normativo. Neste sentido, o primeiro passo é a coleta de dados, nível compilatório, pois a Ciência Geográfica requer uma fase inicial de comprovação, não podendo embasar-se somente na imaginação. O passo seguinte é o nível correlatório, aonde, tendo-se os dados necessários da pesquisa, passa-se a correlacioná-los o quanto possível. Já o nível Semântico é orientado pelas relações do nível correlatório, isto é, selecionam-se as proposições que servem à pesquisa por meio da decisão lógica. Por fim, o nível normativo tem o papel de traduzir os resultados em normas aplicáveis.

Classificados em grupos epistemológicos os métodos podem ser indutivos, dedutivos, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico. Para realização deste trabalho, fez-se uso do método dedutivo, acreditando-se ser esta uma das formas que permite uma maior proximidade da realidade com a pesquisa. Conforme Gil (1999), o método dedutivo, consiste na adoção da seguinte linha de raciocínio:

“quando os conhecimentos disponíveis sobre determinado assunto são insuficientes para a explicação de um fenômeno, surge o problema. Para tentar explicar as dificuldades expressas no problema, são formuladas conjecturas ou hipóteses. Das hipóteses formuladas, deduzem-se conseqüências que deverão ser testadas ou falseadas. Falsear significa tomar falsas as conseqüências deduzidas das hipóteses. Enquanto no método dedutivo se procura a todo custo confirmar a hipótese, no método hipotético-dedutivo, ao contrário, procuram-se evidências empíricas para derrubá-la” (Gil, 1999, p. 30).

Nesse sentido, após a observação da realidade e a formação de hipóteses buscou-se a obtenção dos dados (nível compilatório), análise dos resultados (nível correlatório), proposições lógico-rationais dos resultados obtidos das compilações e correlações (nível semântico) e conclusão do que se pode traduzir dos resultados (nível normativo). Os dados foram obtidos a partir de uma topossequência em uma vertente localizada em uma propriedade rural, no sul do município de Gaurama/RS. Instituíram-se três trincheiras e três tradagens para a coleta e análise dos dados relativos aos índices físicos a partir dos volumes

pedológicos identificados. As trincheiras foram determinadas a partir da conformação dos segmentos da vertente na topossequência. Entre as trincheiras, em cada ruptura de declive, visualizada entre os segmentos da vertente, foi definida uma tradagem. Em seguida, após descrição, coleta de amostras, ensaios em laboratório e obtenção dos dados, relacionou-se a composição granulométrica, os limites de consistência e o grau de estabilidade dos agregados dos volumes pedológicos identificados na topossequência da vertente em estudo, à fim de entender-se as diferenciações dos processos erosivos e a conformação do perfil dos segmentos da vertente.

3.2 Procedimentos técnicos aplicados

3.2.1 Análise granulométrica

Conforme Vieira (1984), o solo se apresenta em meio natural com diferentes tamanhos de partículas formadoras. A determinação do tamanho destas partículas é obtida por meio da análise granulométrica dos grãos, cuja função é determinar a textura do solo correspondente às proporções dos grupos de grãos que formam o solo. A textura equivale à distribuição do tamanho das partículas e permite classificar os componentes sólidos do solo em classes, com limite mínimo e máximo em função dos seus diâmetros (Kiehl, 1979).

O procedimento utilizado para a preparação das amostras de solo com fins de uso para determinação da análise granulométrica foi realizada em etapas de peneiramento para as partículas da fração areia e de sedimentação para as frações silte e argila de acordo com a NBR 7181/84, aonde:

1. Para a análise das areias separou-se uma quantidade de solo seco com auxílio do repartidor de amostras garantindo quantidade de material para se obter uma amostra suficiente para a realização do ensaio;
2. Posteriormente, desmancharam-se todos os torrões existentes para que, ao passar o solo pela peneira, restassem somente os grãos maiores do que a malha;
3. Em seguida, este material foi passado na peneira de 2mm, efetuando-se a lavagem do material passante e após colocado em estufa, a fim de prosseguir o ensaio com peneiras de malhas menores correspondentes as frações areia média e fina. Após esse procedimento,

obteve-se o resultado da porcentagem simples e acumulada do material retido nas peneiras e a porcentagem de material passante, dados com os quais então, foram preparados os gráficos logarítmicos de distribuição das frações do solo em curvas granulométricas;

4. O cálculo dos diâmetros equivalentes as frações silte e argila (frações finas) foi obtido a partir dos resultados alcançados durante o processo de sedimentação de uma quantidade de sólidos em meio líquido (com o uso de hexametáfosfato de sódio), por meio do método da pipetagem;

5. Deste modo, diluiu-se as partículas em uma solução de 125 ml de hexametáfosfato de sódio junto a 1 litro de água, homogeneizando-se esse material. O método da pipeta consiste em obterem-se resultados por meio das mudanças de concentração de materiais em suspensão numa proveta graduada mediante pipetagens, em profundidade e em tempos determinados pela sedimentação. Esse procedimento baseia-se na velocidade de queda das partículas em um meio aquoso e cujas partículas maiores são as primeiras a sedimentar.

Para classificar os componentes do solo de acordo com o diâmetro dos grãos utilizou-se a escala de Atterberg. A porcentagem do tamanho dos grãos foi dividida em areia, silte e argila. Com a comparação dos valores das porcentagens de cada horizonte obteve-se a textura de cada volume pedológico analisado nas três trincheiras da topossequência sobre a área da vertente em estudo. Para se alcançar esse resultado foi utilizado o triângulo textural de acordo com Lemos; Santos (1996).

3.2.2 Limites de consistência

A consistência do solo pode ser definida como a influência que as forças de coesão e aderência exercem sobre os constituintes do solo, de acordo com o teor de água que este possui. É resultante da intensidade e natureza das forças de coesão e aderência entre os agregados e dentro destes, ou ainda, entre as partículas de solo (Kiehl, 1979). Nesse sentido, materiais arenosos apresentam baixa coesão enquanto materiais de textura fina, argilosos, possuem alta coesão.

De acordo com Kiehl (1979), os solos podem adquirir diversas formas de consistência dependendo dos estados de umidade em que os mesmos se encontram. Assim, os solos podem apresentar propriedades como facilidade de esboroamento, plasticidade, resistência à ruptura,

capacidade de aderência ou viscosidade, as quais exemplificam algumas formas de consistência.

A consistência do solo é uma característica muito importante quando se trabalha com este recurso, pois determina o comportamento do solo perante determinadas tensões e deformações. Nesta pesquisa, os limites de consistência analisados foram: o limite de liquidez, o limite de plasticidade e o limite de contração.

O limite de liquidez é conhecido como o menor teor de umidade com que a amostra de um solo pode ser capaz de fluir. Embora tal capacidade seja mais relacionada com o grau de saturação do solo do que com o teor de umidade, os ensaios para determinar o limite de liquidez dos solos têm o teor de umidade como parâmetro, devido a dificuldade de se medir e controlar o grau de saturação (Kiehl, 1979).

Por limite de plasticidade chama-se o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico e passa a ser quebradiço, ou seja, é a umidade de transição entre os estados plástico e semi-sólido do solo. Quando, por exemplo, não é possível moldar uma determinada porção de solo (caso de solos com grande porcentagem de areia), se diz que ele é não plástico.

O limite de contração do solo é tido como o máximo teor de umidade onde uma redução dessa umidade não ocasiona diminuição do volume do solo. Alguns autores o definem como o menor teor de umidade capaz de saturar uma amostra de solo, todavia é preciso perceber que a saturação depende também da maneira como as partículas sólidas estejam dispostas e do estado de tensões a que a amostra encontra-se sujeita (para um mesmo teor de umidade podem existir diferentes graus de saturação).

O limite de liquidez tem por objetivo determinar o menor teor de umidade com que a amostra de um solo pode ser capaz de fluir. Para a sua determinação utilizou-se o aparelho de Casagrande e o ensaio seguiu a norma NBR 6459/84. Depois de concluído o ensaio, o limite de liquidez foi obtido a partir da equação 1:

$$LL = W_n (N/25)^{0,12} \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

LL – Limite de liquidez;

W_n – Teor de umidade;

N – N° de golpes.

O teor de umidade foi obtido por meio da equação 2:

$$W_n = (P_u - P_s) / P_s * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

Pu – Peso úmido;
Ps – Peso seco.

Foram realizadas duas repetições e após, pela extração da média, determinou-se o limite de liquidez de cada horizonte.

O limite de plasticidade foi obtido a partir de ensaios realizados conforme a norma NBR 6457/84. Após a conclusão do ensaio, o limite de plasticidade foi alcançado por meio da equação 3:

$$LP = (Pu - Ps) * 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

onde:

Pu – Peso úmido;
Ps – Peso seco.

O limite de plasticidade foi obtido a partir da média das duas repetições feitas no ensaio.

O limite de contração foi obtido por meio de ensaios realizados conforme a norma NBR 6457/1984, e obtido a partir da aplicação da equação 4:

$$LC = Wn - A \quad \text{(Equação 4)}$$

onde:

LC – Limite de contração;
Wn – Teor de umidade;

A – Diferença entre $(V - V_o)/Ps * 100$ cujo A, foi obtido a partir da seguinte equação:

$$A = (V - V_o) / Ps * 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

onde:

A – Diferença entre $(V - V_o)/Ps * 100$
V – volume da cápsula;
Vo – Volume do solo seco;
Os – Peso seco.

3.2.3 Estabilidade de agregados

O ensaio utilizado para determinar a estabilidade de agregados do solo via úmida seguiu o procedimento proposto por Kemper (1965). As etapas envolvidas neste ensaio consistiram em:

1. Destorroar, com uso de rolo ou garrafa de vidro, o solo agregado seco ao ar (TFSA), passando-o em peneiras de 2 e 1 mm, recolhendo-se o solo que ficou retido na malha de 1 mm;
2. Pesaram-se três subamostras de 4 g, colocando uma delas na estufa para determinar a umidade;
3. Em uma peneira de malha 0,25 mm distribuiu-se, uniformemente, a amostra e colocou-se-a lentamente em um recipiente com água de maneira que se obteve 42 oscilações por minuto a uma amplitude de 1,0 cm;
4. Deixou-se a amostra umedecendo nesta condição por 10 minutos;
5. Agitou-se o material por 5 minutos;
6. Transferiu-se o solo retido na peneira para uma cápsula de alumínio previamente pesada e se colocou-o na estufa. Depois de seco, resfriou-se e pesou-se o material;
7. Transferiu-se o solo da cápsula para a peneira de 0,25 mm, utilizando-se um jato de água. Imergiu-se a peneira com o solo em um recipiente contendo uma solução dispersante (1/3 de NaOH e 2/3 de água), por aproximadamente 1 minuto e com o auxílio de um bastão de vidro, protegido com ponta de borracha, desfez-se os agregados. Retirou-se a peneira da solução, lavaram-se bem as areias e colocou-se-as na estufa;
8. Após, pesou-se as areias depois de secas.

Segundo Veiga (2010), o processo de umedecimento geralmente causa considerável rompimento dos agregados, que aumenta na medida em que se acelera o umedecimento ou se reduz o teor de umidade previamente a este procedimento, em função do maior ou menor aprisionamento de bolhas de ar nos agregados, as quais determinam a desestruturação dos mesmos quando saem do seu interior. Assim, a magnitude do efeito do aprisionamento do ar na desestruturação dos agregados por ocasião do umedecimento varia de acordo com a estabilidade dos agregados. Ainda, de acordo com o referido autor, quanto mais seco estiver o solo por ocasião da imersão em água, maior a desagregação provocada pelo umedecimento rápido e aprisionamento de bolhas de ar no interior dos agregados.

Foram realizadas duas repetições para cada volume pedológico em cada uma das trincheiras da vertente (T1, T2 e T3) e, após a extração da média, para as determinações da estabilidade de agregados do solo, empregou-se a equação:

$$EA(\%) = mAGR * 100 / (4 g - mA - mAR) \quad (\text{Equação 6})$$

onde:

EA – Estabilidade de agregados;

mAGR – Massa de agregados;

mA – Massa de areias;

mAR – Massa de água residual nas 4 g da amostra.

3.2.4 Conformação da paisagem: o traçado da topossequência

A caracterização e análise a partir da cobertura pedológica em topossequência na vertente de estudo, teve como objetivo principal compreender a conformação da vertente, partindo do pressuposto que há evidências, face a conformação dos segmentos, de que os processos erosivos são mais intensos no setor médio da topossequência da vertente.

Nesse sentido, partiu-se da hipótese de que os processos erosivos estão relacionados com os fatores controladores da erosão que são representados pelas propriedades do solo, isto é, o conjunto de características que juntamente com outros fatores determinam uma maior ou menor suscetibilidade à erosão. Nesse sentido, as propriedades dos volumes pedológicos, considerados no trabalho, contribuem para a transformação constante da vertente e, por conseguinte, do relevo.

Fatores como a temperatura, infiltração, aeração, umidade e resistência mecânica são dependentes da textura, estrutura e características do perfil do solo. Deste modo, essas propriedades contribuem no processo de erosão e constituem parâmetros importantes para se avaliar a evolução do relevo. Nesse contexto, foram analisados os volumes pedológicos num sentido de sul a norte na topossequência, abrindo-se uma primeira trincheira (T1) no terço médio superior da vertente e, outra trincheira (T3), no terço médio inferior (área de deposição da vertente), enquanto outra trincheira (T2) foi aberta na porção intermediária do transecto traçado para a topossequência da vertente e diferenciada das duas demais pela conformação do perfil do segmento e, por ser notoriamente visível a ocorrência de processos erosivos nesse setor da vertente.

Foram descritas, nas três trincheiras (T1, T2 e T3), as características morfológicas dos volumes pedológicos, conforme Lemos; Santos (1996) e Munsell e também, coletadas as amostras deformadas para a realização dos ensaios em laboratório. No laboratório, determinaram-se as frações granulométricas areia, silte e argila, obtidas de acordo com a NBR 7181/82; os limites de consistência (liquidez, plasticidade e contração) e a estabilidade de

agregados do solo para cada volume pedológico (V1, V2 e V3). Foram realizadas comparações entre os resultados obtidos, buscando-se generalizar a compreensão dos processos erosivos e a conformação do perfil da vertente de estudo.

Os resultados, relacionados entre si, tornaram possível inferências e constatações sobre a conformação da paisagem e do relevo que, com o auxílio das tradagens realizadas, a fim de determinar a posição vertical dos volumes pedológicos, evidenciaram uma relação entre os dados obtidos com a conformação do perfil da vertente.

4 RESULTADOS

4.1 Elaboração do traçado da topossequência sobre a vertente de estudo

A decisão para o traçado da topossequência seguiu o critério topológico, o qual agrupou, no transecto, áreas de dissecação da vertente, transporte e de acúmulo de materiais. Deste modo, a trincheira 1 (T1) foi aberta a montante da encosta, próximo ao divisor de águas da vertente. A trincheira 2 (T2) foi cavada numa posição intermediária da vertente, onde o perfil do segmento da vertente torna-se mais côncavo. Para a trincheira 3 (T3) definiu-se o setor inferior da topossequência cujo segmento se torna quase retilíneo. O critério de escolha dos pontos para as tradagens (S1, S2 e S3) obedeceu o comportamento da forma do perfil entre os segmentos, sendo que foi realizada uma tradagem em cada um dos pontos de ruptura na forma do perfil desses segmentos da vertente.

Após a abertura das trincheiras realizou-se a identificação e descrição dos volumes pedológicos, os quais consistiram em (V1 e V2) para a trincheira 1 (T1); (V1, V2 e V3) para a trincheira 2 (T2) e (V1 e V2) para a trincheira 3 (T3). A opção por se trabalhar com volumes pedológicos, em detrimento dos horizontes diagnósticos deveu-se ao fato da área de estudo receber a ação antrópica, a qual é responsável, em parte, por mascarar esses horizontes diagnósticos e, também pela generalização adotada, em face do objetivo proposto para o trabalho.

A Figura 2 traz uma representação bidimensional da topossequência onde estão localizados os pontos das trincheiras (T1, T2 e T3), as quais forneceram o material para as análises de laboratório e, também os pontos onde foram realizadas as tradagens (S1, S2 e S3) cuja importância se deve para a mensuração da profundidade dos volumes pedológicos (V1, V2 e V3) e construção da topossequência. Nota-se um desnível vertical encontrado para a vertente de 52 metros e uma distância horizontal de 256 metros. A Figura 3 ilustra o aspecto da conformação da paisagem da área de estudo.

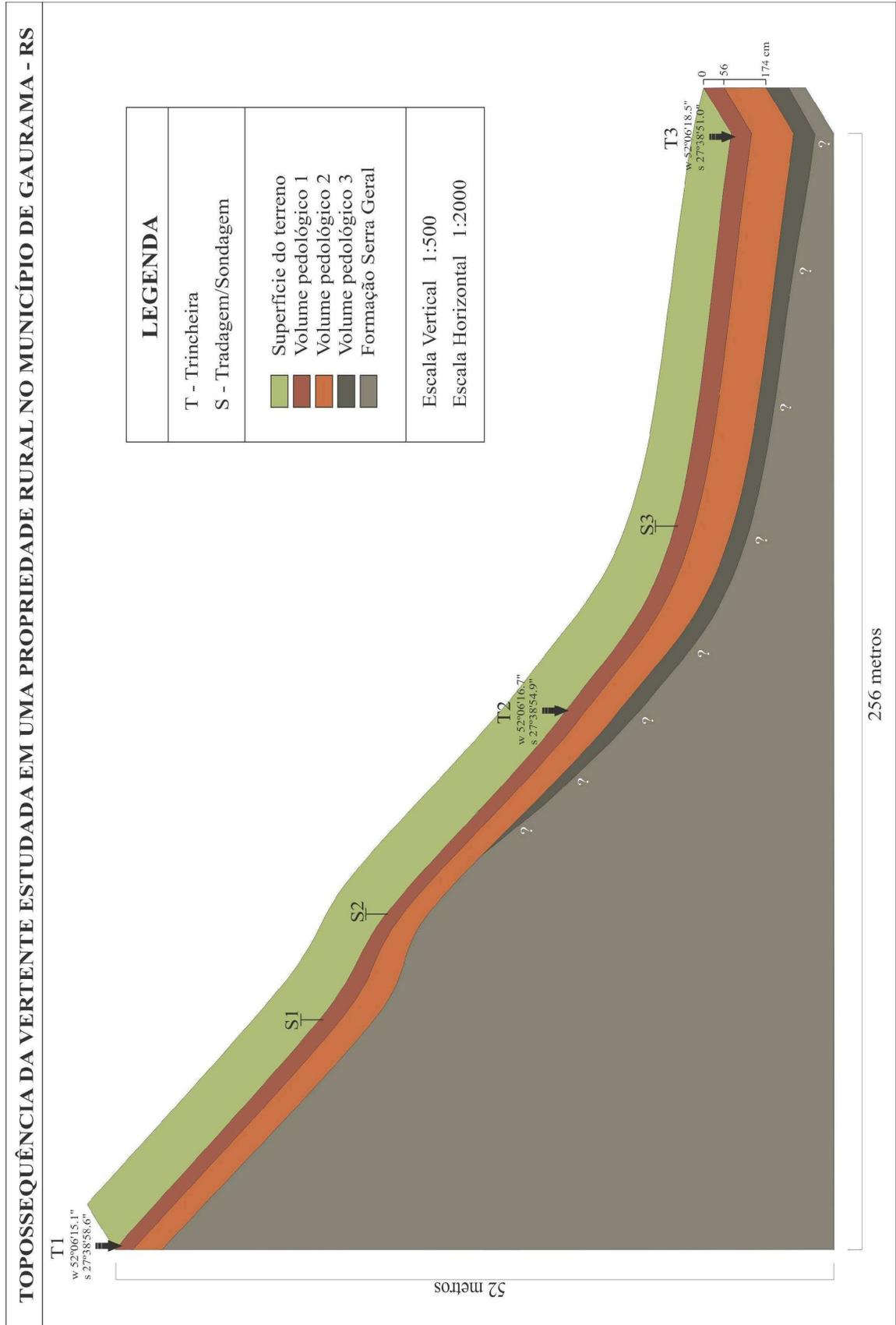


Figura 2 – Representação bidimensional da topossequência sobre a vertente de estudo com a localização das trincheiras (T1, T2 e T3) e tradagens (S1, S2 e S3).

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.



Figura 3 –Aspecto da conformação da paisagem da área de estudo com os plantios anuais (soja e milho).
Fonte: Trabalho de campo, 2012.

4.2 Descrição morfológica dos volumes pedológicos das trincheiras na topossequência sobre a vertente de estudo

Os volumes pedológicos, com suas respectivas características morfológicas, podem ser observados nos Quadros 1, 2 e 3, cuja descrição foi realizada, segundo Lemos; Santos (1996). As figuras 4, 5 e 6 mostram, respectivamente, o aspecto do perfil da trincheira T1, T2 e T3.

PROJETO: Análise da estabilidade de agregados do solo na conformação de vertente em uma topossequência no município de Gaurama/RS.

A-Descrição Geral

PERFIL Nº: 01.

DATA: 20/10/2011.

LOCALIZAÇÃO: 27°38'56,9"S e 52°06'15,8"W, terço superior da vertente.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Terço superior da vertente; encosta com 10% de declividade; ocorrência de gramíneas, arbustos e mata secundária.

ALTITUDE: 659 metros.

LITOLOGIA: Basalto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Pedregosa.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochosa.

RELEVO LOCAL: Ondulado.

RELEVO REGIONAL: Forte ondulado.

EROSÃO: Laminar.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Subtropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Mata em regeneração.

CLIMA: Cfb, de acordo com a classificação de Köppen.

DRENAGEM : Bem drenado.

DESCRITO E COLETADO POR: Cleusa Fátima Sandalowski.

B-Descrição Morfológica

Volumes Pedológicos	Características Morfológicas
V1	0 – 24 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2.5/3, úmido); argila; pequena a média blocos angulares e subangulares; poros comuns e pequenos; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
V2	24 – 64 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; pequena a média blocos angulares e subangulares; poros comuns e pequenos; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
RAÍZES	Abundantes no V1 e comuns no V2.

Quadro 1 - Descrição dos volumes pedológicos observados na topossequência de estudo: T1.



Figura 4 –Aspecto do perfil da trincheira 1 (T1).

Fonte: Trabalho de campo, 2011.

PROJETO: Análise da estabilidade de agregados do solo na conformação de vertente em uma topossequência no município de Gaurama/RS.

A-Descrição Geral

PERFIL N°: 02.

DATA: 14/01/2012.

LOCALIZAÇÃO: 27°38'54,9"S e 52°06'16,7"W, terço médio da vertente.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Terço médio da vertente, descrito e coletado em barranco de corte de estrada; encosta com 18% de declividade; ocorrência de gramíneas e arbustos.

ALTITUDE: 629 metros.

LITOLOGIA: Basalto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Ondulado.

RELEVO REGIONAL: Forte ondulado.

EROSÃO: Laminar.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Subtropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Agricultura.

CLIMA: Cfb, de acordo com a classificação de Köppen.

DRENAGEM: Bem drenado.

DESCRITO E COLETADO POR: Cleusa Fátima Sandalowski.

B-Descrição Morfológica

Volumes Pedológicos	Características Morfológicas
V1	0 – 42 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); franco-argilosa; pequena a média blocos angulares e subangulares; poros comuns e pequenos; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

V2	42 – 97 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmido); franco-argilosa; muito pequena a pequena blocos angulares e subangulares; poros comuns muito pequenos e pequenos; friável; plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
V3	97 – 1,40 cm, Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido); franco-argilosa; pequena e média blocos angulares e subangulares; poros comuns e pequenos; friável; ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
RAÍZES	Comuns no V1 e poucas no V2.

Quadro 2: Descrição dos volumes pedológicos observados na topossequência de estudo: T2.

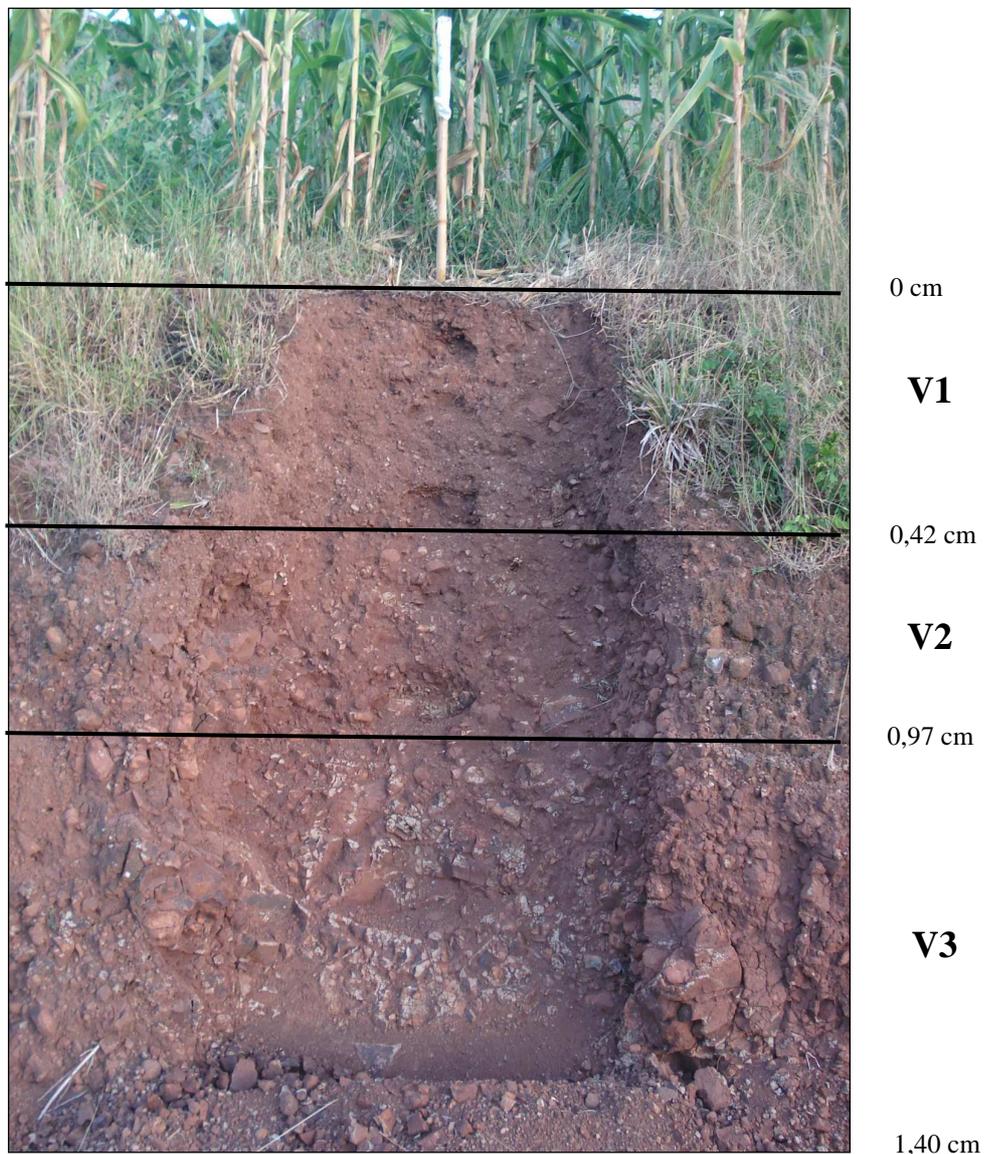


Figura 5 –Aspecto do perfil da trincheira 2 (T2).
Fonte: Trabalho de campo, 2012.

PROJETO: Análise da estabilidade de agregados do solo na conformação de vertente em uma toposequência no município de Gaurama/RS.

A-Descrição Geral

PERFIL N°: 03.

DATA: 22/08/2012.

LOCALIZAÇÃO: 27°38'51,0"S e 52°06'18,5"W, terço inferior da vertente.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Terço inferior da vertente; encosta com 3% de declividade; área de lavoura.

ALTITUDE: 610 metros.

LITOLOGIA: Basalto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Laminar.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Subtropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Agricultura.

CLIMA: Cfb, de acordo com a classificação de Köppen.

DRENAGEM: Bem drenado.

DESCRITO E COLETADO POR: Cleusa Fátima Sandalowski.

B-Descrição Morfológica

Volumes Pedológicos	Características Morfológicas
V1	0 – 56 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argilo-siltosa; pequena a média blocos angulares e subangulares; poros comuns e pequenos; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

V2	56 – 1,74 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/2, úmido); muito argilosa; muito pequena a pequena blocos angulares e subangulares; poros comuns e pequenos; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
RAÍZES	Comuns no V1.

Quadro 3: Descrição dos volumes pedológicos observados na toposequência de estudo: T3.

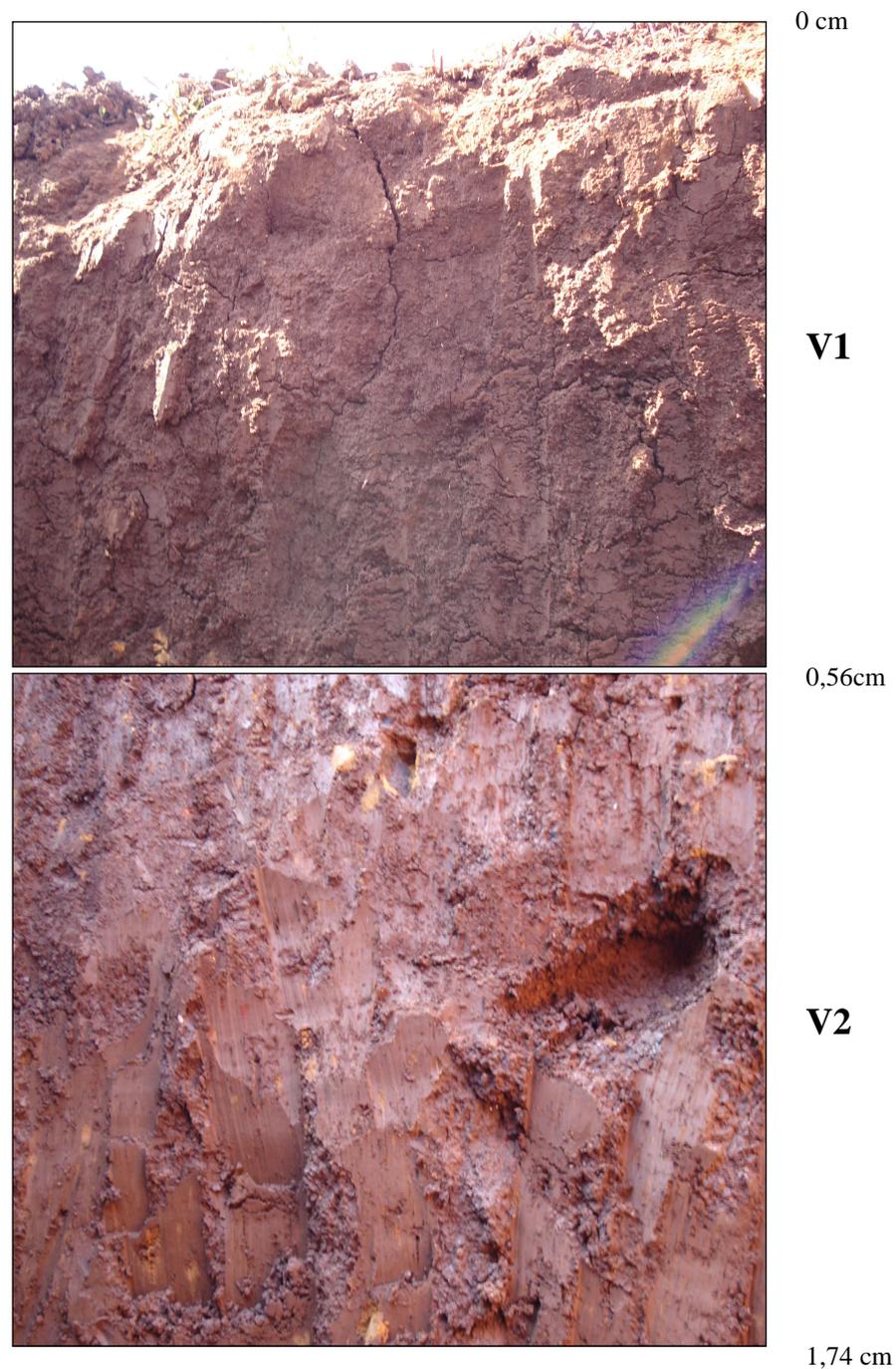


Figura 6 –Aspecto do perfil da trincheira 3 (T3).
Fonte: Trabalho de campo, 2012.

A análise morfológica dos volumes pedológicos das três trincheiras (T1, T2 e T3) revelou que a maior variação de características ocorreu em relação a textura. Essa característica morfológica evidencia uma maior semelhança entre as trincheiras T1 e T3, as quais apresentaram textura argilosa e silto-argilosa enquanto a T2, apresenta textura franco-argilosa.

De acordo com Streck et al., (2008, p. 17) “o entendimento do perfil é a primeira etapa na identificação e interpretação das características do solo para fins de recomendação de uso e manejo”. Já as características morfológicas representam a aparência do solo no campo e sua feição no perfil é utilizada na identificação de solos, na avaliação da capacidade de uso da terra, no diagnóstico da causa de variação no crescimento de plantas e no diagnóstico de degradação em propriedades do solo.

4.3 Determinação da textura dos volumes pedológicos das trincheiras na topossequência sobre a vertente de estudo

A composição granulométrica dos volumes pedológicos das trincheiras (T1, T2 e T3) foram estabelecidas em laboratório conforme o método NBR 7181/84.

A Tabela 1 mostra o resultado obtido para a granulometria do volume pedológico (V1) da trincheira 1 (T1).

Tabela 1 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 1 (V1) da trincheira 1 (T1).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total	
0	2,0000	Areia	Areia grossa	24,32%	
2,18	1,0000				2,18%
3,55	0,5000				8,77%
5,22	0,2500		Areia fina		13,37%
7,47	0,1250				
5,90	0,0620				
6,93	0,0310				
10,66	0,0160				

8,42	0,0080	Silte	34,29%
8,28	0,0040		
12,09	0,0020	Argila	41,41%
7,66	0,0010		
6,70	0,0005		
14,96	< 0,0005		

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os resultados demonstram que o volume 1 (V1) da trincheira 1 (T1) apresentou textura argila. A Tabela 2 apresenta o resultado obtido para o volume pedológico (V2) da trincheira 1 (T1) e o Quadro 4 as curvas granulométricas correspondentes aos volumes pedológicos da T1.

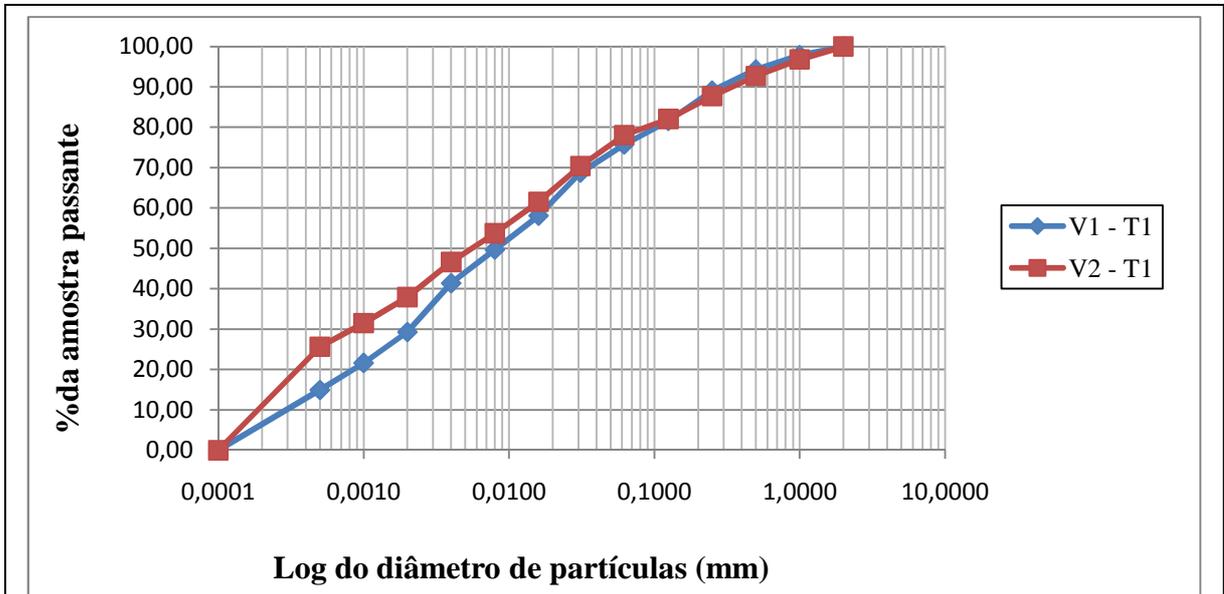
Tabela 2 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 2 (V2) da trincheira 1 (T1).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total
0	2,0000	Areia	Areia grossa	3,21%
3,21	1,0000			
4,12	0,5000			
4,97	0,2500			
5,66	0,1250	Areia	Areia média	9,09%
3,96	0,0620			
7,67	0,0310			
8,89	0,0160	Silte		31,46%
7,79	0,0080			
7,11	0,0040			
8,70	0,0020			
6,44	0,0010	Argila		46,63%
5,82	0,0005			
25,67	< 0,0005			

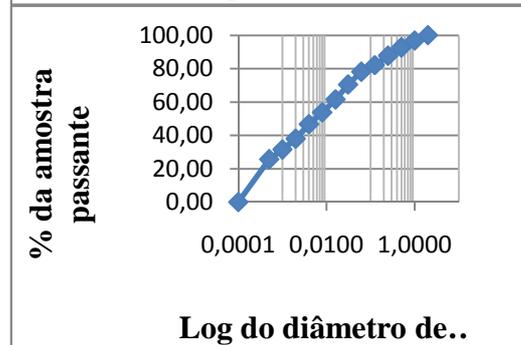
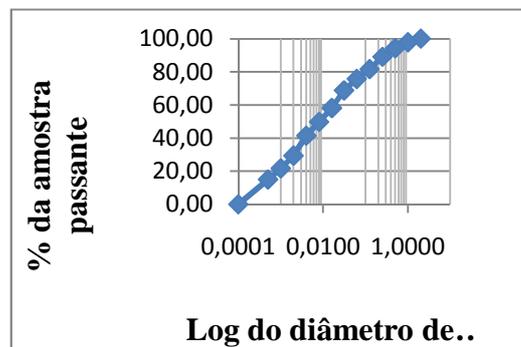
Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os resultados obtidos mostram que o volume 2 (V2) da trincheira 1 (T1) apresentou textura argila. A análise textural da trincheira 1 (T1) mostra um leve aumento da fração argila

do topo (V1) da trincheira em direção a base (V2) da mesma e uma pequena diminuição das frações areia e silte na mesma direção.



Curva granulométrica relativa aos volumes pedológicos (V1 e V2) da trincheira 1 (T1).



Curva granulométrica relativa ao V1 da T1.

Curva granulométrica relativa ao V2 da T1.

Quadro 4 – Curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 1 (T1).
Org.; SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

A Tabela 3 apresenta o resultado obtido correspondente ao volume pedológico 1 (V1) da trincheira 2 (T2).

Tabela 3 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 1 (V1) da trincheira 2 (T2).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total
0	2,0000	Areia	Areia grossa 9,80%	33,08%
9,80	1,0000			
6,86	0,5000		Areia média 12,03%	
5,17	0,2500			
4,94	0,1250		Areia fina 11,25%	
6,31	0,0620			
9,22	0,0310	Silte		38,95%
10,04	0,0160			
11,00	0,0080			
8,69	0,0040			
8,24	0,0020	Argila		27,97%
6,20	0,0010			
4,30	0,0005			
9,23	< 0,0005			

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os resultados demonstram que o volume 1 (V1) da trincheira 2 (T2) apresentou textura franco-argilosa. A Tabela 4 mostra o resultado obtido para o volume pedológico 2 (V2) da trincheira 2 (T2):

Tabela 4 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 2 (V2) da trincheira 2 (T2).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total
0	2,0000	Areia	Areia grossa 7,43%	27,88%
7,43	1,0000			
6,56	0,5000		Areia média 11,60%	
5,04	0,2500			

4,33	0,1250		Areia fina	8,85%	
4,52	0,0620				
9,78	0,0310	Silte			40,95%
10,01	0,0160				
11,68	0,0080				
9,48	0,0040				
8,81	0,0020	Argila			31,17%
7,56	0,0010				
4,53	0,0005				
10,27	< 0,0005				

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os resultados demonstram que o volume 2 (V2) da trincheira 2 (T2) também apresentou textura franco-argilosa. Observou-se, entretanto, um aumento da fração argila em comparação ao volume anterior (V1) e diminuição na fração areia.

A tabela 5 traz o resultado alcançado para o volume pedológico 3 (V3) da trincheira 2 (T2).

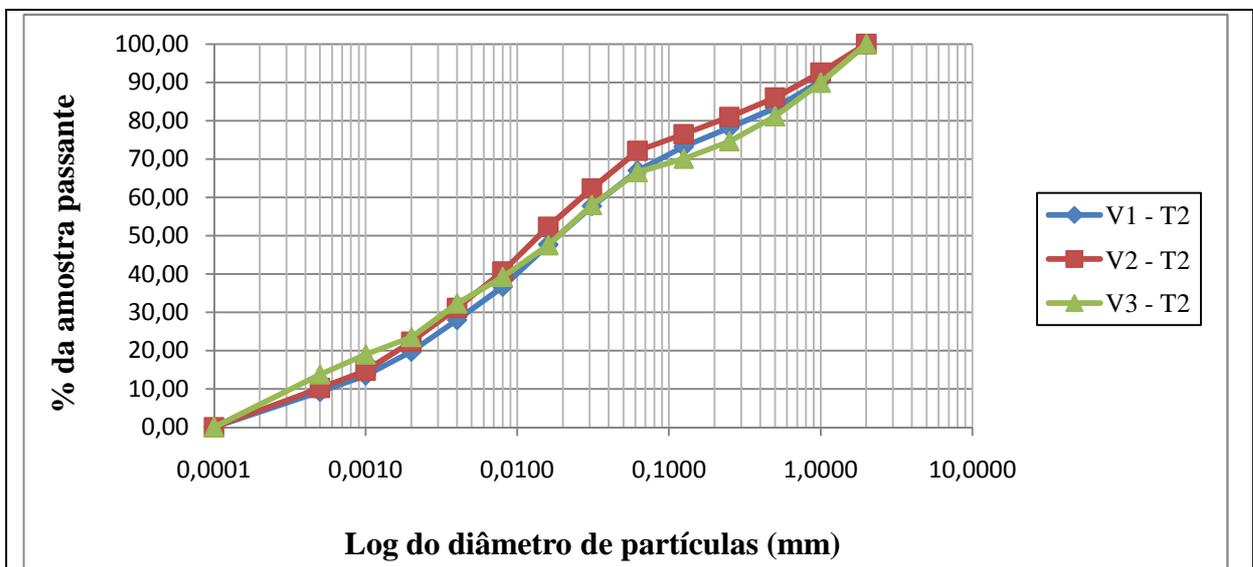
Tabela 5 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 3 (V3) da trincheira 2 (T2).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total
0	2,0000	Areia	Areia grossa	33,47%
10,13	1,0000			
8,76	0,5000			
6,51	0,2500		Areia média	
4,54	0,1250			
3,53	0,0620			
8,55	0,0310	Silte		34,23%
10,47	0,0160			
8,29	0,0080			
6,92	0,0040			
8,76	0,0020			
4,54	0,0010			

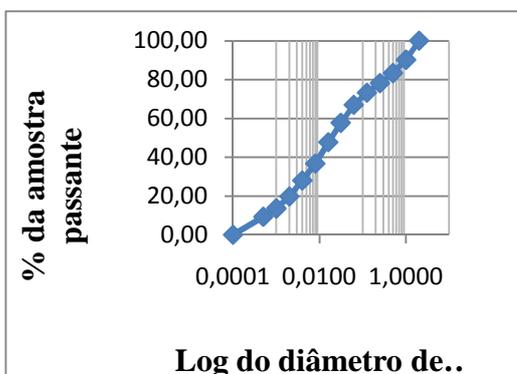
5,20	0,0005	Argila	32,29%
13,79	< 0,0005		

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

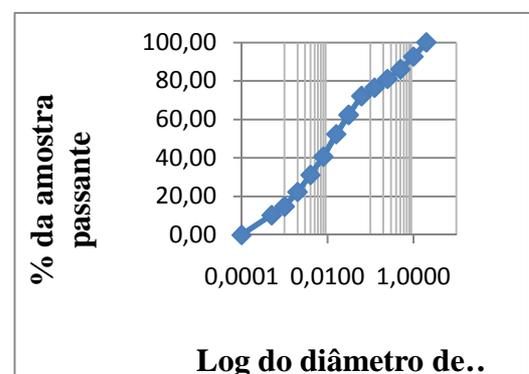
Os resultados evidenciam que o volume 3 (V3) da trincheira 2 (T2) apresentou textura franco-argilosa. A análise textural da trincheira 2 (T2) também demonstra haver um constante aumento da fração argila do topo do volume 1 em direção à base do volume 3 da (T2). Verifica-se, também, que o (V2) desta trincheira apresenta maior divergência em relação a suas frações quando estas são comparadas aos demais volumes e, expôs a maior porcentagem da fração silte (40,95%) na trincheira. O quadro 5 apresenta as curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 2.



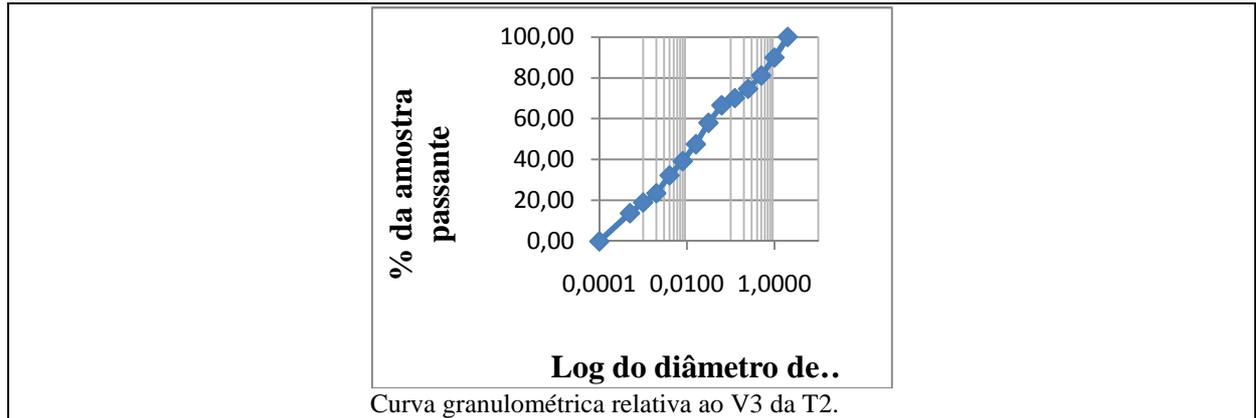
Curva granulométrica relativa aos volumes pedológicos (V1, V2 e V3) da trincheira 2 (T2).



Curva granulométrica relativa ao V1 da T2.



Curva granulométrica relativa ao V2 da T2.



Quadro 5 – Curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 2 (T2).
Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

A Tabela 6 apresenta o resultado obtido para o volume pedológico 1 (V1) da trincheira 3 (T3):

Tabela 6 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 1 (V1) da trincheira 3 (T3).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total	
0	2,0000	Areia	Areia grossa	11,13%	
1,24	1,0000				1,24%
2,41	0,5000				
3,30	0,2500		Areia média		5,71%
2,76	0,1250				
1,42	0,0620		Areia fina		4,18%
10,08	0,0310	Silte		40,70%	
9,96	0,0160				
9,72	0,0080				
10,94	0,0040				
9,18	0,0020	Argila	48,11%		
8,45	0,0010				
7,58	0,0005				
22,90	< 0,0005				

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os resultados evidenciam que o volume 1 (V1) da trincheira 3 (T3) apresentou textura argilo-siltosa. Verificou-se ainda o predomínio das frações granulométricas finas do solo (silte e argila) sobre a fração areia.

A Tabela 7 apresenta o resultado obtido para o volume pedológico 2 (V2) da trincheira 3 (T3).

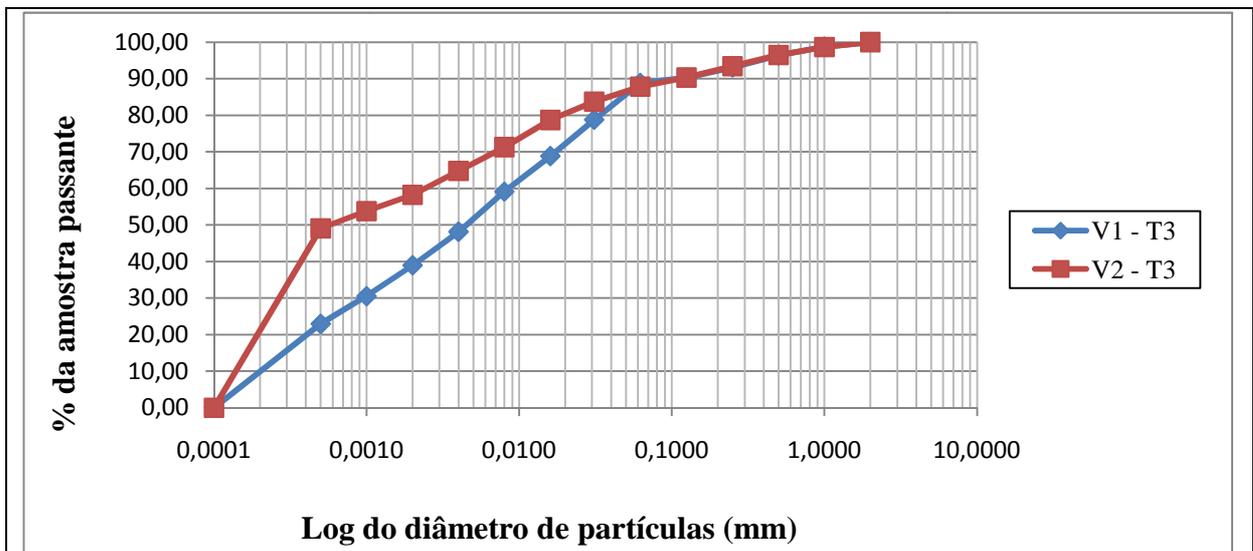
Tabela 7 – Resultado do ensaio realizado para a determinação da distribuição de partículas do volume 2 (V2) da trincheira 3 (T3).

% da amostra	Diâmetro da partícula (mm)	Definição granulométrica		Total	
0	2,0000	Areia	Areia grossa	12,16%	
1,33	1,0000				1,33%
2,19	0,5000				5,27%
3,08	0,2500		Areia fina		5,56%
3,08	0,1250				
2,48	0,0620				
4,09	0,0310	Silte		23,05%	
5,01	0,0160				
7,43	0,0080				
6,52	0,0040				
6,51	0,0020	Argila		64,73%	
4,47	0,0010				
4,74	0,0005				
49,01	< 0,0005				

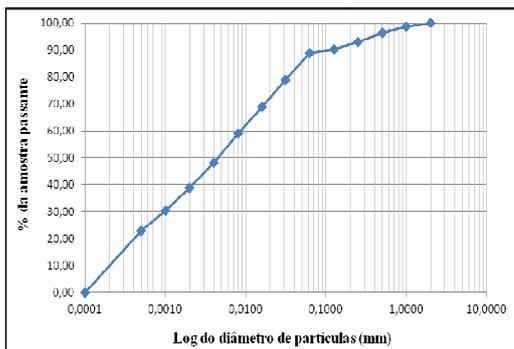
Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os resultados mostram que o volume 2 (V2) da trincheira 3 (T3) apresenta textura muito argilosa. Neste volume pedológico também se verificou o aumento das frações silte e argila em relação à fração areia, com o predomínio da fração argila (64,73%). Observou-se também a diminuição da fração areia quando comparada com as trincheiras anteriores, sendo esta muito relevante para a análise dos processos erosivos, uma vez que revelou acentuada concentração da fração argila e uma marcante diminuição da fração areia em comparação com a trincheira do terço médio superior (T1) e do transecto intermediário (T2) da vertente.

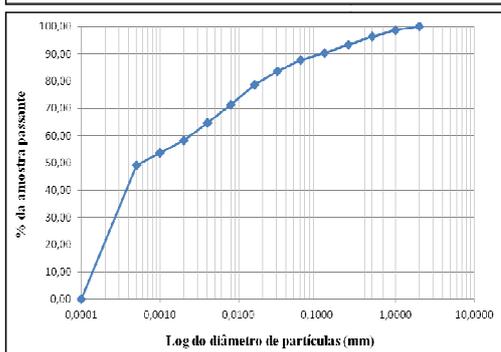
O Quadro 6 mostra as curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos (V1 e V2) da trincheira 3 (T3).



Curva granulométrica relativa aos volumes pedológicos (V1 e V2) da trincheira 3 (T3).



Curva granulométrica relativa ao V1 da T3.



Curva granulométrica relativa ao V2 da T3.

Quadro 6 – Curvas granulométricas referentes aos volumes pedológicos da trincheira 3 (T3).
Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Por meio da análise textural dos volumes pedológicos das trincheiras (T1, T2 e T3) inferiu-se que há o aumento da fração argila nas três trincheiras com o aumento da profundidade, isto é, em direção aos volumes (V2 e V3).

Com a análise textural da trincheira 2 (T2) foi possível verificar também que a mesma apresentou maior porcentagem de fração areia em relação às trincheiras (T1 e T3) o que sucessivamente favorece a infiltração da precipitação e a translocação vertical da fração argila dos volumes pedológicos superficiais (V1) em direção aos volumes pedológicos subsuperficiais (V2 e V3).

4.4 Determinação dos limites de consistência dos volumes pedológicos das trincheiras sobre a vertente de estudo

O Quadro 7 expõem os valores dos limites de liquidez, de plasticidade e de contração nos volumes 1, 2 e 3 (V1, V2 e V3) das trincheiras 1, 2 e 3 (T1, T2 e T3) sobre a área de estudo.

Trincheiras	Volumes Pedológicos	LL (%)	LP (%)	LC (%)
T1	V1	47,0	30,511	27,0330
	V2	51,5	32,109	25,1030
T2	V1	41,5	29,263	27,4665
	V2	44,3	30,252	27,6510
	V3	45,5	29,254	26,9880
T3	V1	48,5	31,222	22,7520
	V2	72,0	32,015	23,2760

Quadro 7 – Limites de consistência das trincheiras 1, 2 e 3 (T1, T2 e T3).
Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

A análise dos limites de consistência permite afirmar que o horizonte superficial (V1) das três trincheiras (T1, T2 e T3) apresentou os mais baixos valores de limites de liquidez em relação ao seu perfil. Assim, todos os valores obtidos para o limite de liquidez são crescentes do volume superficial para os volumes subsuperficiais das trincheiras, todavia se comparadas às três trincheiras (T1, T2 e T3) verifica-se que a trincheira 2 (T2) possui os menores limites de liquidez, e portanto, é mais instável pois se comporta como fluido mais rapidamente.

Também é possível observar que os volumes pedológicos (V1, V2 e V3) exibem limites de plasticidade semelhantes em relação à mesma trincheira, verificando-se os menores limites na trincheira 2 (T2).

De um modo geral, os valores obtidos para os limites de liquidez e plasticidade são crescentes do topo para a base da toposequência, exceto na trincheira 2 (T2) a qual apresenta os índices mais díspares em relação às demais trincheiras, principalmente em seu volume pedológico 2 (V2).

Analisando-se esses dados com os resultados referentes à distribuição de partículas observa-se que a maior instabilidade da vertente encontra-se no terço intermediário da encosta, cujo segmento é mais suscetível à erosão.

4.5 Determinação da porcentagem de estabilidade de agregados

A estabilidade dos agregados do solo é influenciada pelas práticas de manejo utilizadas, as quais alteram o teor de matéria orgânica e a atividade biológica do solo. Diante disso, objetivou-se estudar a estabilidade de agregados estáveis em água em solos do Planalto da Serra Geral, sob mata em regeneração e lavoura. A área da vertente de estudo apresenta topografia forte a suave ondulada.

A porcentagem de estabilidade que os agregados dos solos apresentaram nos volumes pedológicos das trincheiras (T1, T2 e T3) foi estabelecida em laboratório conforme o método proposto por Kemper; Chepil (1965), ressalvo algumas modificações. A Figura 7 mostra a porcentagem de estabilidade obtida nos volumes pedológicos (V1 e V2) da trincheira 1 (T1).

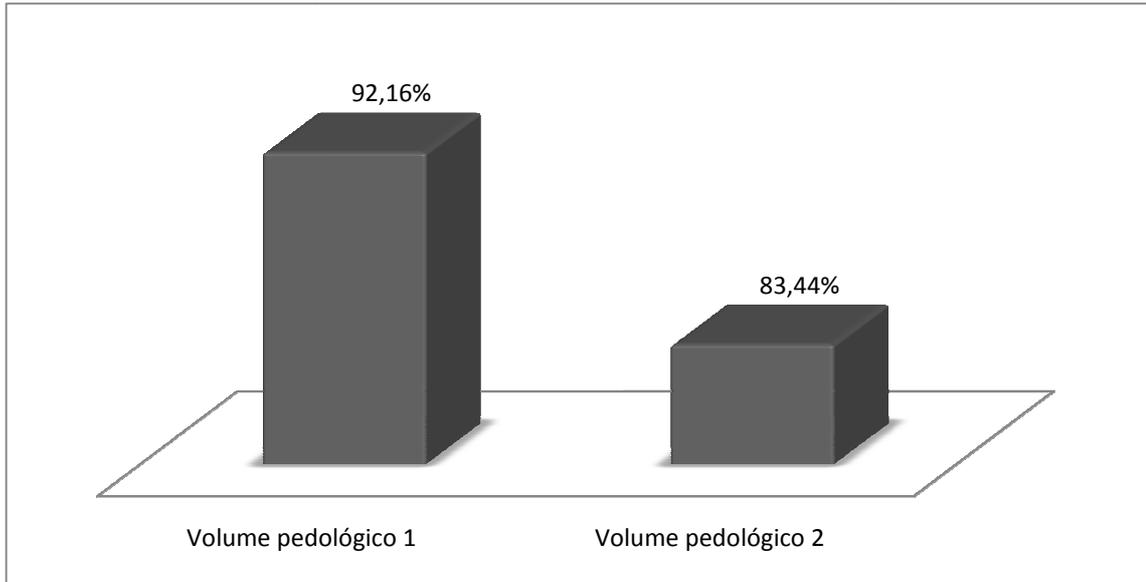


Figura 7 – Estabilidade de agregados do solo (%) por volume pedológico na trincheira 1.
Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Com as porcentagens acima apresentadas foi possível verificar uma pequena diferença nos valores obtidos para a estabilidade de agregados em relação aos dois volumes pedológicos do perfil. Nesse sentido, verificou-se que o volume superficial (V1) apresentou maior estabilidade em seus agregados quando comparado ao V2, apresentando ambos uma diferença entre si de 8,72%.

Na Figura 8 é possível verificar os resultados obtidos sobre a porcentagem de estabilidade que os agregados do solo apresentaram para cada um dos volumes pedológicos identificados na trincheira 2 (T2).

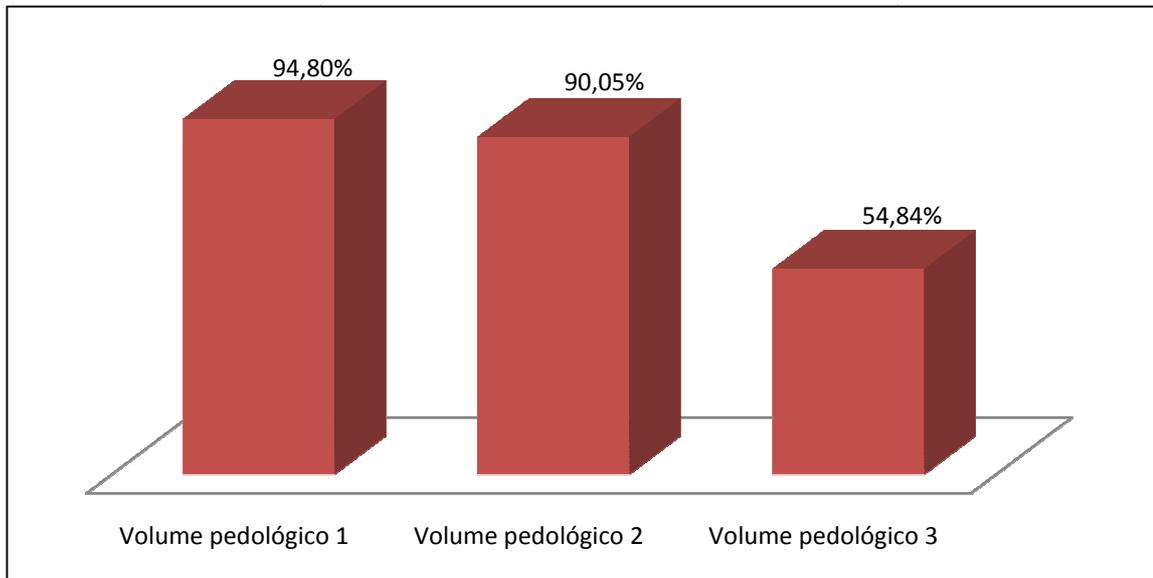


Figura 8 – Estabilidade de agregados do solo (%) por volume pedológico na trincheira 2. Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Em relação aos dados apresentados na Figura 8 para a trincheira 2 (T2) é possível inferir que a estabilidade de agregados apresentou-se elevada tanto no volume 1 (V1) quanto no V2, constatando-se que ambos os volumes não apresentaram grande diferença entre seus valores. Todavia, o volume pedológico 3 (V3) expôs expressiva diferença em relação aos volumes anteriores oferecendo uma estabilidade de agregados 39,96% menor quando comparado ao V1 e 35,21% menor em relação ao V2.

A Figura 9 traz os resultados obtidos para a porcentagem de estabilidade que os agregados do solo apresentaram nos volumes pedológicos (V1 e V2) da trincheira 3 (T3).

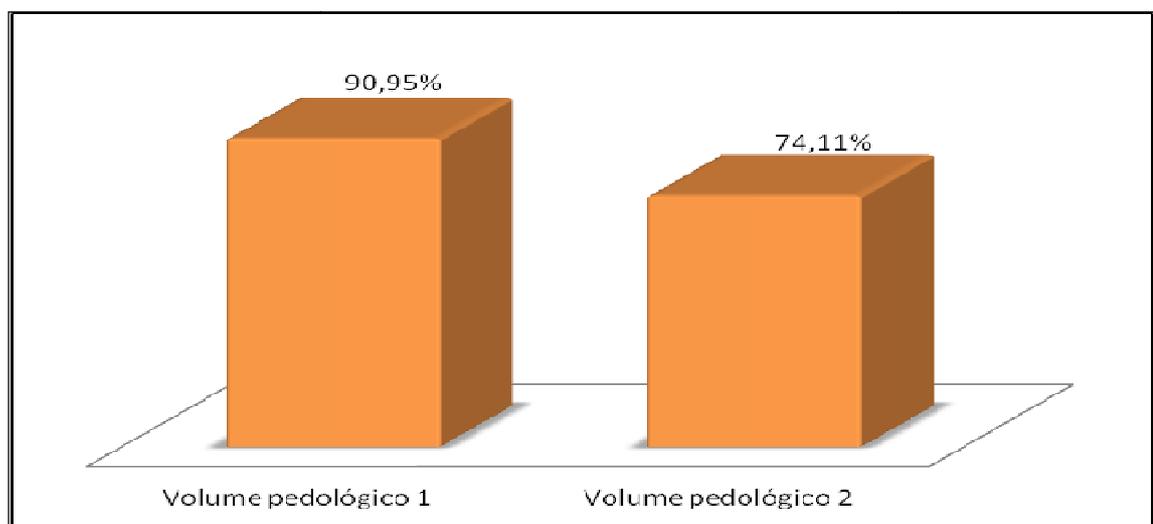


Figura 9 – Estabilidade de agregados do solo (%) por volume pedológico na trincheira 3. Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Os valores obtidos na trincheira 3 (T3) mostraram uma diferença na estabilidade de agregados em relação aos dois volumes pedológicos do perfil. Constatou-se que a estabilidade de agregados por volume pedológico ofereceu uma diferença de 16,84% de estabilidade menor do volume superficial (V1) para o volume subsuperficial (V2).

Na Figura 10 verifica-se a porcentagem de estabilidade de agregação do solo em cada um dos volumes pedológicos (V1, V2 e V3) em relação a cada uma das três trincheiras analisadas.

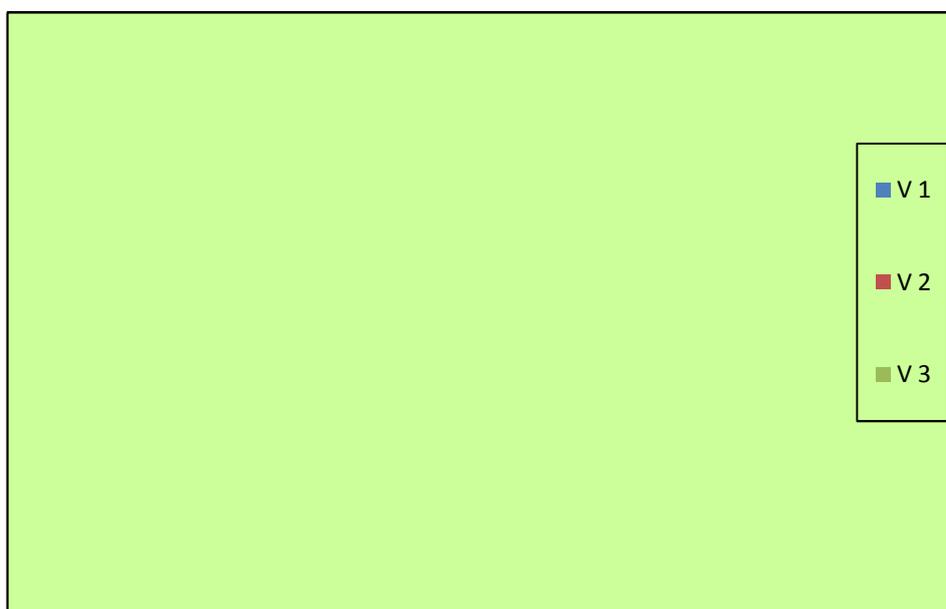


Figura 10 – Porcentagem de estabilidade de agregados de acordo com as trincheiras (T1, T2 e T3) e seus respectivos volumes pedológicos (V1, V2 e V3).

Org.: SANDALOWSKI, Cleusa Fátima.

Analisando-se os valores obtidos para a estabilidade de agregados do solo por volume pedológico para cada uma das trincheiras (T1, T2 e T3), conforme verificado na Figura 10, constata-se que a maior estabilidade de agregados encontra-se no volume superficial (V1), cuja porcentagem foi superior a 90% em todas as trincheiras. Nesse sentido, Edwards; Bremner (1967 apud SALTON et al., 2008), afirmam que o aumento da estabilidade dos agregados está intimamente relacionada com a capacidade da matéria orgânica de se aderir às partículas minerais do solo, formando as ligações argilo-metal-húmicas. Para Salton et al. (2008),

As relações entre os agregados do solo e a matéria orgânica do solo (MOS) já foram alvo de muitos estudos, que identificaram, além da fração mineral, a fauna do solo,

microorganismos, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais como os principais fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo (SALTON et al., 2008, p. 11).

Em trabalhos realizados, Silva; Mielniczuk (1997), demonstraram que o papel das raízes na formação de agregados, especialmente de plantas da família das gramíneas, tem se mostrado muito importantes na formação e estabilidade de agregados.

Em relação ao volume 2 (V2), verificou-se uma maior variação na estabilidade de agregação do solo. Essa variação foi de 83,44% de estabilidade para o volume pedológico 2 da (T1); 90,05% na T2 e 74,11% para a T3. Todavia, a menor estabilidade de agregação do solo foi identificada no volume pedológico 3 (V3) da trincheira 2 (T2), cujo valor obtido foi somente um pouco superior a 50%. Como fatores responsáveis pela diminuição na estabilidade de agregação do solo Silva; Mielniczuk (1997), ressaltam que a diminuição da estabilidade em água e a destruição dos agregados naturais e das unidades estruturais são ressaltadas como consequência da diminuição do conteúdo de matéria orgânica.

Neste contexto, quando há ocorrência de fluxos de energia reduzidos ocorre um baixo nível de organização, e cuja estrutura do solo se caracteriza por ser simples, ao passo que com a presença de um fluxo elevado de energia e matéria o nível de organização atingido é mais estável, com a formação de estruturas grandes e complexas. Nestes casos, para Vezzani (2001), solos que apresentam maior agregação podem ser considerados em estado de ordem superior ao de solos semelhantes com menor agregação.

4.6 A conformação da paisagem na vertente de estudo sob a ótica dos processos erosivos

Os processos erosivos verificados nos resultados anteriormente mencionados revelam que: (1) existe relação entre os limites de consistência e a estabilidade de agregados do solo; (2) a trincheira que apresentou menor estabilidade é a T2 cuja textura franco-argilosa está presente ao longo de todo o seu perfil; (3) Os limites de consistência inferiram que o volume pedológico 3 (V3) da trincheira 2 (T2) possui baixo limite de liquidez e baixa estabilidade de agregados do solo.

Por meio da estabilidade de agregados do solo verificou-se que o terço médio superior e inferior da encosta evidenciam ser áreas de maior estabilidade. A área do terço médio da vertente (T2), apesar de também apresentar alta estabilidade para os agregados em seus

volumes pedológicos 1 e 2 (V1 e V2), não apresentou em seu volume subsuperficial (V3) essa mesma característica. Isso demonstra que este setor da vertente é mais instável, o que contribui para uma ocorrência de perdas (erosão) nesse segmento da topossequência.

Cabe salientar que, sobre a topossequência em questão, há ocupação do uso do solo por meio da atividade agrícola, com exceção de parte do terço médio superior, a qual apresenta mata em regeneração. Já, o terço intermediário da vertente é cortado por uma estrada vicinal, cuja construção contribuiu para que ocorressem os processos erosivos, devido ao aumento da inclinação provocada pelo corte topográfico para o traçado do caminho, tanto na porção superior, quanto inferior da estrada. Essa modificação da paisagem, seguida do uso agrícola da área proporciona processos erosivos neste segmento, como desmorronamento e perdas de material. O setor inferior da vertente, por estar localizado em uma área de acúmulo de material e, apresentar um relevo praticamente plano (cerca de 3% de declividade), mostra-se uma área estável (Figuras 2 e 3).

Os resultados obtidos permitem observar que, na topossequência de estudo, os processos erosivos mantêm uma relação com o modelado do relevo, a conformação do perfil e a forma da vertente.

5 CONCLUSÃO

O estudo pedológico reveste-se de grande importância na análise da conformação do relevo, por incorporar conhecimentos envolvendo fatos de interesses diversos e atuais. A apropriação do solo pelo homem como recurso e suporte é responsável por alterações substanciais no seu estado natural, como a implementação de cultivos, os quais contribuem e modificam as relações e as características pedológicas das áreas em que a atividade agropecuária é implantada.

Nesse contexto, a análise da estabilidade de agregados do solo em topossequência em uma vertente do município de Gaurama/RS buscou contribuir para o entendimento das relações do ambiente natural com o ambiente antropizado, demonstrando qual o comportamento e a predisposição de ocorrência dos processos erosivos nos diferentes segmentos da vertente de estudo.

Nesse sentido, a análise granulométrica dos volumes pedológicos das trincheiras T1, T2 e T3 evidenciou características semelhantes entre a T1 e a T3 em relação ao diâmetro de partículas, com o predomínio das frações silte e argila, bem como valores semelhantes para os limites de consistência e estabilidade de agregados. Isto indica forte controle da rocha matriz no comando do relevo. Entretanto, na T2 a fração areia manteve-se em equilíbrio com as demais, ou seja, não houve predomínio abrupto de uma fração granulométrica sobre as demais.

Os valores verificados para os limites de consistência permitiram inferir que a T2 apresentou o menor limite de liquidez e de plasticidade, o que lhe confere maior suscetibilidade frente à ocorrência de processos erosivos, pois seu perfil necessita de menor quantidade de precipitação para atingir o comportamento de fluido e incidir em perdas erosivas de solo.

Em relação à estabilidade de agregados do solo verificou-se que a ocorrência dos maiores percentuais de agregação do solo, ocorrem no volume pedológico superficial. Constatou-se que o V3 da trincheira 2 (T2) apresentou a menor estabilidade de agregados de toda a topossequência da vertente de estudo. Isto evidencia que o processo de controle do modelado do relevo no terço médio da vertente recebe forte interferência deste volume.

Assim, ao se analisarem as trincheiras (T1, T2 e T3) e seus respectivos volumes pedológicos (V1, V2 e V3), os dados provenientes destas análises auxiliaram no entendimento

e comprovação de que os processos erosivos são diferenciados na vertente de estudo. Verificou-se, portanto, que o segmento intermediário da vertente apresentou uma maior suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos, pois apresentou um menor limite de liquidez e de plasticidade, bem como, uma menor estabilidade de agregados em seu volume subsuperficial (V3). Uma vez que este volume (V3) possui uma textura franco-argilosa que contribui para a ocorrência de seguidos desbarrancamentos e uma maior dissecação nesse segmento, o mesmo necessita de maiores cuidados quanto ao seu uso e ocupação.

Nesse contexto, o conhecimento obtido a partir dos resultados das relações dos limites de consistência e estabilidade de agregados do solo, são alguns dos fatores de fundamental importância para se entender a fragilidade da área de estudo, assim como, o planejamento de ações que visem implementar formas para conter os processos erosivos na vertente.

Com relação ao trabalho realizado espera-se que este possa contribuir como referência a ser considerada em futuros trabalhos relativos ao planejamento de áreas de uso do município de Gaurama/RS, principalmente em relação às áreas de uso de vertentes. Nesse mesmo sentido, acredita-se que o mesmo contribuiu para o entendimento da conformação do perfil das vertentes, em substrato rochoso formado de rochas vulcânicas, de uma pequena porção do município.

6 REFERÊNCIAS

ANGULO, Rodolfo José et al. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** – Campinas, v. 8, 1984, p. 133 – 138.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84**: Análise granulométrica. ABNT, 1984.

_____. **NBR 6459/84**: Limite de liquidez . ABNT, 1984.

_____. **NBR 6457/84**: Limite de plasticidade. ABNT, 1984.

_____. **NBR 6457**: Limite de contração. ABNT, 1984.

AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIM, Ricardo Simão Diniz. **Solos e ambiente**: uma introdução. Santa Maria: Palotti, 2004.

BIGARELLA, João José et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.

BERTONI, Jose; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone. 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, PE, 1973. 431 p. (DNPEA - Boletim Técnico, 30).

CARRARO, Clovis Carlos et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Adimapas, 1974.

CARPENEDO, Valcir; MIELNICZUK, João. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** – v. 1, n. 14, 1990, p. 99 – 105.

CASSETI, Valter. **Elementos de geomorfologia**. São Paulo: Contexto, 1994.

CASTRO FILHO, Celso de; LOGAN, T. J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Sci. Soc. Am. J.** – v. 55, 1991, p. 1407 – 1413.

CASTRO FILHO, Celso et al. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** - v. 22, 1998, p. 527 - 538.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo: Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, 1999.

FÁVERO, Fernando et al. **Estabilidade de agregados do solo em função da compactação**. 2007. CD. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado – RS.

FREITAS, Pedro Luiz et al. A crise da energia e a degradação dos recursos naturais: solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 7 – 9, out./dez. 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/2367267/DA-SILVA-MENEZES-2001-Metodologia-da-pesquisa-e-elaboracao-de-dissertacao>>. Acesso em: 08 de julho de 2011.

GOOGLE. **Google Earth**. 2010. Sistema Operacional: Microsoft Windows XP ou Vista.

GUERRA, Antonio Jose Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, Antonio Jose Teixeira; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental**. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio Jose Teixeira. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=4308708&search=rio-grande-do-sul/gaurama>>. Acesso em, 04 de abril de 2012.

KEMPER, W. D. **Aggregate stability**. In: Black, C. A. et al., eds, *Methods of Soil Analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part. 1, p. 511-519.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. **Size distribution of aggregates**. In: Black, C. A. et al., *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, part. 1, cap. 40, p. 499-510, 1965. (Agronomy, 9).

KIEHL, Edmar Jose. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979.

LIBAULT, André. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**. Métodos em questão. São Paulo, 1971.

LEINZ, Viktor; AMARAL, Sergio Estanislau do. **Geologia geral**. São Paulo: Nacional, 1975.

LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LEPSCH, Igo. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LOCH, R. J. **Aggregate breakdown under rain: its measurement and interpretation**. New England (Australia), University of New England, cap. 2, p. 22-34, 1989.

MARQUES, Hudson Souza. **Uso de geotecnologias no estudo de relações entre solos e orientação de vertentes em áreas cafeeiras em Machado, Minas Gerais**. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 10-12, 2003.

OLIVEIRA, Antônio Bastos de; RIBEIRO, Augusto. **Uso potencial da terra**. Projeto RADAMBRASIL. Folha SH - 22, Porto Alegre e parte das folhas SH – 21 Uruguaiana e SH – 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PERUSI, Maria Cristina; CARVALHO, Wolmar Aparecida. **Comparação de métodos para determinação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo do solo**. **Geociências**. São Paulo – v. 27, n. 2, abr./jun. 2005.

PIRAN, Nedio et al. **História de Gaurama**. Erechim: Berthier, 1988.

RAMBO, Balduino. **A fisionomia do Alto Uruguay** – uma viagem de estudos. Separata do Relatório do Ginásio Ancheita, 1936.

REICHERT, José Miguel et al. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 283-290, 1993.

ROSS, Jurandir Luciano Sanchez. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 2005.

ROSA, João André et al. **Caracterização e evolução recente da região Norte do Rio Grande do Sul: subsídios para o seu planejamento estratégico**. Relatório parcial do diagnóstico em curso com vistas ao planejamento estratégico da região Norte, promovido pela Agência de Desenvolvimento do Alto Uruguai, sob o patrocínio do SEBRAE/RS. Janeiro de 2006.

WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. Relation of soil properties to its erodibility. **Proc. Soil. Sci. Soc. Am.** – v. 33, p. 131 – 137, 1969.

WOLFF, Gladis Helena. **Trilhos de ferro, trilhas de Barro: a ferrovia no norte do Rio Grande do Sul – Gaurama (1910-1954)**. Passo Fundo: Ed. da Universidade de Passo Fundo, 2005.

SALTON, Júlio César et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 11 – 21, 2008.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE-SEMA. **Secretaria Estadual do Meio Ambiente do RS**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

SILVA, Cristiano et al. Retração espaço temporal da vegetação na microrregião geográfica de Erechim. 1964-2004. VII Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo. “Ciência do Solo no RS e SC: onde estamos e para onde vamos” 19 a 21 de novembro de 2008 – UFSM. **Anais...** Santa Maria, RS. 2004.

SILVA, Ivandro de França; MIELNICZUK, João. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 113 – 117, 1997.

SILVA, Ivandro de França; MIELNICZUK, João. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313 – 319, 1997.

STRECK, Edemar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

TISDALL, Judith M.; OADES, J. Malcolm. Stabilization of soil aggregate by the root system of ryegrass. **Journal Soil Reserch** – v. 17, 1979, p. 429 – 441. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/SR9790429.htm>>. Acesso em 22 de abril de 2012.

VEIGA, Milton da et al. Estabilidade de agregados em diferentes condições de energia de desagregação e de umidade antecedente, em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 42, p. 62 – 68, 2010.

VEZZANI, Fabiane Machado. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184 p. (Tese de Doutorado)

VIEIRA, Eurípedes Falcão. **Rio Grande do Sul: Geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984.

VIEIRA, Lucio Salgado; VIEIRA, Maria de Nazareht Figueiredo. **Manual de morfologia e classificação de solo**. São Paulo: Agronomica Ceres, 1983.