



UFSM

TESE DE DOUTORADO

**CONFIGURAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E MODELADO DO
RELEVO: CONFORMAÇÃO DA PAISAGEM NA ZONA DE
TRANSIÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA DEPRESSÃO CENTRAL
DO RIO GRANDE DO SUL**

Mauro Kumpfer Werlang

PPGCS

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**CONFIGURAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E MODELADO DO
RELEVO: CONFORMAÇÃO DA PAISAGEM NA ZONA DE
TRANSIÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA DEPRESSÃO CENTRAL
DO RIO GRANDE DO SUL**

por

Mauro Kumpfer Werlang

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência do Solo**

PPGCS

Santa Maria, RS, Brasil

2004

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**CONFIGURAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E MODELADO DO RELEVO:
CONFORMAÇÃO DA PAISAGEM NA ZONA DE TRANSIÇÃO DA BACIA DO
PARANÁ NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Mauro Kumpfer Werlang

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Miguel Reichert
(Presidente/Orientador)

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Alberto Vasconcellos Inda Junior

Antonio Carlos de Azevedo

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2004.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e da liberdade.

À Universidade Federal de Santa Maria e aos milhões de brasileiros que pagam impostos, mantendo-a pública.

Aos Departamentos de Solo e Geociências, que oportunizaram a realização do curso.

Aos Laboratórios: Sedimentologia e Estratigrafia do Departamento de Geociências, Materiais de Construção Civil do Centro de Tecnologia, Física do Solo do Departamento de Solos, pelo empréstimo dos equipamentos e cedência do espaço físico.

Ao Laboratório Central de Análises de Solo, pela realização do Laudo de Análise de Solo.

Aos laboratoristas dos citados laboratórios, pelas orientações recebidas.

Ao professor José Miguel Reichert e ao comitê de orientação, pelas críticas realizadas e sugestões acrescentadas.

Ao engenheiro agrônomo Alex e aos bolsistas do curso de geografia Luis Fernando e Jackson, pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório.

À minha esposa Edilse, aos meus filhos Arthur e Elisa, que souberam compartilhar dos momentos difíceis e entenderam os muitos momentos de ausência.

À todos, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE APÊNDICES.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1 Geomorfologia e questões ambientais.....	6
2.2 Equilíbrio morfogenético.....	9
2.2.1 Face aos processos.....	9
2.2.2 Face ao perfil e forma da vertente.....	13
2.2.3 Face à forma e característica do material.....	18
2.3 Erosão do solo.....	21
2.3.1 Processos de erosivos.....	22
2.3.2 Perdas por erosão.....	32
2.4 Propriedades físicas e mecânicas e a validação da relação com a erosão.....	34
2.5 Paisagem e Geossistema.....	40
2.6 Abordagem metodológica.....	44
3 MÉTODOS.....	48
3.1 Caracterização geral da área de estudo.....	48
3.2 Roteiro metodológico.....	55

3.2.1	Determinação dos índices morfométricos dos sistemas de drenagem e obtenção do modelado de relevo em escala de microbacia.....	56
3.2.2	Propriedades físico-mecânicas dos perfis de solo selecionados.....	62
3.2.3	Sistema unificado de classificação de solos (S.U.C.S.).....	70
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.1	Análise morfométrica.....	71
4.1.1	Análise morfométrica da drenagem.....	71
4.1.2	Análise morfométrica das vertentes	77
4.2	Caracterização da erodibilidade do solo e relação solo-dissecação do relevo.....	90
4.2.1	Erodibilidade do solo	90
4.2.2	Modelado acumulação/dissecação do relevo	93
4.2.3	Relação solo-dissecação do relevo	98
4.3	Potencial de fragilidade natural	104
4.4	Relação entre modelado do relevo e propriedades dos solos e das unidades litoestratigráficas	106
4.4.1	Propriedades físicas e mineralógicas	106
4.4.2	Propriedades mecânicas.....	115
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
7	APÊNDICES.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estrutura fundiária do município de São Pedro do Sul-RS/1995.....	54
Tabela 2. Evolução da população total residente no município de São Pedro do Sul-1980/2000.....	54
Tabela 3. Índices fisiográficos resultados obtidos através da aplicação da correlação (equação 10) entre microbacias hidrográficas de primeira ordem. Sanga Funda e Sanga Chiniquá . São Pedro do Sul-RS.....	75
Tabela 4. Resultados obtidos para os índices: curvatura de crista, base e a média vertente.....	78
Tabela 5. Resultados dos ensaios de infiltração realizados no manto de intemperismo das unidades litoestratigráficas. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	83
Tabela 6. Resultados a partir da aplicação da correlação entre os ICC,ICB,IM.....	87
Tabela 7. Fator de erodibilidade dos solos do sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	92
Tabela 8. Composição granulométrica das unidades litoestratigráficas. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	92
Tabela 9. Quantificação das áreas dos modelados, índice de concentração de nascentes por tipo e classe de modelado. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	94
Tabela 10. Quantificação das áreas obtidas pelo cruzamento dos mapas modelado do relevo e mapa de solos. Relação com o índice de concentração de nascentes e grau potencial de fragilidade. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	101
Tabela 11. Categorias morfométricas de dissecação do relevo e fator topográfico (Ft). Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	103

Tabela 12. Relação obtida entre a w ótima x % de argila, w ótima x LL, w ótima x LP, w ótima x IP.....113

Tabela 13. Resultados obtidos a partir dos ensaios de cisalhamento direto para os perfis representativos das unidades litoestratigráficas da região Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....116

Tabela 14. Resultados obtidos a partir dos ensaios de compressibilidade para os perfis representativos das unidades litoestratigráficas da região Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....117

Tabela 15. Distribuição do tamanho de poros, microporosidade, macroporosidade e porosidade total para os perfis representativos das unidades litoestratigráficas da região Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Abordagens na pesquisa, segundo Havey (1969).	45
Quadro 2. Abordagens na pesquisa, segundo Daugherty (1974).....	46
Quadro 3. Roteiro metodológico adotado na pesquisa.....	55
Quadro 4. Matriz dos índices de dissecação do relevo adaptada para a escala de 1:60.000.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de evolução morfométrica em fase biostática (a) e resistática (b).....	12
Figura 2. Composição de uma vertente normal ou regular, conforme Derreau (1967).....	14
Figura 3. Tipos de voçorocas (1) ovóide; (2) coalescente; (3) lineares.....	26
Figura 4. Dinâmica processual em geomorfologia.....	27
Figura 5. Convergência dos fluxos das encostas para os fundos de vales em superfície, subsuperfície e através de canais interconectados.....	29
Figura 6. Esquema teórico do geossistema.....	43
Figura 7. Unidades litoestratigráficas do setor sudoeste do município de São Pedro Sul-RS.....	50
Figura 8. Mapa de solos do setor sudoeste do município de São Pedro Sul-RS....	53
Figura 9. Representação da curva do ensaio de compactação (conhecido como ensaio de Proctor Normal) conforme ABNT-NBR 7182/82).....	64
Figura 10. Representação gráfica da resistência ao cisalhamento dos solos.....	67
Figura 11. Determinação da pressão de pré-adensamento (σ_p) e do índice de compressão (C_c) pelo processo de Casagrande.....	69
Figura 12. Padrões representativos da forma do perfil das vertentes da região em estudo	79
Figura 13. Comportamento do coeficiente de infiltração obtido para as unidades litoestratigráficas. Considerando-se o conjunto de dados, nota-se uma tendência semelhante entre as curvas obtidas pela variação do coeficiente de infiltração....	83
Figura 14. Conformação da paisagem em área de ocorrência da T_{RC} na localidade de Carpintaria.....	85

Figura 15. Nicho de nascente em área de ocorrência da T_{Rrs} na localidade de Chiniquá.....	85
Figura 16. Representação cartográfica da cobertura pedológica de toposseqüência em anfiteatro erosivo que ocorre na unidade litoestratigráfica Caturrita T_{RC}	86
Figura 17. Dispersão obtida do padrão representativo da forma do perfil das vertentes da região em estudo. Nota-se uma tendência de evolução das vertentes onde as alterações ocorridas na crista refletem-se numa correlação positiva em relação à base.....	88
Figura 18. Dispersão obtida para o padrão representativo da forma do perfil das vertentes da região em estudo/ T_{Rrs} . Nota-se correlação positiva na tendência de evolução da crista em relação à base.....	88
Figura 19. Dispersão obtida para o padrão representativo da forma do perfil das vertentes da região em estudo/ T_{Rsm}/T_{RC} . Nota-se correlação positiva na tendência de evolução da crista em relação à base.....	89
Figura 20. Colapso superficial em área de meia encosta evoluindo para anfiteatro erosivo: contato entre T_{Rsm}/T_{RC} . Localidade de Chiniquá.....	89
Figura 21. Dispersão obtida para a relação % de areia fina + silte e fator de erodibilidade dos solos da região em estudo.....	91
Figura 22. Mapa do modelado do relevo (3° táxon). Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	95
Figura 23. Comportamento da correlação entre o índice de concentração de nascentes (ICN) e o fator topográfico (grau de entalhamento fluvial e dimensão interfluvial) para algumas seqüências de vertentes aleatoriamente selecionadas na área de estudo.....	96
Figura 24. Morfologia resultante do modelado de acumulação na localidade de Chiniquá. Observa-se, ao fundo, feições de dissecação muito fraca.....	97
Figura 25. Modelado de dissecação do relevo. Classe de dissecação média em área de ocorrência da T_{RC} na localidade de Chiniquá. Observa-se a incisão de canais de segunda ordem. A conformação do perfil das vertentes apresenta-se convexo-côncavo.....	97
Figura 26. Mapa resultante do cruzamento do mapa de modelado do relevo e do mapa de solos. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....	100

Figura 27. Mapa do potencial de fragilidade natural. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.....105

Figura 28. Dispersão entre a umidade ótima de compactação ($w\%$ ótima) x percentagem de argila, $w\%$ ótima x limite de liquidez, $w\%$ ótima x limite de plasticidade, $w\%$ ótima x índice de plasticidade entre o grau de compactação e a porosidade total.....112

Figura 29. Posição das amostras no gráfico LL x IP de Casagrande.....113

Figura 30. Conformação da paisagem em área da T_{Rrs} . Localidade de Chiniquá.....114

Figura 31. Afloramento da T_{Rsm} onde é possível observar o comportamento do fluxo subsuperficial a partir da saturação do perfil. Localidade de Chiniquá.....114

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Descrição morfológica dos perfis selecionados nas unidades litoestratigráficas: T _{RTS} (1, 2, 3); T _{RC} (4, 6, 7, 8, 9); T _{RSM} (10, 11, 12), Cenozóico (13, 14, 15); resultados obtidos a partir dos ensaios e análises realizadas.....	138
--	-----

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

CONFIGURAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E MODELADO DO RELEVO: CONFORMAÇÃO DA PAISAGEM NA ZONA DE TRANSIÇÃO DA BACIA DO PARANÁ NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Mauro Kumpfer Werlang
Orientador: José Miguel Reichert
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de fevereiro de 2004.

Esse trabalho apresenta o modelado do relevo como sendo causa e consequência da erosão. É no espaço, do qual o homem sempre dependeu para viver, que ocorre a interação dos componentes bióticos, abióticos e sócio-econômicos. A relação homem x meio ambiente foi, e continua sendo, acompanhada de progressos que servem para o entendimento da natureza e contribuem para amenizar o impacto negativo sobre ela. Os fatos que permitem a percepção da paisagem física possibilitam concluir que as alterações produzidas pelas interferências no meio ambiente podem orientar uma previsão das ações sobre o conjunto. Nesse sentido, as intervenções humanas deverão ser planejadas levando em consideração a potencialidade e a fragilidade de cada ambiente natural. Sendo assim, o trabalho enfatiza que as formas, ou conjuntos de formas de relevo participam da composição da paisagem. Considera o modelado do relevo como resultado de características geológicas, climáticas, hidrológicas e pedológicas, refletidas na densidade da drenagem e no grau de entalhamento dos talwegues. Leva em conta a proposta de estudar o relevo no sentido de que a relação entre a drenagem e erosão permite qualificar a configuração da drenagem como resultado da erosão. Sugere também que, levando-se em consideração a morfogênese das vertentes, há relação de causa e efeito, na qual influem circunstâncias como as características das propriedades físicas-mecânicas no grau de fragilidade do ambiente natural. Busca identificar a causa com a erosão e deposição, consideradas como agente no modelado, e o efeito, com a drenagem e morfogênese da vertente. Contempla a necessidade de estudos vinculados com os solos e suas propriedades, face à relevante função que assumem na Geomorfologia. O trabalho teve como área de estudo o sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS, e apresenta como suporte litológico, a Bacia Sedimentar do Paraná. Está estruturado em 6 itens, nos quais se estabelece que o modelado de acumulação refere-se à deposição colúvio-aluvionar, originada por processos de colúviação e deposição fluvial. As áreas de dissecação caracterizam feições do domínio geomorfológico da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul. Também destaca-se que na área com predomínio da unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral, ocorre um baixo relevo, resultado do elevado grau de fragilidade natural. Nela predominam vertentes com perfil côncavo. Outra constatação é a dominância de formas côncavas-convexas nas áreas relativas as unidades litoestratigráficas Santa Maria e Caturrita. A energia do relevo confere elevado grau de fragilidade à essas áreas na busca do equilíbrio, comandado pela dinâmica fluvial.

ABSTRACT

Doctorate Theses
Soil Science Post Graduation Program
Federal University of Santa Maria

DRAINAGE SYSTEM CONFIGURATION AND RELIEF MODELING: LANDSCAPE ADAPTATION AT THE TRANSITION ZONE FROM PARANÁ BASIN IN THE CENTRAL DEPRESSION OF RIO GRANDE DO SUL

Author: Mauro Kumpfer Werlang
Advisor: José Miguel Reichert
Date and Place: Santa Maria, February 26th 2004

This work presents the relief modeling as a cause and consequence of soil erosion. It is in the space, which man has always depended on to live, that the biotics, non-biotics and social-economic components interaction occurs. The relationship between men and environment was, and it still is followed by the progresses that provide nature's understanding and contribute for softening the negative impact above it. The facts that allow the physical landscape perception make it possible to conclude that the alterations caused by the interferences in the environment can lead towards a prediction of the actions on the set. Therefore, human intervention must be planned considering the potentiality and fragility of each natural environment. Because of that, this work emphasizes that the shapes, or set of relief shapes are a part of the landscape composition. It considers the relief modeling as a result of geological, climatic, hydrological and soil characteristics, reflected in the drainage density and in the bottom of the valley carving degree. Takes into consideration studying the relief, meaning that the relationship between drainage and soil erosion allows qualifying the drainage configuration as a result of the soil erosion. It also suggests that if we consider the slope's morphogenesis, there is a cause-effect relation in which circumstances such as the characteristics of physical-mechanical properties at its natural fragility degree influence. Searches to identify the cause through soil erosion and deposition, which are considered as modeling's agents, and the effect through drainage and slope's morphogenesis. It concerns to the necessity of studies connected with soils and its properties, facing the relevant function that they take in Geomorphology. This work used the Southwestern community of São Pedro do Sul-RS as a study area, and it presents as litological support the Sedimentary Paraná Basin. It is structured in 6 itens in which it was possible to establish that the modeling of accumulation refers to the river sediments deposition, originated from processes of river deposition. The dissection areas characterize geomorphologic command features from the Periferical Depression of Rio Grande do Sul. It was also possible to realize that there is a low relief in the area with predominance of Sanga do Cabral formation as a result of the high level of natural fragility. In this area there is a predominance of concave profile slopes. Another observation is the higher number of concave-convex forms at the areas related to Santa Maria and Caturrita formation. The relief energy has a high level of fragility to these areas in the search for balance, led by the river dynamic.

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é o espaço onde ocorre a interação dos componentes bióticos, abióticos e sócio-econômicos. Esses componentes interagem entre si por meio de diferentes processos, envolvendo a troca de energia e matéria. A investigação, prevenção e correção dos problemas relativos ao meio ambiente têm causas diversas. Portanto, suas soluções exigem a participação de distintas áreas do conhecimento.

As ciências da terra, dentre elas o ramo da geografia física, têm se dedicado à investigação e à busca de soluções decorrentes da interação das atividades do homem com as características e os processos do meio físico, contribuindo no contexto interdisciplinar dos mesmos.

Com a presença do homem, a transformação permanente da Terra deixou de ser puramente geológica-geomorfológica para ser também cultural. Devemos considerar como aparente a independência do homem em relação ao meio físico, quando se trata da questão do uso e da ocupação da terra. Essa é uma sensação decorrente da grande conquista tecnológica acumulada pelo homem. Entretanto, deve-se considerar que o meio físico apresenta determinados limites de tolerância que, quando ultrapassados, pode levar a sua total exaustão ou degradação.

O crescimento populacional e o incremento das atividades econômicas desenvolvidas pelo homem requerem uma ocupação cada vez mais acentuada do território. Acrescenta-se a isso a herança do conceito de ocupação de nossos colonizadores, face à imensa extensão territorial e à ilusão da inesgotabilidade de seus recursos, o que propiciou o deslocamento continuado de empreendimentos de caráter extensivo, como as monoculturas e a pecuária.

A racionalização do uso do meio ambiente está na compreensão da dinâmica natural que o rege, na identificação das alterações impostas pelo homem e na sua compatibilização. No caso da erosão dos solos, é necessário que se conheçam as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e

climáticas da área em estudo e implica na realização de um conjunto de ações que modelam a paisagem.

A erosão pode ser entendida como um processo mecânico que age na superfície e em profundidade, sob determinadas condições físicas. Traduz-se na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição, através dos agentes águas correntes, vento ou geleiras. A erosão hídrica desenvolve-se a partir da formação de um canal onde há concentração do escoamento; em seguida, ocorre incremento rápido em profundidade e largura movendo a cabeceira para montante. Com o início de crescimento da vegetação, nos canais incisivos, acontece o declínio do aumento, com o estabelecimento de um perfil de equilíbrio e eventual estabilização das paredes. Surge, então, o canal de drenagem. Nesse sentido, os padrões de dissecação, a dinâmica das vertentes e a dinâmica fluvial relacionados ao desenvolvimento dos processos erosivos assumem relevância.

Nesse sentido, o processo erosivo causado pela água das chuvas, apesar de ter abrangência em quase toda a superfície terrestre, ocorre em especial nas áreas tropicais. Dessa atuação erosiva evolui a gênese atual responsável pela dissecação do relevo a partir da dinâmica fluvial. Para alcançar o conhecimento pleno do que são e representam uma ou mais formas de relevo, identificadas em diferentes escalas espaciais e temporais, necessário se faz compreender e explicar como surgem e evoluem. Resulta, assim, considerar os processos responsáveis pelas ações capazes de criar ou destruir formas de relevo, modificá-las ou mantê-las preservadas, ampliar suas dimensões ou reduzi-las, fixá-las num local ou deslocá-las, modelá-las contínua ou descontinuamente.

Considera-se, portanto, que as formas ou conjuntos de formas de relevo participam da composição das paisagens em diferentes escalas. Relevos, ao serem observados em um curto espaço de tempo, mostram aparência estática; entretanto, estão sendo permanentemente trabalhados por processos erosivos ou deposicionais resultantes das condições climáticas existentes. Essas formas

podem transmitir a idéia de que são componentes independentes na paisagem. No entanto, elas e os demais componentes do ambiente estão interligados promovendo ações mútuas, que, em maior ou menor intensidade, estão agindo no sentido de criar uma fisionomia que reflete, no todo ou em partes, os ajustes alcançados. As condições geológicas, pedológicas, climáticas, hidrológicas, biológicas, topográficas e altimétricas devem ser consideradas quando quer se compreender o tipo de relevo e os padrões inerentes aos processos envolvidos. Ao destacar que as formas resultam de processos, tomá-los como critério de classificação torna-se uma opção importante.

Nesta tese, a proposta de estudar o modelado do relevo e a forma e evolução da vertente, frente ao condicionamento litológico, está no sentido de que a relação entre drenagem e erosão é tão estreita que permite qualificar a configuração da drenagem como “desenho de erosão”. Sugere também que, levando-se em conta a morfogênese das vertentes, se pode assinalar uma acentuada, embora complexa, relação de causa e efeito em que influem inúmeras circunstâncias muito variáveis, como o comportamento das propriedades físico-mecânicas desde o solo até a camada R. Pode-se identificar a causa do modelado com a erosão e deposição, e o efeito com a drenagem e a morfogênese da vertente.

Contempla, ainda, a necessidade de estudos vinculados com os solos e seus atributos, face à relevante função que assumem na geomorfologia, uma vez que a análise da rede hidrográfica (dinâmica erosiva fluvial) leva ao entendimento de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos d'água constituem o processo morfogenético de esculturação da superfície terrestre. Portanto, modelado do relevo pode revelar os setores que devem merecer atenção especial quanto ao uso da terra. A cartografia localiza-os espacialmente.

Nesse sentido, o trabalho foi desenvolvido em uma área que apresenta características de fragilidade ambiental face à natureza litológica. Abrange diferentes unidades litoestratigráficas onde evoluem relevos de dissecação e

acumulação. As hipóteses do trabalho foram: (1) a área da unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral apresenta um baixo relevo, quando comparada às áreas das unidades Santa Maria e Caturrita. Isso está relacionado à natureza do material sedimentar (areia fina, silte, argilas de baixa a média plasticidade, argilas arenosas e argilas siltosas), nessa unidade, além da influência das propriedades físicas e mecânicas do saprólito¹; (2) a ligação entre a configuração da drenagem (grau de entalhamento dos talvegues e dimensão intefluvial) e o modelado do relevo (modelados de acumulação e dissecação), permite estabelecer uma relação de causa e efeito, refletida nas formas ou os conjuntos de formas com diferentes graus de fragilidade. Essa relação está condicionada pela natureza das unidades litoestratigráficas da área.

Nessa perspectiva, os objetivos gerais do trabalho são: (1) contribuir para o entendimento dos parâmetros que expressam o modelado do relevo e conformação da paisagem em diferentes unidades litoestratigráficas da bacia do Paraná; (2) assinalar a relação de causa e efeito nas quais influem as propriedades do manto de intemperização dessas unidades e das propriedades físico-mecânicas do solo na morfogênese das vertentes, estabelecendo uma metodologia de mapeamento que permita classificar a paisagem conforme o modelado do relevo e grau de fragilidade potencial em áreas sedimentares.

Considerando a proposta de estudar o relevo e a sua evolução face ao condicionamento do solo, saprólito e das unidades litoestratigráficas na paisagem, o trabalho tem como objetivos específicos: (1) destacar as unidades litoestratigráficas e o saprólito como condicionantes do relevo constituindo importantes variáveis que influem na evolução das superfícies geomórficas; (2) reforçar a tese da conexão entre o comportamento da rede de drenagem e a

¹ Refere-se ao material decomposto (rocha alterada) que constitui o manto de intemperismo. De acordo com OLIVEIRA (2001) o termo saprólito é usado exclusivamente com C para designar a camada de rocha subjacente, intensamente ou pouco alterada, desde que branda ou semibranda, permanecendo preservadas as características morfológicas macroscópicas inerentes à rocha original. No presente trabalho foi considerado como formado de produto de alteração *in situ* constituindo os horizontes BC e C.

erosão, estabelecendo uma relação de causa e efeito em que influem as propriedades físicas, mecânicas e mineralógicas do solo e do saprólito, frente ao potencial natural de fragilidade; (3) identificar o modelado do relevo como causa para a erosão e deposição, como reflexo da rede de drenagem e da morfogênese nas vertentes.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Geomorfologia e questões ambientais

As vertentes constituem elementos importantes na caracterização geomorfológica de qualquer paisagem. Constituem, juntamente com os interflúvios e os talwegues, os componentes fundamentais das unidades de relevo. As vertentes, devido à sua importância, são reconhecidas como principal constituinte da superfície terrestre.

Como relevo, denomina-se o conjunto heterogêneo das formas que compõem a superfície da terra. O relevo se concretiza através da geometria que suas formas apresentam e seu modelado ocorre pelas diferenciações locais e regionais da silhueta da topografia.

Há acordo em considerar que o modelado terrestre evolui. No entanto, surgem questões de como e de que maneira se processa o desenvolvimento das formas de relevo, quais as condições iniciais e até que fase se processa a evolução. Muitas respostas a essa problemática estão no campo das teorias geomorfológicas, que procuram orientar a observação e a explicação. Nesse sentido, considerando as concepções teóricas que nortearam as pesquisas em geomorfologia, destacam-se quatro principais: a teoria do ciclo geográfico, a da pediplanação e pedimentação, a do equilíbrio dinâmico e a da probabilística (Christofoletti, 1973; Casseti, 1994; Cunha, 1995).

No Brasil, uma grande contribuição à teoria geomorfológica parte de Ab'Sáber (1969), onde incrementa a ênfase aos postulados germânicos. Mais tarde autores soviéticos e franceses, como Bertrand (1968) Tricart (1977) Sochava (1982), procuram desenvolver estudos integrados da paisagem, sob a ótica dos geossistemas, o que valorizou o desenvolvimento da geomorfologia alemã. Também cabe destaque aos trabalhos de Christofoletti (1987), enfocando a Geomorfologia; Petri & Fulfaro (1983) em trabalho sobre a Geologia do Brasil;

Monteiro (1980) abordando a Geografia no período de 1937 a 1977 e Ab'Saber (1970, 1977, 1979), destacando o Quaternário continental brasileiro. Sobre a abordagem sistêmica, cabe destaque ao trabalho de Monteiro (2000) e, relativo à classificação taxonômica, destaca-se Ross (1992, 1994, 2003).

Referindo-se ao processo de erosão, Bertoni & Lombardi (1999) utilizam o argumento de que a erosão geológica ou natural, que se manifesta como uma ocorrência normal dos processos de modificação da crosta terrestre, é reconhecível somente no decorrer de longos períodos de atividade, e que esses processos são considerados benéficos, pois com eles formam-se colinas, planícies e vales férteis. Os problemas aparecem quando o homem destrói os anteparos naturais, forçando o processo erosivo. Schäfer (1999) destaca a erosão hídrica do solo em áreas agrícolas como causa para problemas de ordem econômica e ambiental.

Nesse sentido, e conforme destaca Ross (1994), pode-se estabelecer paralelismo entre o avanço da exploração dos recursos naturais com o desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas. De acordo com o autor, o tecnicismo gera impacto social agressivo, causando um desequilíbrio na relação social, cultural, econômica e ambiental. Essas inserções tecnológicas proporcionam um desenvolvimento econômico que nem sempre acompanham o desenvolvimento social, cultural e econômico da população.

A ação maléfica da erosão ocorre quando é rompida a estabilidade adquirida ao longo do tempo entre o solo, vegetação e os organismos do solo, geralmente pela intervenção do homem (Hudson, 1995). A crescente industrialização, a mecanização da agricultura, as monoculturas, a implantação de pastagens e a intensa exploração de recursos energéticos e de matérias primas têm alterado, de modo significativo, o cenário da terra e levado, com frequência, a processos degenerativos da natureza.

O Brasil é um exemplo, no qual, o desenvolvimento tecnológico caracteriza-se pela importação de tecnologias e capitais, observa Ross (1994). Nesse

raciocínio muitos dos problemas sociais, culturais e ambientais são fruto da absorção dessas tecnologias, inadequadamente empregadas, resultando em processos de degradação do meio ambiente.

O Brasil apresenta dimensões continentais e a preocupação em estudar e conhecer a dinâmica ambiental em áreas tropicais assume largo grau de importância. Também dentro desse raciocínio merece destaque o argumento da ação em cadeia, freqüente quando estão envolvidos problemas ambientais. Esse argumento também é defendido por SEPLAN / MS (1992), que destaca que o processo erosivo se manifesta de vários modos, seus efeitos apresentam grande amplitude, ao afetar diretamente as atividades econômicas e prejudicar de forma indireta diferentes segmentos da sociedade. Nesse sentido, cabe também o argumento defendido por Vieira & Vieira (1983) de que para conservar ou aumentar a capacidade produtiva do meio físico é necessário conhecê-lo, pois esse é resultante de um conjunto de fatores naturais.

Convergindo nesse raciocínio, torna-se, portanto, evidente a importância do conhecimento relativo à morfogênese das vertentes. Esses estudos têm abordado uma questão bem aplicada, ou seja, que as cabeceiras de drenagem são características importantes que devem ser pesquisadas com maior detalhe. Por isso, é importante entender a conexão existente entre as ravinas, através de sua evolução, formando voçorocas, que evoluem para criar verdadeiras redes de canais de drenagem.

Dessa forma, no conhecimento geomorfológico encontra-se implícita a idéia de que o modelado terrestre evolui como resultado da influência exercida pelos processos morfogenéticos e, esses, estão em estreita dependência com os atributos físicos do solo e do saprólito. Dentro dessa concepção, o sistema geomorfológico pode ser compreendido como forma e processo.

2.2 Equilíbrio morfogenético

2.2.1 Face aos processos

Dentro da concepção de que o sistema geomorfológico é compreendido como forma e processo, o processo interfere na forma original e a forma no processo, ou seja, o processo é o mecanismo de ação e a forma é o resultado da atuação desse mecanismo. Assim, estabelece-se um sistema de processos e respostas. Nesse sentido, pode-se considerar a formação geológica e o saprólito como suporte físico do relevo, do qual depende a forma, o tamanho e a evolução do relevo. Conforme Penteado (1978), face à natureza litológica, as rochas apresentam propriedades geomorfológicas que influenciam na desagregação (macividade, tamanho dos grãos), decomposição (heterogeneidade, solubilidade), e escoamento superficial (coesão, permeabilidade, plasticidade).

Pode-se considerar como processo morfogenético toda transformação de natureza física ou química que determina modificações das formas superficiais da terra. Os processos endógenos são aqueles que agem a partir do interior da crosta, modificando a superfície, sendo forças de natureza interna. Os processos exógenos são aqueles que atuam sobre a superfície terrestre e são resultantes da ação de agentes móveis. Agente é qualquer meio capaz de obter, transportar e depositar material na superfície da crosta terrestre.

Na elaboração do relevo atuam, além dos processos endógenos, os processos exógenos de degradação que são a erosão, intemperismo e os movimentos de massa; e os processos de agradção traduzidos pela sedimentação (Penteado, 1978; Christofolletti, 1980; Casseti, 1994).

O intemperismo é a destruição de rochas e minerais. Seus produtos promovem a existência de vida na Terra. É a resposta dos materiais que estavam em equilíbrio no interior da litosfera às solicitações da atmosfera, hidrosfera e da biosfera. Constitui o conjunto de processos operantes na superfície terrestre que

ocasionam a decomposição dos minerais das rochas, face à ação de agentes atmosféricos e biológicos (Guerra, 1997; Leinz & Amaral, 1989; Brady, 1996). Portanto é um atributo positivo e, talvez, a consequência mais importante seja que ele permite o desenvolvimento de solos. Referindo-se à camada superior do manto de intemperismo, solo é a interface entre a litosfera e a biosfera (Fonseca, 1999).

Considera-se solo como um corpo natural, possuindo duas dimensões, uma em profundidade e outra de superfície, sendo o solo produto da natureza resultante de duas forças: destrutiva e sintética. O intemperismo e a decomposição microbiana dos resíduos orgânicos são exemplos dos processos destrutivos, enquanto a formação de novos minerais e o desenvolvimento de camadas de forma característica são de natureza sintética (Brady, 1996). É tido como superfície inconsolidada que recobre as rochas e mantém a vida animal e vegetal da Terra. Está constituído por camadas que diferem pela natureza física, mineralógica e biológica, que se desenvolvem com o tempo sob a influência do clima e da atividade biológica (Vieira & Vieira, 1983). O solo é um ambiente onde se encontram reunidos em associação o domínio das rochas (litosfera), domínio das águas (hidrosfera), domínio do ar (atmosfera) e domínio da vida (biosfera). Em geomorfologia, o manto de intemperismo constitui o solo geológico e o solo biológico constitui o solo propriamente dito (Guerra, 1997; Fonseca, 1999).

Os processos pedogenéticos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos, cuja ação é condicionada pelos fatores pedogenéticos. Estes por sua vez, compreendem o material de origem, o clima, o relevo, os organismos vivos, além do tempo de atuação dos processos pedogenéticos. Da ação dos processos pedogenéticos sobre o material de origem e em continuidade no solo constitui o que se denomina intemperização (Jenny, 1992). A intensidade da intemperização varia conforme as diferentes regiões do globo terrestre, pois as condições de equilíbrio também variam de uma região para outra. Este equilíbrio depende da constituição mineralógica dos materiais originais e das condições ambientais,

representadas pelos demais fatores pedogenéticos, que regula a ação dos processos pedogenéticos. Durante o intemperismo, decomposição da rocha e formação do solo fundem-se. A decomposição propicia caminho para a formação do solo (Fonseca, 1999). Deste ponto de vista a formação do solo pode ser considerada como um estágio avançado do intemperismo. Assim a informação que pode ser ganha dos solos concernentes à geologia e ao saprólito da rocha fonte pode ser de grande valor.

Os sistemas morfoclimáticos proporcionam diferentes condições para a evolução dos solos. As condições climáticas que prevalecem dentro do saprólito são as que determinam os processos intempéricos que atuam nos mesmos. Para o caso dos climas intertropicais quentes e úmidos são caracterizados por exuberante vegetação, temperaturas médias anuais elevadas e muita umidade.

O material inconsolidado que recobre o substrato rochoso inalterado constitui o regolito. Nele os atributos físicos, químicos e mineralógicos alteram-se, progressivamente de baixo para cima, buscando atingir o equilíbrio com as condições ambientais vigentes ao longo de anos. Regiões climáticas atuais, no entanto, nem sempre refletem o tipo de regolito associado. Podem resultar de longo e complexo processo evolutivo que se dá em estreita relação com a evolução dos regimes climáticos e geomorfológicos (Penteado, 1978; Porto, 1996).

Com exceção de onde a cobertura vegetal é ausente, os processos morfogenéticos não se exercem diretamente sobre as rochas, porque os solos são um meio intermediário entre os agentes meteóricos e a litosfera. Pode-se considerar, portanto, que a evolução morfogenética faz-se em relação de causa e efeito com a evolução dos solos. As vertentes evoluem com a evolução dos solos, embora condicionadas pela estrutura litológica.

Numa situação de equilíbrio entre relevo, clima e vegetação, ao longo de um perfil de encosta, resulta em uma toposseqüência também em equilíbrio na qual os horizontes do solo apresentam quase a mesma relação de espessura do

topo até a base, acontecendo pequena diminuição do horizonte A no ponto de inflexão, que é a zona de maior transporte dos detritos. Essa situação de equilíbrio pedo e morfogenético, conforme Penteadó (1978), foi chamada de bioestasia. Qualquer desequilíbrio climático, tectônico ou antrópico, pode acelerar os processos de desgaste (intemperismo mecânico) em relação à decomposição das rochas (intemperismo químico). No setor mais inclinado da encosta, a erosão retira o horizonte A e, na base, a acumulação rápida dos detritos, enterra o horizonte A. Essa situação foi chamada de resistasia. As inter-relações se traduzem pela troca de energia e matéria entre os componentes e são responsáveis pela evolução e, portanto, pela gênese do modelado da superfície terrestre. A figura 1 ilustra essa concepção, onde se observa (a) relativo equilíbrio entre os horizontes e numa situação de desequilíbrio (b) ocorre a remoção do horizonte A, sendo a base, soterrada por detritos. Nessa situação aflora o horizonte B no ponto de inflexão.

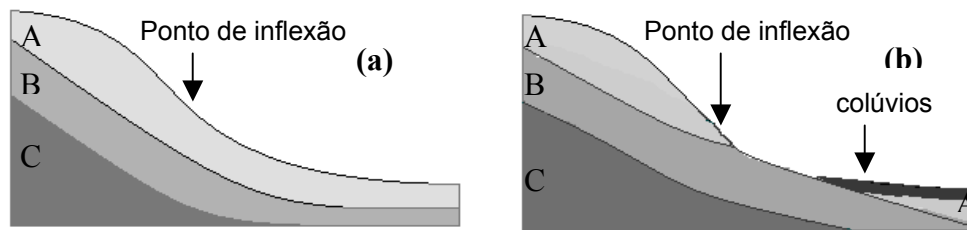


Figura 1. Esquema de evolução morfológica em fase bioestática (a) e resistática (b)
Organização do autor

Nesse sentido, o relevo como um dos componentes do meio ambiente apresenta uma diversidade muito grande de tipos e formas. Essas formas, por mais que pareçam estáticas e iguais, são dinâmicas e manifestam-se no espaço de modo diferenciado face às combinações e interferências múltiplas dos demais componentes do estrato geográfico.

2.2.2 Face ao perfil e forma da vertente

Um dos mais importantes setores da pesquisa geomorfológica são os estudos concernentes às vertentes, englobando a análise de processos e formas. Envolve a ação de vários processos responsáveis tanto pela formação como pela remoção de material detrítico.

A vertente, em seu sentido amplo, significa superfície inclinada, não horizontal, sem apresentar qualquer conotação genética ou locacional. Abrangem todos os elementos componentes da superfície terrestre, sendo formadas pela ampla variedade de condições internas e externas. Conforme destaca Christofolletti (1980), vertentes endogenéticas são aquelas que devem a sua existência aos processos que se originaram no interior da Terra (orogenia, epirogênese, vulcanismo), pois cada um desses processos modifica a posição altimétrica e a orientação das vertentes pré-existentes, podendo também produzir vertentes inteiramente novas. As vertentes exogenéticas são aquelas que resultam da ação dos processos que têm sua origem na superfície terrestre ou próximo dela, sendo controlados pelos fatores externos. Os processos exógenos (meteorização, movimentos de massa, ablação, transporte, deposição) tendem a reduzir a paisagem terrestre a determinado nível de base. Os processos acumulativos do nivelamento das paisagens são denominados de gradação, que envolve o rebaixamento de áreas pela degradação e o entulhamento de outras por agradação.

De acordo com Jan Dylík (1968), citado por (Christofolletti, 1980, p.26), “A vertente é uma forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação, atuantes no presente ou no passado, e representando a dinâmica entre o interflúvio e o fundo do vale”.

A descrição das vertentes fornece informações básicas necessárias à caracterização de determinada área. Os principais termos, conforme destacado por Christofolletti (1980, p.39), são: *unidade de vertente*, que consiste em um

segmento ou em um elemento; segmento, que é uma porção do perfil da vertente no qual os ângulos permanecem aproximadamente constantes, o que lhes dá o caráter retilíneo; elemento, que é a porção da vertente na qual a curvatura permanece aproximadamente constante. O elemento pode ser dividido em elemento convexo e elemento côncavo, onde convexidade consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há diminuição dos ângulos em direção a jusante e concavidade consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há aumento dos ângulos em direção a jusante; *seqüência de vertente*, que é uma porção do perfil consistindo sucessivamente de uma convexidade, de um segmento com declividade maior que a unidade superior e inferior, e de uma concavidade; *ruptura de declive*, que consiste no ponto de passagem de uma unidade à outra. A figura 2, mostra a composição de uma vertente normal ou regular.

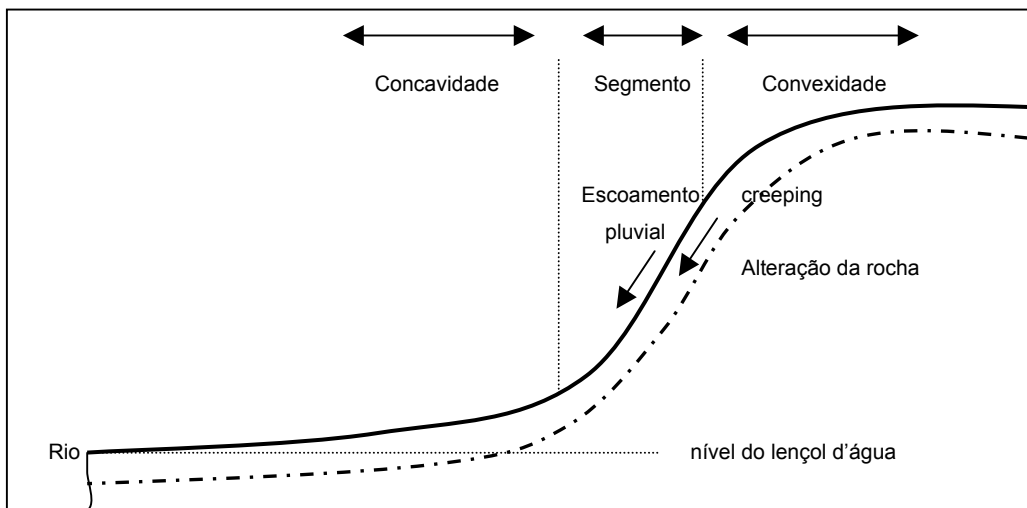


Figura 2. Composição de uma vertente normal ou regular, conforme Derreau (1967).

Fonte: (Christofolletti, 1980, p.39).

Organização do autor

O relevo constitui-se de uma grande variedade de tipos de encostas. Desde superfícies retilíneas quase verticais (penhascos) até vertentes suavemente

inclinadas que se aproximam da horizontalidade. No entanto, a maior parcela das vertentes apresenta formas convexas-côncavas, com ou sem segmentos retilíneos intercalados. As encostas sofrem variações contínuas. Essas mudanças referem-se tanto à forma quanto aos processos modeladores. Portanto, é muito difícil descrever geometricamente uma vertente.

Retomando-se a idéia dos processos exógenos de esculturação das vertentes, chama-se de processos areolares aqueles cujo conjunto atuam sobre as vertentes para reduzir a declividade e altitude e regularizar o seu perfil (Guerra & Guerra, 1997). A atuação desses processos, na evolução das vertentes, ocorre juntamente com a escavação do vale, ou seja, através da erosão linear.

Penteado (1978) defende que, em um sistema morfoclimático de dominância de morfogênese bioquímica, o perfil normal de uma encosta, em vias de regularização, é o convexo no topo e côncavo na base. Porém, se a erosão linear for maior que a erosão areolar, o recuo e a suavização dos declives será lento e a convexidade do perfil da vertente tende a aumentar ou a se estender até a base.

Uma vertente esculpida em rocha homogênea, possuindo um manto de regolito contínuo, sem afloramentos rochosos e sem rupturas fortes de ângulo de declive, apresentando um perfil regularmente encurvado, convexo no topo e côncavo na base, é uma vertente com perfil de equilíbrio fluvial (Derreau, 1967; Penteado, 1978; Coelho Neto 1995; Cunha, 1995). Nesse caso, os processos de rastejamento e escoamento difuso esculpem o cume convexo; os de escoamento concentrado e laminar modelam a concavidade basal. A extensão relativa da convexidade e da concavidade depende da intensidade e da eficiência do escoamento concentrado.

Dentro dessa concepção, vamos supor uma vertente de perfil convexo-côncavo em equilíbrio. Se o cavamento do talvegue diminui ou cessa, a vertente diminui em altura e o declive médio reduzirá. O rastejamento será mais lento na

base e os detritos aí serão mais finos. Sobre detritos mais finos, o escoamento concentrado será mais eficaz. A concavidade estender-se-á gradualmente em direção ao cume ao mesmo tempo em que a convexidade diminui e o declive também. À medida que a vertente evolui, acontece o recuo do ponto de inflexão para posições cada vez mais elevadas em relação ao cume. A vertente, no conjunto, suaviza, o pico abaixa, mas a convexidade conserva-se no topo devido ao fato de que o rastejamento se mantém constante. Nesse ponto de evolução, a vertente apresentará um declive côncavo muito fraco e muito longo, dominado por convexidade bem reduzida. Assim seria atingido o estágio do equilíbrio, próximo do peneplano teórico de Davis. Porém, raramente a vertente atinge um perfil nessa situação, devido que as rupturas de equilíbrio, tectônicas ou bioclimáticas, promovem retomadas erosivas e reativação dos processos (Derreau,1967; Penteadó,1978; Christofolletti, 1980).

Um critério simples para a análise do equilíbrio das vertentes, foi proposto por Jahn em 1954 e 1963 (Penteadó, 1978), que divide os processos de formação das vertentes em dois grupos frente ao processo de desgaste ou desnudação que age paralelamente nas vertentes: balanço negativo e balanço positivo. Chama de balanço de equilíbrio de desnudação a condição em que a cobertura do regolito permanece intocada em espessura, com o tempo. Esse balanço depende da relação entre a componente vertical e a componente paralela ambas atuando na evolução das vertentes. O balanço permanece ativo ou passivo por curtos espaços de tempo, a tendência é para o restabelecimento do equilíbrio. Entretanto, essas relações não são testáveis por métodos diretos, pois exigem mensurações refinadas de meteorização e perda de solo, mas no entanto o conceito é válido.

Assim, a relação de balanço positivo e negativo de desnudação, face à natureza da rocha e a forma da vertente, pode ser assim interpretado: se as rochas são resistentes, a tendência é para balanço positivo na parte superior e negativo na inferior. Em rochas menos resistentes tende para o contrário, positivo

na base e negativo no topo. Encostas laterais de vales com perfil convexo apresentam balanço positivo na base e quase equilíbrio na parte superior.

A relação angular das vertentes, com o desenvolvimento do solo, varia frente aos processos morfogenéticos e uso do solo. Buting (1971) observou, estudando encostas nas latitudes médias, que uma camada contínua de solo pode existir em todos os ângulos inferiores a 40°. Destaca que ângulos de 32° a 37° são críticos para a estabilidade. Também observou que vertentes com declives de ângulos fracos, inferiores a 10°, normalmente estáveis, podem se tornar instáveis face à natureza do material detrítico de partículas muito finas. O incremento do material fino e a umidade reduzem a resistência do solo ao cisalhamento, facilitando colapsos e deslizamentos. Em vertentes cobertas de colúvios ou pedimentos, material inconsolidado, predominantemente arenoso, de baixa umidade, resiste pouco aos processos de erosão superficial e ao ravinamento. Esse fato pode ser observado em vertentes até com ângulos menores de 3°. Porém, o gradiente médio para deslizamentos de terra, fluxo de lama, deslizamentos de tálus e avalanchas de detritos é de 30°. A solifluxão (processo mais lento, cm ao ano) ocorre em vertentes com ângulos de declive de até 15°. Nunes et al. (2001), relacionando o comportamento da dissecação da paisagem às topolitosseqüências encontraram relação entre o condicionamento da paisagem e alguns tipos de solo. Perez Filho et al. (1980) concluíram pela semelhança entre os sedimentos do nível de pedimentação com o da vertente adjacente e que a maior parte das variações dos solos pode ser relacionada com aspectos da paisagem. Com o objetivo de comparar o relevo e o material erodido, Carvalho et al. (1983) estudaram bacias hidrográficas e concluíram que a relação de relevo mais elevada e relações de material erodido em solos arenosos, refletem um estágio de desenvolvimento de relevo mais jovem. Portanto, diante do exposto, uma vertente cuja forma expressa ajustamento entre a ação dos processos areolares e lineares define o conceito de vertente em equilíbrio.

2.2.3 Face à forma e característica do material

Pesquisando voçorocas em sedimentos cenozóicos, Rodrigues (1984) observou que esses se apresentam mal compactados, o que propicia uma ação erosiva intensa sobre eles. Concluiu que, em relação às características de compacidade dos sedimentos em seu estado natural, mostraram em relação ao Proctor Normal, graus de compacidade inferiores a 91% chegando até 78%. Obteve, para os ensaios de compressão uniaxial, valores que variaram de 0,04 até 0,30 kgf/cm² e ângulo de atrito interno de 20° 25°.

Muitos trabalhos sobre ocorrências erosivas mostraram associação dessas com formações sedimentares arenosas (Setzer, 1949; Prandini, 1974; Vieira, 1978; Furlani, 1980; Rodrigues, 1982; IPT, 1986; Veiga et al 1987; Cabral & Maciel Filho 1991; Suertegaray 1992; Ab'Saber 1995;). Conforme esses trabalhos, a principal razão do surgimento de erosões em sedimentos arenosos deve-se ao fato dessas formações favorecerem o desenvolvimento de solos de textura média e arenosa. Também mostraram que, nas áreas de ocorrência de rochas metamórficas e ígneas, predominam o rastejamento (creep) e nas áreas de rochas sedimentares ocorre em maior intensidade a erosão laminar. Porém, a influência da rocha ocorre de forma indireta, através do condicionamento de certas características do solo.

Mitchell & Bubbenzer (1980), Veiga et al. (1993), Azevedo & Kaminski (1995), Salomão (1999) e Schäfer et al. (2001) destacam algumas propriedades do solo que reconhecidamente afetam a sua erodibilidade. Entre elas está a textura, teor de matéria orgânica, estrutura do solo, óxidos de ferro e alumínio além da mineralogia e grau de intemperismo. Baixos teores de argila e de matéria orgânica conferem um caráter débil de resistência aos processos erosivos.

Prandini et al. (1982) observaram Latossolos Vermelhos na região de Casa Branca-SP e relacionaram a presença de um horizonte C altamente erodível, proveniente da alteração de arenitos feldspáticos com intercalações de argilitos e

siltitos da formação Aquidauana, à ocorrência de voçorocas. Conclusão semelhante foi observada por Parzanese (1991), em relação aos terrenos cristalinos constituídos por granitóides da região de Cachoeira do Campo-MG, considerando como principal condicionante à existência de um horizonte C de textura arenosa pouco coerente e bastante erodível.

Os solos com horizonte B textural são mais susceptíveis à erosão do que os solos com horizonte B latossólico. Essa constatação foi obtida por Lombardi Neto e Bertoni (1999), baseado-se na razão entre a relação de dispersão e a argila dispersa pela umidade equivalente.

A influência do relevo no ravinamento e desenvolvimento de voçorocas é enfatizada por Oka-Fiori e Soares (1976) que, estudando a ocorrência de ravinas e voçorocas nas folhas de Piracicaba, Rio Claro, São Pedro e Itirapina, em São Paulo, observaram que 95% dessas se desenvolviam em encostas convexas. O IPT (1986) concluiu pela maior concentração de ocorrências erosivas em relevos de transição e morrotes constituídas por vertentes relativamente declivosas, superiores a 15% e com perfis convexos passando a retilíneos. Justificou a concentração nesses sistemas de relevo pelo aspecto de que a existência comum de vertentes com rupturas de declive favorecem nesses locais a concentração de águas pluviais. Justificou também pelas ocorrências generalizadas associadas a substratos areníticos, de fundo de vales preenchidos por depósitos coluvionares arenosos, altamente suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos do tipo reativação de drenagens naturais.

A distribuição dos solos é determinada pelos processos e fatores de formação do solo. Entre os fatores de formação, o material, o clima e o relevo afetam as características dos solos em distintas escalas e intensidades. O relevo, devido a sua influência no fluxo superficial e subsuperficial da água, influi na formação dos solos, além de controlar a modelagem da paisagem. O clima atua diretamente pela influência da temperatura, da água e do vento, alterando os minerais das rochas, retrabalhando os produtos de alteração e, indiretamente,

condicionando o desenvolvimento da cobertura vegetal. Esta estabiliza as superfícies e intensifica os processos pedogenéticos, pela atuação dos compostos orgânicos e pela incorporação de material orgânico ao solo (Klamt & Schneider, 1995).

Trabalhando no Noroeste do Paraná, Muratori (1984) observou a influência das feições de ruptura de declive no desenvolvimento de processos erosivos. Considerou como fator condicionante da erosão do solo a topografia, expressa pelas diferenças altimétricas, declividade, forma e extensão da vertente. Estudou a forma da vertente (convexa, côncava, uniforme e complexa) abordando dois valores de declividade: 5% e 10%. Manteve a mesma amplitude altimétrica: sete metros. Concluiu que a forma convexa favorece mais a erosão do que a forma côncava e observou que o máximo de aprofundamento dos sulcos para cada tipo de vertente com 5% de declividade foi: Vertente côncava – 6mm; Vertente uniforme – 9mm; Vertente complexa – 14mm; Vertente convexa – 42mm. Para declividades de 10%, esses valores foram maiores, seguindo essa mesma ordenação. Também observou que essas formas modificam-se após etapas sucessivas de erosão, tendendo à concavidade, o que acarreta, por sua vez, uma diminuição na taxa de erosão.

O relevo tem como modelado formas de acumulação, aplanamento e dissecação. As formas de acumulação constituem as áreas onde predomina a acumulação de material. Nas formas de aplanamento há uma tendência de recuo e suavização das vertentes, mantendo o grau dos declives. Já as feições de dissecação baseiam-se no grau de entalhamento dos vales e na dimensão interfluvial. Portanto, a densidade da drenagem é fator de influência no grau de dissecação do relevo. Essa, por conseguinte, é resultante da ação dos processos erosivos atuantes ao longo da vertente. A densidade de drenagem, razão de textura, frequência de canais, textura geológica, comprimento médio dos canais e a relação de forma são índices que refletem o grau de dissecação do relevo (Ross, 2003).

A intensidade de rugosidade topográfica constitui importante indicador da fragilidade potencial que o ambiente natural apresenta (Ross, 2003). A rugosidade topográfica, ou índice de dissecação do relevo é determinada pela associação da densidade de drenagem e do grau de entalhamento dos canais.

2.3 Erosão do solo

No sentido negativo da exploração dos recursos naturais, destacamos o argumento que os recursos naturais de caráter renovável, como o solo, as florestas, a fauna silvestre, a água, cujo uso e preservação adequados convencionou-se denominar amplamente de conservação do solo, tem sido impetuosamente mal tratados por uma agricultura de exploração. Um profundo desequilíbrio na natureza vem sendo provocado, pela ignorância ou por limitações de ordem econômica e social (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Merece ser destacado ainda que o processo erosivo se manifesta de vários modos e seus efeitos apresentam grande amplitude, ao afetar diretamente as atividades econômicas e prejudicar de forma indireta diferentes segmentos da sociedade.

A partir do conhecimento de como, onde e porque as ravinas se formam é que se pode tomar medidas para evitar o surgimento dessas e reduzir a formação de voçorocas que evoluem a partir do processo de ravinamento.

Nesse sentido, os estudos relativos às cabeceiras de drenagem têm abordado uma questão bem aplicada, ou seja, que as cabeceiras de drenagem são características importantes que devem ser pesquisadas com maior detalhe. Por isso, é importante entender a conexão existente entre as ravinas, através de sua evolução, formando voçorocas, que evoluem para criar verdadeiras redes de canais de drenagem. Frente a isso, as chamadas áreas de cabeceiras de vale ou nichos de nascente assumem considerável importância uma vez que traduzem a conexão entre uma série de fatores. Guerra et al (1999), Coelho Netto (1995) e Cunha (1995) destacam as áreas de cabeceiras de drenagem como bastante

sensíveis aos processos erosivos. Essa sensibilidade está explicada pela conformação da vertente e pela convergência de fluxo superficial e subterrâneo, constituindo fonte de alimentação para os processos que causam incisões sobre as vertentes.

A relação existente entre as cabeceiras de drenagem com o estabelecimento dos processos erosivos pode ser observada através da semelhança entre os conceitos de canais incisivos em cabeceiras de vale e os processos de ravinamento e voçorocamento. Os canais incisivos são os limites superiores de transporte de fluxos e de sedimentos. Processos erosivos, tanto as ravinas como as voçorocas, são canais incisivos naturais resultantes de desequilíbrios naturais ou antrópicos.

Nesse raciocínio, a erosão hídrica assume papel relevante. Nela a chuva e o escoamento superficial são os agentes erosivos. A atuação desses agentes no solo pode causar o estabelecimento de ravinas e voçorocas, pois o fluxo concentrado tende a dissecar verticalmente o terreno. Esse processo agrava-se em áreas onde são desenvolvidas atividades primárias em ambientes susceptíveis aos processos erosivos. Isso vem a constituir-se em um grave problema, tanto para a agricultura como para o meio ambiente, e as conseqüências são sentidas através de perdas econômicas com reflexos sociais. Nesse sentido, no conhecimento geomorfológico encontra-se implícita a idéia de que o modelado terrestre evolui como resultado da influência exercida pelos processos morfogenéticos e o reflexo dessa evolução implica, de alguma forma, na sociedade.

2.3.1 Processos erosivos

A erosão envolve um conjunto de processos extremamente dinâmicos, no qual muitos deles atuam de forma contraditória, por vezes erodindo outras formando regolito e solo. A formação do solo ocorre como um processo

permanente, de agentes físicos, químicos e biológicos, ao longo de centenas de milhares de anos. A água contribui para o desenvolvimento dos processos pedogênicos, mas também remove os constituintes do solo provocando uma incessante relação de formação e remoção, onde a erosão é considerada como normal. Quando esse quadro de equilíbrio dinâmico é rompido pela interferência antrópica, esse processo é dinamizado, intensificando-se e excedendo-se à formação dos solos, acontece a erosão acelerada.

Erosão do solo é um processo de desagregação, transporte e deposição de partículas de solo provocadas por um agente erosivo (Cassol & Reichert 2002). Portanto, a erosão traduz-se na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras. A erosão geológica ou normal ocorre na superfície terrestre sob condições naturais. Erosão acelerada é decorrente do aumento da taxa de erosão sobre a erosão geológica ou normal, resultado do desequilíbrio ambiental e devido às atividades humanas. Erosão bruta é a quantidade total de material desprendido e removido pela ação dos agentes erosivos numa determinada área, em dado tempo (Daniels & Hammer, 1992; Cavaguti et al. 1995; Porto, 1996; Guerra, 1999).

A água, ao escoar pela superfície das vertentes, pode lavá-la sem provocar a formação de canais definidos. Nesse caso, o processo denomina-se erosão laminar. Essa é caracterizada pelo desgaste e arraste uniforme e suave em toda a extensão sujeita ao agente.

Quando ocorre a concentração de água, provocando a formação de sulcos, ravinas e voçorocas, denomina-se erosão por escoamento concentrado ou linear. Nesse caso há formação do canal onde ocorre a concentração de escoamento, incremento rápido em profundidade e largura onde a cabeceira move-se para montante

Tanto a erosão laminar como a linear, estabelecem elevado grau de degradação da superfície terrestre. Em estágio avançado, a erosão linear deixa

cicatrizes na paisagem. A erosão laminar desenvolve-se de forma gradual, não se fazendo notar com facilidade (Guerra, 1999).

Em superfície, a erosão depende da ação das precipitações e do escoamento superficial difuso. Nesse sentido, o escoamento é função da declividade do terreno e das condições climáticas. O impacto das águas desagrega o solo em partículas mais finas, capazes de serem arrastadas pela corrente. A desagregação e o carreamento para jusante são função da intensidade da precipitação e da coesão do solo (Schäfer, 1999). O poder erosivo da água depende da densidade e velocidade do escoamento, da espessura da lâmina d'água, da inclinação e comprimento da vertente e da presença de vegetação. A erosão em profundidade ou subterrânea, por fluxos tubulares, acontece pela existência de um gradiente hidráulico. Essa é favorecida por perfurações abertas pelo sistema radicular de plantas, animais escavadores, movimento de dessecação do manto rochoso pelo intemperismo, deslizamentos nos depósitos colúvio-aluvionares de encostas ou nas estruturas reliquias das rochas originais, impressas na massa de solo residual (Guerra, 1999).

Christofolletti (1973, 1980, 1983, 1987), baseou o conceito de evolução de ravinas no fato de que, quando a precipitação excede a capacidade de infiltração, se inicia o escoamento superficial. A água acumula-se em depressões (microtopografia) na superfície até começar a descer a encosta através de um lençol (sheetflow), que pode evoluir para uma ravina. Nesse processo, o fluxo passa a ser linear (flowline), depois evolui para micro-ravinas (micro-rills), e a seguir para micro-ravinas com cabeceiras (headcuts). Ao mesmo tempo pode ocorrer também o desenvolvimento de bifurcações através de pontos de ruptura de ravinas. Baccaro (1994) destaca que o ravinamento corresponde ao canal de escoamento pluvial concentrado, apresentando feições erosionais com traçado bem definido. Com o passar do tempo, o canal aprofunda-se devido à erosão das enxurradas, podendo atingir até alguns metros de profundidade. Esses se formam

devido à variação da resistência à erosão, que também é devida a mudanças na declividade dos terrenos.

O fenômeno erosivo relacionado à ação conjugada das águas superficiais e subsuperficiais é defendido por Furlani (1980) ao reconhecer entre as causas geradores das voçorocas. Formulação semelhante foi apresentada, entre outros, por Setzer (1949), Pilcher (1953), Cavaguti et al. (1995), Baccaro (1994), Salomão (1994), Silva e Cruz (1995).

O caráter cíclico das voçorocas naturais acusa a existência de quatro fases distintas relativas ao seu desenvolvimento: a erosão do canal e encaixamento, o retrocesso da cabeceira e rápido alargamento, e a recomposição e estabilização (Bigarella & Mazuchowski, 1985).

Entre os fatores naturais, relativos ao processo de voçorocamento, destaca-se o clima, especialmente a pluviosidade, o tipo de solo, o relevo, e o tipo de substrato geológico. Embora vários trabalhos enfatizem tais processos erosivos como naturais, policíclico, provocado por modificações exteriores ao sistema, climáticas ou tectônicas, que acarretam um desequilíbrio hidrológico, cujo resultado é a expansão das cabeceiras de drenagens e adaptações das vertentes à novas condições, climáticas ou de nível de base, Salomão (1994) observa que os processos de ação da água de superfície e de subsuperfície, responsáveis pelo desenvolvimento das ravinas e voçorocas dependem da conjugação de fatores naturais e de uso e ocupação do solo. Argumenta que dada à complexidade dos processos erosivos por ravinas e voçorocas, para o seu entendimento precisa-se de enfoques multidisciplinares envolvendo vários campos do conhecimento, por exemplo, geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e engenharia entre outros, com abordagem metodológica voltada a integração das questões relacionadas às causas e condicionantes.

Diversos processos estão presentes na voçoroca, entre eles os relacionados com o escoamento pluvial (lavagem superficial e formação de

sulcos), de erosão interna do solo (piping), solapamentos e escorregamentos dos solos (Salomão, 1994; Guerra, 1999).

Há três tipos de voçorocas: ovóides, coalescentes e lineares, conforme ilustra a figura 3. As formas ovóides são mais típicas e apresentam a configuração de um anfiteatro de paredes íngremes na parte superior e um canal estreito à jusante. As formas coalescentes são constituídas por mais de um anfiteatro à montante, sendo resultante de reentrâncias nas paredes laterais, que evoluem de forma independente. As formas lineares apresentam um grande desenvolvimento longitudinal, assemelhando-se a um cânion, mas terminando, igualmente por um canal estreito. Baccaro (1994) destaca que as voçorocas que não apresentam o estreitamento na parte inferior evoluem por escorregamentos dos taludes das estradas ou solapamentos nas bordas dos cursos d'água. Observa também que, entre os processos básicos envolvidos na gênese dessas formas, podem ser citados os escoamentos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos. Argumenta ainda que esse fenômeno se caracteriza pelo desenvolvimento inicial em grande velocidade e por sua ocorrência em locais de solos ou rochas friáveis.

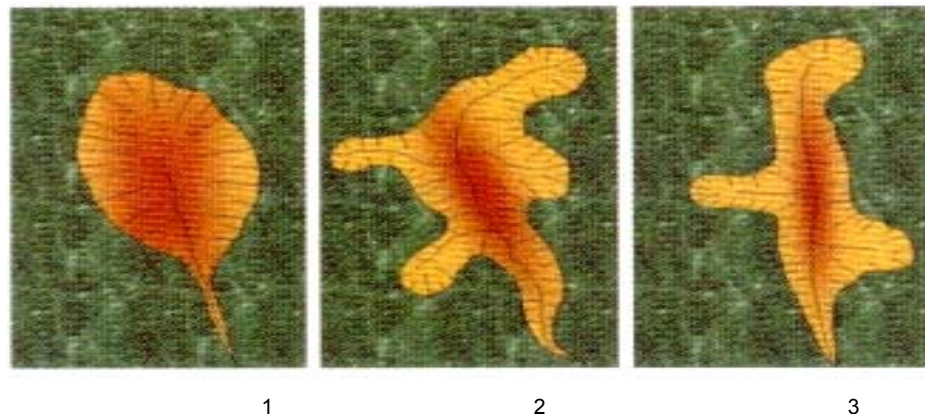


Figura 3. Tipos de voçorocas: (1) ovóide; (2) coalescentes; (3) lineares.
Fonte: CEMIG (2001, p.8)

A instabilidade das vertentes constitui um dos problemas relacionados aos processos erosivos. Em função de serem, as vertentes, a forma de relevo

predominante na superfície terrestre e de servirem de suporte à quase totalidade das atividades humanas, há necessidade da compreensão cada vez mais detalhada dos fatores que regulam a sua dinâmica. O relevo resulta da ação processual ao longo do tempo, a qual pode ser reconstituída através das evidências intimamente ligadas a paleoformas, com depósitos correlativos.

Conforme Caseti (1994, p.39) “A evolução do relevo, analisada ao longo do tempo geológico, necessariamente incorpora o antagonismo determinado pelas forças endógenas, comandadas pelas atividades tectônicas, e exógenas, relativas aos processos morfoclimáticos...”. Porém, deve-se considerar que, a partir do momento em que se procura analisar o relevo atual, os fatores internos ficam em um segundo plano, uma vez que os seus reflexos são sentidos, sobretudo, em uma escala de tempo geológico, exceto manifestações catastróficas como vulcanismos ou abalos sísmicos. A figura 4 ilustra a dinâmica processual em geomorfologia.

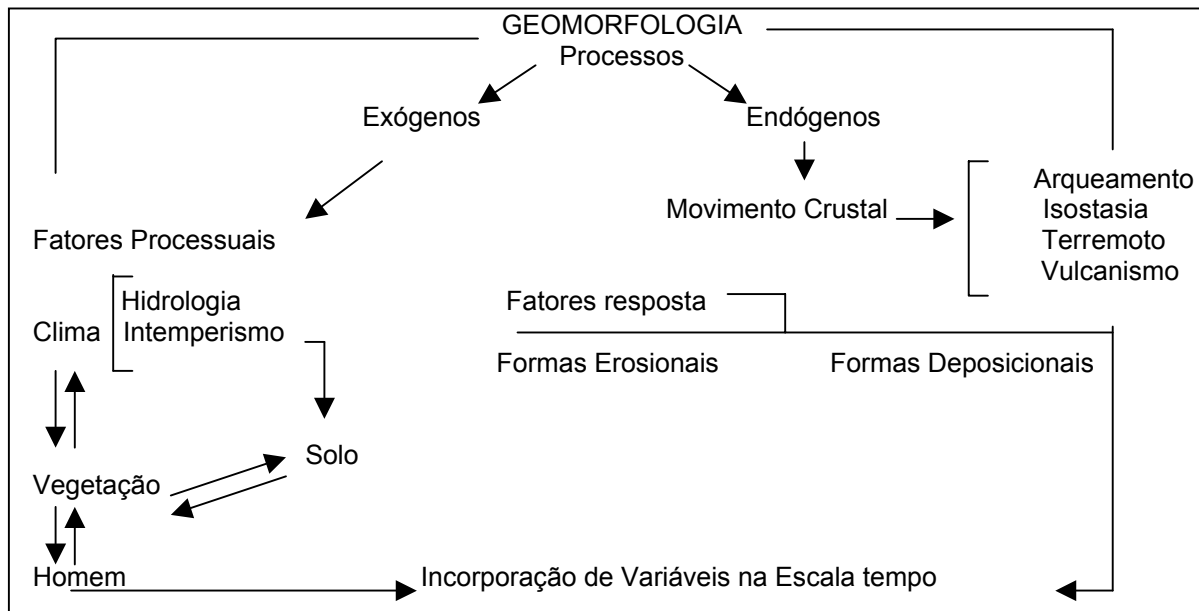


Figura 4. Dinâmica processual em geomorfologia
 Fonte: Caseti (1994 p.40).

Nesse sentido, merecem destaque os movimentos do regolito. Esses correspondem a todos movimentos gravitacionais que promovem a movimentação

de partículas ou partes do regolito pela encosta. Dentre esses, o rastejamento, que afeta grandes áreas, é a movimentação lenta dos vários horizontes do solo. A solifluxão corresponde ao movimento quando o regolito encontra-se saturado de água e é rompido o limite de fluidez. Os deslizamentos atendem ao princípio da solifluxão, entretanto a função do nível de deslizamento pode ser dada por uma rocha sã ou por horizontes possuidores de maior quantidade de elementos finos, siltes ou argilas, favorecendo atingir de maneira mais rápida o limite de plasticidade e o de fluidez. Os desmoronamentos são o deslocamento rápido de blocos do regolito quando o solapamento cria vazios na parte inferior da vertente.

O termo encosta substitui a denominação “vertente”. Por essa designação entendem-se os espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície da crosta, os quais definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos. As formas do relevo podem ser côncavas, convexas ou retilíneas e são resultantes da ação de processos erosivos e/ou deposicionais subseqüentes. Entre os topos e os fundos de vales, transitam sedimentos e diversos elementos detríticos ou solúveis, através de mecanismos associados às águas ou aos ventos ou ao gelo, em interações com as forças gravitacionais. A figura 5 ilustra o fato de que os fundos de vales constituem-se em coletores, que, então, vão transferir os materiais transportados das encostas para jusante e, por meio de fluxos concentrados em canais, irão conectar-se com outros sistemas coletores, formando as redes de drenagem. A água constitui um elemento físico importante na composição da paisagem terrestre, interligando fenômenos da atmosfera inferior e da litosfera, e interferindo na vida vegetal, animal e humana, a partir da interação com os demais elementos de seu ambiente de drenagem (Coelho Netto, 1995; Fiori & Carmigiani, 2001).

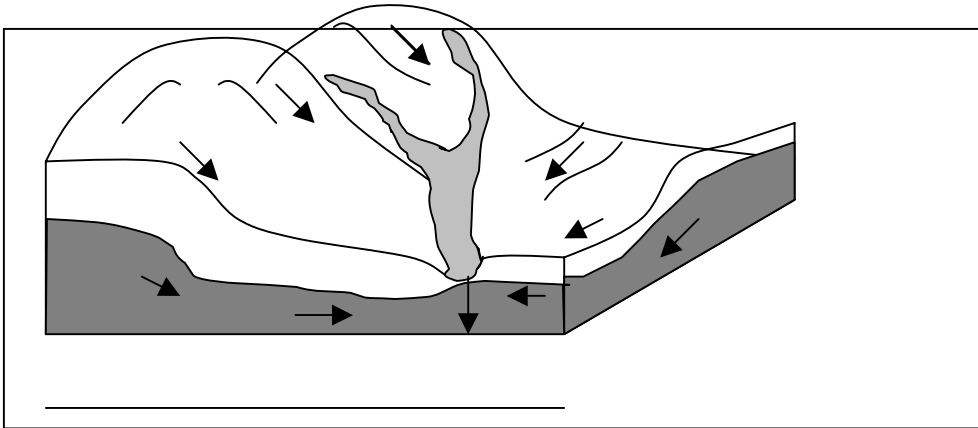


Figura 5. Convergência dos fluxos das encostas para os fundos de vales em superfície, subsuperfície e através de canais interconectados.

Fonte: Coelho Netto (1995).

Organização do autor

Para o entendimento dos processos geomorfológicos que comandam as transformações do relevo sob as mais variadas condições climáticas e geológicas, é importante o reconhecimento, localização e quantificação dos fluxos d'água nas encostas. As rotas preferenciais dos fluxos superficiais ou subsuperficiais definem os mecanismos erosivo-depositivos preponderantes e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo), que compõem o respectivo ambiente de drenagem. Alterações na composição desses fatores podem induzir a modificações significativas na dinâmica espaço-temporal dos processos hidrológicos atuantes nas encostas e, conseqüentemente, no trabalho geomorfológico (Coelho Netto, 1995).

O enfoque dado à integração de argumentos geomorfológicos e estratigráficos, na apreensão das transformações ambientais, justifica-se dentro do modelo evolutivo onde as cabeceiras de drenagem teriam origem no recuo diferencial das encostas. Os segmentos côncavos teriam recuado mais rapidamente que as encostas convexas, que constituiriam as áreas-fonte dos depósitos encosta abaixo. Essa dinâmica de erosão e sedimentação levaria ao

desenvolvimento de feições deposicionais características nas reentrâncias das cabeceiras de drenagem em anfiteatro (Guerra, 1999).

Pequenos vales não canalizados, conforme Hack e Goodlett (1960), são caracterizados por uma conformação topográfica côncava em planta, configurando cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatro. Correspondem aos primeiros formadores da rede de drenagem e destacam-se como locais de fluxos temporários, durante chuvas de grande magnitude.

Apesar das cabeceiras de drenagem em anfiteatro apresentarem significativa frequência de ocorrência nas áreas tropicais úmidas, pouco se conhece sobre suas características geométricas, além da descrição como feições associadas às concavidades da topografia. A classificação proposta por Hack & Goodlett (1960) e Hack (1965) introduziu uma classificação para os segmentos de encostas, fundamentada no seu aspecto geométrico. Essa classificação estabelece que a área dos interflúvios, cujos contornos são convexos em planta e perfil, é definida como saliência (nose); a zona de contornos aproximadamente retilíneos em planta e perfil existente entre o segmento convexo e o fundo de vale é denominada encosta lateral (side slope); a parte central da cabeceira de drenagem, ou qualquer outra área da encosta, cujos contornos são côncavos em planta e perfil é definida como reentrância (hollow). Definem também as áreas caracterizadas por contornos côncavos adjacentes ao canal fluvial com base da encosta (foot slope); aquelas situadas na parte frontal da cabeceira de drenagem que apresentam contornos côncavos em planta e retilíneos em perfil são denominadas de encosta frontal (head slope).

De acordo com Dietrich et al. (1986), as características geométricas das cabeceiras de drenagem em anfiteatro condicionam fortemente os processos de escoamento e o transporte de sedimentos. Destaca que as áreas côncavas concentram fluxos d'água subsuperficiais facilitando o aumento da poro-pressão e a geração de fluxos superficiais saturados na sua porção inferior. Atuam, do mesmo modo, na convergência do material intemperizado e pedogeneizado nas

encostas, removido para jusante por diferentes processos como rastejamento (creep), escoamento superficial (rainwash), escoamento em lençol (sheetwash) e em sulcos (rill erosion). Demattê & Marconi (1991) estudaram a influência da drenagem na formação de solos e concluíram que a gênese de argilominerais, como a montomorilonita, está associada às condições de drenagem imperfeita.

Nos últimos anos, tem-se desenvolvido a idéia de que a complexidade das respostas aos fatores desestabilizadores da paisagem estaria associada não apenas às interferências externas, mas representaria algo inerente à própria evolução do sistema, à sensibilidade da paisagem às modificações ambientais, existindo subsistemas de alta sensibilidade ao lado de áreas praticamente estagnadas. Essa perspectiva levou ao modelo hipotético sobre os processos atuantes na evolução da paisagem, fundamentado na capacidade do sistema em estocar energia até atingir limites críticos (Parker 1985), os quais corresponderiam a eventos episódicos de erosão e sedimentação (Schumm, 1977) que ocorrem, diferencialmente, no tempo e no espaço, conforme a posição de cada elemento em relação às condições críticas gerais. As condições de nível de base positivo e negativo, respectivamente, dinâmicas de agradação e degradação dos sistemas fluviais produzem, quando em agradação, pequenas alterações na morfologia, determinando o reafeiçoamento parcial da topografia, enquanto o nível de base em degradação promove intenso retrabalhamento dos materiais, responsáveis pelo reafeiçoamento total das formas de relevo.

Assim, a abordagem das interrelações entre a dinâmica fluvial e a vertente objetiva uma compreensão integrada da evolução da paisagem e corresponde a uma visão recente dos estudos sobre a dinâmica de evolução do relevo frente ao modelado.

2.3.2 Perdas por erosão

Apesar de ser um problema em escala mundial, a erosão dos solos acontece de forma mais dramática nos países subdesenvolvidos e naqueles em desenvolvimento, com regimes de chuvas tropicais. No entanto, é um problema que afeta também os países ricos que também vêm se preocupando com a erosão. Morgam (1986) observa que, embora a erosão seja um problema relacionado com a agricultura em áreas tropicais e semi-áridas, nos últimos anos tem ocorrido também em áreas utilizadas para transporte e recreação, e vem se alastrando em países temperados europeus.

A intensa exploração dos recursos naturais é facilitada pelo avanço tecnológico. Entretanto, em algumas situações ocorre um manejo inadequado, esse uso incorreto deflagra degradações ao meio ambiente. Também ocorrem degradações ativadas ou reativadas por processos naturais. Tanto o uso incorreto como a ação da natureza trazem conseqüências diversas com reflexos sociais e econômicos. Fica mais evidente a degradação decorrente das modificações ambientais induzidas pelo homem no processo de utilização dos recursos naturais. Esses estão relacionados principalmente com a ocupação de áreas inadequadas para urbanização e agricultura, desmatamento indiscriminado, provocando erosão e/ou contaminação de aquíferos e assoreamento de rios e lagos.

No Brasil, um dos fatores de desgaste que mais seriamente tem contribuído para a improdutividade é a erosão hídrica do solo. Essa é facilitada e acelerada por práticas inadequadas de manejo na agricultura

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) permite estimar as perdas por erosão e considerar a erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento de rampa (L), grau de declive (S) denominados desencadeadores, e também o tipo de cultura (C) e práticas conservacionistas (P), denominados fatores atenuantes (Mitchell & Bubenzer, 1980; Pundek, 1994; Morgam, 1995).

Considerando os componentes ativos de perdas, o fator chuva apresenta-se como um índice numérico que representa o potencial, ou seja, a capacidade da chuva e enxurrada para provocar erosão numa determinada área. As perdas provocadas por chuvas apresentam uma proporção direta com o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. O produto da energia cinética pela intensidade ou valor EI_{30} (índice de erosão) é considerado a melhor relação encontrada para medir a potencialidade erosiva da chuva. Dessa maneira, a capacidade potencial da chuva em provocar erosão é denominada de erosividade da chuva.

As chuvas que apresentam mais de um pico de alta intensidade durante a sua ocorrência têm baixa correlação entre o índice de erosividade EI_{30} e as perdas de solo e água (Mehl, 2000; Eltz et al., 2001). Em condições tropicais, picos de alta intensidade e de curta duração possuem maior correlação com as perdas de solos do que o índice EI_{30} (Lal, 1976; Mehl, 2000).

As precipitações atuam como importante regulador das condições ecológicas e geográficas de uma determinada região. Portanto, a quantidade, seu regime sazonal ou diário e a intensidade de cada chuva individual são algumas das características que interferem na natureza e magnitude do trabalho geomorfológico.

A umidade do solo é uma variável importante no processo de erosão, porque quanto mais úmido o solo fica, mais rapidamente pode atingir a saturação. Essa propriedade pode variar durante o ano, e até mesmo diariamente e tem grande relevância no processo de erosão (Schäfer et al., 2001).

Nesse sentido, o fator erodibilidade é uma descrição quantitativa das perdas inerentes de um determinado solo. Esse fator reflete que diferentes materiais se erosionam a diferentes taxas quando os demais fatores de erosão são os mesmos. As propriedades do solo que afetam a taxa de infiltração também afetam a erodibilidade. Os parâmetros considerados são a percentagem de silte

mais areia fina, percentagem de areia, conteúdo de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade (Mitchell & Bubenzer, 1980).

O fator comprimento de rampa e o grau de declividade representam o fator topográfico. O comprimento de rampa se define como a distância desde o ponto de origem do fluxo sobre a superfície até o ponto onde a declividade diminui o bastante para que ocorra a deposição, ou até o ponto no qual o escoamento encontra um canal definido. O grau de declividade é o ângulo formado pela rampa em relação à horizontal. É expresso geralmente em percentagem (Mitchell & Bubenzer, 1980).

Tomando-se como referencial o modelado do relevo (acumulação, dissecação, aplanamento, dissolução) e as fases pela qual passa a erosão: remoção, transporte e deposição, e o modelado de dissecação do relevo, tem-se o primeiro grande indicador da fragilidade potencial que o ambiente apresenta. A densidade de drenagem associada ao grau de entalhamento dos canais, combinados, determina o índice de dissecação do relevo e define também a dimensão interfluvial média dos conjuntos homogêneos. Com essa hierarquização é possível espacializar o grau de fragilidade natural do ambiente.

2.4 Propriedades físicas e mecânicas e a validação da relação com a erosão

Os fatores que influenciam nos processos erosivos não atuam da mesma forma em todos os solos. Os atributos físicos, tais como estrutura, textura, densidade (γd), porosidade (e), índice de vazios máximo ($e_{m\acute{a}x}$), índice de vazios mínimo ($e_{m\acute{i}n}$), grau de compactação (GC), limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), limite de contração (LC), assim como outras características químicas e biológicas do solo, respondem de diferentes maneiras na erosão do solo.

O escoamento superficial ocorre quando a intensidade de precipitação excede a capacidade de infiltração do solo e a capacidade de armazenamento é

superada. O processo de infiltração pode descrever-se em forma quantitativa resolvendo a equação de transporte ou considerando uma relação entre a infiltração acumulada e tempo expressa em função de parâmetros de base física ou empírica (Haverkamp et al., 1990).

Há muito são conhecidas as relações entre a descarga de água e a concentração de sedimentos em cursos fluviais. Essas mostram variações importantes em vários momentos na escala de tempo. A relação entre a concentração de sedimentos e a descarga numa vertente é diferente entre as estações do ano e, ainda, devido ao desenvolvimento das formas de uso e a influência de crostas. Essas variações, na relação infiltração-descarga de água, fazem deduzir sobre os vários processos que contribuem para a exportação de sedimentos de uma vertente onde a maioria dos sedimentos é levada através de vertentes declivosas (Steege et al., 2000).

A infiltração de água no solo descreve a funcionalidade do sistema poroso, englobando propriedades como quantidade, tamanho, morfologia, continuidade e orientação dos poros (Reichert et al. 1992, Schäfer et al., 2001). Portanto, é variável de uma área para outra. Conforme Ellies et al. (1997), a condutividade hidráulica é mais dependente da estrutura que da textura do solo. Destaca que essa decresce quando a estrutura se degrada. Argumenta também que a estabilidade dos agregados coincide com uma alta variação na condutividade. A variação produzida depois de um fluxo contínuo de água se deve a formação de oclusões ou aberturas que provocam mudanças na continuidade do sistema poroso.

Um dos parâmetros mais importantes que influencia a condutividade hidráulica do solo é a continuidade dos poros e não apenas o volume de macroporos (Silva, 2003). Argumenta que a capacidade de armazenamento de água no solo é determinada pelas características físicas do solo (inerentes à sua composição) e a fatores relacionados ao manejo.

Por sua vez, a compactação do solo equivale a uma redução no seu volume, expressando-se em diminuição da capacidade de armazenamento de água e ar. Isso impacta o balanço hídrico e gera conseqüências morfológicas na paisagem.

A magnitude da compressão ou deformação do solo devido a uma pressão está determinada pela velocidade de deslocamento dos fluídos. Ellies & Smith (1996) reforçam que essa varia com a umidade, sistema poroso e condutividade hidráulica. Isso faz com que o solo e o saprólito variem em adensamento com o tempo, e variem, entre outros fatores, com a carga aplicada sobre eles. Quando a pressão supera a resistência do solo (ou saprólito), alteram-se suas propriedades estruturais, químicas e biológicas.

Ellies & Dörner (1999) argumentam que em solos com baixa densidade o coeficiente de compressibilidade é alto porque as tensões transmitem-se a uma maior profundidade; as linhas de tensão orientam-se ao redor de um eixo vertical que passa pelo centro da área de contato. Esse decresce em solos agregados, firmes e secos.

Portanto, a compressibilidade depende do tipo de solo. Em solos (ou saprólito) arenosos (não coesivos), devido à sua alta permeabilidade, a compressibilidade ocorrerá rapidamente, pois a água poderá drenar facilmente. Nos solos ou saprólito coesivos (argilosos), a saída de água é lenta, devido à baixa permeabilidade e a compressão se dá de forma mais lenta. Assim as variações volumétricas dependem do tempo, até que se conduza o solo (ou saprólito) a um novo estado de equilíbrio, sob as cargas aplicadas. Essas variações que acontecem em solos e em sedimentos do manto de intemperização, ao longo do tempo constituem o processo de adensamento.

A textura tem influência direta sobre a maior ou a menor quantidade de material arrastado pela erosão. Bertoni & Lombardi Neto (1999) argumentam que o solo arenoso, com espaços porosos grandes, durante uma chuva de pouca intensidade, pode absorver toda a água, não havendo, portanto, nenhum dano.

Entretanto, como possui baixa proporção de partículas argilosas, que atuam como uma ligação entre partículas grandes, pequena quantidade de enxurrada que ocorre na sua superfície pode arrastar grande quantidade de solo. Nos solos argilosos, com espaços porosos bem menores, a penetração de água é reduzida, escorrendo mais na superfície, entretanto, a força de coesão das partículas é maior, o que faz aumentar a resistência à erosão.

A densidade dos solos e do saprólito, expressa como a relação existente entre a massa de uma amostra seca e a soma dos volumes ocupados pelos poros e partículas (Caputo, 1981), é outro fator controlador que deve ser levado em conta quando se tenta compreender os processos erosivos, pois se refere à maior ou menor compactação dos solos (Guerra & Cunha, 1995).

A porosidade, definida como sendo o volume de vazios ou ainda o espaço do solo não ocupado pelo conjunto dos componentes orgânicos e inorgânicos, depende, principalmente, da textura e da estrutura. (Hillel, 1980).

O arranjo ou a geometria das partículas determina a quantidade e a natureza dos poros existentes. Como essas variam em tamanho, forma, regularidade e tendência à expansão pela água, os poros diferem muito quanto à forma, comprimento, largura e tortuosidade, além de outras características (Libardi, 1999). Pelo motivo do volume de poros depender da composição granulométrica e da estruturação, os limites entre os quais varia a porosidade total são bastante amplos. Entretanto, é conhecido que os solos ou materiais com partículas de tamanho uniforme são mais porosos do que os de partículas de diferentes tamanhos. Portanto, materiais bem graduados apresentam porosidade maior dos que os mal graduados, é que neste caso as partículas finas podem preencher muitos dos espaços vazios existentes entre o material grosseiro.

Os principais fatores que influenciam no coeficiente de infiltração (CI) são a textura, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura, fluido, macroestrutura e a temperatura. Os tamanhos das partículas influenciam no valor do coeficiente de infiltração. Materiais (solos e sedimentos) pedregulhosos, sem finos

com partículas com diâmetro superior a 2 mm apresentam maior CI quando comparados aos com partículas finas. O índice de vazios relaciona-se com a porosidade. Portanto, quanto mais porosos for o solo e o sedimento, maior será o índice de vazios, e, por conseguinte, o CI. Quanto à macro-estrutura é importante mencioná-la principalmente em solos e saprólito que guardam as características do material de origem com diáclases, fraturas, juntas, estratificações. No que diz respeito ao fluido e à temperatura, quanto maior a temperatura, menor viscosidade d'água e, portanto, maior permeabilidade (Kiehl, 1979; Hillel, 1980; Libardi, 1999).

O índice de vazios mínimo corresponde ao estado mais compacto que um solo ou saprólito não coesivo pode ser colocado. Para os materiais não coesivos, o em_{áx} e o em_{in} constituem-se nos parâmetros básicos para avaliação do estado de compactação. O em_{áx} ocorre quando a densidade de solo seca é mínima, o que corresponde ao estado menos denso em que um material não coesivo pode ser colocado (Caputo, 1981; Holtz & Kovacs, 1981).

As propriedades de resistência ao cisalhamento, compressibilidade e permeabilidade podem apresentar diferenças, no mesmo estado de compactação, para solos distintos (Holtz & Kovacs, 1981). Podem apresentar diferenças acentuadas, dependendo da granulometria e formato dos grãos. O ângulo de atrito do solo é influenciado por diversos fatores. A compactação do solo é um dos fatores mais influentes. O entrosamento entre os grãos pode ser caracterizado pela compactação ou pelo índice de vazios inicial da amostra, que se for pouco densa apresentará maior valor de índice de vazios que o de uma areia compacta ou densa. Outros fatores que influenciam na resistência das areias, como o tamanho das partículas (areias grossas possuem ângulo de atrito maior que as areias finas), a forma dos grãos (areias com grãos angulares apresentam maior resistência que aquelas que possuem grãos de forma regular), distribuição granulométrica (quanto mais bem distribuídas granulometricamente a areia, melhor o entrosamento existente e, conseqüentemente, maior o ângulo de atrito) (Vargas, 1977).

A resistência ao cisalhamento é a propriedade que os solos possuem de resistirem ao deslizamento de uma seção em relação a uma outra próxima. Essa resistência cresce com a pressão normal ao plano de cisalhamento. A resistência ao cisalhamento de um solo em qualquer direção é a tensão de cisalhamento máxima que pode ser aplicada à estrutura do solo naquela direção. Quando esse máximo é atingido, diz-se que o solo rompeu, tendo sido totalmente mobilizada a resistência do solo. Envolve duas componentes: atrito e coesão. Esses dependem da umidade e do índice de vazios. O atrito é função da interação entre duas superfícies na região de contato. A atração química entre partículas (óxidos, hidróxidos e argilas) pode provocar a existência de coesão (Vargas, 1977; Holtz & Kovacs, 1981). No que se refere às argilas, a coesão é resultante de forças de natureza eletroquímica, geradas entre as partículas, de maneira que sua aproximação, resultante da compactação, ou seja, de um menor índice de vazios, tende a aumentá-la. No entanto, diminui com o aumento da umidade, que, pela maior presença de água nos interstícios, tende a diminuir as forças de natureza eletroquímica. O aumento do atrito interno dependerá do atrito gerado entre as partículas e do seu entrosamento. Entende-se que a aproximação dos grãos e o seu melhor arranjo são resultantes de um baixo índice de vazios e de um teor de água que não cause o distanciamento entre elas. Maior aproximação e entrosamento das partículas, ocasionando um aumento da coesão e do atrito interno, proporcionam aumento da resistência ao cisalhamento. Com a redução do índice de vazios, a capacidade de absorção de água e a possibilidade de haver percolação diminuem substancialmente. Portanto, compactação, compressibilidade e cisalhamento são propriedades dinâmicas e correlacionam-se entre si (Vargas, 1977; Caputo, 1981; Dias Junior, 1999; Silva, 1999 b; Silva et al.,2000; Silva et al.,2002).

Os solos ou materiais que apresentam uma certa quantidade da fração fina (silte e argila) podem ser submetidos a ensaios para determinação das propriedades plásticas, que estão intimamente ligadas com a umidade do solo.

Entende-se por consistência a influência que as forças de coesão e de aderência exercem sobre os constituintes do solo, conforme seus estados de umedecimento (Hillel, 1980). Propriedades como resistência à ruptura ou tenacidade, facilidade de esboroamento ou friabilidade, facilidade de moldagem ou plasticidade, capacidade de aderência ou viscosidade, são exemplos de formas de consistência. As forças que unem as superfícies sólidas são devidas à tensão superficial existente nos meniscos formados pelas películas de água que envolve as partículas. A coesão é proporcional à tensão superficial existente na película de água, variando inversamente com o diâmetro das partículas sólidas. Assim materiais arenosos, grosseiros, têm baixa coesão. Solos ou materiais argilosos, de textura fina, tem alta coesão (Hillel, 1980).

A plasticidade é a propriedade de solos finos, entre largos limites de umidade, de submeterem-se a grandes deformações permanentes, sem sofrer ruptura, fissuramento ou variação de volume apreciável. Assim, o limite de plasticidade (LP) é o teor de umidade mínimo no qual a coesão é pequena para permitir deformação, porém suficientemente alta para garantir a manutenção da forma adquirida. O limite de liquidez (LL) de um solo é o teor de umidade que separa o estado de consistência líquido do plástico e para o qual o solo apresenta uma pequena resistência ao cisalhamento. O limite de contração (LC) é o teor de umidade que separa o estado semi-sólido do sólido. A partir desse limite o solo ou material secará a volume constante (Vargas, 1977; Caputo, 1981; Holtz & Kovacs, 1981; Fiori & Carmignani, 2001).

2.5 Paisagem e Geossistema

Quanto ao conceito de paisagem, cabe destacar os argumentos de Tricart (1982) de que a palavra paisagem é vítima de sua vinculação ao vocabulário comum. Argumenta que a influência da geomorfologia influi sobre a circulação e comportamento das substâncias dissolvidas. Os termos populares, designando

tipos de meios naturais, habitualmente associam uma noção de relevo e vegetação e, em torno desses dois elementos, uma gama de conotações dirigidas ao clima, solos e a inserção dos homens no meio ambiente.

Paisagem é, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica e, portanto, instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos os quais reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução (Bertrand, 1968). Ela é a expressão material, concreta, da organização do espaço e, assim, constitui-se numa categoria de análise, sendo o primeiro indicador para o reconhecimento da diferenciação espacial (Ribeiro, 1989). A natureza participa como suporte material, regida por leis próprias que regulam sua dinâmica.

A paisagem não se restringe apenas ao relevo, ela comporta muitos outros elementos dos complexos geográficos e que se traduzem nela. Isso refoça o conceito proposto por Defontaines (1973), referido por Tricart (1982), de que uma paisagem é uma porção perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e interações as quais, num dado momento, não percebemos senão o resultado global.

Disso conclui-se que a paisagem é heterogênea por definição e um limite é sempre difícil de ser estabelecido. As paisagens denominadas “físicas” são, quase sempre, amplamente remodeladas pela exploração antrópica. Nessa concepção Bertrand (1968) destaca três aspectos importantes para a delimitação e classificação da paisagem: (1) a delimitação não deve nunca ser considerada como um fim em si, mas somente como um meio de aproximação em relação com a realidade geográfica. Ao invés de impor categorias pré-estabelecidas, trata-se de pesquisar as discontinuidades objetivas da paisagem; (2) é preciso procurar talhar diretamente a paisagem global tal qual ela se apresenta. A delimitação será mais grosseira, mas as combinações e as relações entre os elementos, assim como os fenômenos de convergência aparecerão mais claramente. A síntese vem substituir a análise; (3) o sistema taxonômico deve permitir classificar as

paisagens em função da escala; situá-las na dupla perspectiva do tempo e do espaço. Há para cada ordem de fenômeno “inícios de manifestações” e de “extinção” e por eles pode-se legitimar a delimitação sistemática das paisagens em unidades hierarquizadas.

Nessa perspectiva, Sotchava (1982) propôs uma abordagem sistêmica, ou seja, a paisagem vista como um sistema, o geossistema. Chistofolletti (1981) destaca o geossistema como um espaço que se caracteriza pela homogeneidade dos seus componentes, suas estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o sistema do ambiente físico e onde há exploração biológica. Observa que, embora os ecossistemas sejam fenômenos naturais, os fatores sociais e econômicos que influenciam este sistema são levados em consideração. Assim, pode-se dizer que o geossistema é um conceito territorial, uma unidade espacial que pode ser delimitada e analisada em determinada escala e expressa-se como uma organização espacial cuja estrutura reflete os processos atuantes em seu funcionamento e na sua história.

Entretanto, Bertrand (1968) situa-o como uma unidade básica de tratamento espacial numa escala taxonômica de paisagem entre a regional e a local. Para ele, é nessa escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que envolvem as combinações dialéticas em relação com o homem. Observa, ainda, que no nível superior só o relevo e o clima importam e, complementarmente, as grandes massas vegetais. Destaca também que o geossistema resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes), climáticos (precipitação e temperatura) e hidrológicos (lençol freático, nascentes, pH das águas, ressecamento do solo) que irão compor o potencial ecológico do geossistema. Com base em Bertrand (1968), Monteiro (2000) destaca a noção da paisagem integrada ao geossistema, com o tríptico: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, conforme mostra a figura 6.

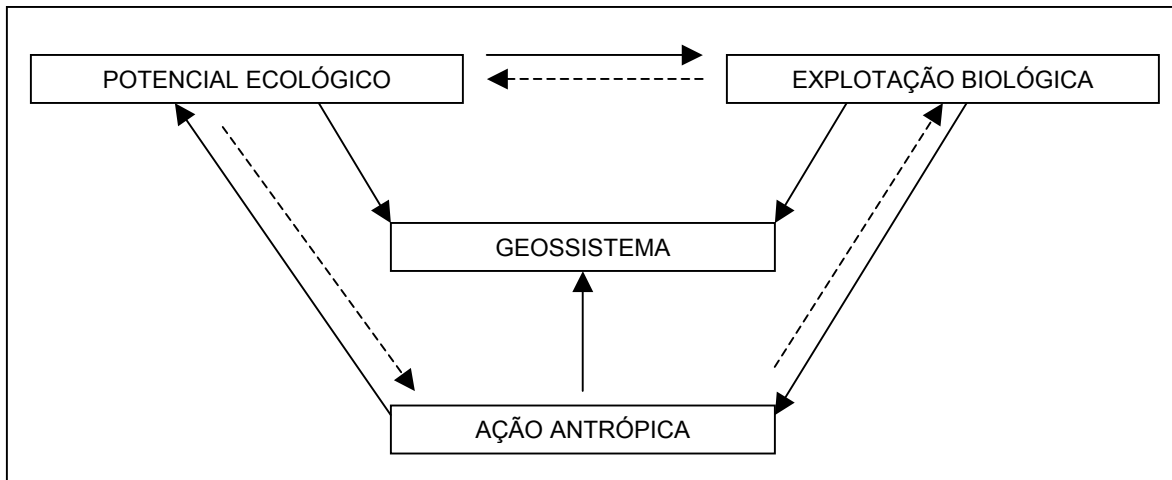


Figura 6. Esquema teórico do geossistema
 Fonte: Monteiro (2000)

Christofoletti (1987) assinala que os níveis de tratamento compreendem o estudo da morfologia, da dinâmica, da integração conjunta e unitária do sistema. A análise morfológica especifica a estrutura, composição, natureza e as características dos elementos, e fornece uma imagem da morfologia e da sua distribuição espacial através de análise morfométrica e topográfica. A análise dos processos atuantes procura compreender os processos de intemperismo nas vertentes, o transporte de sedimentos, a erosão dos solos e a transformação do relevo. Por fim, a integração da morfologia e da dinâmica possibilita a compreensão do geossistema. É, portanto, a integração das forças atuantes e das formas resultantes a responsável pelos aspectos observados nas paisagens.

Essa análise nos permite chegar à conclusão que a definição de uma paisagem é função da escala. Portanto, dentro de um mesmo sistema taxonômico, os elementos climáticos e estruturais são básicos nas unidades superiores o que inclui o geossistema como unidade estrutural e os elementos biogeográficos e antrópicos nas unidades inferiores

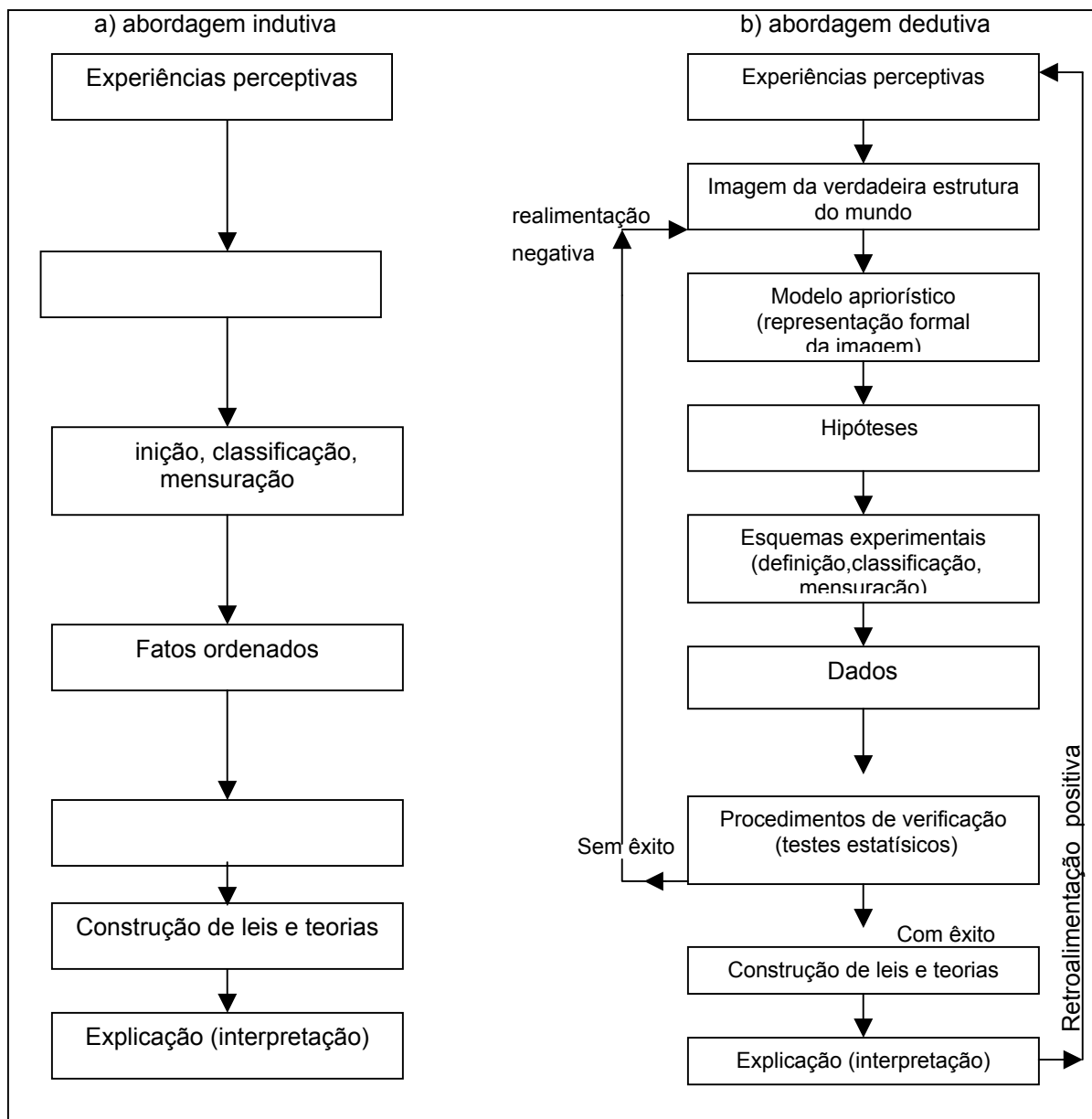
2.6 Abordagem metodológica

Numa tentativa de adaptação metodológica, buscou-se a adoção da proposição da análise sistêmica da paisagem (Sochava, 1972; Bertrand, 1968, 1971; Monteiro, 2000), dos níveis de tratamento definidos por Ab'Saber (1969) e da classificação do modelado do relevo conforme definição da FIBGE (1986) e Ross (1994).

Classificados em grupos epistemológicos os métodos podem ser indutivos e dedutivos. O quadro 1 apresenta graficamente as principais etapas do método científico conforme Harvey (1969). Também dentro dessa perspectiva, Daugherty (1974) propôs a abordagem no método indutivo movimentando-nos dos fatos para as idéias, de observações para generalizações, do particular para o geral. O quadro 2 mostra o organograma dessa abordagem.

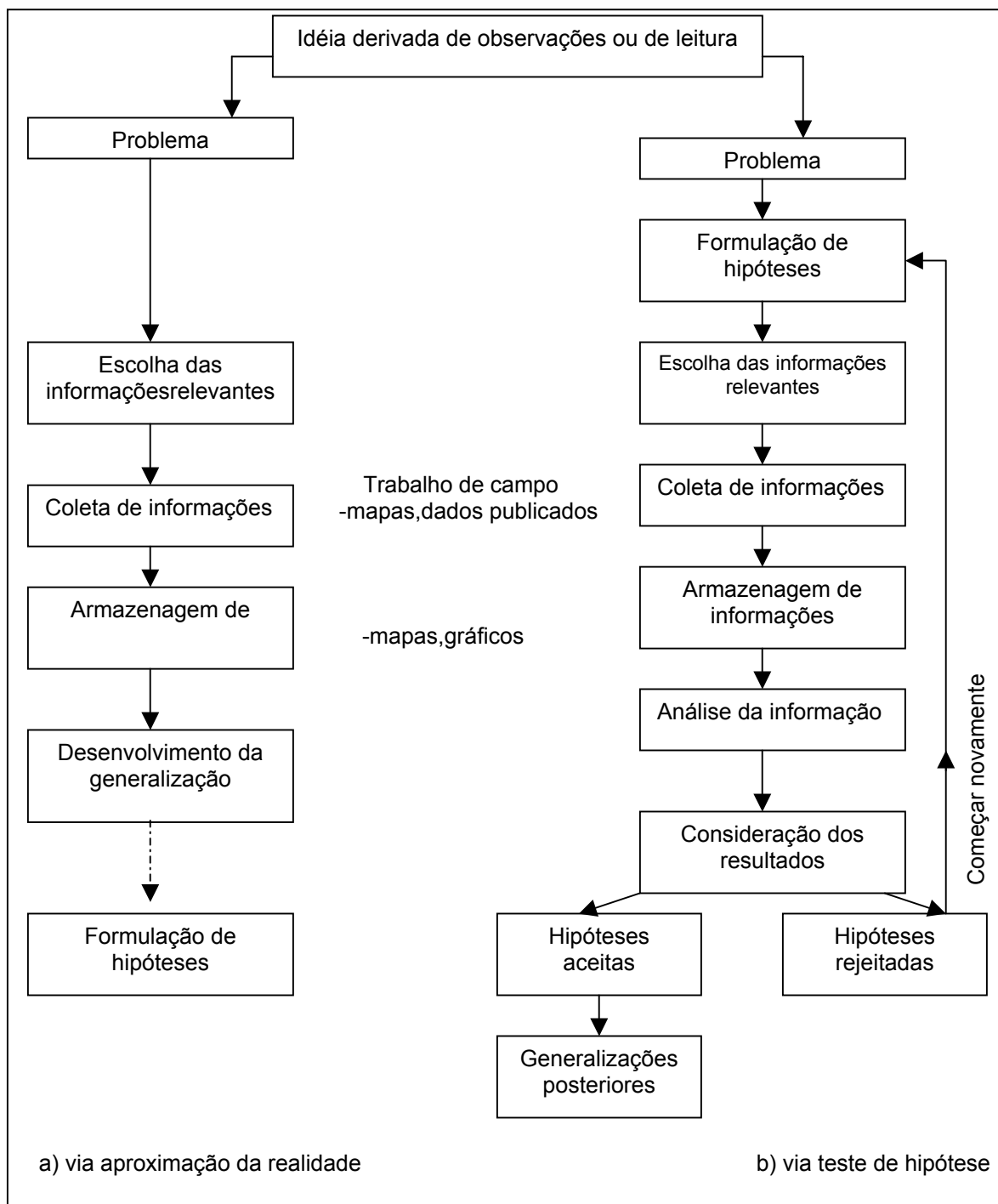
No método indutivo nos movimentamos dos fatos para as idéias, de observações para generalizações, do particular para o geral. Moss (1979), Gerardi e Silva (1981) apontam três defeitos deste método: (1) existe um hiato lógico entre os fatos e as idéias onde é impossível especificar o passo racional através do qual a generalização é derivada de observações; (2) as generalizações referem-se somente ao conjunto de dados dos quais elas foram derivadas; (3) permanece sempre dentro do processo de pensamento um elemento indefinível, não limitável, de julgamento subjetivo. Por outro lado, destacam que os métodos dedutivos oferecem uma maneira mais segura para chegar a generalizações. Nesse, os movimentos do pensamento são do geral para o particular, das idéias para os fatos, da generalização para a observação.

Quadro 1. Abordagens na pesquisa, segundo Havey (1969).



Fonte: Gerardi e Silva (1981, p.06).

Quadro 2. Abordagens na pesquisa, segundo Daugherty (1974).



Fonte: Gerardi e Silva (1981, p.07).

Com relação aos dois esquemas apresentados, cabe comentar primeiramente o destaque à importância da generalização como objetivo final nas duas formas de abordagem. Embora seja possível fazer um esforço para dividir os modelos espaciais em indutivos ou dedutivos, a maioria constitui, talvez, um tipo misto. Uma parte distingue-se pela abstração crescente e um conteúdo mais teórico; a outra é mais descritiva e mais aproximada à realidade empírica.

Salomão (1994) propõe uma abordagem no contexto da morfopedologia, cuja unidade morfopedológica seria a porção do território onde coexistem determinadas unidades geomorfológicas e de solos correspondentes caracterizada a partir de processos complexos de morfogênese e de pedogênese associados uns em relação aos outros. Silva (2000a) também aborda essa questão. A análise integrada do meio ambiente permite interpretar a influência das características litológicas e de relevo e, assim, a delimitação de compartimentos morfopedológicos com distintos graus de fragilidade natural.

A distribuição e tipologia dos solos, constitui em claro parâmetro indicador das relações entre o substrato geológico, saprólito, relevo e os agentes da dinâmica externa, no sentido de que as coberturas pedológicas refletem tanto a contribuição do substrato litológico como a forma das vertentes. (Miklos et al. 1983).

3 MÉTODOS

3.1 Caracterização geral da área de estudo

A área base de estudo está situada na região central do estado do Rio Grande do Sul, na província geomorfológica denominada Depressão Periférica Sul-riograndense. Abrange parte da área compreendida pela folha de Mata, no sudoeste do município de São Pedro do Sul, entre as coordenadas geográficas 29° 36' 24' ; 29° 45' 09" de latitude sul e, 54° 15' 30"; 54° 29' 36" de longitude oeste e abrange 296,57 km².

O clima na região de São Pedro do Sul corresponde ao clima mesotérmico brando Cfa (Ayoade 1986), apresentando como características invernos frios, com temperatura média do mês mais frio entre 13°C e 15°C e média das mínimas entre 8°C e 10°C. Os verões são quentes com temperatura média do mês mais quente superior a 24°C, média das máximas variando entre 28°C e 32°C e as máximas absolutas oscilando em torno dos 39°C. As temperaturas médias anuais situam-se entre 16°C e 20°C. As precipitações são regulares durante todo o ano, não apresentando estação seca, com índices pluviométricos anuais entre 1500 mm e 1600 mm. Os ventos predominantes são de leste e sudeste.

Geologicamente, a área está assentada sobre litologias do Grupo Rosário do Sul: formações Sanga do Cabral, Santa Maria (membro Passo das Tropas e membro Alemoa) e Caturrita, além de terraços fluviais e sedimentos atuais do Quaternário (Andreis et al., 1982). O membro Passo das Tropas é o membro inferior da unidade litoestratigráfica formação Santa Maria, representada por sedimentos de tamanho grosseiro. Sotoposto ocorre a formação Sanga do Cabral. O membro Alemoa constitui o membro superior da formação Santa Maria, onde a litologia típica está representada por lamitos e siltitos argilosos. As litologias mais representativas da formação Caturrita, conforme Medeiros (1980), constituem-se

de camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor, enquanto arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

Os depósitos Quaternários, pelo fato de serem originários da dinâmica presente e pré-atual de acumulação sedimentar, encontram-se associados aos atuais agentes de sedimentação. Conforme FIBGE/RADAMBRASIL (1986), ocupam as calhas dos rios, sendo constituídos por areias, cascalhos, silte e argila. Os sedimentos mais grosseiros localizam-se preferencialmente nas cabeceiras de drenagem oriundos da escarpa basáltica², enquanto que a sedimentação siltico argilosa se desenvolve acentuadamente nas planícies de inundação.

Conforme Andreis et al. (1982), a posição das unidades litoestratigráficas da área em estudo (figura 7) é a seguinte:



Geomorfologicamente, a área está situada na Depressão Periférica Sul-riograndense, na transição para o Planalto. As áreas das planícies aluviais estão constituídas por sedimentos recentes (Quaternário). São oriundos de superfícies topograficamente mais elevadas do rebordo do Planalto e depositadas nas áreas mais planas às margens dos rios e arroios. As coxilhas aparecem tanto em porções isoladas como em conjuntos de seqüências constituindo as áreas mais elevadas do setor sul do município de São Pedro do Sul. Nelas atuam processos de dissecação.

² Rebordo ou falda do Planalto Meridional Brasileiro, denominado por Ross (1994) de Planaltos Sedimentares da Bacia do Paraná recobertos por lavas vulcânicas.

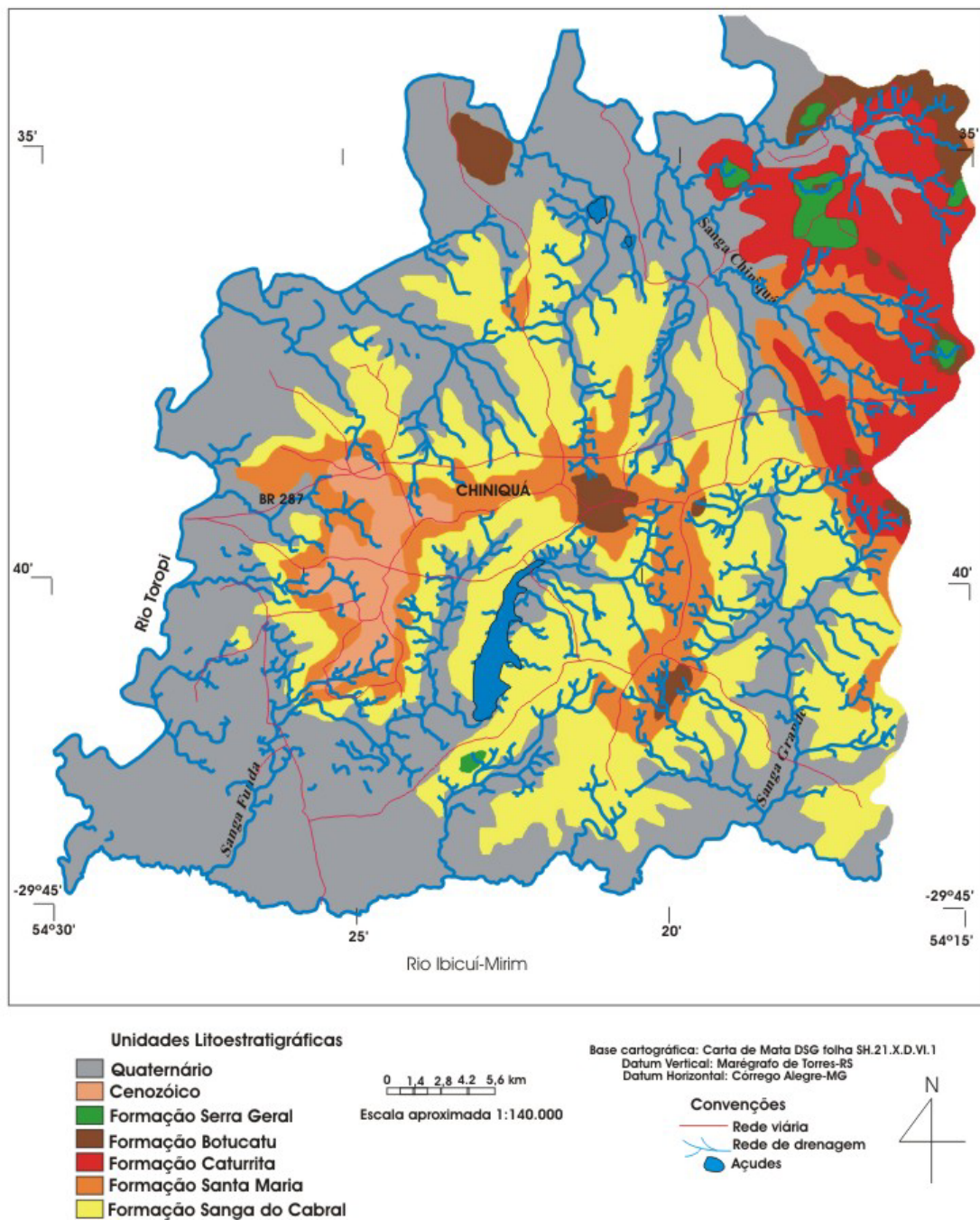


Figura 7. Unidades litoestratigráficas do setor sudoeste do município de São Pedro Sul-RS.
 Fonte: Andreis et al. (1982)

Genericamente, essa unidade (Depressão Periférica) apresenta formas de topos convexos, convexos-côncavos, côncavos-convexos ou planos. Em alguns pontos formam-se colinas alongadas, apresentando-se na forma de encostas rampeadas, onde ocorrem fenômenos de erosão e movimentos de massa.

A área pertence ao sistema hidrográfico Ibicuí-Mirim/Toropi (parte pertence à sub-bacia do rio Ibicuí-Mirim e outra porção pertencente à sub-bacia do rio Toropi). Constituem-se como cursos fluviais importantes o arroio Chiniquá e a Sanga Funda, além de inúmeros outros pequenos cursos fluviais que são responsáveis pelo modelado de dissecação dos interflúvios e pelo entalhamento dos talwegues. Apresentam padrão de drenagem que, na classificação proposta por Christofolletti (1980), se enquadra no tipo sub-dentrítico³. Em alguns casos, o controle estrutural caracteriza padrões paralelos na drenagem. Estão representados por canais de primeira, segunda e terceira ordem. Nas formas de topos convexos ou planos, por vezes amplos e alongados, cujas encostas deslizam suavemente em direção aos vales, esses integram uma rede de drenagem com padrão dendrítico.

No que se refere à vegetação e o uso atual, a área sofreu significativas alterações na cobertura original da vegetação. Situa-se no domínio dos campos com capões e matas galerias (Vieira, 1984). Atualmente, é dedicada à pecuária e agricultura, apresentando uma cobertura de gramíneas entremeadas de pontos com vegetação remanescente. São as formas ciliares representadas pelos capões e capoeiras galerias. Na porção representada pelo rebordo do Planalto (norte da área), os empreendimentos agrários impuseram forte modificação na vegetação, apresentando remanescentes da Floresta Estacional Decidual⁴ (RADAMBRASIL, 1986). Os agrupamentos remanescentes da cobertura vegetal encontram-se nas

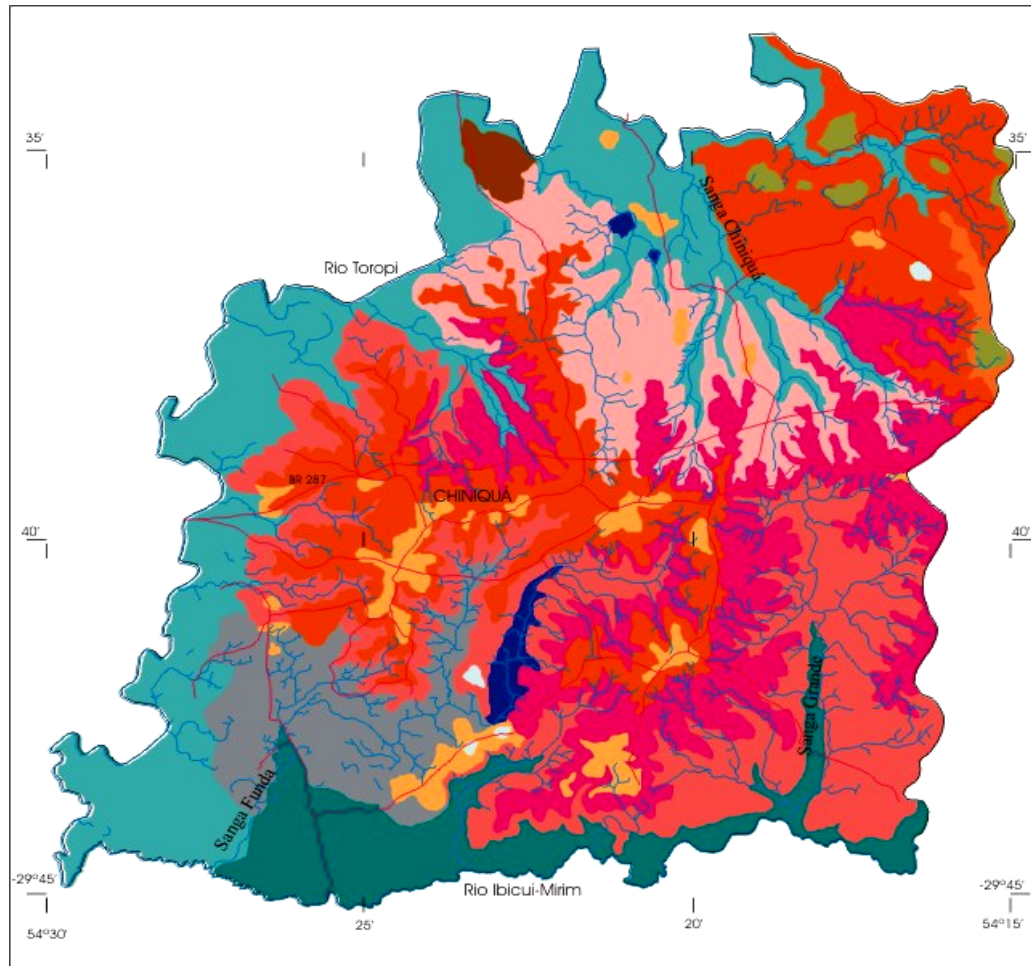
³ São padrões de drenagem modificados do dendrítico apresentando controle estrutural no curso principal. Indicam, por vezes, estratos alternados com diferentes graus de resistência ou, ainda, fraturas. O dendrítico apresenta forma arborescente indicando litologias sedimentares.

⁴ Conforme FIBGE/RADAMBRASIL (1986), a característica decidual é identificada pela existência de mais de 50% de árvores caducifólias no conjunto florestal na época desfavorável. Está dividida em quatro formações: Aluvial; Terras baixas; Submontana e Montana.

partes íngremes das encostas. O desmatamento foi seguido de uma ocupação agrícola. Frente às dificuldades condicionadas pelo relevo e pedregosidade, foram aos poucos sendo abandonadas e substituídas por vegetação secundária. Em algumas áreas aparecem dispersas manchas com culturas permanentes e de reflorestamento. O uso atual dado à área está representado por culturas cíclicas e pastagem com criatório composto por bovinos e, em menor escala, ovinos (FIBGE, 1996).

De maneira geral, nas áreas com modelado de dissecação forte do relevo, desenvolvido a partir de rochas efusivas básicas e ácidas da formação Serra Geral, ocorrem Neossolos Litólicos. Também nesses pontos, caracterizados pela irregularidade topográfica, estão presentes Cambissolos. Nas áreas de coxilha são encontrados Argissolos e Alissolos. Também ocorrem significativamente solos hidromórficos nos terraços e planícies fluviais. A figura 8 traz a distribuição espacial dos solos conforme Klamt et al. (2001).

Em relação às características sócio-econômicas, a atividade agropecuária constitui-se na principal atividade econômica da região de São Pedro do Sul e, por conseguinte, da área em estudo. O município apresenta uma estrutura fundiária composta em pequenas e médias propriedades. Variam entre 1 a 50 ha, para as propriedades pequenas, e entre 50 e 500 ha, para as consideradas médias. Na área, objeto de estudo, as propriedades situam-se entre 20 e 1000 ha. A estrutura fundiária do município está representada na tabela 1. Quanto à população total, observa-se um gradual decréscimo ao longo das três últimas décadas, conforme dados da tabela 2.



Legenda

	ALISSOLO HIPOCRÔMICO Argilúvico abrupto A proeminente Textura arenosa/média fase relevo suave ondulado
	ALISSOLO CRÔMICO Húmico cámbico A proeminente Textura arenosa/média fase relevo suave ondulado
	ALISSOLO CRÔMICO Húmico cámbico A proeminente Textura arenosa/média fase relevo ondulado (8 - 12 %)
	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distritico espessarenico A moderado Textura arenosa/média fase relevo suave ondulado
	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distritico arenico A moderado Textura arenosa/média fase relevo suave ondulado
	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distritico abrupto A moderado Textura arenosa/argilosa fase relevo suave ondulado a ondulado
	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico A moderado Textura argilosa fase relevo forte ondulado e montanhoso
	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico A moderado Textura argilosa fase relevo forte ondulado e ondulado
	GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico chermossólico Textura argilosa fase relevo plano
	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico A moderado Textura média e argilosa fase relevo suave ondulado e ondulado
	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico A moderado Textura arenosa relevo forte ondulado e montanhoso
	Associação NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico + GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico ambos típico A moderado fase relevo plano
	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distritico arenico A moderado Textura arenosa/média fase relevo suave ondulado

Rede viária
 Rede de drenagem
 Açudes



Datum vertical: Marégrafo de Torres-RS
 Datum horizontal: Corrego Alegre-MG

Escala aproximada
 1: 140.000

Figura 8. Mapa de solos do setor sudoeste do município de São Pedro Sul-RS.
Fonte: Klamt et al. (2001)

Tabela 1. Estrutura fundiária do município de São Pedro do Sul-RS/1995.

Grupo de área (ha)	Número de estabelecimentos	Porcentagem sobre o número total de estabelecimentos
Menos de 10	978	34,06
10 – 100	1.743	60,75
100 – 200	93	3,24
200 – 500	40	1,39
500 – 2000	16	0,56
Mais de 2000	0	0
Total	2.870	100,00

Fonte: FIBGE/Censo agropecuário 1996.

Organização do autor

Tabela 2. Evolução da população total residente no município de São Pedro do Sul -1980/2000.

Ano	População total	População urbana	% sobre o total	População rural	% sobre o total
1980	20.009	7.899	39,48	12.110	60,52
1990	20.381	9.925	48,70	10.456	51,30
2000	16.191	11.054	68,27	5.137	31,73

Fonte: FIBGE/Censos demográficos 1980; 1990; 2000.

Organização do autor

Em 1980 a população rural era maior que a urbana, o que reforça o setor primário como mais importante na economia do município. Na década de 90, levando-se em conta a população do censo anterior, embora a população rural tenha diminuído, ainda é predominante. Na última década essa situação muda. Essa mudança pode ser parcialmente explicada pela emancipação do então quarto distrito de Toropi⁵. De outra parte, reflete o processo de esvaziamento do campo que vem se processando no município. O quadro populacional do município tende ao decréscimo da população total e principalmente da rural, pelo fator da migração para as áreas urbanas e abandono do campo, o que pode ser constatado empiricamente pelo grande número de estabelecimentos rurais abandonados (as denominadas “taperas”).

Entre as demais atividades econômicas desenvolvidas, no setor secundário, destaca-se a indústria de beneficiamento de arroz. O setor terciário

⁵ O município de Toropi encontra-se situado ao norte de São Pedro do Sul junto ao rebordo do Planalto Meridional Brasileiro constituindo uma área colonizada principalmente por descendentes de imigrantes alemães.

envolvendo o comércio e prestação de serviços atende, basicamente, a população local. Ambos setores de pequena expressão regional, entretanto importantes.

3.2 Roteiro metodológico

A abordagem adotada no presente trabalho busca partir do geral para o particular, entretanto, é adotada uma abstração dentro de um conteúdo teórico. De outra parte adota posições descritivas, buscando aproximação com a realidade.

Justifica-se essa adoção no sentido de que o entendimento dos processos morfogenéticos exige a abordagem em diferentes escalas de trabalho, partindo-se de uma abordagem geral para a particular, buscando voltar ao nível de entendimento geral.

O quadro 3 mostra o roteiro metodológico adotado, buscando o entendimento dos processos morfogenéticos e esculturação do relevo dentro dessa concepção.

Quadro 3. Roteiro metodológico adotado na pesquisa.

Níveis de tratamento*	Procedimentos	Resultado esperado
1º nível: Compartimentação topográfica (em toda a área)	Sobreposição da geologia, modelado do relevo e solos	Características do meio físico; análise da litologia e saprólito
2º nível: Estrutura superficial (em cada compartimento)	Análise dos compartimentos morfológicos e seqüência de vertentes representativas através da análise geométrica	Compartimentação morfotopográfica
3º nível: Fisiologia da paisagem (em cada sistema de modelado)	Caracterização do comportamento dos atributos físicos do solo e saprólito	Funcionamento da paisagem face ao comportamento dos atributos físicos do solo e unidade litoestratigráfica
4º nível: Generalização dos resultados (em toda a área)	Análise dos resultados obtidos através da relação dos atributos físicos com os sistemas morfopedológicos e unidades litoestratigráficas	Caracterização da contribuição das unidades litoestratigráficas no processo morfogenético de esculturação das vertentes e conformação da paisagem

Fonte: * Níveis adaptados de Ab'Saber (1969).

Organização do autor

Os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos, apresentam um grau de complexidade maior. Essa complexidade decorre da dificuldade de se apreender e representar uma realidade relativamente abstrata (as formas do relevo, sua dinâmica e gênese). Nesse sentido, optou-se por demonstrar, como produto final, um mapa do grau de fragilidade natural que contempla informações relativas a adaptação do 4º nível de tratamento.

O mapa das unidades litoestratigráficas do sudoeste do município de São Pedro do Sul, foi compilado de Andreis et al. (1982), a partir de uma base cartográfica 1:100.000. O mapa de solos foi obtido a partir da compilação do mapa semidetalhado dos solos do município de São Pedro do Sul-RS em escala 1:50.000 (Klamt et al., 2001). O mapa de modelado do relevo foi obtido a partir de aerofotogramas verticais na escala de 1:60.000, obtidos no ano de 1996. Todos os mapas foram digitalizados e reduzidos para uma escala de 1:140.000. A partir da uniformização das escalas, procedeu-se o cruzamento dos mapas em ambiente de SIG.

3.2.1 Determinação dos índices morfométricos dos sistemas de drenagem e obtenção do modelado de relevo em escala de microbacia

Os índices quantitativos área total drenada (A), perímetro (P), número de canais (N), comprimento total dos canais (Lt), comprimento do canal principal (Lcp), densidade de drenagem (Dd), frequência de canais (Fr), razão de textura (Tx), textura geológica (Tg), comprimento médio dos canais (Lm), relação de forma (Rf), foram obtidos de 31 sistemas de drenagens⁶ de primeira ordem⁷

⁶ Número de sistemas de drenagem contabilizados nas sub-bacias hidrográficas Sanga Funda e Chiniquá

⁷ Foram quantificadas redes drenagens de primeira ordem, cujo propósito foi considerar as áreas onde ocorre o início dos processos erosivos junto aos nichos de nascente, anfiteatros erosivos e cabeceiras de drenagem.

intencionalmente selecionados. Esses foram selecionados a partir de microbacias intencionalmente selecionadas sobre os aerofotogramas verticais utilizados para o levantamento do mapa de modelado do relevo. Com auxílio da mesa digitalizadora e aplicativo computacional, foram extraídos os parâmetros morfométricos mencionados. Os índices quantitativos, obtidos dessa análise fisiográfica, foram submetidos à aplicação de testes de correlação (equação 10).

Os índices quantitativos obtidos e empregados na análise fisiográfica foram:

$$\text{Densidade de drenagem (Horton, 1945): } Dd = \frac{Lt}{A} (km / km^2) \quad (\text{equação 1})$$

$$\text{Frequência de canais (Horton, 1945): } Fr = \frac{N}{A} (\text{número de canais}/km^2) \quad (\text{equação 2})$$

$$\text{Razão de textura (França, 1968): } Tx = \frac{N}{P} (\text{número de canais}/km) \quad (\text{equação 3})$$

$$\text{Textura geológica (Miller, 1953): } Tg = \frac{La}{Lcp} (km / km) \quad (\text{equação 4})$$

Onde La (comprimentos dos canais de primeira ordem) = $Lt - Lcp$

$$\text{Comprimento médio de canais (França, 1968): } Lm = \frac{Lt}{N} (km) \quad (\text{equação 5})$$

$$\text{Relação de forma (Miller, 1953): } Rf = \frac{A}{Lcp^2} (km^2 / km^2) \quad (\text{equação 6})$$

A geometria do sistema de vertentes foi avaliada pelo índice de curvatura da vertente (índice de curvatura de crista ICC, índice de curvatura de base ICB, índice de massa IM), relativos a 24 vertentes⁸ selecionadas intencionalmente sobre os aerofotogramas verticais. Os aerofotogramas usados nessa etapa, foram os mesmos utilizados para o levantamento do modelado de relevo. Para a obtenção dos ICC, ICB e IM foi empregada a proposição de Christofletti (1980). Esse índice é determinado convertendo-se as coordenadas X (comprimento horizontal) e Y (altura da vertente), de cada ponto do perfil, em porcentagem dos valores totais. O valor percentual foi calculado de forma diretamente proporcional

⁸ Amostra representando a conformação do perfil das vertentes predominantes nas sub-bacias hidrográficas Sanga Funda e Chiniquá.

ao comprimento horizontal e inversamente proporcional à altura da vertente. Com os dados transformados, calculou-se o índice de curvatura de crista através da equação 7:

$$ICC = [(10 - y_{10}) + (20 - y_{20})] / 2 \quad (\text{equação 7})$$

onde, y_{10} e y_{20} são os valores percentuais da altura da vertente correspondente a 10% e 20% do comprimento horizontal. O ICB e o IM foram calculados de modo semelhante, sendo representados pelas equações 8 e 9.

$$ICB = [(90 - Y_{90}) + (80 - y_{80})] / 2 \quad (\text{equação 8})$$

$$IM = (y_{16} + y_{50} + y_{84}) / 3 \quad (\text{equação 9})$$

onde, y_{16} , y_{50} , y_{84} são valores percentuais da altura da vertente, correspondentes a 16%, 50% e 84% do comprimento horizontal, respectivamente.

O IM caracteriza 67% do comprimento horizontal da vertente e o resultado de sua aplicação, ao contrário dos dois anteriores, será sempre um número inteiro positivo. Os valores superiores a 50 indicam formas côncavas e as formas convexas indicam-nos os inferiores. Os valores positivos retratam uma crista convexa e os negativos, cristas côncavas. Do mesmo modo é realizada a interpretação para o ICB. Esses índices foram submetidos à correlação de Pearson (equação 10), com objetivo de observar o comportamento da crista em relação à evolução da base da vertente.

$$r = \frac{\sum((xi - \bar{x}) \cdot (yi - \bar{y}))}{\sqrt{[\sum (xi - \bar{x})^2] \cdot [\sum (yi - \bar{y})^2]}} \quad (\text{equação 10})$$

Para a discriminação das áreas com diferentes graus de fragilidade natural foi empregado o modelo EUPS, considerando-se os fatores desencadeadores⁹ (erodibilidade do solo, fator topográfico), configurando uma expectativa do potencial natural. O fator erodibilidade do solo foi obtido com base na nomografia proposta por ARS (Agricultural Research Service, 1975), descrito em Mitchell &

⁹ O fator erosividade da chuva também é um fator desencadeador (ativo), entretanto, para efeito dos cálculos foi desconsiderado por ser uma constante.

Bubbenzer (1980). Os atributos considerados para sua utilização são: percentagem de silte (0,002-0,05mm) mais areia muito fina (0,05-0,10mm); percentagem de areia (0,10-2,0mm); teor de matéria orgânica; estrutura e permeabilidade. Para obtenção do fator erodibilidade foram considerados os dados relativos ao horizonte mais profundo, obtidos de Klamt et al. (2001), para cada classe de solo. O fator topográfico (comprimento da vertente e o grau de declividade) foi obtido com base no levantamento do modelado de dissecação do relevo e enquadramento da matriz (quadro 4).

O mapa de modelado do relevo foi obtido através da fotointerpretação dos aerofotogramas verticais. Posteriormente foi transformado, com auxílio da mesa digitalizadora, para o formato digital. Esse constituiu-se no instrumento norteador do trabalho, uma vez que as informações geradas nessa etapa serviram de base para o desenvolvimento de etapas seguintes por meio do cruzamento/sobreposição com os temas solo e unidades litoestratigráficas. As informações foram ordenadas de forma individual num banco de dados, em arquivos imagem, vetorial e paletas de cores próprias do SIG.

Com base nos aerofotogramas, foram obtidos o esboço geomorfológico da área e identificados os compartimentos de relevo, face ao comportamento do modelado (modelados de acumulação, aplanamento e dissecação). Também a partir da fotointerpretação, foi elaborado o mapa da rede de drenagem, bem como foi plotado o interflúvio entre as microbacias.

Para a obtenção dos índices de dissecação do relevo, tomou-se como referência a matriz dos índices de dissecação adaptada de Ross (1992 e 1994), que se baseia em informações da dimensão interfluvial média, nas colunas horizontais e entalhamento médio dos vales nas colunas verticais, conforme mostra o quadro 4.

Para a definição do modelado de acumulação, tomou-se como base dimensão interfluvial maior que 750 metros, com grau de entalhamento fluvial

menor que 20 metros. Assim, como modelado de acumulação foram consideradas as áreas formadas a partir da deposição de sedimentos erodidos de áreas mais altas, caracterizando a morfologia de relevos de agradação (planícies fluviais).

Optou-se por usar a dimensão interfluvial média, onde os valores são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem, menor valor numérico, é a dissecação mais fraca (11) e o maior valor numérico é a dissecação mais forte (55). Assim as classes de dissecação estão classificadas em:

- 1-muito fraca.....da matriz...11
- 2-fraca.....da matriz...21,22,12
- 3-média.....da matriz...31,32,33,13,23
- 4-forte.....da matriz...41,42,43,44,14,24,34
- 5-muito forte.....da matriz...51,52,53,54,55,15,25,35,45

Essa metodologia consiste em estudar todos os canais de primeira ordem, tendo esses sido obtidos dos aerofotogramas verticais na escala 1:60.000, onde foram realizadas medidas das distâncias médias entre os interflúvios através da equação 11 (Rocha, 1986):

$$\frac{1}{m} = \frac{d}{D} \quad \text{(equação 11)}$$

onde: m = módulo escalar do aerofotograma; d = distância gráfica; D = distância real.

O grau de entalhamento dos canais foi obtido através da equação 12 (Rocha 1986):

$$Hz = \frac{hv \cdot hpx}{b + hpx} \quad \text{(equação 12)}$$

onde: H_z = altura; h_v (altura de vôo) = $\frac{1}{m} = \frac{f}{h_v} \therefore h_v = f \cdot m$; f = distância focal; m = módulo escalar; hpx (diferença de paralaxe) = $pxa - pxb$; pxa = paralaxe do ponto a ; pxb = paralaxe do ponto b ; b (base estereoscópica) = $\frac{b_1 + b_2}{2}$

Quadro 4. Matriz dos índices de dissecação do relevo adaptada para a escala de 1:60.000.

Dimensão Interfluvial média	Muito grande (1) >750 m ^t >15mm ^A	Grande (2) 750 a 350m ^t 7 a 15mm ^A	Média (3) 350 a 150m ^t 3 a 7 mm ^A	Pequena (4) 150 a 50 m ^t 1 a 3mm ^A	Muito pequena (5) < 50m ^t < 1mm ^A
Entalhamento médio dos vales					
Muito fraco (1) (< de 20 m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (20 a 40 m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (40 a 80 m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (80 a 160 m)	41	42	43	44	45
Muito forte (5) (160 m)	51	52	53	54	55

t no terreno; A no aerofotograma

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

Organização do autor

Após a etapa de elaboração do mapa de modelado do relevo, foram obtidos o Índice de Concentração de Nascentes (ICN) a partir do produto entre o número de canais de primeira ordem e a área abrangida pela classe de modelado.

A partir dos cruzamentos dos mapas e reagrupamento do resultado obtido, através do estabelecimento de nova legenda em ambiente do SIG, obteve-se o resultado final expresso no mapa de fragilidade potencial. Para o reagrupamento estabeleceram-se intervalos de classe definidos com base no método do desvio quartílico (Gerardi & Silva, 1981).

3.2.2 Propriedades físico-mecânicas dos perfis de solo selecionados

Com base no levantamento da geologia (Andreis et al., 1982), foram selecionados intencionalmente 15 perfis que melhor representam as características geológicas da área de estudo. Considerando-se a espessura dos horizontes, desde a superfície do solo até o saprólito, foram descritos perfis e selecionadas amostras de 6 perfis relativos à unidade estratigráfica formação Caturrita e 3 perfis para cada uma das demais formações (Santa Maria, Sanga do Cabral e Terciário).

Das amostras coletadas, nesses 15 perfis, foram avaliadas propriedades físico-mecânicas do solo e rocha matriz (camada R): distribuição granulométrica, grau de uniformidade, densidade de partículas (γ_s), densidade do solo (γ_d), máxima compactação (γ_d máx), índice de vazios máximo ($e_{máx}$), índice de vazios mínimo ($e_{mín}$), índice de vazios (e), porosidade total (n), grau de compactação (GC), limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), índice de plasticidade (IP), limite de contração (LC), razão de compactação (RC), além da identificação macroscópica dos minerais da fração areia bem como o grau de arredondamento dos grãos nessas frações.

Também foram coletadas amostras indeformadas em um perfil representativo de cada unidade litoestratigráfica da área, totalizando 19 pontos amostrados, com três repetições, totalizando 57 amostras. Essas amostras serviram para os ensaios de compressibilidade, cisalhamento e distribuição do tamanho de poros. Nesses perfis, também foram realizados ensaios de infiltração em pontos correspondentes ao saprólito respectivo a cada unidade litoestratigráfica.

A distribuição granulométrica das areias foi obtida pelo processo de peneiramento úmido, retendo-se a areia. Para a obtenção da argila e silte foi utilizado o processo de sedimentação, conforme Gee & Bauder (1986). Os três parâmetros que foram utilizados para dar informações sobre a curva granulométrica foram o diâmetro efetivo, coeficiente de uniformidade e o

coeficiente de curvatura. O diâmetro efetivo (D_{10}) é o ponto característico da curva granulométrica para medir a “finura” do solo, que corresponde ao ponto de 10%, tal que 10% das partículas do solo tem diâmetro inferior a ele. O coeficiente de uniformidade (CU) dá idéia da distribuição do tamanho das partículas do solo. Os valores próximos de um indicam uma curva granulométrica quase vertical, com o diâmetro variando em um intervalo pequeno, enquanto que para valores maiores a curva granulométrica irá se abatendo e aumentando o intervalo de variação dos diâmetros. Definiu-se através da equação:

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (\text{Vargas, 1977}) \quad (\text{equação 13})$$

O coeficiente de curvatura (CC) fornece uma medida da forma e da simetria da curva granulométrica. Para um solo considerado bem graduado, o valor do coeficiente de curvatura deverá estar entre 1 e 3 (Vargas, 1977). Define-se D_{30} e D_{60} da mesma forma que foi definido o D_{10} .

$$CC = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \quad (\text{Vargas, 1977}) \quad (\text{equação 14})$$

A curva de compactação foi obtida pelo ensaio de Proctor Normal (Vargas, 1977; Caputo, 1981; Holtz & Kovacs, 1981; Fiori & Carmignani, 2001). As amostras, destorroadas, peneiradas e secas ao ar, foram submetidas a esse ensaio, de acordo com essa norma. Foram compactadas, em um cilindro metálico de 1000 cm^3 , em três camadas. Cada camada foi compactada com 26 golpes de um soquete de 2.500 g, caindo de uma altura de 30,5 cm. Inicialmente a amostra foi umidecida até se atingir um teor de água cerca de oito pontos percentuais abaixo da umidade crítica presumível. Após a completa homogeneização, procedeu-se a primeira compactação, observando-se os peso do soquete e número de batidas descritas acima. Após, o cilindro contendo a amostra compactada é pesado e retirada uma sub-amostra para determinação da umidade. Na seqüência, destorroa-se a amostra e acrescenta-se água para aumentar a

umidade em 2,5 pontos percentuais e executa-se nova compactação, pesagem e amostragem para umidade. Repetiu-se o procedimento até serem obtidos seis pontos para a determinação da curva, conforme ilustra a figura 9.

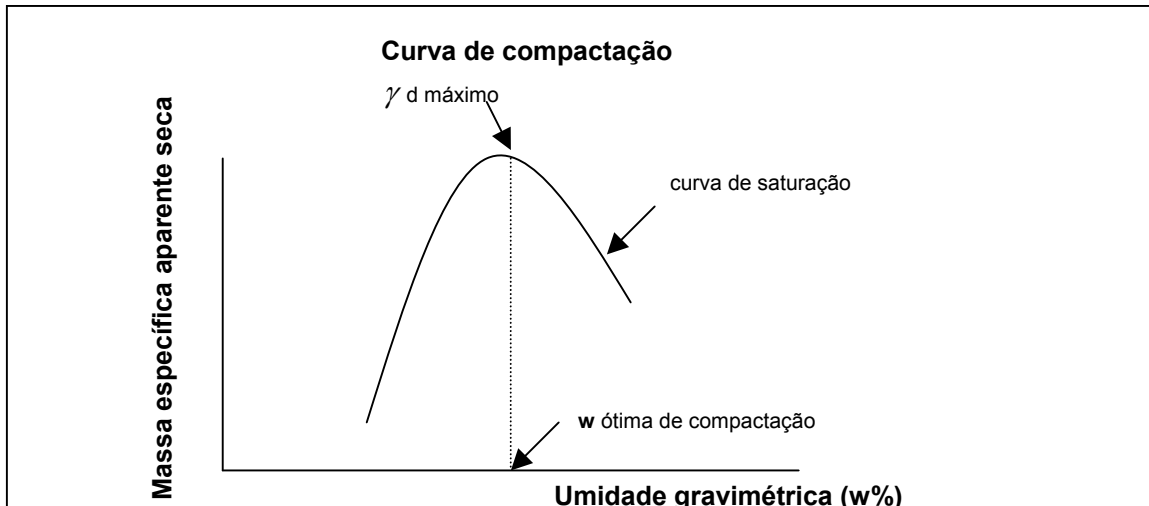


Figura 9. Representação da curva do ensaio de compactação (conhecido como ensaio de Proctor Normal).
Organização do autor

A compacidade ou densidade relativa foi determinada através da expressão (Vargas, 1977; Caputo, 1981; Holtz & Kovacs, 1981):

$$GC = \frac{emáx - enat}{emáx - emín} \quad (\text{equação 15})$$

onde: GC = grau de compacidade; $emáx$ = índice de vazios máximo; $emín$ = índice de vazios mínimo; $enat$ = densidade do solo (γd).

A densidade do solo (γd) foi obtida pela expressão:

$$\gamma d = \frac{ws}{v} \quad (\text{equação 16})$$

onde: γd = densidade do solo, gcm^{-3} ; ws = massa dos sólidos, g/cm^{-3} e v = volume total da amostra, gcm^{-3} .

A determinação do índice de vazios máximo e índice de vazios mínimo foi dada pelas expressões:

$$e_{\text{máx}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{s \text{ min}}} - 1; \quad (\text{equação 17})$$

$$e_{\text{min}} = (\gamma_s / \gamma_{s \text{ máx}}) - 1; \quad (\text{equação 18})$$

onde: γ_s = densidade da amostra do solo determinada de acordo com a ABNT-NBR 6508/80, em g/cm^{-3} ; $\gamma_{s \text{ min}}$ = densidade do solo seco mínima do solo, em g/cm^{-3} ; $\gamma_{s \text{ máx}}$ = densidade do solo seco máxima da amostra de solo, em g/cm^{-3} .

O limite de liquidez (LL) foi determinado utilizando-se o aparelho CASAGRANDE. O limite de plasticidade (LP) é o teor de umidade em que o solo deixa de ter um comportamento plástico e passa a ter um comportamento semi-sólido. O índice de plasticidade (IP) foi obtido pela diferença entre o LL e o LP. O limite de contração (LC) foi determinado através da expressão:

$$LC = w_o - \gamma_w \cdot (v_o - v_f) / w_s; \quad (\text{equação 19})$$

onde: LC = limite de contração; w_o = teor de água de moldagem do corpo de prova; γ_w = densidade da água (g/cm^3); w_s = massa dos sólidos (g/cm^3); v_o = volume inicial da pastilha (cm^3); v_f = volume final da pastilha seca (cm^3).

A determinação do LC segue inicialmente a preparação de uma pasta com umidade próxima do LL e que é colocada num recipiente próprio e extraído o ar contido na amostra. Em seguida, essa é seca ao ar e depois em estufa. O volume da pastilha seca é obtido imergindo-a em mercúrio e determinando o volume do mercúrio extravasado.

Para a análise mineralógica de grãos, o princípio é de que as frações areia grossa (2 – 0,2 mm) e areia fina (0,2 – 0,005 mm) de solos, separadas por análise granulométrica, são compostas por grânulos minerais (isolados ou agregados), concreções, litofragmentos, restos orgânicos vegetais e/ou animais e carvão. Para a identificação mineralógica das espécies minerais e concreções, foi efetuado o estudo em lupa binocular até 80 aumentos, no Laboratório de Sedimentologia e Estratigrafia do Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Maria, através do seguinte procedimento: as amostras foram indentificadas com o

horizonte de origem e fração granulométrica correspondente. Para homogeneização do material, agita-se a amostra e, para a análise, coloca-se uma porção em placa de Petri. As concreções e minerais magnéticos, quando presentes na amostra, são afastados para um dos quadrantes da placa de petri com auxílio de ímã. A presença de manganês e/ou carbonatos e outros componentes mineralógicos são detectados por meio de microtestes químicos. Basta adicionar algumas gotas de HCl 1:1 a frio sobre o material selecionado que apresentará reação de efervescência, se houver carbonatos presentes. O mesmo procedimento aplica-se ao usar o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 1:1 a frio, apresentando reação de efervescência na presença de manganês. No exame das concreções e litofragmentos são determinados cor, brilho, dureza, forma e natureza. Nas espécies minerais é verificada cor, forma, clivagem, macla, fratura, dureza, morfoscopia e morfometria.

Para a determinação da distribuição do tamanho de poros, as amostras com estrutura preservada foram coletadas em anéis de 5,54 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura, nos 4 perfis descritos, relativos às unidades litoestratigráficas que ocorrem na área. As amostras foram saturadas e posteriormente acondicionadas na mesa de tensão (10cm e 60 cm) e na panela de pressão (0,33 bar e 1 bar), para a obtenção da porosidade e tamanho e distribuição de poros. A determinação da microporosidade deu-se pela diferença entre o peso da amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água e o peso da amostra seca a 105⁰C, dividido pelo volume da amostra. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre a percentagem de saturação e a microporosidade. Para se chegar ao raio dos poros, foi utilizada a expressão (Hillel, 1980; Fernandes et al.,1983):

$$h = 2\sigma / \gamma r \quad (\text{equação 20})$$

onde: σ é a tensão superficial da água, em função da temperatura (71,9 g s⁻² a 25°C); γ é a densidade da água na temperatura observada (0,99707 g cm⁻³ a

25°C); g é a aceleração da gravidade (981 cm s⁻²) e, r é o raio do poro, de onde obtém-se que:

$$r = 2\sigma / \gamma gh \quad (\text{equação 21})$$

A resistência ao cisalhamento foi determinada segundo a expressão clássica de Coulomb (Caputo, 1981):

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (\text{equação 22})$$

onde: τ = tensão de cisalhamento; c = coesão do solo; σ = carga normal ao plano de cisalhamento; φ = ângulo de atrito interno.

O ensaio de cisalhamento direto consiste em determinar sob uma tensão normal σ , que permanece constante durante o ensaio, qual a tensão de cisalhamento $\tau = \tau_r$, capaz de provocar a ruptura da amostra de solo colocada dentro de uma caixa composta de duas partes deslocáveis entre si. Duas pedras porosas, uma superior e outra inferior possibilitam a drenagem da amostra. Repetindo-se os ensaios para outras amostras, obtém-se um conjunto de pares de valores (σ, τ) que levados a um sistema cartesiano permitem determinar a coesão e o ângulo de atrito interno do solo ensaiado (Figura 10).

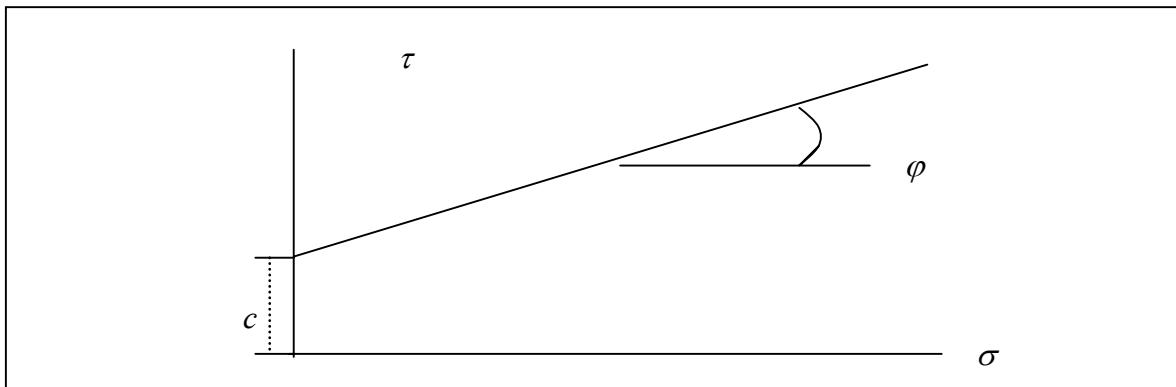


Figura 10. Representação gráfica da resistência ao cisalhamento dos solos.
Fonte: Caputo (1981).

Os ensaios de cisalhamento direto foram conduzidos conforme metodologia preconizada por Lambe & Witman (1979) com uma prensa de compressão uniaxial

(Silva, 1999 b). Para cada amostra o ensaio foi realizado com a aplicação de uma carga estática vertical de 50, 100 e 200 kPa, em amostras com estrutura preservada, de dimensões 5,1 cm x 5,1 cm x 2,0 cm equilibradas na tensão de 100kPa. A carga vertical foi aplicada durante 5 minutos, após os quais, iniciou-se o ensaio. Os ensaios foram realizados junto ao Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da UFSM. O ensaio foi conduzido com uma velocidade de deslocamento horizontal de $0,3771 \text{ mm min}^{-1}$ e com um deslocamento horizontal de 10 mm. As leituras na célula de carga foram realizadas após cada deslocamento horizontal de 0,20 mm, até que a amostra ser rompida, o que é evidenciado pela diminuição dos valores lidos na célula de carga. O máximo valor obtido corresponde à tensão de cisalhamento, para aquela amostra e tensão normal. Assim, para cada condição de solo e umidade foram obtidos os três valores de tensão de cisalhamento, um para cada valor de tensão normal aplicada, com os quais foi possível ajustar a equação 22 aos dados observados.

Nos ensaios de compressão uniaxial para determinar a curva de compressão, as amostras com estrutura preservada foram coletadas em anéis de 5,54 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura, saturadas por 24 horas e, após, submetidas a uma tensão de 1 bar e levadas ao ensaio de compressão uniaxial, aplicando-se pressões estáticas e sucessivas (0, 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 kPa.) durante carregamentos de intervalos de tempo determinados, conforme Silva (1999 b). Para tanto, usou-se uma prensa de compressão uniaxial, no Laboratório de Física do Solo da UFSM. Após a realização do ensaio, a curva de compressão do solo foi obtida plotando-se a pressão aplicada no eixo das abcissas (escala logarítmica) versus a densidade do solo correspondente no eixo das ordenadas (escala decimal). A partir da curva de compressão, obteve-se a pressão de pré-adensamento (σ_p) e o índice de compressão (C_c). O índice de compressão foi determinado através da inclinação da reta de compressão virgem, e a pressão de

preconsolidação (Figura 11), determinada pelo método de Casagrande (Holtz & Kovacs,1981), com o auxílio do aplicativo Compress 1.0 (Reinert, 2003).

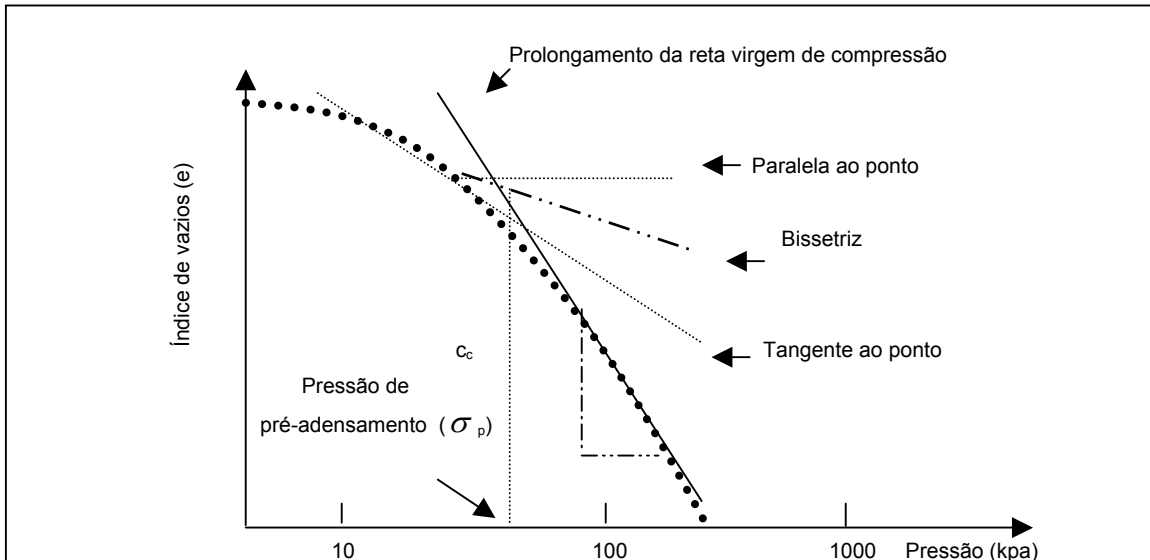


Figura 11. Determinação da pressão de pré-adensamento (σ_p) e do índice de compressão (C_c) pelo processo de Casagrande
Organização do autor

Para a determinação da capacidade de infiltração, foram realizados três ensaios em pontos do saprólito representativos de cada unidade litoestratigráfica. Utilizou-se de um cilindro de 15 cm de altura (h_{cil}) e 5 cm de diâmetro (d_{cil}), cravado 5 cm no saprólito, mantendo-se uma lâmina d'água de 10 cm acima do solo. A entrada de água foi lida através da régua em cm em intervalos de 30", 1', 3', 4',5', e após, intervalos constantes de 10' até que a vazão tenha se tornado constante. A vazão (Q) pôde ser obtida dividindo-se a variação de volume (ΔV) por um intervalo de tempo (ΔT). Para o cálculo da infiltração, além de procurar-se a vazão em si, foi necessário encontrar um valor constante. Assim, foi plotado o gráfico volume infiltrado versus tempo e encontrado um trecho retilíneo, o qual representa a vazão constante. O coeficiente angular deste trecho retilíneo

representa a vazão constante (Guerra & Cunha, 1996). A partir dos valores de ΔV e ΔT extraídos do gráfico tem-se:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (\text{equação 23})$$

Dividindo-se o resultado pela área do cilindro (A_{cil}) cravado no solo, expresso em cm^2 , obtém-se a capacidade de infiltração (CI) através da equação:

$$CI = Q / A_{\text{cil}} = Q / (\pi \times (d_{\text{cil}} / 2)^2) \quad (\text{equação 24})$$

3.2.3 Sistema unificado de classificação de solos (S.U.C.S)

Os horizontes e a camada R (rocha matriz) dos 15 perfis estudados, foram classificados de acordo com o S.U.C.S. (apêndice 2). Esse sistema é normatizado pela American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.). Nesse sistema os solos são classificados em solos grossos, solos finos e solos altamente orgânicos. Para a fração grossa, foram mantidas as características granulométricas como parâmetros mais representativos para a sua classificação, enquanto que para a fração fina se emprega o limite de consistência, por serem parâmetros mais importantes do que o tamanho das partículas nas propriedades desses solos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos a partir do cruzamento dos mapas de modelado do relevo, unidades litoestratigráficas e solos, foram identificadas vinte e cinco unidades morfoesculturais com relevos de denudação (áreas com perdas) e uma unidade morfoescultural com morfologia de relevo de agradação (áreas de acumulação).

O procedimento operacional para a obtenção de um produto cartográfico indicando áreas com diferente modelado de relevo, foi acrescido de informações quantificadas a partir da EUPS. Assim, após terem sido concluídos os levantamentos básicos do modelado do relevo, a compilação do mapa das unidades litoestratigráficas (Andreis et al.,1982) e do mapa da classificação dos solos (Klamt et al., 2001), e o fator erodibilidade dos solos, os procedimentos passaram pelas etapas de cruzamento das informações resultando em um produto cartográfico síntese, que classifica a área estudada em diferentes graus de fragilidade potencial.

As pesquisas básicas associadas à erosão são fundamentais tanto para as práticas agrícolas conservacionistas como para subsidiar no planejamento ambiental, onde as práticas econômicas devem ser calcadas em princípios conservacionistas. Nesse sentido, essas informações podem ser usadas como suporte quantitativo para a análise até então realizadas de forma qualitativa para a fragilidade dos ambientes naturais.

4.1 Análise morfométrica

4.1.1 Análise morfométrica da drenagem

A avaliação dos atributos físicos da paisagem e do solo esteve ligada aos objetivos propostos para o trabalho. Está calcada na tese da conexão entre

drenagem e erosão permitindo qualificar a configuração da drenagem como “desenho de erosão”, onde é possível estabelecer uma relação de causa e efeito onde influem o comportamento dos atributos físico-mecânicos no grau de fragilidade das unidades morfopedológicas.

Essa avaliação baseia-se, inicialmente, no comportamento fisiográfico da rede de drenagem. A figura 8 mostra a relação entre a rede de drenagem e a geologia da área. Denota o comportamento diferenciado assumido pelo padrão da drenagem face às diferentes litologias, mostrando que os sistemas de drenagem são também condicionados pelo substrato rochoso, além das condições do escoamento superficial, estrutura, chuvas e natureza da superfície.

Levando-se em conta a drenagem e a erosão, há uma acentuada e complexa relação de causa e efeito, em que influem inúmeras circunstâncias variáveis, como a geologia, o clima, hidrologia e pedologia. É possível considerar erosão e deposição como agente, e o efeito com a drenagem e o modelado do relevo. Os resultados constantes na tabela 3, refletem o comportamento dos padrões de drenagem face as condições do substrato litológico (figura 7).

A sucessão de processos morfogenéticos distintos, provocado pela condição climática do Quaternário, faz crer que, mesmo se litologia é homogênea (e ela não o é), as formações superficiais são variadas. São essas formações que constituem o material de origem dos solos, as quais, aliadas à topografia, influem sobre o regime hídrico e processos morfogenéticos. Assim, esse jogo de interações requer a análise da paisagem.

Os estudos envolvendo análise da rede de drenagem podem levar à compreensão de numerosas questões geomorfológicas, uma vez que os cursos d'água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.

A densidade da rede de canais é reconhecida como uma variável das mais importantes na análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou

expressando a quantidade disponível de canais de escoamento (Penteado 1978, Christofolleti 1973, 1980, 1983, 1987).

O comportamento hidrológico das rochas e do saprólito, em um mesmo ambiente climático, vai repercutir na densidade de drenagem. Onde a infiltração é mais difícil, há maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para a esculturação de canais permanentes e, conseqüente, densidade de drenagem mais elevada. A litologia tem importância para a hidrografia por controlar a permeabilidade. Os sedimentos clásticos de granulação fina geralmente apresentam drenagem de textura fina, quando há espaçamento pequeno entre os cursos de água, enquanto as rochas sedimentares de granulometria grossa, como os arenitos, tendem a apresentar drenagem com textura grosseira ou baixa, com espaçamento maior entre os cursos d'água (Penteado, 1978).

Considerando os resultados obtidos na área em estudo, a formação Sanga do Cabral apresenta menor densidade na drenagem quando comparada às demais. É possível estabelecer relações entre os valores de densidade de drenagem e as condições ambientais controladoras. Essa questão, de grande poder preditivo e explicativo, continua em aberto devido à complexidade envolvida no equacionamento entre os distintos graus de intensidade do controle exercido pelas variáveis. Há, entretanto, um consenso de que a densidade de drenagem é altamente correlacionada com a relação de relevo, índice de precipitação efetiva e intensidade do escoamento, capacidade de infiltração, e, com o fluxo de base dos rios. Também é consenso que as variações locais podem ser ocasionadas por outras características da bacia hidrográfica, como tipos de rochas, solos e uso da terra (Christofolleti, 1980, 1987; Casseti, 1994). Os dados constantes na tabela 3 mostram diferenças nos índices morfométricos entre as áreas. Atribui-se essas diferenças às propriedades físico-mecânicas do solo e saprólito, discutidas a seguir, uma vez que o uso da terra é relativamente homogêneo.

O comprimento médio dos canais (L_m) relaciona o comprimento total dos canais (L_t) pelo número total de segmentos (N). Indica condições relativas à

densidade de drenagem (Dd), razão de textura (Tx) e condições do estágio de evolução do relevo (dimensão interfluvial). A textura geológica (Tg) relaciona-se com a razão de textura (Tx) e fornece relações das condições de evolução do relevo. A relação de forma (Rf) indica diferenças quanto à forma geométrica da área dos sistemas de drenagem. Os dados da tabela 3 revelam maior comprimento médio dos canais (Lm) e maior comprimento do canal principal (Lcp), para a área da unidade Sanga do Cabral. Os sistemas de drenagem relativos às áreas das unidades Caturrita, Santa Maria, Quaternário e Cenozóico apresentam dados (tabela 3) semelhantes, revelando sistemas de drenagem semelhantes entre si, entretanto diferentes se comparados à unidade Sanga do Cabral.

Comparativamente às demais, a unidade T_{RS} (unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral) apresenta sistemas de drenagem com maior área e perímetro. Ao se considerar o N, a unidade T_{RC} (unidade litoestratigráfica Caturrita) apresentam maiores valores e a unidade T_{RS} os menores. Isso está refletido nos valores encontrados para a Dd, sendo essa menor nas áreas da T_{RS} e maior na T_{RC} e T_{RSM} (unidade litoestratigráfica Santa Maria). Essas também apresentam maior Lt, Fr, Tx, e Tg, quando comparadas com a T_{RS} . A T_{RS} apresenta maior Lcp comparativamente às demais unidades, o que é reforçado pela Rf obtida. Considerando-se toda a área, a Dd apresenta densidade de drenagem oscilando entre 0,614 e 2,468 km/km².

Assim os dados relacionados às características dos sistemas de drenagem, tomados como amostras (canais de 1^a ordem), indicam diferenciações morfométricas entre as unidades litoestratigráficas. Os valores N para as amostras da área relativa a T_{RC} e T_{RSM} , com valores mais altos, mostram superfícies mais dissecadas, embora, em alguns pontos da área recoberta pela T_{RS} , também apareçam modelados com dissecação média e forte. Essas áreas estão associadas a um sistema de falhamento observado no local.

Tabela 3. Índices fisiográficos resultados obtidos através da aplicação da correlação (equação 10) entre microbacias hidrográficas de primeira ordem. Sanga Funda e Sanga Chiniquá . São Pedro do Sul-RS.

Unidade litoestratigráfica predominante	A (km ²)	P (km)	N	Lt (km)	Lcp (km)	Dd (km/km ²)	Fr (n ^o /km ²)	Tx (n ^o /km)	Tg (n ^o /km)	Lm (km)	Rf (km ² /km ²)
T _{Rsm}	4,660	9,590	7	5,789	4,305	1,748	7,477	2,458	0,650	0,485	1,092
T _{Rsm}	4,090	7,815	16	4,007	2,613	1,672	7,200	1,996	0,533	0,362	0,620
T _{Rsm}	2,360	5,765	8	2,486	1,992	1,285	6,667	1,996	0,345	0,308	0,599
T _{Rsm}	2,280	5,695	14	2,486	1,766	1,242	6,140	1,844	0,249	0,251	0,575
T _{Rsm}	1,250	4,880	6	2,426	1,597	1,090	3,433	1,663	0,248	0,234	0,420
T _{Rsm}	1,070	4,070	13	1,870	1,505	1,028	3,178	1,626	0,171	0,178	0,401
T _{Rsm}	0,900	3,690	5	1,606	1,470	0,980	2,119	0,867	-0,091	0,178	0,251
A	1	0,9845	0,2824	0,9426	0,9045	0,9975	0,8232	0,8232	0,9250	0,9595	0,8950
P		1	0,1725	0,9807	0,9475	0,9820	0,8709	0,8585	0,9440	0,9848	0,9430
N			1	0,0644	-0,0450	0,2863	0,3882	0,2854	0,2870	0,0339	0,0540
Lt				1	0,9803	0,9418	0,7631	0,8117	0,9070	0,970	0,9410
Lcp					1	0,8950	0,7180	0,7682	0,8450	0,9588	0,9510
Dd						1	0,8907	0,8207	0,9350	0,9561	0,8780
Fr							1	0,8844	0,8880	0,8578	0,8310
Tx								1	0,9530	0,8516	0,9030
Tg									1	0,9266	0,8980
Lm										1	0,9530
R											1
T _{Rrs}	4,67	9,240	14	3,114	3,881	0,667	2,998	1,515	-0,262	0,222	0,310
T _{Rrs}	4,50	8,680	9	2,866	3,599	0,637	2,000	1,037	-0,190	0,318	0,347
T _{Rrs}	2,88	8,555	8	2,457	3,041	0,853	2,778	0,935	0,294	0,307	0,311
T _{Rrs}	2,43	6,915	7	2,437	2,814	1,003	2,881	1,012	0,024	0,348	0,307
T _{Rrs}	2,35	6,595	6	1,507	1,884	0,641	2,553	0,910	-0,317	0,251	0,662
T _{Rrs}	2,34	6,330	5	1,431	1,877	0,612	2,137	0,790	-0,322	0,286	0,664
T _{Rrs}	1,13	4,475	5	0,901	1,766	0,797	4,425	1,117	-0,520	0,180	0,362
T _{Rrs}	0,76	4,110	3	0,879	1,297	1,157	3,947	0,730	-0,464	0,293	0,452
A	1	0,4748	-0,155	0,390	0,169	-0,665	-0,609	-0,609	0,389	0,676	0,440
P		1	0,579	0,890	0,882	0,229	-0,050	-0,129	0,272	0,351	-0,474
N			1	0,670	0,632	0,531	0,464	0,724	0,117	-0,412	-0,666
Lt				1	0,745	0,216	-0,101	0,0463	0,588	0,354	-0,458
Lcp					1	0,409	0,202	0,092	-0,079	0,002	-0,471
Dd						1	0,911	0,4521	-0,133	-0,356	-0,745
Fr							1	0,6187	-0,408	-0,642	-0,650
Tx								1	-0,193	-0,854	-0,478
Tg									1	0,648	0,226
Lm										1	0,367
Rf											1

Continua

Tabela 3. Continuação

Unidade litoestratigráfica predominante	A (km ²)	P (km)	N	Lt (km)	Lcp (km)	Dd (km/km ²)	Fr (n ^o /km ²)	Tx (n ^o /km)	Tg (n ^o /km)	Lm (km)	Rf (km ² /km ²)
T _{RC}	2,420	6,990	24	4,024	2,128	1,663	9,917	3,433	0,891	0,168	0,534
T _{RC}	1,900	5,350	20	4,012	1,704	2,112	10,526	3,738	0,128	0,201	0,654
T _{RC}	1,300	4,895	13	2,796	1,547	2,151	10,000	2,656	1,354	0,215	0,543
T _{RC}	0,900	4,135	13	1,899	1,683	2,110	14,444	3,144	-0,998	0,146	0,318
T _{RC}	0,900	3,635	7	1,728	1,166	1,920	7,778	1,926	0,807	0,247	0,662
T _{RC}	0,620	3,020	12	1,530	956	2,468	19,355	3,974	0,482	0,128	0,000
A	1	0,974	0,9072	0,9656	-0,509	-0,713	0,2316	0,2316	0,2538	0,129	0,5594
P		1	0,8833	0,9177	-0,572	-0,753	-0,517	0,1610	0,2356	0,090	0,5295
N			1	0,8982	-0,226	-0,452	-0,118	0,5988	0,0196	-0,279	0,1953
Lt				1	-0,489	-0,547	-0,475	0,3108	0,2206	0,1510	0,5664
Lcp					1	0,7287	0,8566	0,5383	0,0227	-0,616	0,3838
Dd						1	0,7628	0,3773	-0,2000	-0,393	-0,692
Fr							1	0,6770	-0,4110	-0,874	-0,972
Tx								1	-0,2960	-0,787	-0,554
Tg									1	0,4962	0,2973
Lm										1	0,8533
Rf											1
Q _{aI}	2,990	7,665	14	3,876	3,585	1,296	4,682	1,826	0,960	0,277	0,233
Q _{aI}	2,750	7,295	13	3,067	2,644	1,115	4,727	1,782	0,372	0,236	0,393
Q _{aI}	2,410	6,055	12	2,990	2,614	1,241	4,979	1,982	0,184	0,249	0,353
Q _{aI}	1,660	5,795	9	2,174	2,236	1,310	5,422	1,553	0,124	0,242	0,332
Q _{aI}	1,530	5,285	8	2,036	1,889	1,331	5,229	1,514	0,081	0,255	0,429
Q _{aI}	1,440	5,255	8	1,693	1,812	1,176	5,556	1,522	0,078	0,212	0,439
Q _{aI}	1,360	4,350	7	1,480	1,506	1,088	5,147	1,609	-0,178	0,211	0,600
Q _{aI}	0,960	3,835	6	1,335	1,25	1,391	6,250	1,565	-0,263	0,223	0,614
A	1	0,9598	0,996	0,9781	0,9520	-0,2247	0,8025	0,8025	0,8922	0,695	-0,7970
P		1	0,963	0,9485	0,9526	-0,1666	-0,827	0,6229	0,9281	0,7045	-0,8810
N			1	0,9815	0,1492	-0,1812	-0,834	0,8098	0,8905	0,701	-0,8260
Lt				1	0,9842	-0,0324	-0,807	0,7814	0,9327	0,816	-0,8600
Lcp					1	-0,0272	-0,795	0,7067	0,9657	0,8113	-0,7740
Dd						1	0,4947	-0,187	0,0054	0,4453	-0,1210
Fr							1	-0,640	-0,740	-0,555	0,6597
Tx								1	0,5498	0,4938	-0,4990
Tg									1	0,7933	-0,8740
Lm										1	-0,7990
Rf											1

T_{RSM} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{RS} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; Q_{aI} = unidade litoestratigráfica do Quaternário.

A = área; P = perímetro; N = n^o total de segmentos; Lt = comprimento total de segmentos; Lcp = comprimento do canal principal; Dd = densidade de drenagem; Fr = freqüência de canais; Tx = razão de textura; Tg = textura geológica; Lm = comprimento médio dos canais; Rf = relação de forma.

Organização do autor

O resultado obtido no emprego das correlações mostraram alta significância entre os índices relativos a T_{Rrs} quando confrontados com os das T_{RC} e T_{Rsm} . Isso confirma uma tendência, se observada a drenagem de primeira ordem, de que as litologias da T_{RC} e T_{Rsm} refletem um padrão de drenagem semelhante, enquanto diferem da T_{Rrs} . A unidade Q_{aI} reflete padrões que se aproximam das apresentadas pela T_{Rsm} , onde predominam padrões meandranes característicos de planícies aluvionais.

As maiores correlações obtidas entre a Fr , N e Dd ocorreu nas áreas onde predominam materiais finos (argilitos, siltitos e lamitos). Cabe destacar que na T_{RC} as litologias mais representativas estão constituídas por camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor, enquanto arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base. Em relação à essa característica, a unidade caracterizada pela T_{Rsm} , o membro Alemoa constitui o membro superior da T_{Rsm} onde a litologia típica está representada por lamitos e siltitos argilosos. A T_{Rrs} apresenta predominantemente arenitos finos com ocorrências de arenitos médios ou grossos. A Q_{aI} está representada por depósitos de sedimentos retrabalhados (Bortoluzzi 1974; Andreis et al., 1982).

4.1.2 Análise morfométrica das vertentes

Dos perfis de vertentes selecionados sobre os aerofotogramas verticais, todos seccionando interflúvios com canais de primeira ordem, foram obtidos os índices ICC, ICB e IM (índice de curvatura de crista, índice de curvatura de base e índice de massa, respectivamente), constantes na tabela 4.

Tanto sobre litologias da T_{Rrs} como da T_{Rsm}/T_{RC} (Figura 12), os índices mostram que o perfil da vertente apresenta crista na forma côncava e a base com forma convexa dando à vertente forma côncava-convexa. Na T_{Rsm}/T_{RC} a concavidade é menos pronunciada e a base apresenta uma convexidade bem mais evidente. No setor de meia encosta ocorre a presença de um pequeno ressalto evidenciando a presença de fácies mais resistentes. Essa configuração

de perfil é de ocorrência comum na T_{Rfs} , embora também ocorra com frequência na T_{Rsm}/T_{RC} . Os segmentos estão separados por um ressalto na topografia, destacando a atuação da erosão diferencial sobre fácies litológicas. Mostra a conformação característica do perfil das vertentes sobre essas litologias, um perfil côncavo-convexo; o setor intermediário manifesta-se como o setor intensamente atacado pelos processos erosivos.

Tabela 4. Resultados obtidos para os índices: curvatura de crista, base e a média vertente.

Unidade litoestratigráfica predominante	Índice de curvatura de crista (ICC)	Índice de curvatura de base(ICB)	Índice de massa (IM)
T_{Rfs}	-2,75	3,00	41,66
T_{Rfs}	-3,25	2,50	47,66
T_{Rfs}	1,45	10,35	40,17
T_{Rfs}	-0,75	9,50	38,00
T_{Rfs}	-5,75	-2,00	47,33
T_{Rfs}	-2,50	1,50	42,00
T_{Rfs}	-0,50	3,00	49,67
T_{Rfs}	4,00	7,50	41,33
T_{Rfs}	3,25	10,00	36,00
T_{Rfs}	4,25	15,00	30,33
T_{Rfs}	3,00	13,50	32,00
T_{Rfs}	5,50	16,50	36,50
T_{Rfs}	0,00	6,50	46,00
T_{Rsm}/T_{RC}	-5,75	-4,00	47,33
T_{Rsm}/T_{RC}	-2,00	4,50	29,33
T_{Rsm}/T_{RC}	-6,00	-3,00	33,67
T_{Rsm}/T_{RC}	2,50	4,00	11,50
T_{Rsm}/T_{RC}	-1,00	0,00	46,17
T_{Rsm}/T_{RC}	2,25	6,00	24,83
T_{Rsm}/T_{RC}	-5,75	0,00	44,33
T_{Rsm}/T_{RC}	-2,50	-2,00	42,33
T_{Rsm}/T_{RC}	-1,00	6,00	45,33
T_{Rsm}/T_{RC}	-1,50	-1,00	51,00
T_{Rsm}/T_{RC}	1,00	4,50	45,67

T_{Rsm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{Rfs} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita.

Organização do autor

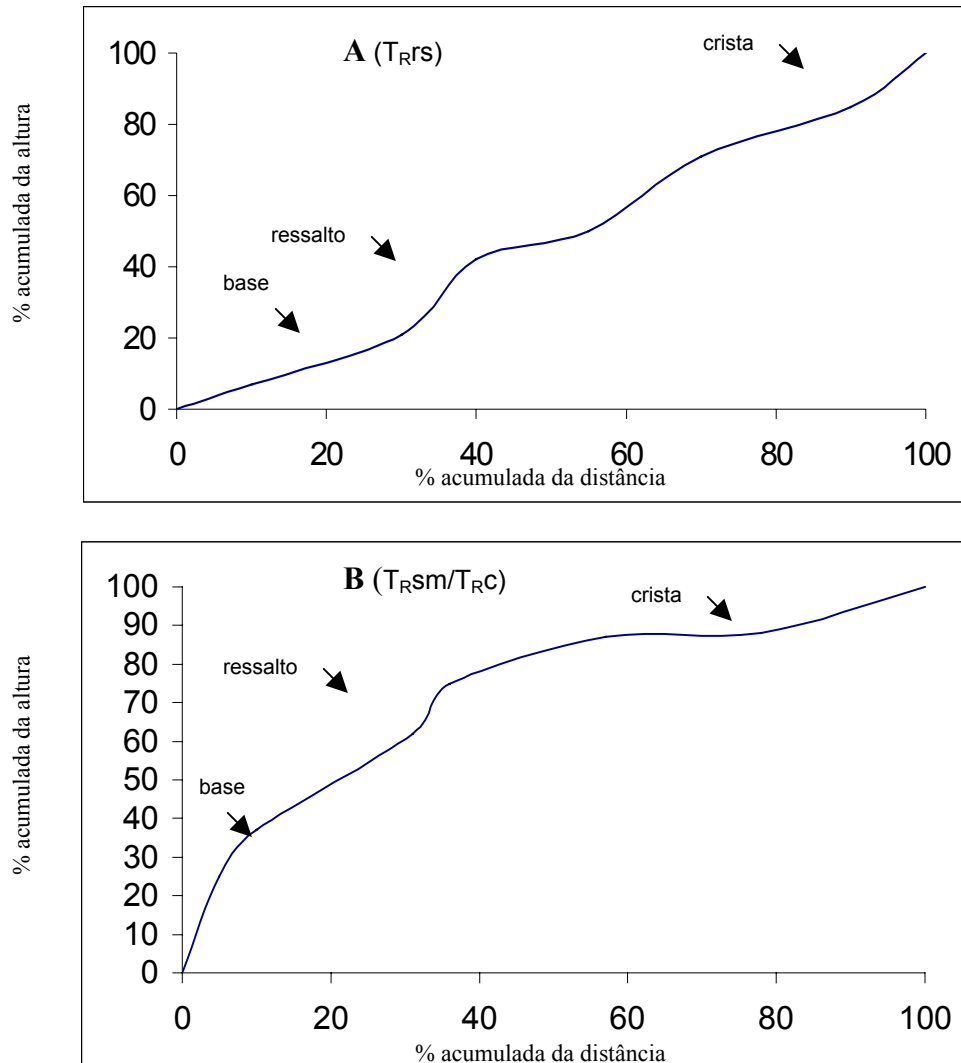


Figura 12. Padrões representativos da forma do perfil das vertentes da região em estudo
Organização do autor

Com relação aos sedimentos gonduânicos do Rio Grande do Sul, Bortoluzzi (1974) observa que esses se distribuem ao longo de uma área deprimida, a Depressão Periférica Sul-riograndense, caracterizada pela presença de formas de relevo modestas onde as feições mais típicas são representadas por coxilhas baixas e alongadas e, tabuleiros areníticos de relevo mais acentuado. Nesse contexto, a área sudoeste de São Pedro do Sul está situada praticamente na zona

de transição entre a Depressão e o Rebordo do Planalto. Inicia nos sedimentos arenosos da T_{Rfs} , recobertos pelo manto aluvionar dos rios Toropi e Ibicuí-Mirim indo até as proximidades do rebordo erosivo do Planalto, junto à T_{RC} ¹⁰.

A área relativa à T_{Rfs} está caracterizada por uma topografia suavemente ondulada, ora com coxilhas alongadas, ora com mesas sustentadas pelos pacotes essencialmente arenosos. No setor leste e centro da área aparecem maciços arenosos, constituindo o topo de coxilhas em nítido contraste com os siltitos da T_{Rsm} . Suas cotas alcançam 120 a 150 m. Formam uma topografia com morrotes alongados de topo plano, vertentes côncavas-convexas com vales medianamente dissecados e recobertos com uma vegetação predominantemente campestre (gramíneas). Onde ocorrem sedimentos típicos da T_{Rsm} , a topografia passa a ser suave com coxilhas baixas, alongadas na direção dos cursos fluviais entalhantes. Nos sedimentos da T_{Rsm} , a drenagem encrava-se para originar feições erosionais enraizadas, que são denominadas “sangas” (Bortoluzzi, 1974). Essa característica distintiva é muito útil para o seu reconhecimento em aerofotogramas. Observações no campo permitiram observar que surgem como peças isoladas, dentro desse domínio, algumas elevações mantidas pelo arenito Botucatu (J_{Ksg}). O setor nordeste está representado pela T_{RC} , onde na interface com a formação Santa Maria ocorrem inúmeros anfiteatros erosivos e registram-se os maiores valores na densidade de drenagem (tabela 3). O Cenozóico está representado por uma superfície topográfica plana (coxilha alongada) no centro-oeste da área e Q_a constitui as áreas de acumulação nas planícies de inundação.

Procurou-se estabelecer, no decorrer do trabalho, um critério que possibilitasse a visualização de um padrão de drenagem associada às unidades litoestratigráficas envolvidas. Tal objetivo não foi alcançado, apesar de ocorrerem certas peculiaridades que permitem visualizar traços amplos quanto a esse

¹⁰ A T_{RC} (formação Caturrita) é considerada por Bortoluzzi (1974) como a seqüência inferior da formação Botucatu, depositada em ambiente sub-aquoso. Inclui arenitos, conglomerados, siltitos arenosos e argilosos e eventualmente folhelhos.

elemento. O padrão presente na T_{Rrs} , na área, é do tipo dendrítico, da mesma forma que o da T_{Rsm} . Entretanto, a densidade da drenagem nessa última está aliada a uma extensão menor de cursos perenes. É possível que essa condição esteja ligada ao maior gradiente das correntes que fluem sobre a T_{Rsm} (essa última constatação também serve para a T_{RC}), enquanto as que fluem sobre a T_{Rrs} estão mais próximas ao nível de base local, o rio Toropi e Ibicuí-Mirim. Esse fato explica também a freqüência de zonas alagadiças em alguns pontos ao longo dos cursos de água que correm sobre a T_{Rrs} . Há um controle local da direção das camadas e falhas sobre certos cursos d'água, como, por exemplo, a Sanga Chiniquá, que influem no sistema de drenagem da área.

A densidade de drenagem (Dd) e a freqüência de canais (Fr) são índices que representam o comportamento hidrológico de uma área, possibilitando avaliar o grau de dissecação do relevo (Santos 2000). Destaca que o comportamento hidrológico das rochas e do saprólito repercute nos valores desses índices em função do grau de dificuldade de infiltração da água. Assim, escoamento superficial é maior nas áreas onde as rochas e o saprólito são menos permeáveis. O relevo é mais movimentado, o que por sua vez, torna os valores da Dd e Fr maiores. Dessa maneira, o substrato rochoso afeta a natureza do padrão de drenagem e o modelado do relevo. Os materiais menos permeáveis (argila, folhelho), pela sua textura, tendem a desenvolver uma drenagem relativamente densa com um espaçamento pequeno entre canais. Nos materiais mais permeáveis (arenitos, conglomerados), de granulometria grossa, a drenagem tende a ser baixa, com espaçamento largo entre os canais de drenagem (Ray, 1963; Ricci & Petri, 1965). As características texturais argilosas e siltosas reduzem o volume de infiltração, favorecendo o escoamento superficial das águas pluviais.

A discrepância dos valores da Dd e Fr entre as áreas da T_{Rsm} e T_{RC} , em relação às demais, ressalta a importância dos canais de primeira ordem na dissecação do relevo. Há um relativo aumento do gradiente dos canais nessas

unidades (principalmente na interface T_{Rsm}/T_{Rrs} , T_{Rsm}/T_{RC} e T_{RC}/Q_aI), refletidos no modelado de dissecação médio e forte, mapeados na área.

A conformação das vertentes e os diferentes gradientes revelam a ação denudacional que se processa sobre elas, tendo no perfil convexo maior instabilidade, o qual evolui para um perfil côncavo se as perdas forem maiores do que o intemperismo é capaz de fornecer. Nesse sentido, o uso de métodos elaborados da análise morfométrica pode ser um meio a ser utilizado no estudo dos processos formadores do relevo e de sua dinâmica. Colaboram para o conhecimento da evolução das formas topográficas e permitem avaliar a suscetibilidade da área aos fenômenos erosivos.

A conformação na paisagem, considerando o perfil e a forma do modelado de dissecação das vertentes na respectiva unidade litoestratigráfica, pode ser observada no campo onde anfiteatros erosivos ocorrem junto aos interflúvios. Nichos de nascente (Figura 14) são observados em incisões erosivas estáveis nas áreas de dominância da T_{Rrs} e na interface T_{Rsm}/T_{RC} .

A conformação da paisagem em área de ocorrência da T_{RC} , evidenciando a presença de vertentes côncavas-convexas é mostrada na figura 14. Nota-se, ao fundo, a conformação da paisagem em relevo ondulado, configurando modelado de dissecação onde na interface entre as litologias da T_{Rsm}/T_{RC} , onde ocorrem com frequência anfiteatros erosivos. A figura 15 ilustra a ocorrência de nicho de nascente em área da T_{Rrs} , mostra um nicho de nascente onde são observados canais de primeira ordem, originados a partir de processos erosivos em voçorocas ovóides e lineares na interface T_{Rrs}/T_{Rsm} .

Do ensaio de infiltração, realizado no saprólito, em cada perfil representativo das unidades litoestratigráficas, resultou a tabela 5. Pôde-se constatar que nos ensaios correspondentes ao perfil relativo à área da T_{Rrs} , os resultados obtidos mostraram menor coeficiente de infiltração e o perfil relativo Q_aI e T_{RC} , os maiores. A figura 13 ilustra os dados constantes na tabela 5.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de infiltração realizados no saprólito das unidades litoestratigráficas. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Unidade litoestratigráfica	cm/s	Infiltração cm/h	litros/dia
T _{RS}	$1,17892 \times 10^{-8}$	$4,24412 \times 10^{-5}$	1,0185
T _{RC}	$8,84192 \times 10^{-8}$	$3,18309 \times 10^{-4}$	7,6394
T _{RSm}	$2,94730 \times 10^{-8}$	$1,06103 \times 10^{-4}$	2,5464
Q _a I	$1,10032 \times 10^{-7}$	$3,96611 \times 10^{-4}$	9,5068

T_{RSm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{RS} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; Q_aI = unidade litoestratigráfica do Quaternário.

Fonte: Ensaio de campo/Julho 2003.

Organização do autor

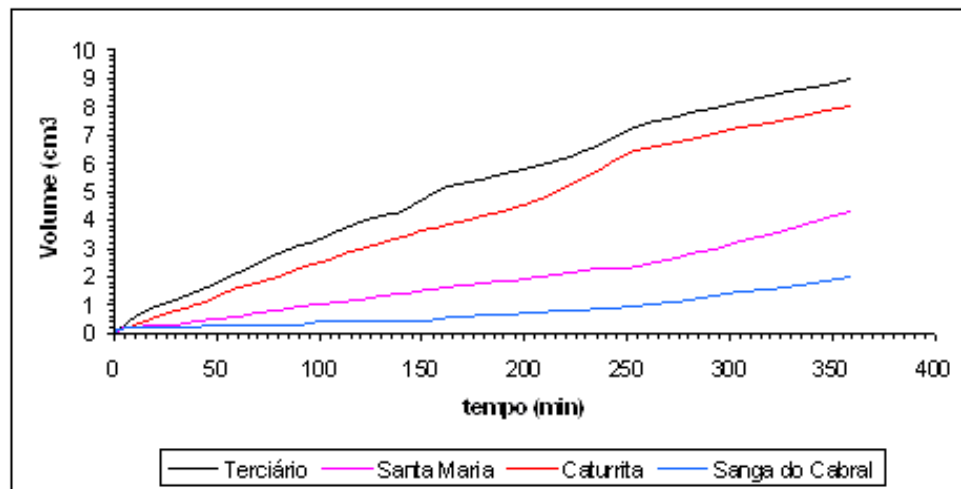


Figura 13. Comportamento do coeficiente de infiltração obtido para as unidades litoestratigráficas. Considerando-se o conjunto de dados, nota-se uma tendência semelhante entre as curvas obtidas pela variação do coeficiente de infiltração.

O comportamento do coeficiente de infiltração (figura 13) reforça a tese de que os anfiteatros erosivos, presentes em grande número no contato entre as

áreas da T_{RC} e T_{Rsm} , são facilitados em sua ocorrência devido a essas diferenças de permeabilidade. O maior desenvolvimento de canais de primeira ordem e pequena extensão, na área da T_{RC} , está ligado ao maior coeficiente de infiltração do saprólito (tabela 5).

Nesse raciocínio, nas áreas de ocorrência da T_{RC} e T_{Rsm} , se comparadas à T_{Rrs} , observam-se diferentes índices morfométricos (tabela 3) em relação aos padrões de drenagem de primeira ordem. Dessa forma, a paisagem assume características onde o modelado do relevo e a evolução das vertentes, no contato entre o substrato dessas formações e variações entre as fácies no interior dessas, constituem as áreas de maior fragilidade frente a ação dos agentes externos (as figuras 14, 15 e 20 são exemplos). Através da fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação dos aerofotogramas verticais, além de observações no campo, evidenciou-se a ocorrência predominante de feições erosivas e nichos de nascentes, que evoluem para canais de primeira ordem, em áreas de contato litológico e entre as variações de fácies. Essa atuação pode ser resumida nos tipos de modelado do relevo, pois a dissecação conforme proposto, leva em consideração a dimensão interfluvial e o grau de entalhamento dos talwegues. Contempla a relação entre a rede de drenagem e o trabalho erosivo por ela desempenhado, numa relação em que não se pode deixar de considerar o substrato litológico, uma vez que envolve e revela a relação entre a natureza do material sedimentar e o modelado do relevo.



Figura 14 Conformação da paisagem em área de ocorrência da T_{RC} na localidade de Carpintaria. Foto do autor, agosto de 2002

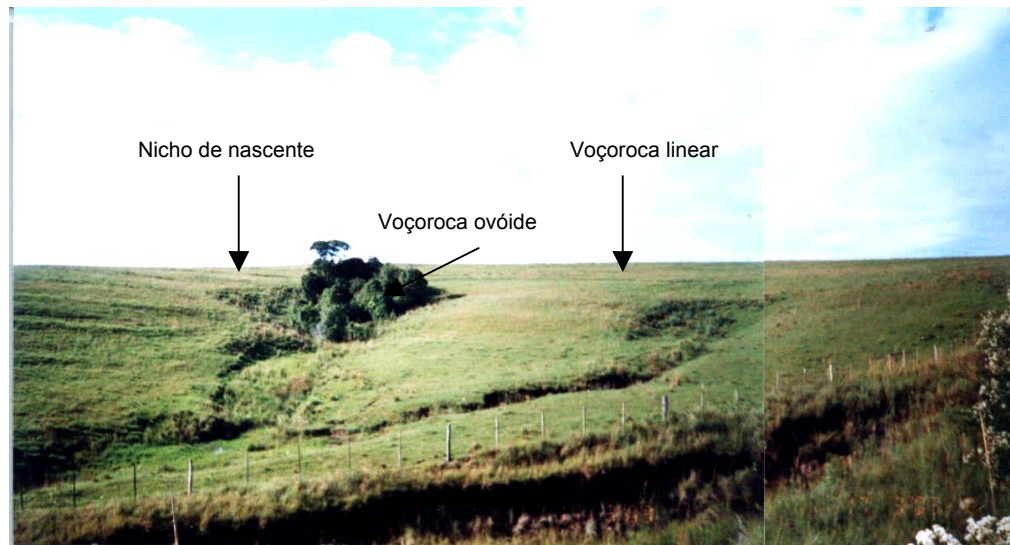


Figura 15. Nicho de nascente em área de ocorrência da T_{Rfs} na localidade de Chiniquá. Foto do autor, março de 2003.

Uma situação característica da conformação dos anfiteatros erosivos, ocorrentes na área de interface entre a T_{Rsm} e T_{RC} é ilustrada na figura 16. Nota-se um perfil convexo-côncavo, sendo que a ruptura topográfica ocorre na interface entre o horizonte E com o A e o Bt. O afloramento da camada adensada funciona como linha demarcatória da área afetada pela erosão regressiva. À medida que essa evolui, a ruptura de declive avança em direção ao topo. O convexo evolui para côncavo na meia encosta, evidenciando a área com maior instabilidade morfogenética como sendo a interface entre o segmento retilíneo e o convexo. Nesse setor aflora, preferencialmente, o fluxo subsuperficial lateral, muitas vezes facilitado pela presença do horizonte E, ou de uma camada adensada, que, na área, demonstra ser o horizonte Bt, BC e/ou o C (apêndice 1), facilitando colapsos na superfície e, a partir deles, originando incisões erosivas.

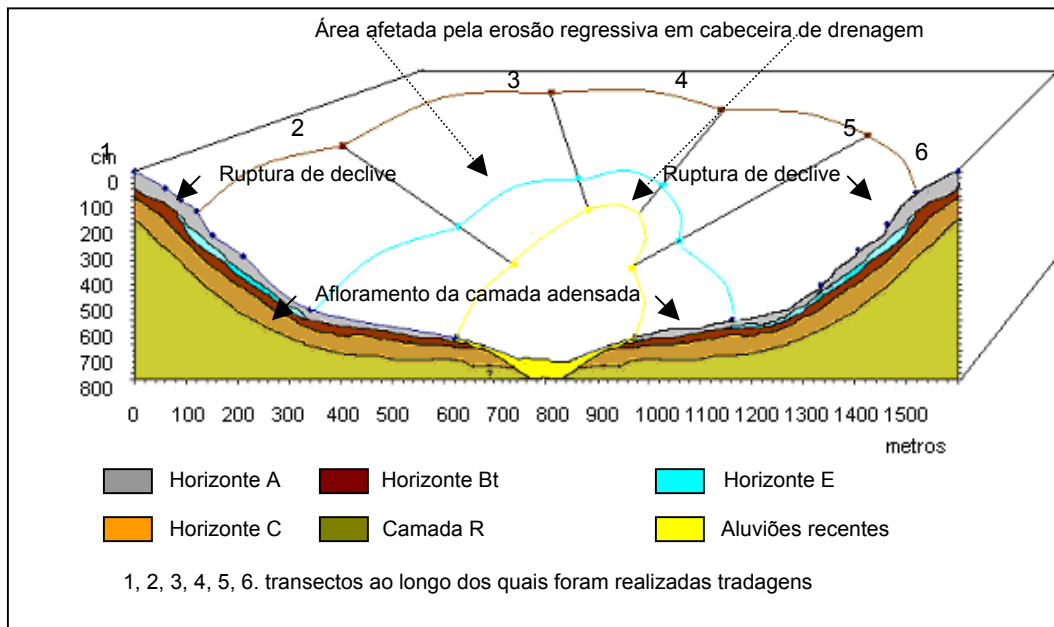


Figura 16. Representação cartográfica da cobertura pedológica de toposseqüência em anfiteatro erosivo que ocorre na unidade litoestratigráfica Caturrita T_{RC} .
Organização do autor

Esses compartimentos morfotopográficos podem ser considerados e caracterizados como fisionomias do meio físico que revelam um tipo reconhecível e delimitável de relevo e são passíveis de observação direta através da compartimentação do modelado do relevo. Refletem, outrossim, uma história climática que pode ser deduzida a partir de suas formas e materiais, entendidos como testemunhos de processos geomorfopedogenéticos. Traduzem-se num produto de síntese das relações naturais produzidas por seus fatores de formação e de evolução e são relacionáveis ao seu histórico de ocupação e formas de utilização. Assim, podem revelar-se como instrumentos para programas de controle preventivo e corretivo do uso da terra.

Os valores obtidos através da aplicação da correlação (Pearson) entre os índices (tabela 6) revelaram, para a área, que a crista e a base das vertentes evoluem conforme uma covariação positiva ($r = 0,8362$). Isso sugere que as mudanças ocorridas na porção superior da vertente refletem na forma da base, ou seja, são transferidas para a base da vertente, de forma que são mantidas as vertentes côncavas-convexas.

Tabela 6. Resultados a partir da aplicação da correlação entre os ICC,ICB,IM.

Índice/Unidade litoestratigráfica predominante	Correlação (Pearson)
ICC/ICB (T_{Rrs})	0,9082
ICC/ICB (T_{Rsm}/T_{RC})	0,7840
IM/ICC (T_{Rrs})	-0,7549
IM/ICC (T_{Rsm}/T_{RC})	-0,4719
IM/ICB (T_{Rrs})	-0,8603
IM/ICB (T_{Rsm}/T_{RC})	-0,4251
ICC/ICB ($T_{Rsm}/T_{RC}/T_{Rrs}$)	0,8362

T_{Rsm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{Rrs} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; $Q_a I$ = unidade litoestratigráfica do Quaternário.

Organização do autor

A dispersão entre os valores para a crista e a base, mostra uma relação linear positiva (Figura 17) para a totalidade dos índices considerados. As figuras 18 e 19 referem-se, respectivamente aos índices obtidos para a T_{Rfs} e T_{Rsm}/T_{RC} .

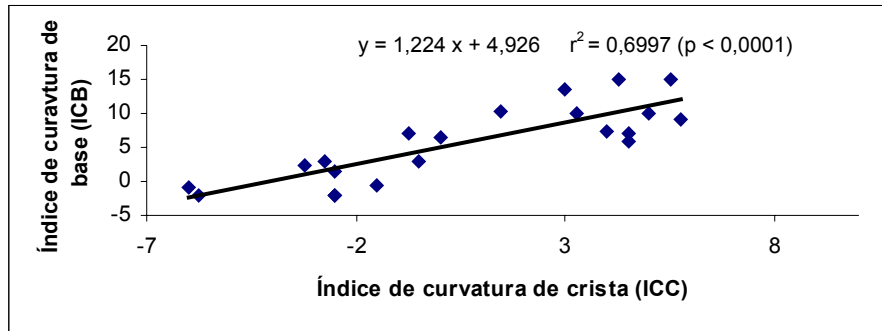


Figura 17. Dispersão obtida do padrão representativo da forma do perfil das vertentes da região em estudo para todas as unidades litoestratigráficas. Nota-se uma tendência de evolução das vertentes onde as alterações ocorridas na crista refletem-se numa correlação positiva em relação à base.
Organização do autor

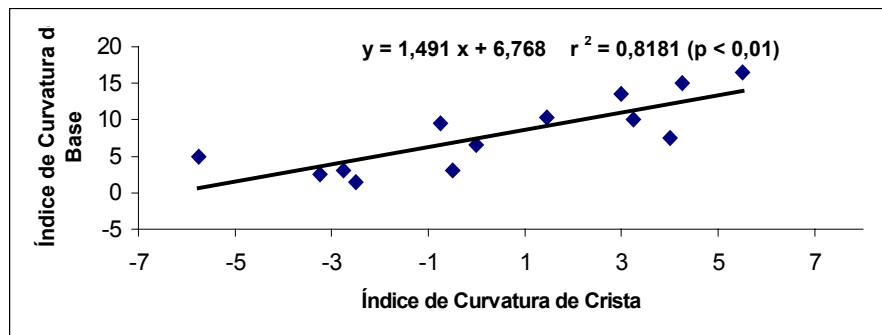


Figura 18. Dispersão obtida para o padrão representativo da forma do perfil das vertentes da região em estudo para a unidade litoestratigráfica T_{Rfs} . Nota-se correlação positiva na tendência de evolução da crista em relação à base.
Organização do autor

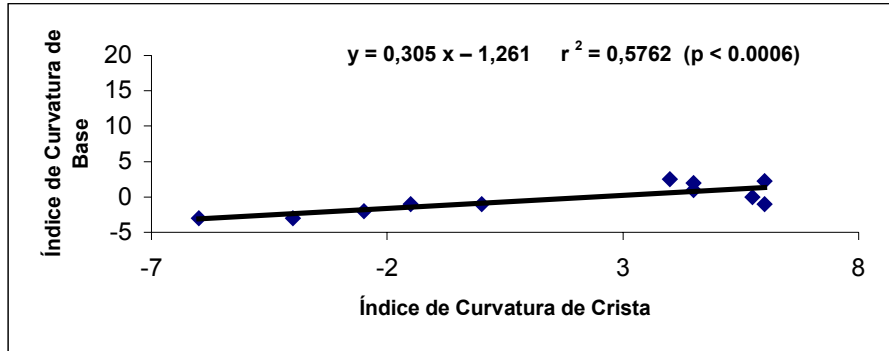


Figura 19. Dispersão obtida para o padrão representativo da forma do perfil das vertentes da região em estudo para as unidades litoestratigráficas T_{Rsm}/T_{Rc} . Nota-se correlação positiva na tendência de evolução da crista em relação à base.
Organização do autor

Cabe destaque, também, que as influências das transformações na crista refletem também no índice de massa, ou seja, na meia encosta, numa correlação negativa (tabela 6). A figura 20 ilustra uma situação onde é possível ser observado o colapso superficial a partir da meia encosta.

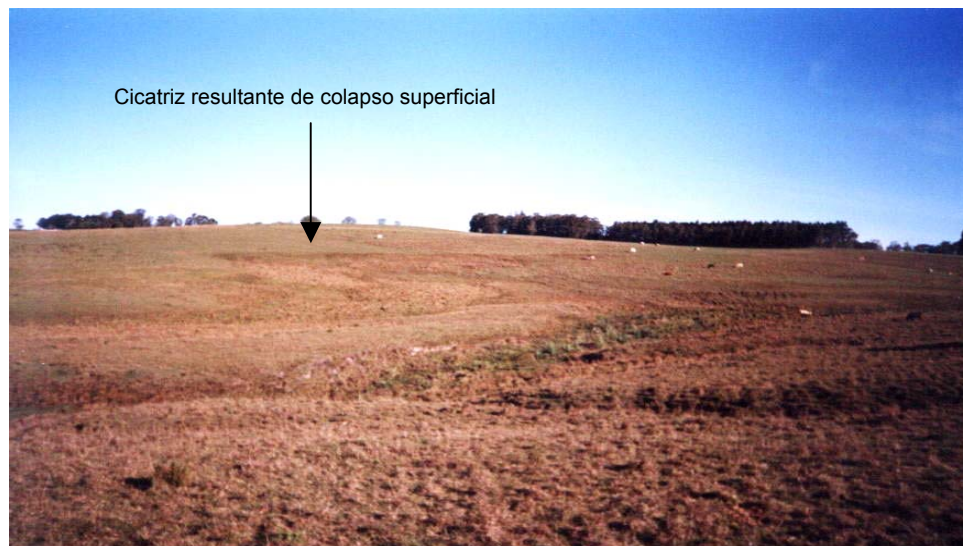


Figura 20. Colapso superficial em área de meia encosta evoluindo para anfiteatro erosivo: contato entre T_{Rsm}/T_{Rc} . Localidade de Chiniquá.
Foto do autor, agosto de 2002.

As informações obtidas levam a concluir que as vertentes da área, de maneira geral, apresentam uma dinâmica na qual, tanto a crista como a base, estão sofrendo processo de denudação, sendo que a crista evolui para uma concavidade buscando estabilização a partir do rebaixamento do ponto de inflexão. A base evolui para a convexidade a partir da deposição do material e dos movimentos do regolito. A correlação entre a crista e a base pode ser constatada na observação de rupturas preferencialmente na meia encosta. Esses colapsos refletem a transferência de energia a partir do ponto de maior relação de relevo entre os segmentos da vertente. Ressaltos topográficos, cicatrizes e anfiteatros erosivos configuram a paisagem sendo resultado dos movimentos de massa na evolução dessas vertentes.

4.2 Caracterização da erodibilidade do solo e relação solo-dissecação do relevo

4.2.1 Erodibilidade do solo

As diferentes taxas de remoção que os diferentes materiais sofrem quando submetidos aos mesmos fatores erosivos caracteriza a erodibilidade desses materiais. Foram considerados os horizontes diagnósticos subsuperficiais para estimar o fator K para o solo. Naqueles que não apresentam horizonte diagnóstico subsuperficial, foram consideradas as características do horizonte C. Foram considerados os horizontes subsuperficiais pelo motivo de ser, de modo geral, na interface desses com o saprólito, que se dá, preferencialmente, a instalação da drenagem de primeira ordem. Portanto, para estimar o fator K foi considerado o horizonte B e na sua ausência (Neossolos) foi considerado o horizonte C dos perfis estudados.

O resultado caracteriza o comportamento da erodibilidade obtido com base na classificação dos solos proposta no Levantamento de Solos do município de

São Pedro do Sul-RS (Klamt et al., 2001). Os resultados obtidos (Tabela 7) mostram que os Cambissolos e Gleissolos revelaram o maior fator de erodibilidade. De maneira geral, esses solos mostram elevados teores de areia e silte. A figura 21 mostra a relação entre a erodibilidade e o teor de areia fina + silte para os solos da área em estudo.

Esses índices quantitativos (fator de erodibilidade da tabela 7) foram incluídos no modelo empírico EUPS, aqui empregado como fator para a definição da fragilidade natural, pois a diferente taxa de perda está fortemente relacionada à natureza do material sedimentar.

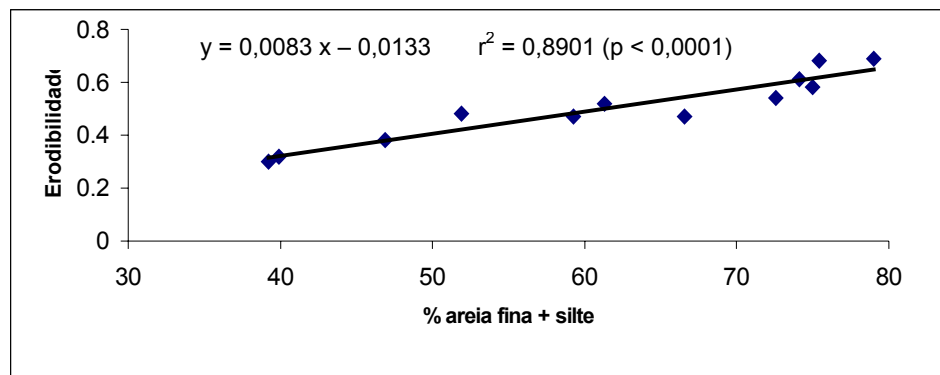


Figura 21. Dispersão obtida para a relação % de areia fina + silte e fator de erodibilidade dos solos da região em estudo
Organização do autor

A tabela 8 traz a granulometria dos sedimentos das distintas unidades litoestratigráficas, relativas a média do saprólito (BC e C) e camada R. Observa-se elevado teor de silte e areia fina, sendo mais elevado na T_{Rrs} . Os teores de argila mostram-se, de maneira geral, semelhantes entre as unidades litoestratigráficas, estando os extremos para o saprólito relativo a T_{Rrs} e Q_{aI} .

Tabela 7. Fator de erodibilidade dos solos do sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Solo/classificação	Fator de erodibilidade [(t _x h _x h)/(M _J xm _m xh _a)]
1) Alissolo Hipocrômico Argilúvico abrupto A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	0,47
2) Alissolo Crômico Húmico câmbico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	0,48
3) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	0,32
4) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	0,52
5) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico abrupto A moderado textura arenosa/argilosa fase relevo suave ondulado a ondulado	0,30
6) Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte suave ondulado e ondulado	0,61
7) Gleissolo Melânico Eutrófico chernossólico textura argilosa relevo ondulado	0,68
8) Neossolo Litólico Eutrófico típico A moderado textura arenosa fase relevo forte ondulado e montanhoso	0,54
9) Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico textura média e argilosa fase relevo suave ondulado e ondulado	0,38
10) Neossolo Quartzarênico Órtico Típico A moderado fase relevo plano	0,58
11) Plintossolo Argilúvico Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	0,47
12) Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte ondulado e montanhoso	0,69

Organização do autor

Tabela 8. Composição granulométrica das unidades litoestratigráficas referentes a média do saprólito e camada R. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Unidade Litoestratigráfica	areia grossa (%)	areia fina	silte	argila
T _{RS}	2,90	32,48	35,91	28,71
T _{RC}	8,35	34,96	14,14	34,19
T _{Rsm}	5,69	20,33	32,46	35,80
Q _{aI}	12,55	21,11	20,95	43,02

T_{Rsm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{RS} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; Q_{aI} = unidade litoestratigráfica do Quaternário.

Fonte: Ensaio em laboratório

Organização do autor

4.2.2 Modelado acumulação/dissecação do relevo

Na análise do comportamento do relevo, tomou-se como base os níveis taxonômicos e no tipo de tratamento técnico desenvolvido pelo Projeto Radambrasil (1982), onde no 1° táxon são consideradas as unidades morfoestruturais, no 2° táxon as unidades morfoesculturais, no 3° táxon o modelado e no 4° táxon representado pelos conjuntos de formas semelhantes. Para a mensuração dos índices relativos ao modelado de dissecação do relevo, tomou-se como referência a matriz dos índices de dissecação, adaptada de Ross (1992 e 1994). O 5° táxon são as vertentes ou setores das vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. As vertentes de cada tipologia de forma são distintas, e cada um dos setores dessas vertentes também se mostra diferente.

Tomando-se, como exemplo, a forma de uma seqüência de vertente, os diversos setores apresentam características geométricas, bem distintas (figura 12). O 6° táxon, corresponde às formas menores produzidas pelos processos erosivos atuais ou por depósitos atuais. Assim são exemplos, as voçorocas, as ravinas, as cicatrizes de deslizamentos, os bancos de sedimentação atual, os assoreamentos e os terracetes de pisoteio. Essas formas são fruto dos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidos pelo homem.

Obtido o mapa de modelado do relevo (3° táxon, conforme Projeto Radambrasil, 1982), esse constituiu-se no instrumento norteador do trabalho. As informações geradas nessa etapa serviram de base para o cruzamento com os temas solo e unidades litoestratigráficas. A figura 22 mostra o mapa do modelado de relevo obtido e a tabela 9 traz o resultado da quantificação das áreas dos modelados e o índice de concentração de nascentes, por tipo e classe de modelado.

Tabela 9. Quantificação das áreas dos modelados, índice de concentração de nascentes por tipo e classe de modelado. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Modelado	Área abrangida (ha)	Porcentagem sobre a área total (%)	Número de nascentes (canais de 1ª ordem)	Índice de concentração de nascentes (ICN x 10)*
Acumulação	8.612,80	29,07	56	0,065
Dissecação muito fraca	2.506,52	8,45	05	0,020
Dissecação fraca	9.190,80	30,99	81	0,088
Dissecação média	9.063,00	30,56	307	0,339
Dissecação forte	275,72	0,93	27	0,979
Total	29.648,84	100,00	476	0,161

* Considerando-se a drenagem mapeada
 Organização do autor

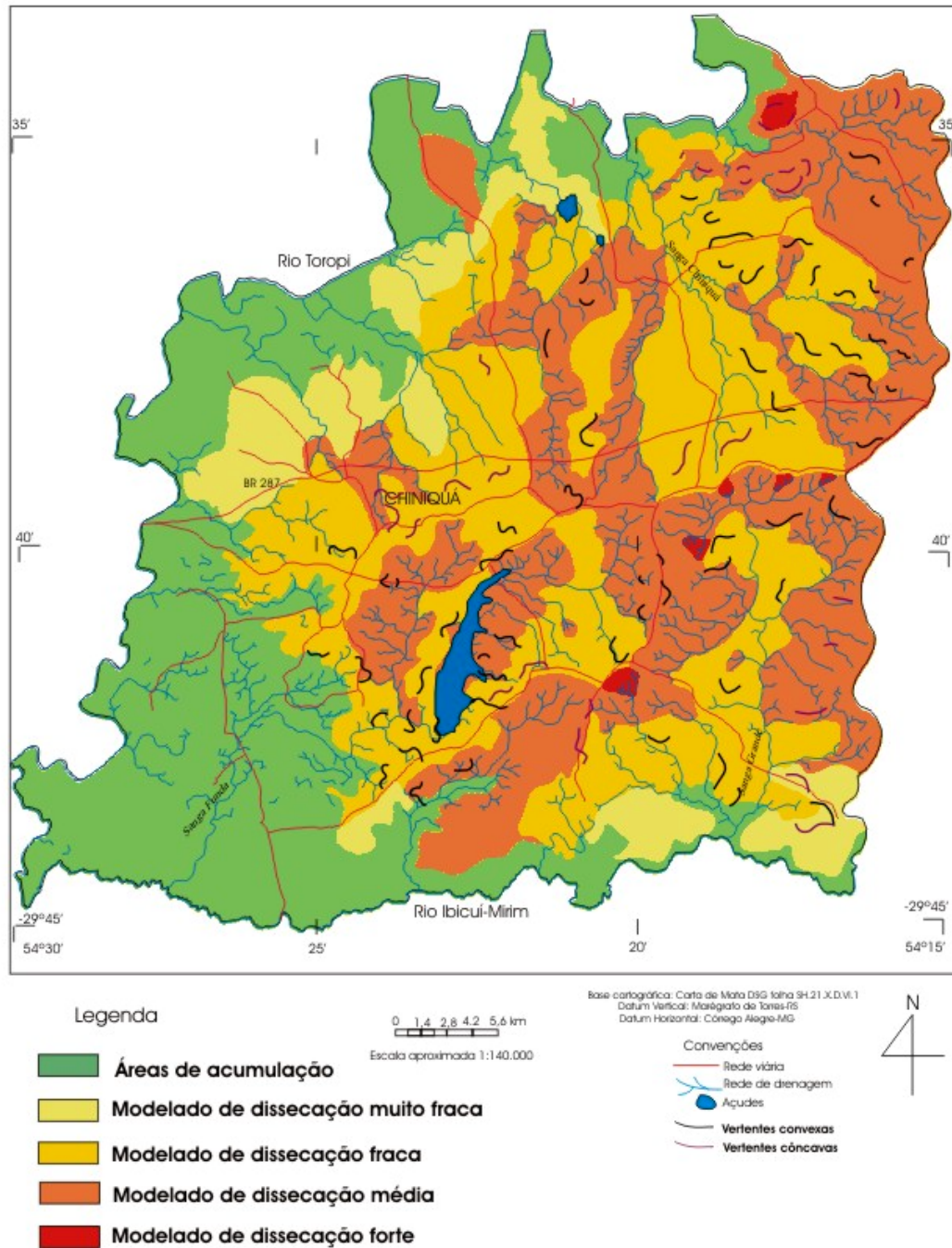


Figura 22. Mapa do modelado do relevo (3º táxon). Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.
 Organização do autor

O comportamento entre o índice de concentração de nascentes e o fator topográfico (figura 23), evidencia a relação entre a drenagem e o fator topográfico (dimensão interfluvial x grau de entalhamento). Os dados constam na tabela 10 e 11. Mostra a relação entre o modelado de dissecação e o índice de concentração de nascentes, reforçando o argumento, inicialmente colocado, de que há estreita relação entre a rede de drenagem e a erosão.

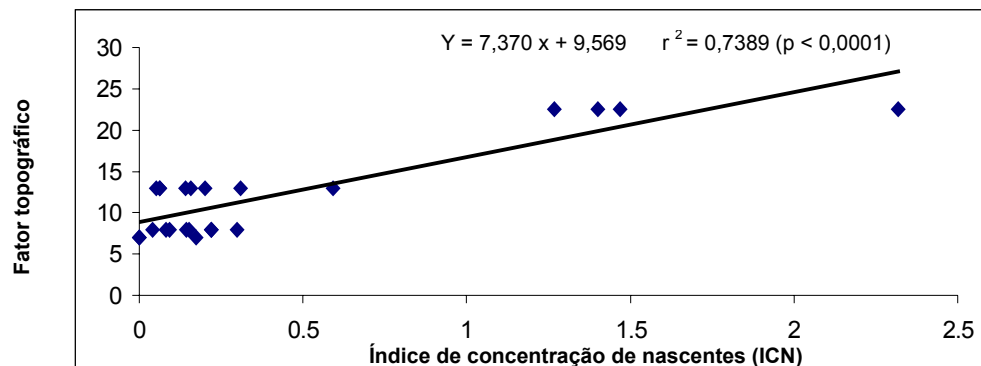


Figura 23. Comportamento da correlação entre o índice de concentração de nascentes (ICN) e o fator topográfico (grau de entalhamento fluvial e dimensão interfluvial).

Baseado na da distribuição espacial do modelado (figura 22) e nos dados da tabela 9, observa-se o predomínio do modelado de dissecação sobre o de acumulação. O modelado de acumulação corresponde às áreas formadas a partir da erosão de áreas adjacentes. Caracteriza a morfologia do relevo em áreas de agradação (aporte) nas planícies fluviais formadas pelas várzeas do rio Toropi e do rio Ibicuí-Mirim, sobre formações do Quaternário (Q_a). A figura 24 ilustra uma dessas áreas. As demais ocorrências, nesse modelado, correspondem às adjacências dos demais canais fluviais de 2ª e 3ª ordem, relativas ao aporte de sedimentos a partir oriundos de áreas topograficamente mais elevadas.



Figura 24. Morfologia resultante do modelado de acumulação na localidade de Chiniquá. Observa-se, ao fundo, feições de dissecação muito fraca. Foto do autor, agosto de 2002.



Figura 25. Modelado de dissecação do relevo. Classe de dissecação média em área de ocorrência da T_{RC} na localidade de Chiniquá. Observa-se a incisão de canais de segunda ordem. A conformação do perfil das vertentes apresenta-se convexo-côncavo. Foto do autor, agosto de 2002.

A morfologia derivada das formas denudacionais está caracterizada através do modelado de dissecação abrangendo 70,93% da área total (tabela 9), caracterizando as áreas com perdas de sedimentos (degradação), como visto na figura 25.

As áreas com modelado com dissecação muito fraca, da mesma forma que no modelado de acumulação, predominam nas ocorrências da Q_a . Tem participação importante, nesse modelado, a T_{Rrs} . O mesmo acontece nas áreas com dissecação fraca e média, porém com predomínio sobre a T_{Rrs} .

Sobre a base estratigráfica da T_{Rrs} ocorre a presença marcante de todos os modelados de dissecação encontrados e mapeados na área. Cabe destaque que as T_{RC} e T_{Rsm} apresentam a maior contribuição na ocorrência de modelados de dissecação média.

4.2.3 Relação solo-dissecação do relevo

Com o apoio do aplicativo computacional foi efetuada a sobreposição entre o mapa de modelado do relevo e o mapa de solos, mostrada na figura 26 enquanto a tabela 10 traz a quantificação dos resultados. Dessa operação resultou a base cartográfica para o mapeamento das áreas de acumulação e potencial natural de perda de solo.

O resultado obtido revela que o modelado de acumulação está basicamente constituído pela ocorrência de Gleissolos, Plintosolos e associação Neossolo Quartzarênico/Gleissolo, além de Cambissolos, embora esses estejam também presentes nas outras classes. O modelado de acumulação está, portanto, caracterizado pela ocorrência de solos mal drenados com fraco incremento de argila em profundidade, com cores escuras e acinzentadas caracterizando a presença do horizonte glei. A presença de Neossolos Quartzarênicos explica-se pela deposição de sedimentos provenientes das áreas adjacentes topograficamente mais elevadas.

Os Neossolos Quartzarênicos também ocorrem nas áreas com dissecação fraca, indicando que a deposição da fração areia ocorre nessas porções intermediárias entre as classes de dissecação fraca e as áreas de acumulação.

Os Alissolos e Argissolos dominam a classe de dissecação média e forte. São solos bem drenados e profundos, situados nas áreas topograficamente mais elevadas (na área dominam as colinas com vertentes côncavas-convexas). A posição topográfica da área confere, à essas classes, a ocorrência predominante desses solos. Tanto os Alissolos como os Argissolos dominam a área do modelado de dissecação média, merecendo destaque o fato da ocorrência de Alissolos nos setores intermediários, entre o modelado de dissecação médio e fraco.

Os Cambissolos são pouco profundos, variam de bem a imperfeitamente drenados e apresentam o horizonte B incipiente. Estão presentes no modelado de acumulação e dissecação média e forte. Nessas últimas, estão caracterizados pelo substrato das litologias da formação Botucatu e Serra Geral.

Nesse sentido, destacamos Klamt & Schneider (1995). Esses observam que a distribuição dos solos na superfície terrestre não acontece ao acaso, mas é determinada pelos processos e fatores de formação do solo. Entre os fatores de formação, o material parental (rocha), o clima e o relevo afetam as características dos solos em distintas escalas de intensidades.

Evidencia-se, assim, a influência litológica na ocorrência de solo, que obedece a um padrão típico de modelado do relevo. Assim, a morfogênese e a conformação da paisagem está fortemente controlada pela litologia que, face ao ambiente climático, controla a gênese e evolução das vertentes. Essas, por sua vez, constituem importante fator de gênese do solo. Nesse ponto é importante destacar a concepção das forças geradoras das formas de relevo, onde as atuais formas são produtos do antagonismo de forças motoras dos processos endógenos e exógenos. Assim, as formas individualizadas dentro de cada unidade padrão de formas semelhantes correspondem ao 3º táxon, mapeadas no presente trabalho.

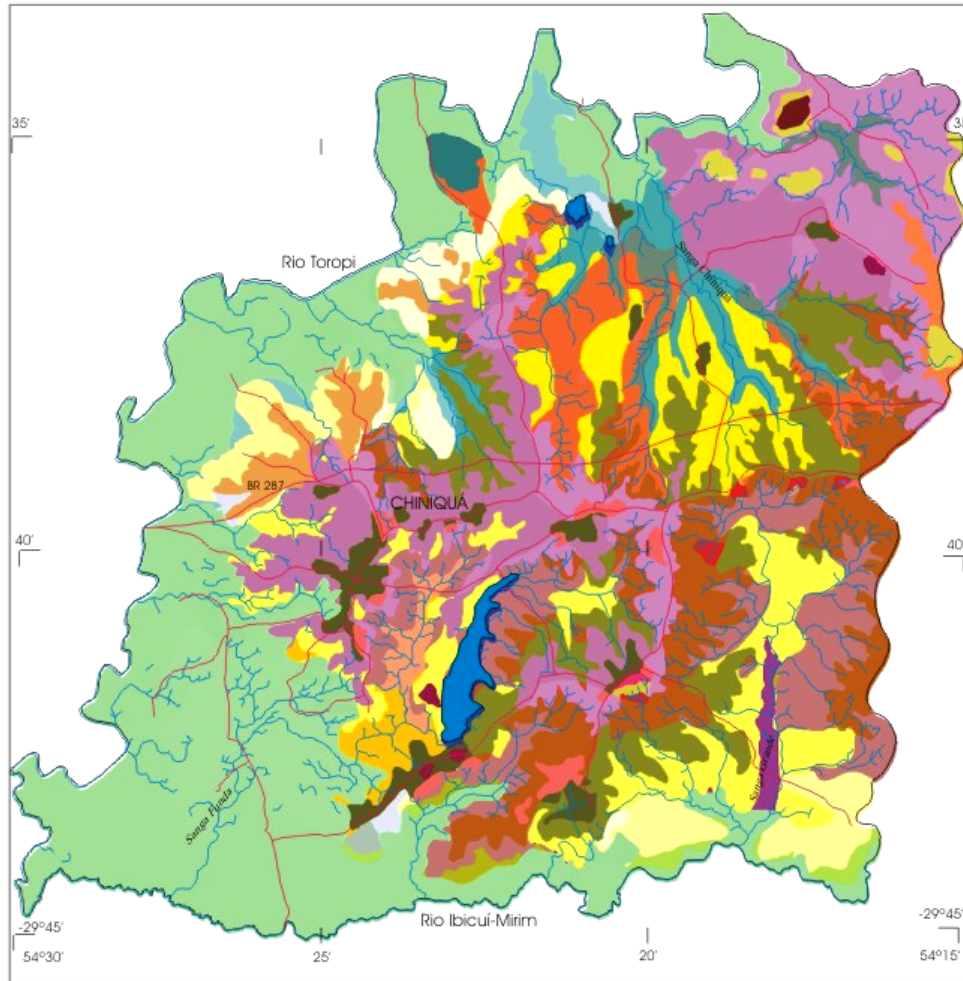


Figura 26. Mapa resultante do cruzamento do mapa de modelado do relevo e do mapa de solos. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS. Organização do autor.

Tabela 10. Quantificação das áreas obtidas pelo cruzamento dos mapas modelado do relevo e mapa de solos. Relação com o índice de concentração de nascentes e grau potencial de fragilidade. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Tipo de Modelado	Classificação	Área (ha)	% sobre o modelado	% total	ICN x 10	Grau Potencial
Acumulação	1) Alissolo Hipocrômico Argilúvico abrupto A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	90,28	1,05	0,30	0,332	-
	2) Alissolo Crômico Húmico câmbico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	720,52	8,36	2,43	0,097	-
	3) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	65,12	0,76	0,22	0,614	-
	4) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	269,68	3,13	0,91	0,148	-
	5) Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte suave ondulado e ondulado	76,36	0,89	0,26	0,262	-
	6) Gleissolo Melânico Eutrófico chernossólico textura argilosa relevo forte ondulado e ondulado	4.197,84	48,68	14,15	0,036	-
	Associação Neossolo Quartzarênico Órtico + Gleissolo Melânico Eutrófico ambos típicos A moderado fase relevo plano	1.802,76	20,91	6,08	0,006	-
7) Plintossolo Argilúvico Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	1.398,84	16,22	4,72	0,143	-	
	8.621,40	100,00	29,07	0,065	-	
Dissecação muito fraca	8) Alissolo Hipocrômico Argilúvico abrupto A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	314,60	12,66	1,06	0,095	3,27
	9) Alissolo Crômico Húmico câmbico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	1.190,66	47,52	4,02	0,008	3,34
	10) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	85,28	3,40	0,29	0,173	2,22
	11) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	535,46	21,36	1,80	0,0001	3,61
	12) Gleissolo Melânico Eutrófico chernossólico textura argilosa fase relevo ondulado	372,52	14,97	1,26	0,0001	4,73
	2.506,52	100,00	8,45	0,020	3,43	
Continua						

Tabela 10.
continuação

	Classificação	Área (ha)	% sobre o modelado	% total	ICN x 10	Grau Potencial
Dissecação fraca	13) Alissolo Hipocrômico Argilúvico abrupto A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	1.178,28	12,82	3,97	0,144	3,71
	14) Alissolo Crômico Húmico câmbico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	3.727,48	40,56	12,56	0,040	3,79
	15) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	590,56	6,43	1,99	0,220	2,53
	16) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	2.601,92	28,31	8,77	0,081	4,10
	17) Gleissolo Melânico Eutrófico chernossólico textura argilosa fase relevo plano	649,56	7,07	2,19	0,092	5,36
	18) Neossolo Litólico Eutrófico típico A moderado textura média e argilosa fase relevo suave ondulado e ondulado	45,56	0,49	0,15	0,219	2,99
	19) Neossolo Quartzarênico Órtico Típico A moderado fase relevo plano	134,40	1,46	0,45	0,298	4,58
	20) Plintossolo Argilúvico Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	263,04	2,86	0,89	0,152	3,71
		9.190,80	100,00	30,99	0,088	3,85
	Dissecação média	21) Alissolo Hipocrômico Argilúvico abrupto A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	1.013,96	11,19	3,42	0,591
22) Alissolo Crômico Húmico câmbico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado		4.132,88	45,60	13,93	0,142	6,22
23) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado		250,04	2,76	0,84	2,319	4,14
24) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado		2.468,84	27,24	8,32	0,202	6,73
25) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico abrupto A moderado textura arenosa/argilosa fase relevo suave ondulado a ondulado		204,48	2,26	0,69	0,3081	3,88
26) Cambissolo Háplico Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte suave ondulado e ondulado		122,52	1,35	0,41	0,062	7,90
27) Gleissolo Melânico Eutrófico chernossólico textura argilosa fase relevo ondulado		483,88	5,34	1,63	0,062	8,81
28) Plintossolo Argilúvico Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado		386,40	4,26	1,30	0,052	6,09
	9.063,00	100,00	30,56	0,339	6,23	
Continua						

Tabela 10. continuação		Classificação	Área (ha)	% sobre o modelado	% total	ICN x 10	Grau Potencial
Dissecação forte	29) Alissolo Hipocrômico Argilúvico abrupto A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	126,50	45,89	0,42	0,158	10,84	
	30) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	23,65	8,57	0,08	1,268	7,23	
	31) Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado	61,23	22,20	0,21	1,469	11,74	
	32) Cambissolo Háplico Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte suave ondulado e montanhoso	64,34	23,34	0,22	0,466	15,58	
		275,72	100,00	0,93	0,979	11,35	

Organização do autor

O fator topográfico (Ft), quantificado a partir da matriz dos índices de dissecação do relevo e da EUPS, permitiu obter o grau potencial expresso na tabela 10, refletindo uma expectativa de fragilidade. O grau potencial de fragilidade mostrou-se crescente, conforme intensidade das categorias morfométricas. O aumento crescente do fator topográfico (tabela 11) expressa essa relação, conforme as categorias morfométricas para o modelado de dissecação. Expressa a possibilidade de compreender a diversidade topográfica através da relação entre categorias morfométricas do relevo e o fator topográfico, idealizado conforme a EUPS. Reforça, assim, o suporte aos condicionantes do modelado dentro de uma hierarquia topográfica.

Tabela 11. Categorias morfométricas de dissecação do relevo e fator topográfico (Ft). Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Classe de dissecação	Matriz	Entalhamento máximo (S)	Dimensão interfluvial máxima (L)	Declividade máxima (%)	(Ft)	(Ft) médio
Muito fraca	11; 12; 13; 14	0,26; 0,57; 2,15; 12,28	5,82; 3,97; 2,60; 1,50	3; 6; 15; 40	1,52; 2,26; 5,59; 18,42	6,95
Fraca	21; 22; 23	0,45; 1,35; 6,03	5,82; 3,97; 2,60	5; 11; 27	2,65; 5,35; 15,67	7,89
Média	31; 32	1,35; 4,55	5,82; 3,97	11; 23	7,85; 18,06	12,95
Forte	41	3,88	5,82	21	22,58	22,58

Organização do autor.

4.3 Potencial de fragilidade natural

Dentro da concepção do produto da relação entre a cobertura pedológica e o relevo, a figura 27 mostra a distribuição espacial do potencial de fragilidade obtido para a área estudada. Representa a síntese cartográfica obtida a partir da estimativa do grau de fragilidade expressa pela dissecação do relevo e características da cobertura pedológica. O estudo dessas unidades de relevo é de particular interesse para a determinação dos padrões de relevo. O estabelecimento de incisões erosivas é indicado pelo grau de fragilidade frente aos processos de convergência de fluxos superficiais e subterrâneos. Assim a avaliação do grau de fragilidade e o estabelecimento de uma metodologia que permita mapeá-los, subsidia a elaboração de planos ordenadores para a relação homem/natureza.

Observa-se na figura 27 que as áreas com maior grau fragilidade estão situadas próximos aos divisores topográficos, onde os interflúvios obedecem a um padrão de dissecação do relevo fortemente condicionado pelo saprólito. Esse padrão está refletido pelo grau de entalhamento fluvial e pela dimensão interfluvial, que correlacionam fortemente o fator topográfico ao índice de concentração de nascentes (figura 23). Na figura 16, vê-se o resultado da ação dos agentes da dinâmica externa percebido num menor espaço de tempo. A ação está refletida nas rupturas de declive, na erosão regressiva em cabeceiras de drenagem e nos nichos de nascente. Portanto, ao considerar-se os atributos das unidades litoestratigráficas, na definição do potencial de fragilidade, deve ser levado em conta a ação dos processos morfogenéticos da dinâmica externa num intervalo de tempo maior.

O resultado obtido e espacializado na figura 27 mostra, de maneira geral, a área de ocorrência da T_{RS} e T_{RC} como sendo as com maior grau de fragilidade. Os interflúvios da T_{Rsm} também apresentam forte grau de fragilidade.

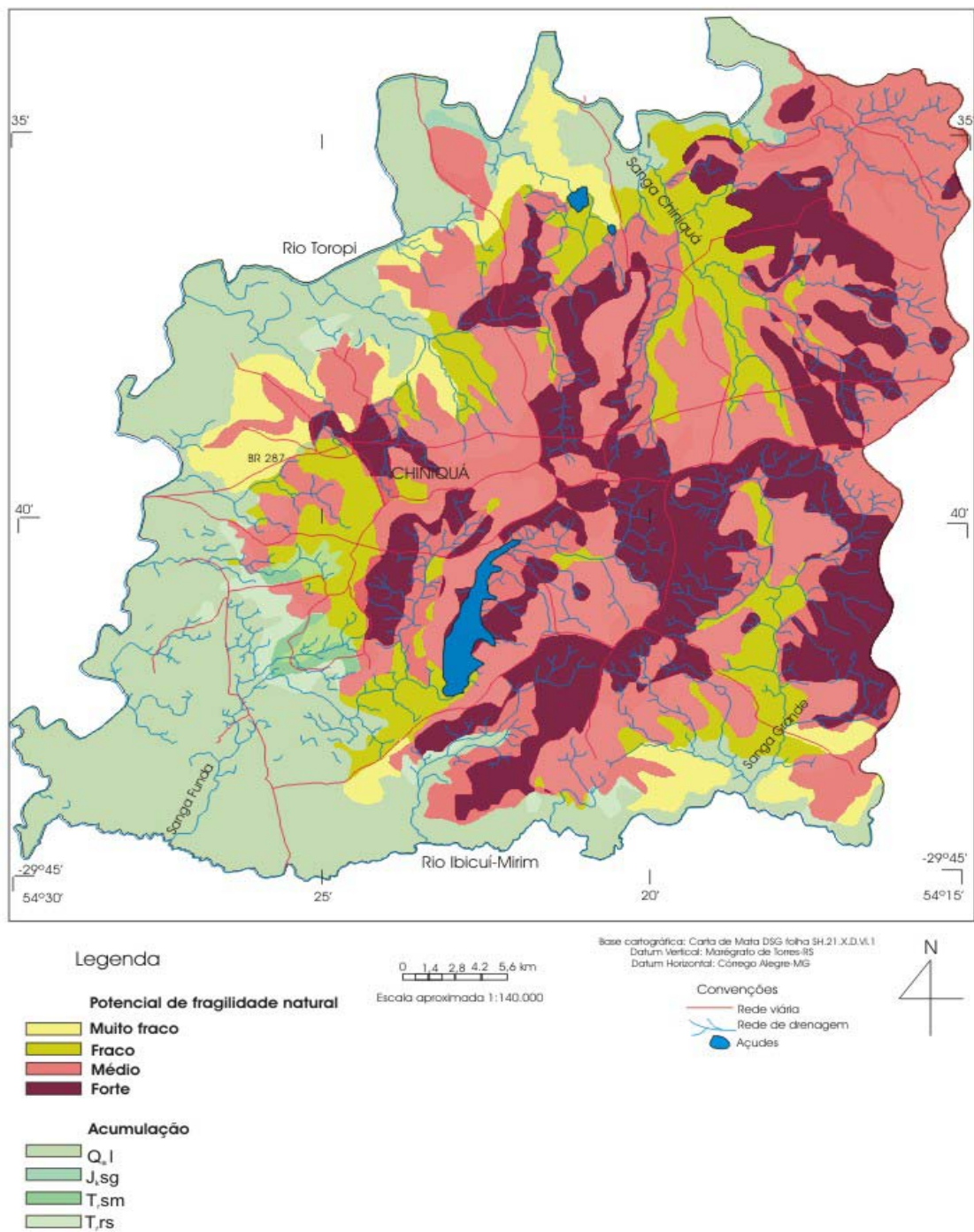


Figura 27. Mapa do potencial de fragilidade natural. Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Organização do autor

4.4 Relação entre modelado do relevo e propriedades dos solos e das unidades litoestratigráficas

4.4.1 Propriedades físicas e mineralógicas

Foram avaliadas diversas propriedades do solo, do saprólito e da formação (camada R). Os resultados obtidos para as respectivas posições estratigráficas constam no apêndice 1. Também foram avaliadas a resistência ao cisalhamento, a compressibilidade e a distribuição do tamanho de poros.

A unidade litoestratigráfica T_{Rrs} mostrou maiores teores de areia fina e silte. Mostrou também o menor coeficiente de infiltração. A composição das areias revelou a existência de quartzo (apêndice 1), além de minerais de granulação muito fina considerados com argílicos, às vezes feldspatos e micas em percentagens de até 15%, cimentados com óxidos de ferro, e concreções em percentagens de até 90%. Segundo Maciel Filho (1977), a composição dos argilominerais evidencia, nesta unidade, a presença de predominante de caulinita, e illita em menor quantidade.

No S.U.C.S. (apêndice 2), o material foi classificado como SM (areias siltosas, mal graduadas de areia e silte) para o horizonte A; ML (siltes inorgânicos e areias muito finas. Areias finas argilosas e siltosas. Areias finas siltosas e argilosas de baixa plasticidade) para o E; CH (argilas inorgânicas de alta plasticidade) para o BC e CL (argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média. Argilas arenosas. Argilas siltosas) para os horizontes B, C e camada R, exceto o horizonte B e o C do perfil 1. Como pode ser visto, predominam, fora poucas exceções, as areias finas e siltes. Em relação às argilas, constata-se a predominância das argilas arenosas e siltosas.

A máxima compactação e a menor umidade ótima foi obtida para as amostras do horizonte A do perfil 1. Nos demais perfis, ela é superada pelo

horizonte E. Nesse, a máxima compactação é atingida com cerca da metade da umidade, comparativamente ao horizonte A.

Para os perfis selecionados correspondentes à T_{RC} (apêndice 1), o material foi classificado como SC (areias argilosas. Misturas mal graduadas de areia e argila) para o horizonte A, exceto o horizonte A do perfil 9 que se classifica como CL (argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média. Argilas arenosas. Argilas siltosas). Também se enquadram como SC a camada R do perfil 4 e 5, e o horizonte E do perfil 5. Como CH (argilas inorgânicas de alta plasticidade), estão os horizontes BC, C do perfil 9, C do perfil 7 e B do perfil 6. Todos os demais horizontes estão classificados como CL. Predominam, portanto, siltes e argilas de baixa plasticidade. Entretanto, ocorrem também misturas mal graduadas de areia e argila, além de argilas de alta plasticidade. Essa classificação indica a relação entre o maior coeficiente de infiltração obtido na T_{RC} (tabela 5). Essa maior permeabilidade facilita a ocorrências de nichos de nascentes em anfiteatros erosivos, na interface dessa com outras unidades litoestratigráficas, ou ainda, conforme a variação faciológica no interior da mesma. A máxima compactação e a menor umidade ótima de compactação foram obtidas no E, seguidas do horizonte A, C e camada R.

Quanto à composição mineralógica da T_{RC} , os arenitos são quartzosos e alguns feldspáticos. Os conglomerados são formados por fragmentos de lutitos da T_{RSM} , ou intraformacionais, além de alguns seixos de quartzo ou calcedônia. Esses lutitos são formados por argilominerais com alto teor de montmorilonita e baixo teor de caulinita (Maciel Filho, 1977). A presença de motmorilonita indica tratar-se de um material expansivo, entretanto não se observou mudança significativa nos valores obtidos para a razão de contração, o que pode ser explicado pelo alto teor de silte presente.

Nos perfis selecionados correspondentes a T_{RSM} , resultaram em materiais classificados como CL (argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média. Argilas arenosas. Argilas siltosas) para todos os horizontes, exceto o horizonte B do perfil

11 e a camada R do perfil 10. Essa formação pode ser dividida, texturalmente, em dois grupos: o dos lutitos e o dos arenitos. Alguns lutitos apresentaram grande resistência à desagregação quando submetidos aos ensaios de análise granulométrica, restando na peneira percentagem considerável de fragmentos tamanho areia, constituídos de siltitos argilosos firmemente coesos, especialmente a amostra do perfil 11 B, 11 R e camada 10 R. Outra constatação é que a granulometria predominante sugere uma menor permeabilidade para essa unidade litoestratigráfica (tabela 8, figura 19), quando comparada a T_{RC} e Cenozóico.

A máxima compactação e a menor umidade ótima de compactação foi obtida no horizonte B seguido do AB, sendo que esses se aproximam bastante dos resultados obtidos para o C e camada R.

Quanto à composição mineralógica, as amostras mostraram-se compostas por quartzo e raros feldspatos. Os grãos apresentaram-se cimentados por óxidos de ferro e calcita, presentes sob a forma de concreções. Segundo Maciel Filho, (1977), as argilas são formadas por altos teores de montmorilonita, baixos e médios teores de illita. Em alguns casos, altos teores de caulinita. As curvas granulométricas apresentaram grande semelhança entre elas.

As amostras correspondentes ao Cenozóico resultaram em material classificado como CL (argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média. Argilas arenosas. Argilas siltosas) para todos os horizontes, exceto o horizonte A dos perfis 13 e 14, que foi classificado com SC (areias argilosas. Misturas mal graduadas de areia e argila), e o horizonte C do perfil 14 com material classificado como ML (Siltos inorgânicos e areias muito finas. Areias argilosas e siltosas. Areias finas siltosas e argilosas de baixa plasticidade). Essa unidade pode ser considerada a interface entre a T_{RSM} e T_{RC} .

Pôde ser observado que alguns lutitos apresentaram grande resistência à desagregação, quando submetidos aos ensaios de análise granulométrica, da mesma forma que ocorreu anteriormente com amostras da T_{RSM} . Está constituída por siltitos argilosos firmemente coesos e por arenitos quartzosos e alguns

feldspáticos. Os conglomerados são formados por fragmentos de lutitos da T_{Rsm} e alguns seixos de quartzo ou calcedônia. Os grãos estão cimentados por óxidos de ferro e manganês.

A máxima compactação e a menor umidade ótima foram obtidas para os horizontes A e AB. As curvas granulométricas mostraram uma grande semelhança entre elas.

A unidade litoestratigráfica T_{Rrs} apresenta como estruturas primárias freqüentes, as estratificações cruzadas acanaladas. As estruturas secundárias observadas foram a presença de concreções principalmente em clásticos finos, pequenas manchas brancas esféricas, com diâmetro máximo de 1 cm, no interior de sedimento vermelho. Os valores granulométricos, relativos aos sedimentos dessa formação, mostram o sedimento global dentro da categoria areia muito fina. O estudo morfoscópico dos grãos permitiu observar a predominância de grãos mamelonares sobre os lisos e a medida qualitativa dos valores de arredodamento e esfericidade mostrou uma predominância de grãos esféricos, bem arredondados a subarredondados até 0,125 mm, e com baixa esfericidade, angulares e subangulares abaixo desse diâmetro.

A T_{Rsm} (Membro Alemoa) é pobre em elementos estruturais primários, sendo que um dos aspectos que a particulariza é a estrutura maciça e de coloração uniforme que constitui a parte mais significativa dessa unidade. Segundo Bortoluzzi (1974, p.33) “Os arenitos basais apresentam estratificações cruzadas planares e de canal. Estruturas secundárias aparecem dispersas nos lamitos com répteis sob a forma de veios e corpos calcíferos, muito sílicos...”. Destaca que o contato inferior dessa unidade é a passagem da sedimentação arenosa da formação Rosário do Sul (denominada no trabalho como Sanga do Cabral T_{Rrs}) para a areno-silto-argilosa da formação Santa Maria (T_{Rsm}). Observa a presença local de um conjunto conglomerático próximo à base da última, sugerindo uma eventual discordância com arenitos finos, argilosos, amarelos da formação Rosário do Sul. O contato superior está representado por uma

discordância separando os lamitos fossilíferos da formação Santa Maria dos sedimentos flúvio-lacustres da formação Botucatu. A presença dessa superfície representa um hiato entre uma e outra sedimentação e/ou evidencia uma discordância do tipo erosional. Com relação a distribuição granulométrica, se verifica a predominância de sedimentos finos (silte médio). Bortoluzzi (1974) destaca também o estudo mineralógico das argilas, onde predomina a motmorilonita, aparecendo secundariamente a illita e camada mista illita-motmorilonita.

Em relação a formação Caturrita (T_{RC}) Bortoluzzi (1974) observa que essa inclui arenitos, conglomerados, siltitos arenosos e eventualmente folhelhos. As cores são claras nos clásticos grosseiros, e tonalidades de vermelho nos sedimentos mais finos. As variações laterais de um para outro tipo de sedimento são grandes, não sendo possível encontrar um padrão rígido de espessuras para os corpos de arenitos, siltitos e folhelhos que fazem parte de um pacote local. Na porção inferior (contato com a formação Santa Maria) aparece um conglomerado de base. Os arenitos são as rochas mais comuns na coluna estratigráfica da formação Caturrita. Na parte inferior está presente um arenito que se sobrepõe ao conglomerado basal. Os arenitos apresentam composição essencialmente quartzosa, com algum feldspato e mica; as cores são vermelho-púrpúreas, ocasionalmente amareladas ou esbranquiçadas e o cimento é argilo-ferruginoso. Texturalmente variam de conglomeráticos a muito finos. Os siltitos e folhelhos aparecem sob a forma de lentes. Os siltitos são micáceos, ocasionalmente calcíferos apresentando proporção variável de areia. As estruturas primárias mais visíveis são estratificações cruzadas, predominantemente acanaladas. Quanto as argilas, mostra-se predominante a montmorilonita.

No que se refere à morfoscopia dos grãos, observa-se a predominância de grãos mamelonados foscos. Quanto à esfericidade e ao arredondamento, predominam os grãos arredondados e subarredondados até o intervalo 0,125 mm.

Abaixo desse diâmetro, os grãos são angulares e subangulares com baixa esfericidade. Há semelhança entre todas as unidades estratigráficas (apêndice 1).

Com objetivo de comparação, foi plotada a dispersão entre a umidade ótima de compactação ($w\%$ ótima) x percentagem de argila, $w\%$ ótima x limite de liquidez, $w\%$ ótima x limite de plasticidade, $w\%$ ótima x índice de plasticidade entre os horizontes superficiais¹¹, subsuperficiais, saprólito e camada R (figura 28). A tabela 12 mostra as relações obtidas. Essas indicam melhor relação w ótima x % de argila para o volume B. Considerando a w ótima x LL e w ótima x IP o volume A apresentou a melhor relação.

Os dados relativos aos limites de consistência reforçam o argumento de que a instalação preferencial das ravinas, nichos de nascentes, voçorocas, anfiteatros erosivos, ocorrem em segmentos de vertentes relacionados à concentração de águas na superfície facilitadas pelas rupturas de declive por erosão regressiva em cabeceiras de drenagem. Essa constatação está indicada também pela resistência ao cisalhamento oferecida pelas unidades litoestratigráficas (tabela 13). Pode-se observar que as vertentes evoluem de perfis côncavos coletores na porção superior, onde estão preferencialmente localizados os anfiteatros erosivos, para convexo logo em seguida (posição do terço superior da vertente), indo configurar um segmento retilíneo na porção intermediária, assumido uma base convexa. Nessa posição, intermediária ou no terço inferior, é onde se instalam, preferencialmente, os nichos de nascente que vão originar os canais de primeira ordem.

Os limites de consistência remetem a conseqüências para a geomorfologia. O teor de argila modifica a coerência de uma formação, algumas se convertem em plásticas, com o que se deformam e fluem com facilidade pelas vertentes.

¹¹ Foi plotada a média dos valores relativos aos horizontes superficiais, subsuperficiais, saprólito e camada R, respectivamente aos horizontes A, B, BC e C, camada R. Esses foram denominados: volume A, volume B, volume C e volume R.

Os limites de consistência obtidos reforçam a presença de material com predomínio de argilas de baixa a média plasticidade, argilas arenosas e argilas siltosas (figura 29). Isso também é importante para explicar as características das redes de drenagem, pois onde predominam sedimentos da T_{Rrs} , ocorre menor densidade na drenagem (D_d), menor razão de textura (T_x) e maior comprimento dos canais principais (L_{cp}). Nas áreas onde predominam materiais relativos a T_{Rsm} e T_{RC} , ocorre maior densidade na drenagem (D_d), menor comprimento dos canais principais (L_{cp}) e um maior número de canais (N).

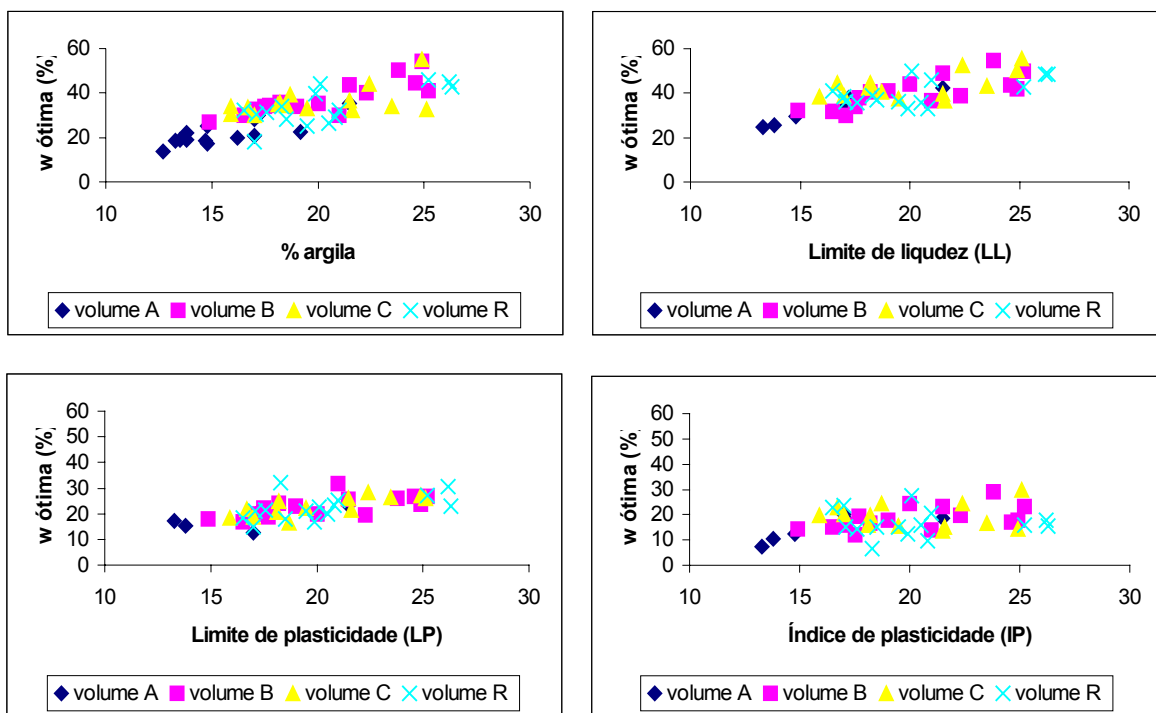


Figura 28. Dispersão entre a umidade ótima de compactação ($w\%$ ótima) x percentagem de argila, $w\%$ ótima x limite de liquidez, $w\%$ ótima x limite de plasticidade, $w\%$ ótima x índice de plasticidade. Organização do autor

Tabela 12. Relação obtida entre a w ótima x % de argila, w ótima x LL, w ótima x LP, w ótima x IP.

Volume	relação			
	w ótima x % argila	w ótima x LL	w ótima x LP	w ótima x IP
A	Y= 1,8002x - 6,1149 R ² = 0,6211	Y= 2,1999x - 3,6363 R ² = 0,9255	Y= 0,8453x + 3,7522 R ² = 0,4299	Y= 1,3782x - 7,8954 R ² = 0,66646
B	Y= 1,9617x - 2,0298 R ² = 0,7132	Y= 1,6245x + 7,5079 R ² = 0,5853	Y= 0,7777x + 7,0221 R ² = 0,397	Y= 0,7606x + 3,1993 R ² = 0,3059
C	Y= 1,0675x + 14,834 R ² = 0,2729	Y= 1,1633x + 19,844 R ² = 0,3659	Y= 0,9095x + 4,4799 R ² = 0,5801	Y= 0,0175x + 19,057 R ² = 0,0001
R	Y= 1,7917x - 2,7434 R ² = 0,4966	Y= 1,0464x + 18,775 R ² = 0,3393	Y= 0,8002x + 6,0766 R ² = 0,2831	Y= 0,1051x + 18,634 R ² = 0,004

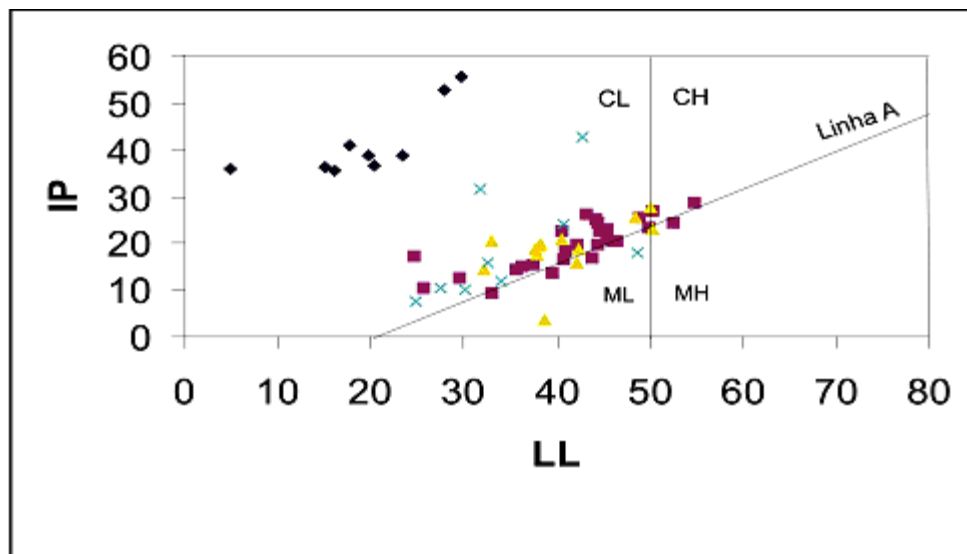


Figura 29. Posição das amostras no gráfico LL x IP de Casagrande. Organização do autor

É comum ocorrerem colapsos superficiais indicando a presença de uma camada adensada. Essa funciona como facilitador para o escoamento subsuperficial no período mais úmido. No período seco, essa camada torna-se dura ao atingir o limite de contração, facilitando a origem de pequenos ressaltos topográficos como ilustra a figura 30, onde se observa a conformação da paisagem, em área da T_{RRS}. Possivelmente, o fluxo subsuperficial deu origem a

colapsos na superfície, resultando em pequenos ressaltos topográficos nas vertentes. Essa ruptura ocorre ao longo dos eixos de maior declividade e é precedida do colapso subsuperficial que acontece ligado à variações sazonais da precipitação pluvial, que motivam intervalos de umedecimento e ressecamento. A figura 31 ilustra um afloramento da T_{Rsm} onde pode-se observar uma mudança abrupta nas características da cor, na interface do horizonte B com o saprólito. A partir da saturação do perfil, durante um período de elevado índice pluvial, ocorre o escoamento em subsuperfície.



Figura 30. Conformação da paisagem em área da T_{Rrs} . Localidade de Chiniquá. Foto do autor, agosto de 2002.

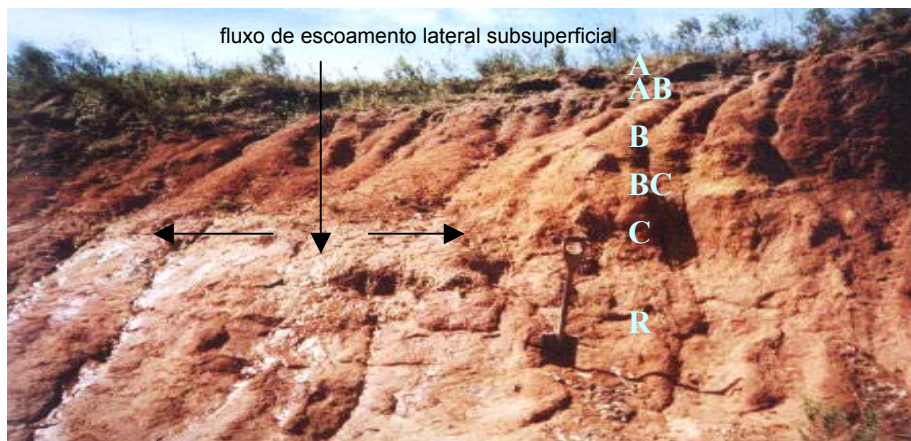


Figura 31. Afloramento da T_{Rsm} onde é possível observar o comportamento do fluxo subsuperficial a partir da saturação do perfil. Localidade de Chiniquá. Foto do autor, agosto de 2002.

4.4.2 Propriedades mecânicas

O comportamento da resistência ao cisalhamento obtido para os perfis relativos às unidades estratigráficas da área sudoeste do município de São Pedro do Sul, conforme expressa a tabela 13, revela maiores valores de coesão para os materiais relativos a T_{RFS} na camada R seguidos dos horizontes BC e C. Essa constatação, aliada ao ângulo de atrito interno e a tensão cisalhante de ruptura, leva ao entendimento de que essa área reflete o resultado da ação do desgaste sobre materiais que oferecem maior resistência ao cisalhamento a partir do saprólito. Disso resultam padrões de drenagem com maior L_{cp} e menor Fr e Dd . Também influi na conformação da paisagem no sentido de configurar um baixo relevo. O fato, da área, apresentar-se com médio e forte potencial de fragilidade natural está relacionado à granulometria dos sedimentos, tanto do saprólito como dos horizontes superficiais. Isso também está refletido nos valores do grau de compacidade (apêndice 1).

Para as áreas relativas à T_{RSM} e T_{RC} , o horizonte C, e a camada R, ou seja, nitidamente o saprólito, oferece maior coesão. Estabelece-se o raciocínio anterior para explicar a morfologia. Entretanto, devem ser considerados outros fatores como a permeabilidade do substrato e a capacidade de retenção de água no horizonte C, configurando um relevo com topografia mais movimentada e formas convexizadas nessas áreas.

Dos resultados obtidos a partir dos ensaios de cisalhamento, pode-se afirmar que o rompimento do equilíbrio das vertentes está na relação entre a força de ruptura e a coesão dos solos e saprólito. Assim, o saprólito pode deslizar devido a uma redução na resistência ao cisalhamento.

Tabela 13. Resultados obtidos a partir dos ensaios de cisalhamento direto para os perfis representativos das unidades litoestratigráficas da região Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Unidade/ horizonte	umidade equilibrada a 1 bar (%)	Densidade γ_d (gcm ⁻³)	Coesão C (kPa)	Ângulo de atrito (ϕ)	Tensão cisalhante de ruptura (kPa)			
					50	100	200	
T _{RS}	A	17,95	1,16	10,15	39,80	53,4	91,1	177,6
	B	14,68	1,23	9,8	32,43	41,0	74,2	136,6
	BC	25,36	1,25	25,75	29,51	56,0	79,4	139,9
	C	21,47	1,34	20,85	33,49	58,6	80,0	155,5
	R	18,25	1,44	48,8	29,39	79,4	101,5	162,7
T _{RC}	A	9,32	1,22	3,3	34,46	36,4	73,5	139,9
	AB	13,23	1,40	5,15	40,66	49,4	89,1	177,6
	B	18,95	1,41	2,63	40,28	48,9	88,5	177,3
	C	21,71	1,43	39,7	29,30	68,3	95,0	152,2
	R	17,78	1,40	12,70	35,20	46,2	85,9	152,9
T _{Rsm}	A	12,25	1,34	14,9	32,69	45,5	81,3	142,5
	AB	16,91	1,38	10,4	39,72	54,0	90,4	177,6
	B	17,07	1,41	3,85	37,87	49,4	71,6	162,7
	C	18,68	1,46	44,55	17,59	57,9	80,0	106,7
	R	17,42	1,47	12,25	36,54	52,0	89,8	163,3
Cen	A	11,44	1,25	16,25	33,05	51,4	77,4	147,7
	B	14,98	1,33	5,15	40,30	49,4	87,2	175,7
	C	16,49	1,31	2,3	40,69	37,7	89,1	168,5
	R	17,26	1,49	8,2	45,36	41,6	94,3	193,9

T_{Rsm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{RS} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; Cen = unidade litoestratigráfica coberturas do Terciário.

Organização do autor

Os resultados dos ensaios de compressibilidade, distribuição no tamanho de poros, micro e macroporosidade constam nas tabelas 14 e 15, respectivamente. Cabe destacar que esses ensaios foram realizados com amostras com estrutura preservada, conferindo resultados diferentes para densidade, se observados os dados obtidos para as amostras deformadas (apêndice 1) no ensaio de compactação.

Os maiores valores relativos à pressão de pré adensamento (σ_p) para a T_{RS} está no horizonte B (tabela 13). Para a T_{Rsm} está no horizonte C, na T_{RC} no horizonte B e para o Cenozóico está nos horizontes A e na camada R. Essa

constatação indica que esses horizontes apresentam histórico de pressões em função do peso do solo sobrejacente.

Tabela 14. Resultados obtidos a partir dos ensaios de compressibilidade para os perfis representativos das unidades litoestratigráficas da região Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Unidade/ Horizonte	Ug%	γd gcm ⁻³	Pré Adensamento			
			σp (kPa)	Cc	Cr (e-03)	
T _{RS}	A	17,89	1,27	110,9	0,42	4,2865
	B	13,19	1,40	265,8	0,25	1,7304
	BC	25,94	1,52	113,3	0,23	2,4152
	C	22,67	1,57	96,1	0,17	1,7354
	R	15,89	1,58	144,8	0,20	1,9860
T _{RC}	A	14,88	1,57	109,0	0,24	2,7070
	AB	15,78	1,67	148,7	0,13	1,1873
	B	20,94	1,44	178,9	0,33	3,2263
	C	19,35	1,47	109,5	0,16	1,3473
	R	19,35	1,67	156,3	0,21	2,1860
T _{Rsm}	A	11,51	1,54	170,5	0,25	2,4906
	AB	15,18	1,43	172,7	0,29	2,9236
	B	13,84	1,73	98,2	0,13	1,4573
	C	17,37	1,72	214,1	0,200	1,6175
	R	15,89	1,70	144,8	0,20	1,9860
Cen	A	11,02	1,60	154,2	0,25	2,5154
	B	13,67	1,56	99,0	0,25	2,6858
	C	13,03	1,61	109,0	0,28	3,1510
	R	15,77	1,73	148,2	0,17	1,8030

T_{Rsm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{RS} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; Cen = unidade litoestratigráfica coberturas do Terciário.

Organização do autor

Tabela 15. Distribuição do tamanho de poros, microporosidade, macroporosidade e porosidade total para os perfis representativos das unidades litoestratigráficas da região Sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

Unidade/ horizonte	Densidade gcm ⁻³	Porosidade			ϕ dos poros (mm)					
		total	micro %	macro	> 0,14	0,02 a 0,14	0,004 a 0,002	0,0001 a 0,004	< 0,0001	
T _{RS}	A	1,43	53,47	45,38	8,08	3,66	8,08	13,51	19,51	55,21
	B	1,46	54,78	40,72	14,00	7,04	14,00	19,69	23,43	35,81
	BC	1,44	55,45	45,68	9,77	4,68	9,77	11,50	13,57	60,47
	C	1,57	57,00	47,26	9,74	5,08	9,74	12,06	14,39	58,71
	R	1,62	50,21	44,74	5,46	3,42	5,46	7,52	10,42	73,14
T _{RC}	A	1,52	50,29	35,23	15,05	5,90	15,05	21,07	24,69	33,26
	AB	1,61	51,41	38,79	12,62	6,72	12,62	16,01	19,30	45,33
	B	1,45	59,77	47,83	11,93	7,16	11,93	15,64	19,22	46,03
	C	1,62	57,56	45,12	12,44	7,71	12,44	15,13	18,11	46,59
	R	1,62	54,36	44,14	10,22	6,18	10,22	11,60	13,88	58,09
T _{Rsm}	A	1,58	53,91	36,19	17,72	8,14	17,72	22,80	26,94	24,38
	AB	1,58	54,33	40,11	14,22	7,44	14,22	19,91	22,57	35,84
	B	1,69	52,33	40,02	12,31	7,06	12,31	14,64	17,88	48,09
	C	1,67	53,40	42,13	11,27	6,63	11,27	14,89	17,68	49,51
	R	1,67	51,25	39,05	12,20	8,10	12,20	14,94	17,48	47,26
Cen	A	1,76	46,32	37,39	8,93	4,58	8,93	13,73	17,92	54,82
	B	1,64	52,47	40,56	11,90	6,50	11,90	16,97	20,56	44,01
	C	1,61	54,75	42,10	12,64	6,77	12,64	17,15	20,88	42,53
	R	1,69	50,41	41,02	9,39	5,75	9,39	12,60	14,98	57,25

T_{Rsm} = unidade litoestratigráfica Santa Maria; T_{RS} = unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral; T_{RC} = unidade litoestratigráfica Caturita; Cen = unidade litoestratigráfica coberturas do Terciário.

Organização do autor

Os resultados relativos à distribuição do tamanho de poros, porosidade total, micro e macroporosidade (tabela 15) revelam a T_{RS} com maior quantidade de poros menores. O horizonte B dessa unidade, apresenta a menor proporção de poros menores, quando comparados às demais, e também apresenta a maior quantidade de macroporos. Isso revela que a interface dos horizontes subsuperficiais da formação T_{RS} com o saprólito, é mais sensível às variações de umedecimento e ressecamentos sazonais. Essa condição auxilia na explicação do modelado côncavo e um baixo relevo, reflexo do desgaste erosivo. A distribuição

do diâmetro de poros mais homogênea, observada para as demais unidades, reforça a idéia que o perfil convexo está relacionado a uma menor variação sazonal da umidade no perfil. Ela ocorre de maneira mais incisiva na interface das unidades litoestratigráficas e, também, motivadas pelas variações faciológicas.

Cabe também destacar, que a distribuição do tamanho de poros, mostra valores crescentes para todas as formações à medida que aprofunda o perfil. Assim, as camadas R apresentam maior quantidade de poros na classe de diâmetro $>0,0001$, seguidas dos horizontes BC, C e B. Por conseguinte, esses são responsáveis por uma maior retenção de água na interface camada R e saprólito.

Analisando-se o saprólito, onde foram realizados os ensaios de infiltração, esse apresenta a maior quantidade de poros menores, sendo que a camada R relativa a T_{Rrs} , apresenta a maior percentagem de poros menores que $0,0001$ mm e o menor coeficiente de infiltração.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como princípio teórico os processos endógenos e exógenos como geradores de formas grandes, médias e pequenas do relevo terrestre, desenvolveu-se o conceito de morfoestrutura e morfoescultura. Assim, todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou nessa estrutura. Numa unidade morfoestrutural como a Bacia do Paraná, tem-se várias unidades morfoesculturais como, por exemplo, a Depressão Central do Rio Grande do Sul ou o Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro. Avançando nesse raciocínio, podemos ter várias Unidades de Formas Semelhantes em cada Unidade Morfoescultural. Por exemplo, a área da bacia do rio Toropi ou Ibicuí-Mirim. Nessa concepção chega-se às formas de relevo (deposição/acumulação, denudação/dissecação), às vertentes (perfis com formas côncavas, convexas, retilíneas, côncava-convexa, convexa-côncava) e às formas atuais (ravinas voçorocas, cicatrizes de movimentos de massa, nichos de nascente e ressaltos topográficos).

Devido ao fato da área pertencer à Bacia Sedimentar do Paraná, a qual foi formada a partir de períodos de deposição, observa-se a sucessão de fácies litológicas com diferenciados graus de resistência aos agentes externos. Isso faz com que, dessa superposição de diferentes litologias, distinto papel é desempenhado na esculturação do relevo, ao serem criadas zonas de fraqueza litoestrutural e níveis mais conservados mantidos por rochas e fácies mais resistentes. Essa fácies de variados graus de resistência foi, e está sendo, submetida à ação da morfogênese deixando estampado na paisagem as formas a eles vinculados.

No sentido de entender a dinâmica das formas das vertentes, frente à morfogênese externa, o trabalho buscou reforçar a relação entre a erosão e a rede de drenagem, levando-se em conta as propriedades físico-mecânicas dos solos e unidades litoestratigráficas. Considerando-se a rede de drenagem de primeira ordem e a conformação do perfil das vertentes, foi possível observar

características distintas entre as áreas. A elaboração do mapa com os diferentes graus de fragilidade reflete, de modo geral, a característica do relevo.

Também foi possível estabelecer que as áreas com modelado de acumulação referem-se à acumulação colúvio-aluvionares, localmente caracterizados por sedimentos areno-argilosos e areno-siltosos. Englobam as formas originadas por processos de colúviação e de deposição fluvial onde se encontram sedimentos detríticos não consolidados. As áreas com modelado de dissecação apresentam-se, por vezes, como superfícies inumadas. Apresentam perfil predominante côncavo-convexo, caracterizando feições do domínio geomorfológico da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul.

Na área com predomínio da unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral (T_{Rrs}), observa-se que ocorre um baixo relevo, resultado do elevado grau de fragilidade natural. Nela o horizonte B apresentou maior resistência ao cisalhamento. Nas unidades litoestratigráficas Santa Maria (T_{Rsm}) e Caturrita (T_{RC}), a maior resistência ao cisalhamento está no horizonte C e camada R. A distribuição do tamanho de poros infere que o horizonte B da unidade Sanga do Cabral e a interface do C com a camada R, das demais unidades, constituem pontos de fluxo subsuperficiais de água no período chuvoso e de ressecamento em condições de estiagem. Isso, aliado às propriedades físicas do solo, do saprólito e da camada R, confere à paisagem ressaltos topográficos.

A natureza do material (areia fina, silte, argilas de baixa a média plasticidade, argilas arenosas e argilas siltosas) proporciona à área elevado grau de fragilidade. Os processos morfodinâmicos, aliados aos demais atributos físico-mecânicos, comandados pela dinâmica fluvial, desencadeiam a esculturação da paisagem. Os índices morfométricos definidos nas drenagens de primeira ordem auxiliaram na definição da conexão entre as áreas com baixo relevo e alto grau de fragilidade natural.

O comportamento morfodinâmico das vertentes observadas mostra a área da unidade litoestratigráfica Sanga do Cabral com um baixo relevo. Apresenta menor densidade na drenagem (Dd), maior comprimento no canal principal (Lcp), menor razão de textura (Tx), menor frequência de canais (N) e forma dos padrões

de drenagem tendendo para o retangular. Isso leva a crer numa falsa idéia que a área apresenta um menor grau de fragilidade, se comparada com as unidades Santa Maria e Caturrita. Nessas últimas o relevo (refletido na ação modeladora dos agentes externos) condiciona índices quantitativos como maior densidade de drenagem, maior razão de textura, maior freqüência de canais e sistemas de drenagem tendendo para uma forma semi-circular. Esses refletem o comportamento dos atributos dos horizontes do solo, do saprólito e camada R, configurando uma idéia de menor estabilidade. Entretanto, os atributos obtidos para as amostras trabalhadas, aliadas ao mapa do grau de fragilidade natural, mostram que o baixo relevo observado na área da unidade Sanga do Cabral revela exatamente essa maior fragilidade, manifestadas nas formas côncavas do perfil das vertentes. Também, para as áreas das demais unidades litoestratigráficas, esses revelam maior estabilidade relativa, frente à morfodinâmica da paisagem, resultando numa maior energia do relevo. As formas convexas estão mantidas pela morfogênese que atua no sentido de que o material removido das encostas é também fornecido pelo intemperismo, dando à paisagem uma idéia de estabilidade. Entretanto, as áreas das unidades litoestratigráficas Santa Maria e Caturrita refletem interflúvios com áreas de forte grau de fragilidade, motivado por um lado, pela maior energia do relevo, e por outro pela conformação do perfil predominantemente convexo que tende, ao ser atacado pelos processos da dinâmica externa, para uma concavidade na busca do equilíbrio dinâmico comandado por densa rede de canais de primeira ordem.

Ficou evidente que são merecedoras de atenção especial a interface entre as unidades litoestratigráficas, além das áreas com variação litológica (fácies) no interior dessas unidades. Nelas aparecem, com relativa freqüência, feições erosivas na forma de anfiteatros em cabeceiras de drenagem.

Portanto, as formas ou os conjuntos de formas, traduzidos no presente trabalho como modelado do relevo, participam da composição geral da paisagem, e podem ser consideradas como causa e conseqüência da erosão. Causa no sentido de que se considerou a dimensão interfluvial e o grau de entalhamento dos talwegues, estabelecendo uma relação direta de proporcionalidade com a

ação erosiva em superfície. Conseqüência pois enfatizou o modelado como sendo resultado da deposição (acumulação) e dissecação.

Finalmente, o trabalho permite evidenciar os condicionantes da conformação topográfica através do modelado do relevo. Destaca a relação entre a rede de drenagem e a erosão. Sugere também que a análise das propriedades físicas do solo, saprólito e camada R assumem relevante função na geomorfologia, uma vez que a análise da rede hidrográfica (dinâmica erosiva fluvial) permite estabelecer relações entre a natureza do material sedimentar e seu comportamento face às propriedades dinâmicas. Considera os canais fluviais como importante elemento no processo morfogenético de esculturação da paisagem. Argumenta que o modelado do relevo revela áreas com distintos graus de fragilidade, e o reconhecimento desses deve merecer atenção especial quanto ao uso da terra. Dentro desse propósito, o trabalho deixa como contribuição a proposta para definição do potencial de fragilidade natural a partir do modelado de dissecação do relevo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo-determinação do índice de vazios mínimo de solos não coesivos: NBR 12051**. Rio de Janeiro, fev. 1991.

_____. **Solo- determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos:NBR 12004**. Rio de Janeiro, nov. 1990.

AB'SABER, A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n.18, 1969.

_____.Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n.20, 1970.

_____.Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, n.3, 1977.

_____.Os mecanismos da desintegração das paisagens tropicais no Pleistoceno. **Inter-Fácies**, São José do Rio Preto, n.4, 1979.

_____.A revanche dos ventos. Destruição de solos areníticos e formação de areiais na Campanha Gaúcha. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria-RS, v.1 n.11, p.7-31, 1995.

ANDREIS,R.R.;LAVINA, E.L.; MINTARDO, D.K.; et al. Considerações sobre os troncos fósseis da Formação Caturrita (Triássico Superior) no município de Mata,RS-Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...**:Salvador: ABGE, 1982. v.4. p. 1.284-1.294.

AYOADE, J. **Introdução a Climatologia dos Trópicos**. São Paulo: Difel, 1986. 331p.

BACCARO, C.A.D. As unidades geomorfológicas e a erosão no chapadão do Município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, n.11-12, p.55-62, 1994.

BAVER, L.D., GARDNER, W.H., GARDNER, W.R. **Física de Suelos**. Ciudad del México: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, 1972.

BERRY, B.J.L. Abordagens à análise regional: uma síntese. In: BERRY, B.J.L & BAKKER, A.M.(orgs). **Análise Espacial**. Rio de Janeiro: I.P.G.H., 1969. p.18-34.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone. 4^a edição, 1999. 355p.

BERTRAND, G. **Paysage et géographie physique globale: Esquisse méthodologique.** *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ovest*, Toulouse: v 3, n. 39, p. 249-272, 1968.

_____. Paisagem e geografia física global; esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p.1-27, 1971.

BIGARELLA, J.J., MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 1985, Maringá. **Anais...**Maringá: ABGE/ADEA.1985, v. 1, p. 89-167.

BORTOLUZZI, C.A. Contribuição à Geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p.7-86, 1974.

DRADY, N. C. & WEIC, R.R. **The nature and properties of soils.** Eleventh edition. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

BUTING, B. **Geografia e Solos.** Rio de Janeiro: Zahar, coleção A Terra e o Homem, 1971.

CABRAL, J.L.L. & MACIEL FILHO, C.L. Medidas de erosão e deposição em solos arenosos. **Geografia**, Rio Claro: n.16, p.95-116, 1991.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A, 1981. 241p.

CARLSTON, C. W. Drainage density and streamflow. **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, n.422, p. 1-7, 1963.

CARVALHO, N. A.; PIEDADE, G.C.R.; ANDRADE, F.C. Interação solo-material erodido em pequenas bacias de drenagem no município de Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, Campinas-SP, v.7,n.1.p.83-87, 1993.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia.** Goiânia: Ed. UFG, 1994. 137p.

CASSOL, E. A. & REICHERT, J.M. Pesquisa em erosão do solo no Brasil. In: ARAÚJO, Q.R.(org.) **500 anos de uso do solo no Brasil.** Ilhéus, Bahia: Editora da UESC, p.398-420, 2002.

CASTRO, S.S. & SALOMÃO, F.X.T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **GEOUSP, Espaço e Tempo**, São Paulo: Humanitas, n. 7, p. 27-37, 2000.

CAVAGUTI, N.; FIGUEIREDO, J. ; RIUL, M.; et al. Boçoroca da pousada da esperança 2. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5., 1995, Bauru. **Anais...**Bauru: ABGE-UNESP.1995, v. 1, p. 501-503.

CEMIG-COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Erosão e formas de controle**. Belo Horizonte, CEMIG, 2001. 31p.

CLAVAL, P. La division regionale de la Suisse. **Revista Geografia de l'Estate**, Paris, p.83-94, 1967.

CHRISTOFOLETTI, A. O fenômeno morfogenético de Campinas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 8, n 16, p. 3-92, 1968.

_____.Análise topológica de redes fluviais. **Boletim de geografia Teorética**, Rio Claro, v. 3, n.6, p. 5-29, 1973.

_____.**Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 149p.

_____.Geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 11, n. 21-22, p. 5-18, 1981.

_____.Significância da densidade de drenagem para a análise geomorfológica. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 13, n. 26, p. 27-53, 1983.

_____.Significância da teoria de sistemas em geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, v. 17, n. 22, p. 119-128, 1987.

_____.**Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

COELHO NETTO, A L. Mudanças ambientais recentes, mecanismos e variáveis-controle do voçorocamento atual na bacia do rio bananal, SP-RJ: bases metodológicas para previsão e controle de erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 5.,1995, Bauru. **Anais...** Bauru: ABGE-UNESP, 1995. v. 1, p. 377-379.

COELHO NETTO, A. L. & AVELAR, A. de S. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. da (orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p.103-138.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A .J.T. & CUNHA, S. B. (orgs) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1995, p. 211-252.

CUNHA, S.B. e GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1995. 472p.

DAEE/IPT. **Controle da erosão: bases conceituais e técnicas: diretrizes para o planejamento urbano regional: orientações para o controle de boçorocas urbanas.** São Paulo: Secretaria de Energia e Saneamento-Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1989.

DANIELS, R. B. ; HAMMER, R.D. **Soil Geomorphology.** New York: John Wiley, 1992.

DAUGHERTY, R. Science in Geograpy. London: Oxford University Press, 1974.

DEFONTAINES, J.P. Analyse du paysage et etude régionale dès systémes de production agricole. **Economie Rurale**, n.98, p. 3-13, 1973.

DEMATTE, J.L.I. & MARCONI, A. A drenagem na mineralogia de solos desenvovidos de diabásio em Piracicaba-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas-SP, v.15, n.8, p. 1-8, 1991.

DERREAU, M. **Précis Géomorphologie.** Paris: Masson et Cie.,1967.

DIAS JUNIOR, M.S. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em áreas da Copener Florestal Ltda. **Relatório Técnico** 1999. Lavras, 1999.

DIETRICH, W.E.; WILSON, C.J.; RENEAU, S.L. Hollows, colluvium and landslides in soil-mantled landscapes. In: ABRAHAMS, A. D. **Hillslopes Processes.** Boston: Allen & Unwin, New York, 1986. p.361–388.

DIETRICH, W. E. & DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K ; KIRBY, M; JOHN WILEY, J.(eds.) **Channel Network Hydrology.** New York , 1986. p.175-219.

DOORNKAMP, S. C. & KING, C.A.M. **Numerical Analysis in Geomorphology.** London: Edward Arnold, 1971.

ELLIES, A.; GREZ R. & RAMIREZ G.C. La conductividad hidraulica en fase saturada como herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo. **Agro Sur.** v., 25; n 1, p. 51-56, 1997.

ELLIES, A.; SMITH, R. Transmisiones de presiones en el perfil de algunos suelos. **Agro Sur.** v. 24; n. 2, p. 149-158, 1996.

ELLIES, A.; DÖRNER F. Distribución de tensiones en un suelo palehumult ejercida con el trafico de la maquinaria agricola. **Agro Sur.** v. 27, n. 2, p.1-9, 1999.

ELLIOT, W. J. **A process based rill erosion model.** Iowa: Iowa State University, 1988.

ELLISON, W. D. Soil detachment and transportation. **Soil Conservation**. Washington, v.11, n.8, 1946, p. 179,190.

_____. Estudos sobre erosion del suelo. **INTA Série Informe Técnicos**, Buenos Aires, n. 62, 1963.

ELTZ, F.L.F.; MEHL, H.U.; REICHERT, J.M. Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, n.25, p. 485-493, 2001.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente , na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (typic argiaquoll e typic hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.7, p. 329-333, 1983.

FIBGE-FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais técnicos em geociências. Manual técnico em geomorfologia**. Rio de Janeiro: FIBGE, n. 5, 1995. 110p.

_____.**Projeto RADAMBRASIL. Folha SH-21**. Rio de Janeiro: FIBGE, v. 33, 1986.

_____.**Censo demográfico**. Rio de Janeiro: FIBGE, v. 1, 1980.

_____.**Censo demográfico**. Rio de Janeiro: FIBGE, v. 1, 1990.

_____.**Censo demográfico**. Rio de Janeiro: FIBGE, v. 1, 2000.

_____.**Censo agropecuário**. Rio de Janeiro: FIBGE, v. 2, 1996.

FIORI, A.P. & CARMIGINANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2001.548p.

FONSECA, A. do C. Geoquímica dos solos. In: GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos:conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

FORSYTHE, W. **Física de Suelos**. San José, Costa Rica: Instituto interamericano de Ciências Agrícolas, 1975.212p.

FOSTER, G.R. Modelling the erosion process. In: HAAN, C.T., JOHNSON, H. D.; BRAKENSIEK, D.L., (eds). **Hydrologic modelling of small watersheds**. St.Joseph: ASAE,1982. p.297-380.

FRANÇA, G.V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba.** 1968. Tese de Doutorado-Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 1968.

FURLANI, G.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca.** 1980. 376f Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

GANDOLFI, N. A cartografia geotécnica no planejamento do uso e ocupação do solo. In: Chassot, A. & Campos, H. (org.). **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para (inter)ações no Planeta.** São Leopoldo :UNISINOS, 1999. p. 79-107.

GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size Analysis. In: KLUTE, A. (editor) **Methods of soil analysis. Part1. Physical and Mineralogical Methods.** Second edition. Madison, Wisconsin-USA, 1986. p.383-409.

GERARDI, L.H. & SILVA, B.C.N. **Quantificação em Geografia.** São Paulo: DIFEL, 1981.161p.

GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos,** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.458p.

_____.**Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1996.334p.

GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 446p.

_____.Processos Erosivos nas Encostas. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (orgs.), Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,1998.

_____.Erosão e conservação dos solos:conceitos, técnicas e aplicações. In: GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos:conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HACK, J. T. Geomorphology of the Shenandoah Valley, Virginia and West Virginia and origins of the residual ore deposits. New York: **U.S.G.S, Prof. Paper,** n. 484,.1965.

HACK, J. T. & GOODLETT, J.G. Geomorphology and Forest ecology of a mountain region in the Central Appalachians. New York: **U.S.G.S, Prof. Paper,** n. 347, 1960.

HAVERKAMP, R., PARLANGE, J.Y., STARR, J. L. et al. Infiltration under ponded conditions: A predictive equation based on Physical parameters. **Soil Science**, n. 149, p. 292-300, 1990.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. Massachusetts: Academic Press, 1980.413p.

HOLTZ, R.D. & KOVACS, W.D. **An introduction to geotechnical engineering**. New Jersey: Prentice-Hael, 1981.733p.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Amer. Bull.**, n 3, p. 275-370, 1945.

HUDSON, N.W. **Soil Conservation**. Iowa: Iowa State University Press, 1995.320p.

IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientação para o combate a erosão no estado de São Paulo, bacia do Peixe-Parapanema**. São Paulo, v.6, n. 24 739, 1986.

JENNY, H. **Factors of soil formation; a system of quantitative pedology**. New York: Dover Publications, INC., 1992.269p.

KLAMT, E. & SCHNEIDER, P. Solos suscetíveis à erosão eólica e hídrica na região da campanha do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria-RS, v.1 n.11, p.71-80, 1995.

KLAMT, E.; FLORES, C.A.; CABRAL, D.R. **Solos do município de São Pedro do Sul: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso agrícola**. Santa Maria-RS: Departamento de Solos/Centro de Ciências Rurais-UFSM, 2001.

LAL, R. Soil erosion on affisols in Western Nigéria, III: Effects of rainfall characteristics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 16, n. 5, p. 389-401, 1976.

LEPSCH, I. F. **Solos: formação e conservação**. São Paulo: Melhoramentos /Instituto Nacional do Livro- Edusp, 1976.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999.

LEINZ, V. & AMARAL, S.E. **Geologia Geral**. São Paulo: Nacional, 1989.397p.

MACIEL FILHO, C.L. **Caracterização geotécnica das formações sedimentares de Santa Maria, RS**. 1977. 123f. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1977.

_____. **Carta geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria: Imprensa Universitária, FINEP, 1990.

MARTINS, E.R.C. & WERLANG, M.K. **Determinação da erosividade da chuva-correlação com eventos de inundações, alagamentos e deslizamentos na cidade de Santa Maria-RS**. 2003. 64f. Monografia (Curso de Geografia)-Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

MEDEIROS, E.R. **Estratigrafia do Grupo São Bento na Região de Santa Maria e Paleocorrentes da Formação Botucatu**. 1980, 189f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geociências)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.

MEIS, M. R. M, COELHO NETO, A. L., MOURA, J. R. J. As discontinuidades das formações coluviais como condicionantes dos processos hidrológicos e de erosão linear acelerada. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 1985, Maringá. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1985. v. 1, p. 179-189.

MEYER, L.D. & WISCHMEIER, W.H. **Mathematical simulation of the process of soil erosion by water**. Trans. ASAE, n. 12, p.:754-762, 1969.

MEHL, H.U. **Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS) e sua relação com as perdas de solo e água em entressulcos**. 2000, 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

MIKLOS, A.A.W.; SILVA, N.L.S., ESPÍNDOLA, C.R. et al. Dados preliminares sobre a caracterização de "volumes pedológicos" em toposseqüências de Botucatu. In; CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, 1983, Curitiba. **Anais...** Campinas: SBCS, 1983, p. 8-91.

MILLER, V.C. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area. **Technical Report**. New York: Columbia University, n.3.1953.30p.

MITCHELL, J. K. **Fundamentals of soil behavior**, New York: Wiley, 1976.

MITCHELL, J. K. & BUBENZER, G. D. Estimación de la pérdida del suelo. In: KIRBY, M.J.;Morgan,R.P.C.(eds). **Erosion de Suelos**. Ciudad del México: Limusa/Noriega Editores,1980, p.35-88.

MONTEIRO, C.A.F. A Geografia no Brasil (1934-1977): avaliação e tendência. **Teses e Monografias**, São Paulo: Instituto de Geografia, n.57, 1980.

_____. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MORGAM, R.P.C. **Soil erosion & conservation**. 2nd ed, New York: Longman, 1995.198p.

MOSS, R.P. On geography as science. **Geoforum**, Oxford, v. 10, n. 3, p. 223-233, 1979.

MURATORI, A.M. **Erosão no noroeste do Paraná: uma proposta metodológica de estudo sistemático através do uso de fotografias aéreas**. 1984. 143f. Dissertação (Mestrado Ciências Geodésicas)-Universidade Federal do Paraná, 1984.

NUNES, W.A.G.A.; KER, J.C.; SCHAEFER, C.E.G.R. et al. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do "mar de morros", Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25,n.2.p.341-354, 2001.

OKA-FIORI, C. & SOARES, P.C. Aspectos evolutivos das vossorocas. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 3, p. 114-124, 1976.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada**. Jaboticabal: Funep, 2001, 414 p.

PARKER, R. B. Buffers, energy storage and the mode and time of geologic events. **Geology Boulder**, New York, n. 13, p. 440-442. 1985.

PARZANASE, G. A. C. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, MG**. 1991. 175f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Viçosa, 1991.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro:IBGE,1978.154p.

PEREZ FILHO, A.; DONZELLI, J.L.; LEPSCH, I.F. Relação solos geomorfologia em várzea do rio Mogi-Guaçu-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.4,n.3.p.181-187, 1980.

PETRI, S. & FULFARO, V.J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1983.

PILCHER, E. Boçorocas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.2, n.1, p. 3-16, 1953.

PORTO, C.G. Intemperismo em regiões tropicais. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (orgs.), Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

PRANDINI, F.L. Occurrence of boçorocas in Southern Brazil geological conditioning of environmental degradation. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY ENGINEERING GEOLOGY, 2., 1974, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ABGE, v.1, T-III-36, 1974.

PRANDINI, F.L.; IWASA, O.Y.; OLIVEIRA, A.M.S. A cobertura vegetal nos processos e evolução do relevo: o papel da floresta. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 3., 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: v.13A, 1982. p.197-210.

PRASAD, C. & VERMA, V.K. Morphogenetic evolution in the western doon valley, Garhwal Himalaya. **Notícia Geomorfológica**, v.15, n. 29, p.53-65, 1975.

PUNDEK, M. Utilização prática da Equação Universal de Perdas de Solo para as condições de Santa Catarina. In: SANTA CATARINA. SECRETARIA DO ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. MANUAL DE USO, MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: PROJETO DE RECUPERAÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANEJO DOS RECURSOS NATURAIS EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS. 2. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1994, p.99-129.

QUEIROZ NETO, J. P. Geomorfologia e pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.1, n. 1, p. 59-67, 2000.

_____. Les problèmes de L'érosion accélérée dans l'Etat de São Paulo, Brésil. **Géo-Eco-Trop**, v. 2, p. 205-220.

_____. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1988. p. 415-430.

QUEIROZ NETO, J.P; CHRISTOFOLETTI, A. Ação do escoamento superficial das águas pluviais na Serra de Santana-SP. **Boletim Paulista de Geografia**, Presidente Prudente, nº 45, p. 59-71, 1968.

RAY, R. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamentos geológicos**. São Paulo: IGG, 1963.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.16, p. 289-298, 1992.

REINERT, D. J. Santa Maria: CCR, 2003. **Programa computacional para cálculo de parâmetros básicos após teste de consolidação**. Santa Maria: Disponível em: <http://www/física_e_genese.ufsm.br . Acessado em: 15 nov.2003.

RIBEIRO, A.G. **Paisagem e organização espacial na região de Palmas e Guarapuava**. 1989. 336f. Tese (Doutorado em Geografia)– Universidade de São Paulo, 1989.

RICCI, M. & PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1965.

RODRIGUES, J. E. Estudo geotécnico de fenômenos erosivos acelerados (boçorocas). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1984, p. 169-182.

_____. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados, boçorocas.** 1982. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia)-Universidade Federal de São Carlos, ,1982.

ROCHA, J.S.M. **Manual de interpretação de aerofotogramas.** Fascículos I, V, VIII, IX, X, XIII, XV. Santa Maria, Imprensa Universitária, 1986.

ROSS, J.L. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992.

_____.Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

_____.**Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 2003.85p.

SCHÄFER, M.J. **Erosão em entressulcos e em sulcos sob diferentes preparos e consolidação do solo.** 1999. 116f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

SCHÄFER, M.J.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & CASSOL, E. A. Erosão em entressulcos e em sulcos sob diferentes preparos e consolidação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.25, p. 431-441, 2001.

SALOMÃO, F.X.T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural.** 1994. 199f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade de São Paulo, 1994.

_____.Controle e prevenção dos processos erosivos.In:GUERRA,A.J.T; SILVA, A.S.;BOTELHO,R.G.M.(orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SANTOS, G. F. Análise morfométrica do Vale do Garcia (Blumenau-SC). **Revista de Estudos Ambientais.** v.2, n. 2-3. p.77-95, 2000.

SARTORI, M.G.B. **Clima e Percepção.**2000. 488f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade de São Paulo, 2000.

SEPLAN / MS: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Susceptibilidade à erosão da macrorregião da Bacia do Paraná /MS. **Relatório Técnico**, Campo Grande, 1992.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system.** New York:John Wiley & Sons, 1977.

SETZER, J. Os solos do Estado de São Paulo. **Relatório Técnico-IBGE**, Rio de Janeiro, n. 6, p.387, 1949.

SILVA, J. X. Geomorfologia, análise ambiental e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geografia**, v.1, n. 1, p. 48-58, 2000.

SILVA, A.B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. a

SILVA, V.R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2003.

SILVA,V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico típico. II – grau de saturação em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.26, p. 9-15, 2002.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Suscetibilidade à compactação de um latossolo vermelho-escuro e de um podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, n.24, p. 239-249, 2000.

SILVA, V.R. **Compressibilidade de um podzólico e um latossolo em função do estado inicial de compactação e saturação em água**. 1999. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 1999. b

SILVA, J.E.B. & GUERRA,A.J.T. Análise das propriedades dos solos das sub-bacias do rio tindiba e do córrego do catonho, Rio de Janeiro, com fins à identificação de áreas com predisposição à erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABGE, 2001.

SILVA, M.; CRUZ, R. Erosão urbana no jardim paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5., 1995, Bauru. **Anais...** Bauru: ABGE-UNESP, 1995. p.505-507.

SORRENSON, W. J. & MONTOYA, L. J. **Implicações Econômicas da Erosão do solo e do Uso de Algumas Práticas Conservacionistas no Paraná..** Curitiba: IAPAR, n.21, 1989.(Boletim Técnico)

SOCHAVA, B. Geographie und ökologie. **Geogr. Mitt.**, Petermanns, XCVI, p. 89-98, 1972.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, p. 27-36, 1982.

SOUTO, J. J. P. **Deserto uma ameaça? Estudo dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do RS.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1985.169p.

STEEGEN, A ; GOVERS, G.; NACHTERGAELE, J.; TAKKEN, I.; et al. Sediment export by water from an agricultural catchment in the Loam Belt of Central Belgium. **Geomorphology**, n.33, 25-36, 2000.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Deserto grande do sul-controvérsia.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1992.

TRICART, J. **A Terra Planeta Vivo.** Lisboa: Ed. Presença/Martins Fontes,1972.

_____.**Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.97p.

_____.Paisagem e ecologia. **Inter-Fácies**, Campinas: Escritos e Documentos, n.21, 1982.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos.** São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1977

VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. ; REICHERT, J.M. Erodibilidade em entressulcos dos solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, Campinas-SP, v.17,,p.121-128, 1993.

VEIGA, P.; MEDEIROS, E.R. ; SUERTEGARAY, D.M.A. Gênese dos campos de areia no município de Quaraí-RS. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1. **Anais...** 1987, Porto Alegre

VIEIRA, N. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca.**1978.226f. Tese (Doutorado Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Franca)- Universidade Estadual Paulista, 1978.

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

VIEIRA, L. S: VIEIRA, M. de N. F. **Manual de morfologia e classificação de solo.** São Paulo: CERES,1983.312p.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall - erosion losses, a guide to conservation planning.** Washington: USDA, 1978.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal. Soil and water conservation.** n.26, p. 189-193, 1971.

7 APÊNDICES

Apêndice 1. Descrição morfológica dos perfis selecionados nas unidades litoestratigráficas: T_{RFS} (1, 2, 3); T_{RC} (4, 6, 7, 8, 9); T_{Rsm} (10, 11, 12), Cenozóico (13, 14, 15) ; resultados obtidos a partir dos ensaios e análises realizadas.

PERFIL nº 1. Descrição morfológica

DATA: 11/07/2002

CLASSIFICAÇÃO: ALISSOLO CRÔMICO Argilúvico típico A moderado textura franco argilosa/relevo suave ondulado

LOCALIZAÇÃO: 29° 38' 47,64"; 48° 23' 50,33" . Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado direito da estrada, cerca de 1.000m após Engenho Dressler.

ALTITUDE: 105 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sanga do Cabral

MATERIAL ORIGINÁRIO: Arenitos finos a médios

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari.

A 0-49 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 2,5/2, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

Bt 49-68 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; poros muitos e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes comuns.

BC 68-82 cm; vermelho (5 YR 5/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; poros muitos e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes raras.

C 82-100 cm; vermelho (5 YR 6/6, úmido); argilo arenoso; moderada a forte, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade ausente; poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes ausentes.

R 100 + cm; vermelho (10 R 4/6, úmido); argilo arenoso; forte, média, blocos angulares, cerosidade ausente; poros ausentes; extremamente firme, plástico e pegajoso; raízes ausentes; fracamente cimentado por carbonato de cálcio; ligeira efervescência.

Observações: Presença de mosqueados de cor bruno-escuro (10 YR 4/6, úmido), poucos, grandes, no horizonte BC. Presença de mosqueados de cor bruno-escuro (7,5 YR 4/8, úmido), comuns, grandes, no horizonte C e R. Presença de mosqueados de cor vermelho-amarelado (5 YR 7/2, úmido), poucos, grandes, no horizonte C.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) g.kg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-49	99	379	321	210
Bt	49-68	45	241	364	350
BC	68-82	12	163	418	407
C	82-100	7	236	431	328
R (rocha matriz)	100 +	32	493	218	265

Análise química

horizonte	Profundidade (cm)	pH H ₂ O	P Mg/L	K Mg/L	% M.O. m/v	Al Cmol _c /L	Ca Cmol _c /L
A	0-49	4,2	4,8	80,0	5,1	3,1	2,4
Bt	49-68	4,3	2,5	46,0	1,1	4,4	1,2
BC	68-82	4,5	1,5	84,0	0,6	11,0	5,1
C	82-100	4,8	2,5	80,0	0,6	8,1	6,5
R (rocha matriz)	100 +	5,4	1,5	80,0	0,3	2,0	11,7
	H + AL cmol _c /L	CTC cmol _c /L		Saturação			
		Efetiva	pH 7	Al	Bases		
A	7,3	6,2	10,4	50	30		
Bt	10,5	5,8	11,9	76	12		
BC	26,0	16,8	31,8	65	18		
C	18,1	15,7	25,7	52	30		
R (rocha matriz)	5,1	15,5	18,6	13	73		

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,14	1,53	0,76	0,43	0,57	0,67	2,69	1711	17,5
Bt	1,22	1,53	0,78	0,44	0,62	0,73	2,72	1682	19,0
BC	1,30	1,33	1,04	0,51	0,81	0,53	2,71	1496	26,0
C	1,36	1,33	1,02	0,50	0,73	0,54	2,68	1553	25,1
R (rocha matriz)	1,35	1,33	1,04	0,51	0,61	0,43	2,70	1682	20,5

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
Bt	40,91	23,10	17,81	19,75	1,75
BC	52,66	24,80	27,86	19,21	1,78
C	55,52	25,80	29,72	22,17	1,65
R (rocha matriz)	35,68	19,70	15,98	22,03	1,64

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,02	0,084	84	4,76
Bt	0,001	0,003	0,039	39	0,23
BC	0,001	0,002	0,025	25	0,16
C	0,001	0,003	0,038	38	0,24
R (rocha matriz)	0,001	0,008	0,082	82	0,78

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SM	Franca
Bt	CH	Franco argilosa
BC	CH	Argilo siltosa
C	CH	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo	100	Subangulares
0,500	Quartzo	100	Subarredondados
0,250	Quartzo	100	bem arredondados
0,125	Quartzo	100	bem arredondados (alguns bem polidos)
0,062	Quartzo	100	bem arredondados (alguns bem polidos)
Horizonte Bt			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês	80 20	Subangulares Subangulares
0,500	Quartzo	100	Subarredondados
0,250	Quartzo	100	Subarredondados
0,125	Quartzo Mica	90 10	Subarredondados Subangulares
0,062	Quartzo Mica	90 10	Subarredondados subangulares e lâminas
Horizonte BC			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo	100	Bem arredondados
0,250	Quartzo	100	Bem arredondados
0,125	Quartzo	100	Bem arredondados
0,062	Quartzo Mica	80 20	Bem arredondados Subangulares e lâminas
Horizonte C			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo; Concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês.	70 30	Bem arredondados Subarredondados
0,250	Quartzo; Concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; Mica	75 10 15	Bem arredondados Subarredondados Subangulares e lâminas

0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; mica	75 05 20	Bem arredondados Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; mica	75 05 20	Bem arredondados Subarredondados Subarredondados e lâminas
Rocha Matriz (R)			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo;	70	Bem arredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; mica	75 05 20	Bem arredondados Subarredondados Subangulares e lâminas
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; mica	70 05 25	Bem arredondados Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	75 25	Bem arredondados Subarredondados e lâminas

PERFIL nº 2. Descrição morfológica

DATA: 11/07/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 38' 40,84"; 48° 23' 48,87". Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado direito, cerca de 1.000m após engenho Dressler.

ALTITUDE: 106 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sanga do Cabral

MATERIAL ORIGINÁRIO: Arenitos finos a médios

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-60 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 2,5/2, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

E 60-93 cm; bruno-amarelado (5 YR 5/3, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

Bt 93-112 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; poros muitos e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes comuns.

C 112-127 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; poros muitos e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes raras.

R 127 + cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); argilo arenoso; forte, média, blocos angulares, cerosidade ausente; poros ausentes; extremamente firme, plástico e pegajoso; raízes ausentes; fracamente cimentado por carbonato de cálcio; ligeira efervescência.

Observações: Presença de mosqueados abundantes, grandes (5 YR 6/8, úmido e 5YR 4/4) no horizonte Bt; poucos, grandes, no horizonte BC de cor 5YR 6/6 úmido

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-60	149	446	246	158
E	60-93	94	340	461	104
Bt	93-112	74	320	201	322
C	112-127	48	452	178	24
R (rocha matriz)	127 +	4	515	231	25

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,06	1,33	1,02	0,50	0,58	0,09	2,68	1697	17,0
E	0,94	1,67	0,60	0,38	0,43	0,66	2,68	1873	9,9
Bt	1,22	1,42	0,88	0,47	0,74	0,70	2,68	1539	22,3
C	1,34	1,42	0,87	0,47	0,65	0,68	2,66	1612	21,6
R (rocha matriz)	1,34	1,42	0,92	0,48	0,61	0,58	2,73	1696	19,5

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
E	NP	NP	-	-	-
Bt	38,97	19,30	19,67	18,62	1,74
C	36,42	21,32	15,10	18,48	1,73
R (rocha matriz)	36,00	20,90	15,10	20,62	1,63

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,035	0,13	130	9,42
E	0,001	0,038	0,072	72	20,06
Bt	0,001	0,002	0,065	65	0,06
C	0,001	0,002	0,083	83	0,05
R (rocha matriz)	0,001	0,007	0,078	78	0,63

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SM	Franco arenosa
E	ML	Franca
Bt	CL	Franco argilosa
C	CL	Franco argilo arenosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos	
Horizonte A	Tamanho dos grãos (mm)	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Subangulares
			15	Subangulares
	1,000	Quartzo;	100	Subarredondados
	0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
	0,250	Quartzo;	100	Bem arredondados (alguns bem polidos)
0,125	Quartzo;	100	Bem arredondados (alguns bem polidos)	
0,062	Quartzo;	100	Bem arredondados (alguns bem polidos)	
Horizonte E	Tamanho dos grãos (mm)	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Subangulares
			20	Subangulares
	1,000	Quartzo;	100	Subarredondados

0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	00	Bem arredondados
0,062	Quartzo;	100	Bem arredondados
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Horizonte C			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Subarredondados
		05	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subarredondados
		10	Subarredondados
0,125	Quartzo;	90	Bem arredondados Subarredondados e lâminas
	Mica.	10	
0,062	Quartzo;	85	Bem arredondados Subarredondados e lâminas
	Mica.	15	

PERFIL nº 3. Descrição morfológica

DATA: 11/07/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 38' 47,23"; 48° 23' 47,66" . Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR-287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado direito, cerca de 1.000m após engenho Dressler.

ALTITUDE: 107 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sanga do Cabral

MATERIAL ORIGINÁRIO: Arenitos finos a médios

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-58 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 2,5/2, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

E 58-94 cm; bruno-amarelado (5 YR 5/3, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

Bt 94-126 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; poros muitos e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes comuns.

C 126-151 cm; vermelho (5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, cerosidade fraca e pouca; poros muitos e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes raras.

R 151 + cm; vermelho (10 R 5/8, úmido); argilo arenoso; forte, média, blocos angulares, cerosidade ausente; poros ausentes; extremamente firme, plástico e pegajoso; raízes ausentes; fracamente cimentado por carbonato de cálcio; ligeira efervescência.

Observações: Presença de mosqueados poucos, grandes (2,5 YR 5/8, úmido) no horizonte Bt; poucos, grandes, no horizonte C de cor 5YR 7/2 úmido.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-58	167	389	276	168
E	58-94	116	328	436	119
Bt	94-126	99	294	304	301
C	126-151	97	289	315	299
R (rocha matriz)	151 +	104	93	717	179

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,15	1,47	0,82	0,45	0,56	0,56	2,68	1718	16,2
E	0,97	1,64	0,66	0,40	0,43	0,57	2,72	1897	10,8
Bt	1,25	1,64	0,67	0,40	0,70	1,04	2,74	1614	21,0
C	1,13	1,51	0,84	0,46	0,59	0,54	2,78	1747	17,0
R (rocha matriz)	1,26	1,44	0,93	0,48	0,63	0,53	2,78	1703	17,0

Limites de consistência

horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
E	NP	NP	-	-	-
Bt	36,68	31,80	4,88	15,60	1,87
C	38,97	18,70	20,27	16,47	1,82
R (rocha matriz)	38,33	14,83	23,50	26,47	1,58

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,032	0,12	120	8,53
E	0,001	0,035	0,072	72	17,02
Bt	0,001	0,027	0,013	130	5,61
C	0,001	0,005	0,063	63	0,40
R (rocha matriz)	0,001	0,015	0,028	28	8,04

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SM	Franco arenosa
E	ML	Franca
Bt	CL	Franco argilosa
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Franco siltosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
Tamanho dos grãos (mm)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subangulares
		10	Subangulares
500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Bem arredondados (alguns bem polidos)
0,062	Quartzo;	100	Bem arredondados (alguns bem polidos)

Horizonte E			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subangulares
		10	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Bem arredondados
0,062	Quartzo;	100	Bem arredondados
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Horizonte C			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	-	-	-
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Subarredondados
		05	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subarredondados
		10	Subarredondados
0,125	Quartzo; Feldspato e mica.	90	Bem arredondados
		10	Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Feldspato e mica.	85	Bem arredondados
		15	Subarredondados e lâminas

PERFIL nº 4. Descrição morfológica

DATA: 07/08/2002

LOCALIZAÇÃO: Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Carpintaria. Afloramento lado direito, cerca de 1.300m após Pesque-Pague.(nascente do Arroio Chiniquá)

ALTITUDE: 133 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Caturrita

MATERIAL ORIGINÁRIO: Camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor. Arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-39 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/2, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

AB 39-72 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 4/6, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

Bt 72-110 cm; vermelho-amarelado (2,5 YR 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns.

BC 110-171 cm; vermelho (10 YR 5/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes raras.

C 171-201 cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); argilo arenoso; moderada a forte, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes ausentes.

R 201 + cm; vermelho (7,5 R 5/4, úmido); argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de fragmentos de quartzo e calcedônia pouco no horizonte B, freqüente no BC, grandes, duros, irregulares, brancos a vermelho ocre.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-39	240	373	186	189
AB	39-72	185	273	174	368
Bt	72-110	199	257	177	352
BC	110-171	196	289	157	351
C	171-201	86	465	120	328
R (rocha matriz)	201 +	195	402	117	283

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,04	1,49	0,79	0,44	0,45	0,41	2,68	1843	13,5
AB	1,18	1,40	0,93	0,48	0,63	0,46	2,70	1655	20,3
Bt	1,20	1,41	0,94	0,48	0,66	0,48	2,74	1665	20,0
BC	1,20	1,40	0,95	0,49	0,63	0,44	2,74	1676	19,5
C	1,29	1,42	0,94	0,49	0,61	0,51	2,75	1707	18,5
R (rocha matriz)	1,35	1,37	1,02	0,50	0,63	0,46	2,76	1695	18,3

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
AB	40,61NP	18,1	22,51	19,56	1,73
Bt	44,32	19,8	24,52	21,75	1,69
BC	NP	NP	-	-	-
C	37,42	22,0	15,42	20,96	1,73
R (rocha matriz)	NP	NP	-	-	-

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,037	0,17	170	8,05
AB	0,001	0,003	0,085	85	0,11
Bt	0,001	0,002	0,097	97	0,04
BC	0,001	0,002	0,13	130	0,03
C	0,001	0,003	0,16	160	0,06
R (rocha matriz)	0,001	0,008	0,18	180	0,36

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco arenosa
AB	CL	Argila arenosa
Bt	CL	Argila arenosa
BC	CL	Argila arenosa
C	CL	Franco argilo arenosa
R (rocha matriz)	SC	Franco arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subangulares
		05	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
Horizonte AB			
1,000	Quartzo;	100	Angulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subangulares e subarredondados
0,125	Quartzo;	95	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados e lâminas
		05	
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados e lâminas
		05	
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
Horizonte BC			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
Rocha matriz(R)			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas

PERFIL nº 5. Descrição morfológica

DATA: 07/08/2002

LOCALIZAÇÃO: Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Carpintaria. Afloramento lado direito, cerca de 1.300m após Pesque-Pague.(nascente do Arroio Chiniquá)

ALTITUDE: 132 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Caturrita

MATERIAL ORIGINÁRIO: Camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor. Arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-60 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 4/3, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e abrupta; raízes comuns.

E 60-90 cm; bruno-amarelado (5 YR 5/3, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara; raízes comuns

Bt 90-134 cm; vermelho-amarelado (2,5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns.

BC 134-185 cm; vermelho (10 YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes raras.

C 185-220 cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); argilo arenoso; moderada a forte, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes ausentes.

R 220 + cm; vermelho (7,5 R 5/4, úmido); argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de fragmentos de quartzo e calcedônia pouco no horizonte B, muito pouco no BC, grandes, duros, irregulares, brancos a vermelho ocre.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-60	320	363	176	137
E	60-90	247	355	222	175
Bt	90-134	208	248	181	356
BC	134-185	232	260	149	357
C	185-220	338	224	74	355
R (rocha matriz)	220 +	361	247	82	304

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	0,93	1,59	0,70	0,41	0,43	0,46	2,70	1887	12,7
E	0,97	1,62	0,71	0,42	0,48	0,54	2,78	1873	11,2
Bt	1,29	1,35	1,04	0,51	0,55	0,33	2,75	1777	18,2
BC	1,20	1,40	0,96	0,49	0,59	0,40	2,73	1715	19,0
C	1,23	1,37	0,99	0,50	0,59	0,38	2,73	1717	18,2
R (rocha matriz)	1,28	1,37	1,00	0,50	0,59	0,39	2,74	1736	17,1

Limites de consistência

horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
E	NP	NP	-	-	-
Bt	40,79	24,10	16,69	18,79	1,78
BC	46,46	26,00	20,43	17,77	1,79
C	44,46	24,70	19,76	18,55	1,76
R (rocha matriz)	36,28	21,10	15,18	23,65	1,51

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,018	0,12	120	2,70
E	0,001	0,038	0,17	170	8,49
Bt	0,001	0,002	0,1	100	0,04
BC	0,001	0,002	0,13	130	0,03
C	0,001	0,002	0,19	190	0,02
R (rocha matriz)	0,001	0,003	0,18	180	0,05

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco arenosa
E	SC	Franco arenosa
Bt	CL	Franco argilo arenosa
BC	CL	Argila arenosa
C	SC	Argila arenosa
R (rocha matriz)	SC	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A	Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
A	1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subangulares
			10	Subangulares
A	0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
A	0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
A	0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
			05	Subarredondados e lâminas
A	0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas

Horizonte E			
1,000	Quartzo;	100	Angulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subangulares e subarredondados
0,125	Quartzo;	95	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados e lâminas
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,125	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
Horizonte BC			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
Horizonte R			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas

PERFIL nº 6 Descrição morfológica

DATA: 07/08/2002

LOCALIZAÇÃO: Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Carpintaria. Afloramento lado direito, cerca de 1.300m após Pesque Pague.(nascente do Arroio Chiniquá)

ALTITUDE: 131m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Caturrita

MATERIAL ORIGINÁRIO: Camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor. Arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-45 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 2,5/2, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

BA 45-65 cm; bruno-amarelado (5 YR 4/4, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes poucas

Bt 65-95 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes poucas.

C 95-120cm; vermelho (10 YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e abrupta; raízes ausentes.

R 120 + cm; vermelho (7,5 R 5/4, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de fragmentos de quartzo e calcedônia pouco no horizonte B, muito pouco no BC, pequeno, duros, irregulares, brancos a vermelho ocre. Presença de mosqueado comum, grande (10 YR 7/4, úmido) no horizonte C.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-45	197	407	172	223
BA	45-65	144	269	177	408
Bt	65-95	101	315	172	411
C	95-120	35	425	171	367
R (rocha matriz)	120 +	21	531	155	291

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,26	1,34	1,01	0,50	0,60	0,38	2,70	1692	19,2
BA	1,45	1,23	1,25	0,56	0,78	0,29	2,78	1563	22,2
Bt	1,32	1,31	1,08	0,52	0,74	0,41	2,72	1566	25,2
C	1,37	1,32	1,08	0,52	0,72	0,44	2,74	1596	21,5
R (rocha matriz)	1,38	1,39	0,98	0,49	0,67	0,57	2,75	1647	20,8

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
BA	45,39	24,7	20,69	24,45	1,55
Bt	49,78	26,6	23,18	21,95	1,62
C	39,53	25,8	13,73	22,98	1,64
R (rocha matriz)	32,89	23,4	9,49	24,19	1,58

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,008	0,15	150	0,43
BA	0,001	0,002	0,072	72	0,06
Bt	0,001	0,002	0,075	75	0,05
C	0,001	0,002	0,085	85	0,05
R (rocha matriz)	0,001	0,003	0,12	120	0,075

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco argilo arenosa
BA	CL	Argilosa
Bt	CH	Argilosa
C	CL	Argila arenosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A	Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000		Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subangulares
			10	Subangulares
0,500		Quartzo;	100	Subarredondados
0,250		Quartzo;	100	Subarredondados
0,125		Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
			05	Subarredondados e lâminas
0,062		Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
			05	Subarredondados e lâminas

Horizonte BA			
1,000	Quartzo;	100	Angulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subangulares e subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados e lâminas
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,125	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Subarredondados e lâminas

PERFIL nº 7. Descrição morfológica

DATA: 10/09/2002

CLASSIFICAÇÃO: ALISSOLO CRÔMICO Argilúvico abrupto A moderado textura argilosa/relevo suave ondulado

LOCALIZAÇÃO: 29° 38' 19,38"; 48° 18' 6,12". Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Carpintaria. Afloramento lado direito, cerca de 1.000m após Pesque-Pague.(nascente do Arroio Chiniquá)

ALTITUDE: 135m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Caturrita

MATERIAL ORIGINÁRIO: Camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor. Arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-29 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

AB 29-52 cm; bruno-amarelado (5 YR 4/4, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes poucas

Bt 52-88 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes poucas.

C 88-135cm; vermelho (10 YR 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e abrupta; raízes ausentes.

R 135 + cm; vermelho (10 R 4/6, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de fragmentos de quartzo e calcedônia na transição do horizonte B para o C. Pequenos, duros, irregulares, brancos a vermelho ocre. Presença de mosqueado comum, grande (5 YR 7/1, úmido) no horizonte C.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-29	229	346	172	249
AB	29-52	181	288	163	365
Bt	52-88	139	263	153	444
C	88-135	132	252	170	443
R (rocha matriz)	135 +	189	328	167	314

Análise química

horizonte	Profundidade (cm)	pH h ₂ O	P Mg/L	K Mg/L	% M.O. m/v	Al Cmol _e /L	Ca Cmol _e /L
A	0-29	4,2	3,2	44,0	3,3	4,5	1,2
AB	29-52	4,2	3,2	26,0	1,8	3,6	0,8
Bt	52-88	4,3	2,5	36,0	0,7	4,6	0,8
C	88-135	4,5	2,5	38,0	0,5	4,0	1,5
R (rocha matriz)	135 +	4,6	1,0	34,0	0,2	3,5	1,5
	H + AL cmol _e /L	CTC cmol _e /L		Saturação			
		Efetiva	pH 7	Al		Bases	
A	7,3	6,1	9,0	74		18	
AB	6,7	4,6	7,7	79		13	
Bt	12,6	5,7	13,7	81		8	
C	8,03	6,3	10,3	64		22	
R (rocha matriz)	8,8	5,8	11,1	60		21	

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,11	1,38	0,89	0,47	0,48	0,33	2,62	1775	14,8
AB	1,28	1,30	1,05	0,51	0,61	0,35	2,67	1655	19,9
Bt	1,38	1,26	1,16	0,54	0,78	0,36	2,72	1528	24,6
C	1,25	1,36	0,96	0,49	0,70	0,54	2,66	1562	22,4
R (rocha matriz)	1,16	1,42	0,86	0,46	0,55	0,49	2,64	1703	17,6

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	29,56	17,0	12,56	24,82	1,58
AB	42,14	22,30	19,84	18,28	1,76
Bt	43,74	26,70	17,04	18,89	1,77
C	52,54	28,20	24,34	21,56	1,65
R (rocha matriz)	35,54	21,30	14,24	19,15	1,75

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,018	0,13	130	2,49
AB	0,001	0,004	0,092	92	0,17
Bt	0,001	0,002	0,072	72	0,06
C	0,001	0,002	0,055	55	0,07
R (rocha matriz)	0,001	0,003	0,15	150	0,06

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco argilo arenosa
AB	CL	Argila arenosa
Bt	CL	Argila
C	CH	Argila
R (rocha matriz)	CL	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Horizonte AB			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Subangulares
		05	Subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Angulares e subangulares
		15	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Subangulares
		05	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	arredondados e lâminas

PERFIL nº 8. Descrição morfológica

DATA: 10/09/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 38' 16,47"; 48° 18' 1,92" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Carpintaria. Afloramento lado direito, cerca de 1.000m após Pesque-Pague.(nascente do Arroio Chiniquá)

ALTITUDE: 133m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Caturrita

MATERIAL ORIGINÁRIO: Camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor. Arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari.

A 0-40 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns.

AB 40-45 cm; bruno-amarelado (5 YR 4/3, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns

Bt 45-98 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes poucas.

C 98-120cm; vermelho (10 YR 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes ausentes.

R 120 + cm; vermelho (10 R 4/6, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Alinhamento de seixos com presença de fragmentos de quartzo e calcedônia na transição do horizonte B para o C. Pequenos, duros, irregulares, brancos a vermelho ocre. Presença de mosqueado comum, grande (5 YR 7/2, úmido) no horizonte C e R.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-40	245	354	185	214
AB	40-45	159	237	143	459
Bt	45-98	145	236	172	434
C	98-120	141	287	231	339
R (rocha matriz)	120 +	294	218	165	321

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,05	1,44	0,82	0,45	0,41	0,36	2,62	1862	13,3
AB	1,20	1,27	0,99	0,50	0,64	0,36	2,54	1550	21,5
Bt	1,25	1,30	0,99	0,49	0,60	0,39	2,60	1626	21,5
C	1,20	1,30	0,96	0,49	0,55	0,37	2,55	1641	23,5
R (rocha matriz)	1,14	1,38	0,91	0,47	0,48	0,35	2,63	1776	16,5

Limites de consistência

horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	24,68	17,20	7,48	17,91	1,79
AB	44,14	25,10	19,04	22,73	1,64
Bt	48,76	25,60	23,16	18,00	1,77
C	413,11	26,30	16,81	18,19	1,78
R (rocha matriz)	40,91	18,20	22,71	16,76	1,82

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,037	0,17	170	8,05
AB	0,001	0,002	0,062	62	0,06
Bt	0,001	0,002	0,06	60	0,07
C	0,001	0,001	0,067	67	0,02
R (rocha matriz)	0,001	0,003	0,16	160	0,06

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco argilo arenosa
AB	CL	Argila
Bt	CL	Argila
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
Tamanho dos grãos (mm)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Subangulares a subarredondados
		10	Subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Horizonte AB			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados

Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Subangulares
		15	Subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	Subarredondados e lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Angulares e subangulares
		15	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Subangulares
		15	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subangulares
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	90	Subarredondados
		10	arredondados e lâminas

PERFIL nº 9. Descrição morfológica

DATA: 10/09/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 38' 16,82"; 48° 18' 4,55" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Carpintaria. Afloramento lado direito, cerca de 1.000m após Pesque-Pague.(nascente do Arroio Chiniquá)

ALTITUDE: 134m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Caturrita

MATERIAL ORIGINÁRIO: Camadas de arenitos finos a médios com composição quartzosa, que se intercalam com camadas de siltitos arenosos de espessura menor. Arenitos de textura mais grosseira são comuns junto à base.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari.

A 0-44 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/1, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns.

AB 44-67 cm; bruno-amarelado (5 YR 3/4, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns

Bt 67-95 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes poucas.

BC 95-115cm; vermelho (10 YR 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes raras.

C 115-145cm; vermelho (10 YR 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes ausentes.

R 145 + cm; vermelho (7,5 R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de fragmentos de quartzo e calcedônia no topo do horizonte BC. Pequeno, duros, irregulares, brancos a vermelho ocre. Presença de mosqueado comum, grande (5 YR 7/1, úmido) do horizonte B até o R.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-44	239	397	148	213
AB	44-67	126	279	159	414
Bt	67-95	167	284	42	504
BC	95-115	126	308	171	393
C	115-145	155	255	253	335
R (rocha matriz)	145 +	294	218	165	322

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,04	1,46	0,83	0,45	0,44	0,35	2,68	1863	13,8
AB	1,30	1,29	1,09	0,52	0,66	0,32	2,69	1625	21,5
Bt	1,33	1,31	1,06	0,51	0,65	0,40	2,69	1620	23,8
BC	1,29	1,31	1,07	0,52	0,66	0,35	2,72	1636	21,0
C	1,22	1,42	0,94	0,48	0,69	0,53	2,75	1630	16,7
R (rocha matriz)	1,41	1,29	1,10	0,52	0,74	0,46	2,72	1565	21,0

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	25,64	15,2	10,44	18,65	1,78
AB	45,32	22,4	22,92	17,67	1,79
Bt	54,76	25,9	28,86	19,59	1,73
BC	50,28	23,3	26,98	17,74	1,80
C	44,61	21,8	22,81	17,95	1,82
R (rocha matriz)	45,92	25,4	20,52	22,21	1,65

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CU)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,002	0,039	0,17	85	4,47
AB	0,001	0,002	0,072	72	0,06
Bt	0,001	0,002	0,032	32	0,125
BC	0,001	0,002	0,079	79	0,05
C	0,001	0,002	0,072	72	0,06
R (rocha matriz)	0,001	0,003	0,14	140	0,06

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	CL	Franco argilo arenosa
AB	CL	Argila
Bt	CH	Argila arenosa
BC	CH	Franco argilosa
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilo arenosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte AB			
1,000	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Subarredondados
Horizonte BC			
1,000	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares e subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Arredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte C			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,062	Quartzo;	100	arredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo;	100	Subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados a arredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas

PERFIL nº 10

DATA: 22/10/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 39' 14,34"; 48° 25' 54,29" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado direito, frente ao bar do Moreno

ALTITUDE: 157m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Santa Maria (membro alemoa)

MATERIAL ORIGINÁRIO: Constituído lamitos e siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados de concreções calcáreas

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-46 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/2, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes abundantes.

AB 46-74 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns

Bt 74-111cm; bruno-avermelhado (5 YR 5/6, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns.

C 111-130cm; bruno-avermelhado (5 YR 6/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes raras.

R 130 + cm; vermelho (2,5 R 6/2, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de mosqueado comum, grande (10 R 4/8, úmido) no horizonte R.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-46	134	261	305	297
AB	46-74	157	291	248	301
Bt	74-111	145	296	288	269
C	111-130	106	204	380	302
R (rocha matriz)	130+	58	141	360	439

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,07	1,38	0,83	0,45	0,48	0,41	2,52	1698	17,2
AB	1,09	1,36	0,87	0,47	0,50	0,38	2,55	1697	19,0
Bt	0,98	1,48	0,68	0,41	0,36	0,47	2,49	1837	14,9
C	0,96	1,45	0,73	0,42	0,42	0,42	2,52	1779	15,9
R (rocha matriz)	0,97	1,44	0,71	0,42	0,48	0,53	2,47	1667	20,1

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	37,78	20,20	17,58	17,11	1,80
AB	40,46	19,70	20,76	18,15	1,77
Bt	32,18	17,90	14,28	12,11	1,89
C	38,32	18,50	19,82	16,09	1,85
R (rocha matriz)	50,05	22,50	27,55	14,59	1,95

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,004	0,064	64	0,25
AB	0,001	0,003	0,088	88	0,10
Bt	0,001	0,001	0,077	77	0,01
C	0,001	0,001	0,032	32	0,03
R (rocha matriz)	0,001	0,002	0,022	22	0,18

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	CL	Franco argilosa
AB	CL	Franco argilo arenosa
Bt	CL	Franco argilosa
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CH	argila

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo;	85	Angulares e subangulares
	concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	10	Subarredondados
	Madeira fóssil	05	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	90	Angulares e subangulares
	concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	10	Subarredondados
	Quartzo;	95	Angulares e subangulares
0,250	concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	05	Subarredondados
	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Arredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados

Horizonte AB			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90 10	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas
Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90 10	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados

0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	80 20	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90 10	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas

PERFIL nº 11. Descrição morfológica

DATA: 22/10/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 39' 13,83"; 48° 25' 50,81" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado direito, frente ao bar do Moreno

ALTITUDE: 155m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Santa Maria (membro alemoa)

MATERIAL ORIGINÁRIO: Constituído lamitos e siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados de concreções calcáreas

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-17 cm; bruno-amarelado (5 YR 4/4, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara; raízes abundantes.

B 17-55 cm; bruno-amarelado (7,5 YR 7/2, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara; raízes comuns

R 55 + cm; bruno-amarelo-acinzentado (10 R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de madeira fossilizada.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-17	146	138	360	353
B	17-55	07	51	399	542
R (rocha matriz)	55+	02	25	542	429

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,35	1,25	1,14	0,53	0,63	0,30	2,67	1635	21,5
B	1,30	1,26	1,15	0,53	0,63	0,23	2,70	1656	24,9
R (rocha matriz)	1,41	1,33	1,05	0,51	0,79	0,58	2,74	1528	26,3

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	42,27	23,50	18,77	21,11	1,63
B	50,32	27,30	23,02	14,27	1,90
R (rocha matriz)	48,45	22,90	25,55	15,51	1,84

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,001	0,043	43	0,02
B	0,001	0,001	0,017	17	0,06
R (rocha matriz)	0,001	0,002	0,017	17	0,24

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	CL	Franco argilosa
B	CH	Argila
R (rocha matriz)	CL	Argila siltosa

Mineralogia e forma dos grãos

horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Angulares e subangulares
		15	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte B			
1,000	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Subangulares a subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Arredondados
0,125	Quartzo;	100	Arredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Angulares e subangulares
		15	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85	Angulares e subangulares
		15	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados

PERFIL nº 12. Descrição morfológica

DATA: 22/10/2002

CLASSIFICAÇÃO: CLASSIFICAÇÃO: ALISSOLO CRÔMICO Argilúvico típico A moderado textura franco argilosa/relevo suave ondulado

LOCALIZAÇÃO: 29° 39' 14,40"; 48° 25' 54,03" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado direito, frente ao bar do Moreno

ALTITUDE: 154m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Santa Maria (membro alemoa)

MATERIAL ORIGINÁRIO: Constituído lamitos e siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados de concreções calcáreas

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-50 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes abundantes.

AB 50-71 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 4/4, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns

Bt 71-105cm; bruno-avermelhado (5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns.

C 105-137cm; vermelho (10R 5/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes raras.

R 137 + cm; vermelho (10R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de fragmentos de fósseis no horizonte B.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-50	158	302	258	281
AB	50-71	142	256	243	357
Bt	71-105	153	258	245	352
C	105-137	131	228	279	350
R (rocha matriz)	137 +	141	239	278	339

Análise química

horizonte	Profundidade (cm)	pH h ₂ O	P Mg/L	K Mg/L	% M.O. m/v	Al Cmol _e /L	Ca Cmol _e /L
A	0-50	4,1	2,5	44,0	2,2	4,4	1,0
AB	50-71	4,2	2,5	68,0	1,4	5,3	0,8
Bt	71-105	4,2	2,5	60,0	0,8	4,6	0,8
C	105-137	4,2	1,5	56,0	0,4	4,5	1,0
R (rocha matriz)	137 +	4,3	0,0	60,0	0,3	4,1	1,3
	H + AL cmol _e /L	CTC cmol _e /L		Saturação			
		Efetiva	pH 7	Al	Bases		
A	8,8	6,0	10,4	73	16		
AB	15,1	6,7	16,5	79	8		
Bt	16,5	6,0	17,9	77	8		
C	10,5	6,3	12,4	71	15		
R (rocha matriz)	8,8	6,7	11,3	62	23		

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,27	1,36	0,98	0,49	0,57	0,40	2,71	1728	17,0
AB	1,25	1,35	0,95	0,49	0,53	0,41	2,63	1720	18,2
Bt	1,15	1,38	0,83	0,45	0,45	0,46	2,53	1736	17,7
C	1,24	1,36	0,97	0,49	0,57	0,40	2,71	1727	18,1
R (rocha matriz)	1,11	1,47	0,77	0,43	0,49	0,54	2,61	1750	18,3

Limites de consistência

horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	32,96	12,65	20,31	18,30	1,78
AB	37,61	18,90	18,71	16,45	1,83
Bt	38,11	18,80	19,31	15,99	1,83
C	42,19	20,70	15,85	26,34	1,72
R (rocha matriz)	38,73	32,00	6,73	16,68	1,85

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,015	0,088	88	2,56
AB	0,001	0,002	0,062	62	0,06
Bt	0,001	0,002	0,071	71	0,06
C	0,001	0,002	0,053	53	0,07
R (rocha matriz)	0,001	0,002	0,058	58	0,07

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	CL	Franco argilo arenosa
AB	CL	Franco argilosa
Bt	CL	Franco argilosa
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A			
Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; Madeira fóssil	85	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
		05	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte AB			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Arredondados e lâminas
Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas

Horizonte C			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados Arredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados Arredondados
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados Arredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	80 20	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90 10	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados Arredondados e lâminas

PERFIL nº 13. Descrição morfológica

DATA: 22/10/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 39' 41,11"; 48° 27' 3,70" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado esquerdo, aproximadamente 1000m antes da ponte do rio Toropi

ALTITUDE: 124m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Cenozóico/Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO: Constituído lamitos e siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-53 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 4/4, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes abundantes.

B 53-105cm; bruno-avermelhado (5 YR 5/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros comuns e pequenos; firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns.

C 105-147cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes raras.

R 147+ cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de mosqueado comum, médio (10 R 6/1, úmido) no horizonte C e R.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-53	231	375	207	185
AB		173	356	196	274
Bt	53-105	169	262	228	339
C	105-147	162	238	205	392
R (rocha matriz)	147 +	250	164	188	396

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,02	1,44	0,83	0,45	0,47	0,34	2,63	1785	14,7
AB	1,09	1,49	0,80	0,44	0,49	0,49	2,69	1798	14,8
Bt	1,23	1,36	0,99	0,49	0,55	0,34	2,71	1750	17,5
C	1,17	1,40	0,93	0,48	0,64	0,45	2,73	1663	18,7
R (rocha matriz)	1,21	1,41	0,91	0,48	0,61	0,49	2,70	1676	19,9

Limites de consistência

Horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
AB	24,79	17,2	7,59	16,22	1,83
Bt	34,07	22,20	11,87	14,17	1,94
C	40,64	16,40	24,24	12,05	1,96
R (rocha matriz)	32,61	16,80	15,81	12,30	1,96

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

Horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,033	0,16	160	6,81
AB	0,001	0,018	0,12	120	2,70
Bt	0,001	0,002	0,076	76	0,05
C	0,001	0,002	0,065	65	0,06
R (rocha matriz)	0,001	0,002	0,095	95	0,04

Classificação

Horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco arenosa
AB	CL	Franco argilo arenosa
Bt	CL	Franco argilosa
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Franco argilosa

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A	Tamanho dos grãos (mm)	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
1,000		Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
			05	Subarredondados
0,500		Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
			05	Subarredondados
0,250		Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
			05	Subarredondados
0,125		Quartzo;	100	Subarredondados

0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte AB			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; Madeira fóssil	85	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
		05	Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	arredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Subarredondados
		05	arredondados e lâminas
Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Bem arredondados (alguns bem polidos)
		10	
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Arredondados
		05	Arredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; Mica.	90	Arredondados
		05	Arredondados
		05	Lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Arredondados e
		05	Lâminas
Horizonte C			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	75	Angulares e subangulares
		25	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas	95	

	evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	05	Arredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Arredondados Subarredondados
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	15 85	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	50 50	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	80 20	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados

PERFIL nº 14. Descrição morfológica

DATA: 22/10/2002

CLASSIFICAÇÃO: ALISSOLO CRÔMICO Argilúvico abrupto A moderado textura argila arenosa/relevo suave ondulado

LOCALIZAÇÃO: 29° 39' 41,66"; 48° 27' 5,13" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado esquerdo, aproximadamente 1.000m antes da ponte do rio Toropi

ALTITUDE: 122m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Cenozóico/Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO: Constituído lamitos e siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-35 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 4/6, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes abundantes.

B 35-60 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 5/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns

C 60-90cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes raras.

R 90+ cm; vermelho (10R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Observações: Presença de mosqueado comum, médio (10 R 6/1, úmido) no horizonte C e R.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-35	248	384	199	174
Bt	35-60	152	345	203	298
C	60-90	141	287	231	339
R (rocha matriz)	90 +	116	175	248	459

Análise química

horizonte	Profundidade (cm)	pH h ₂ O	P Mg/L	K Mg/L	% M.O. m/v	Al Cmol _e /L	Ca Cmol _e /L
A	0-35	4,2	1,5	46,0	1,6	2,8	1,1
Bt	35-60	4,2	1,5	22,0	1,0	4,6	0,7
C	60-90	4,4	1,5	24,0	0,4	3,5	0,6
R (rocha matriz)	90 +	4,7	1,5	28,0	0,2	2,8	0,9
	H + AL cmol _e /L	CTC cmol _e /L		Saturação			
		Efetiva	pH 7	Al	Bases		
A	6,7	4,3	8,2	65	18		
Bt	10,5	4,6	11,5	79	8		
C	8,8	4,3	9,6	82	8		
R (rocha matriz)	12,6	4,1	13,9	69	9		

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γd (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γs (gcm ³)	γd máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,07	1,45	0,82	0,45	0,47	0,42	2,64	1799	14,8
Bt	1,22	1,38	0,94	0,48	0,52	0,40	2,68	1768	16,5
C	1,12	1,46	0,80	0,45	0,46	0,49	2,63	1796	15,9
R (rocha matriz)	1,22	1,35	0,90	0,47	0,67	0,58	2,57	1539	25,2

Limites de consistência

horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
Bt	31,10	16,70	15,00	15,43	1,88
C	NP	NP	-	-	-
R (rocha matriz)	42,80	27,10	15,70	19,50	1,75

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,035	0,17	170	7,21
Bt	0,001	0,003	0,097	97	0,09
C	0,001	0,002	0,063	63	0,06
R (rocha matriz)	0,001	0,001	0,031	31	0,03

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco arenosa
Bt	CL	Franco argilo arenosa
C	ML	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Argila

Mineralogia e forma dos grãos

Horizonte A	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
Tamanho dos grãos (mm)	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados

0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Arredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90	Angulares e subangulares
		10	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Subarredondados
		05	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Subarredondados
		05	Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte C			
1,000	Quartzo;	100	Subarredondados
0,500	Quartzo;	100	Subarredondados
0,250	Quartzo;	100	Arredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95	Arredondados
		05	e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Bem arredondados
		05	e lâminas
Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	20	Angulares e subangulares
		80	Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	60	Angulares e subangulares
		40	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	80	Angulares e subangulares
		20	Subarredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Angulares e subangulares
		05	Subarredondados

PERFIL nº 15. Descrição morfológica

DATA: 22/10/2002

LOCALIZAÇÃO: 29° 39' 41,91"; 48° 27' 6,43" Estrada São Pedro do Sul - São Vicente do Sul (BR 287), localidade de Chiniquá. Afloramento lado esquerdo, aproximadamente 1.000m antes da ponte do rio Toropi

ALTITUDE: 121m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Cenozóico/Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO: Constituído lamitos e siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: laminar e sulcos

CLIMA: Cfa, mesotérmico brando na classificação de Köppen, Udic e Thermic

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO: Campo Subtropical Subúmido

USO ATUAL: Pastagem

DESCRITO E COLETADO POR: Mauro Werlang e Luis Fernando Devicari

A 0-53 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 4/4, úmido); franco arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros muitos e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes abundantes.

AB 53-60 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 5/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns

Bt 60-90 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 6/8, úmido); franco argilo arenosa; fraca, pequena a média, blocos subangulares; poros comuns e pequenos; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes comuns

C 90-120cm; vermelho (10 R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; moderada, pequena a média, blocos subangulares, poros poucos e pequenos; firme a muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes raras.

R 120+ cm; vermelho (10R 4/8, úmido); franco argilo arenoso; forte, média, blocos angulares; poros ausentes; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes ausentes.

Análise granulométrica

HORIZONTES		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) gkg ⁻¹			
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa (2 – 0,2mm)	Areia fina (0,20 – 0,05mm)	Silte (0,05–0,002mm)	Argila (<0,002mm)
A	0-53	213	390	174	221
AB	53-60	156	344	225	273
Bt	60-90	136	297	179	385
C	90-120	116	270	267	345
R (rocha matriz)	120+	88	146	116	648

Índices físicos

Atributo/ horizonte	e Max (gcm ³)	γ_d (gcm ³)	e	n %	e min (gcm ³)	GC%	γ_s (gcm ³)	γ_d máx (kgm ³)	w ótima (%)
A	1,01	1,46	1,46	0,42	0,46	0,53	2,54	1664	13,8
AB	1,12	1,35	0,88	0,47	0,40	0,34	2,53	1810	15,2
Bt	1,00	1,43	0,74	0,42	0,42	0,46	2,49	1750	17,1
C	1,04	1,40	0,78	0,44	0,45	0,45	2,49	1712	18,5
R (rocha matriz)	1,25	1,79	0,40	0,29	0,65	0,65	2,51	1523	26,2

Limites de consistência

horizonte	LL	LP	IP	LC	RC
A	NP	NP	-	-	-
AB	27,48	17,10	10,38	17,39	1,81
Bt	30,03	19,80	10,23	15,96	1,86
C	NP	NP	-	-	-
R (rocha matriz)	48,69	30,70	17,99	19,36	1,75

Diâmetro efetivo, Coeficiente de uniformidade (CU), Coeficiente de curvatura (CC)

horizonte	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	CU	CC
A	0,001	0,031	0,16	160	6,01
AB	0,001	0,02	0,098	98	4,08
Bt	0,001	0,002	0,085	85	0,05
C	0,001	0,001	0,065	65	0,02
R (rocha matriz)	0,001	0,001	0,002	2	0,50

Classificação

horizonte	S.U.C.S	Triângulo textural
A	SC	Franco argilo arenosa
AB	CL	Franco argilo arenosa
Bt	CL	Franco argilo arenosa
C	CL	Franco argilosa
R (rocha matriz)	CL	Muito argilosa

Mineralogia e forma dos grãos

horizonte A	Mineralogia dos grãos	% aproximada sobre a fração	Forma dos grãos
Tamanho dos grãos (mm)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo;	100	Subarredondados
0,062	Quartzo;	100	Arredondados
Horizonte AB			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; Madeira fóssil	85 10 05	Angulares e subangulares Subarredondados Angulares e subangulares
0,500	Quartzo;	100	Angulares e subangulares
0,250	Quartzo;	100	Subarredondados
0,125	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95 05	Subarredondados arredondados e lâminas

Horizonte B			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90 10	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	90 10	bem arredondados (alguns bem polidos) Subangulares
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Arredondados
		05	Arredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês; Mica.	90	Arredondados
		05	Arredondados
		05	lâminas
0,062	Quartzo; Mica.	95	Arredondados e
		05	Lâminas
horizonte C			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	75	Angulares e subangulares
		25	Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Arredondados
		05	Arredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Arredondados
		05	Arredondados
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95	Arredondados
		05	Subarredondados

Rocha matriz (R)			
1,000	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	20 80	Angulares e subangulares Subarredondados
0,500	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	65 35	Angulares e subangulares Subarredondados
0,250	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	85 15	Angulares e subangulares Subarredondados
0,125	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados
0,062	Quartzo; concreções com cores variadas (tons escuros a vermelho ocre) com cavidades internas evidenciando óxidos e/ou hidróxidos de Ferro e manganês;	95 05	Angulares e subangulares Subarredondados

Organização do autor

Apêndice 2. Sistema Unificado de Classificação de Solos (S.U.C.S)

Os solos grossos são os que possuem partículas menores que 75mm e que tenham mais do que 50% de partículas com tamanhos maiores do que 0,075mm que passa na peneira com malha 200 (# 200). Uma subdivisão separa os solos grossos em pedregulhos, quando mais do que 50% da fração grossa tem partículas com tamanho maior do que 4,8mm (retido na # 4), e areias, quando uma percentagem maior ou igual, destas partículas, tem tamanho menor que 4,8mm (passa na #4). Na divisão dos solos finos foram colocados os solos que tem uma porcentagem maior ou igual a 50% de partículas com tamanho menor do que 0,075mm (passando na # 200). Estes solos, siltes e argilas, foram inicialmente separados em função do limite de liquidez: menor que 50% e maior ou igual a 50%. Cada uma dessas subdivisões leva em conta a origem inorgânica ou orgânica do solo. Para a definição de origem orgânica deverão ser realizados dois ensaios de limite de liquidez: um com o solo seco em estufa a 105°C, (LL)_s, e outro nas condições naturais, (LL)_n. Se a relação (LL)_s/(LL)_n < 0,75 o solo deverá ser considerado orgânico.

A figura 1 mostra o gráfico de plasticidade, elaborado a partir dos limites de consistência dos solos finos. Nele, os grupos de solo estão distribuídos em cinco regiões, sendo a linha "A" separadora dos solos argilosos inorgânicos (CL, CH) dos siltosos inorgânicos (ML, MH). A linha vertical LL = 50% separa os solos de alta plasticidade (CH) dos de baixa plasticidade (CL). Os solos orgânicos podem se situar, tanto acima quanto abaixo da linha "A"; as argilas orgânicas serão representadas por pontos situados sobre ou acima dessa linha, enquanto, os siltes orgânicos estarão abaixo. A outra região é onde os solo deverá ter o símbolo duplo, CL-ML, representando solos com LL < 50% e $4 \leq IP \leq 7$. O gráfico de plasticidade é usado na classificação, tanto dos solos finos quanto da fração fina dos solos grosseiros.

No quadro 1 está o Sistema de Classificação Unificada dos Solos. Com base no Sistema de classificação unificada dos solos criou-se o quadro 2, que resume a classificação.

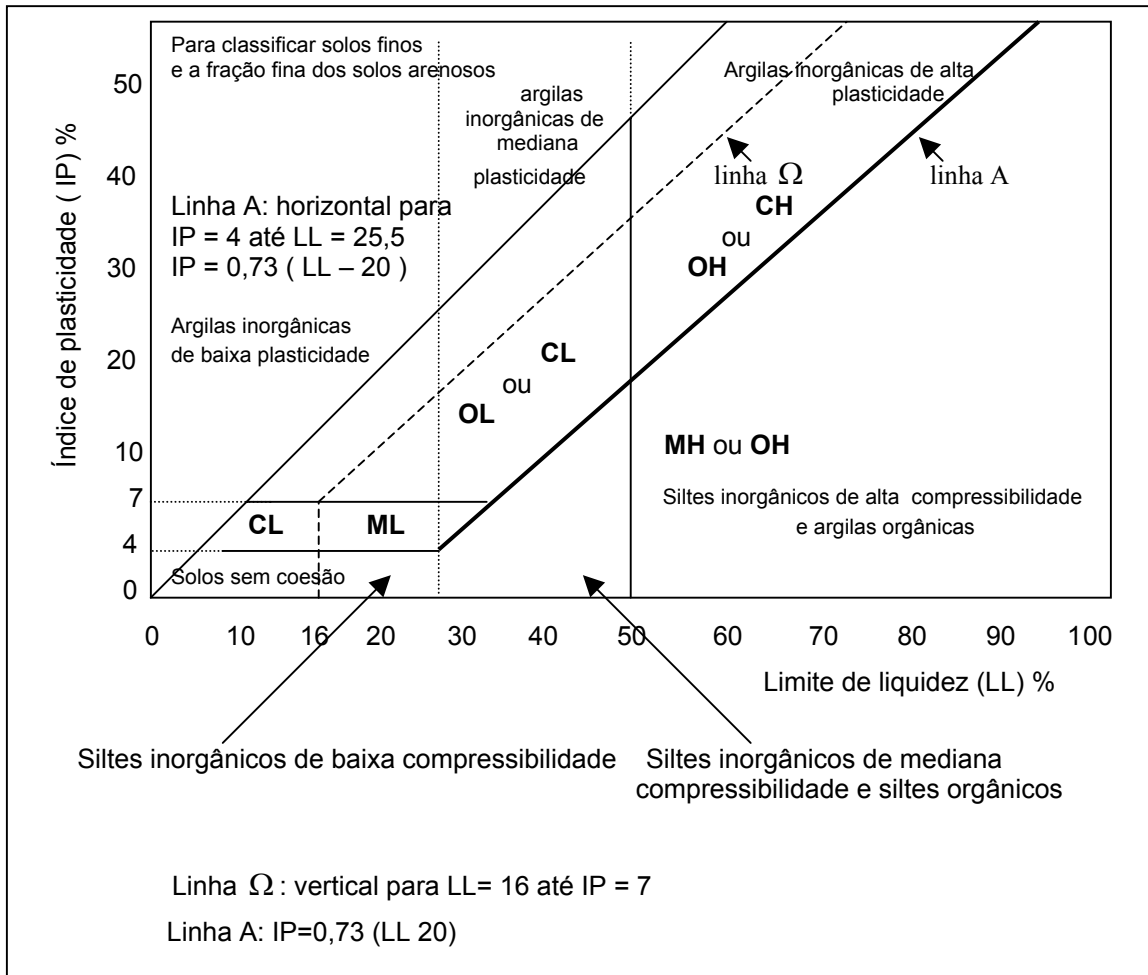


Figura 1- Gráfico de plasticidade
 Fonte: Holtz & Kovacs (1981)
 Organização do autor

Quadro 1. Sistema de Classificação Unificada dos Solos

Critérios para determinação dos símbolos e nomes dos grupos usando ensaios de laboratório					Classificação do solo		
					Símbolo grupo	Nome do grupo	
Solos Grossos Pp, 200>50%	pedregulhos mais que 50% da fração grossa retido na # 4	pedregulhos limpos 3 Pp,200 < 5%	Cu < 4, 1 ≤ Cc ≤ 3		GW	pedregulho bem graduado 5	
			Cu , 4 e/ou 1 >Cc>3		GP	pedregulho mal graduado 5	
		pedregulhos com finos 3 Pp, 200 >12%	finos classificados como	ML, MH.	GM	pedregulho siltoso 5,6,7	
				CL, CH.	GC	pedregulho argiloso 5,6,7	
	areias mais que 50% da fração grossa passa na # 4	Areias limpas 4 Pp, 200<5%	Cu < 6, 1 ≤ Cc ≤ 3		SW	areia bem graduada 8	
			Cu , 6 e/ou 1 >Cc>3		SP	areia mal graduada 8	
		Areias com Finos 4 Pp, 200>12%	finos classificados como	ML, MH.	SM	areia siltosa 6, 7, 8	
				CL, CH.	SC	areia argilosa 6, 7, 8	
	Solos finos Pp, 200 ≥50%	Siltos e argilas LL < 50%	inorgânicos	IP > 7, pontos sobre ou acima da linha A 9		CL	argila pouco plástica 10, 11, 12
				IP < 4, pontos abaixo da linha A 9		ML	silte 10, 11, 12
orgânicos			(LL)s < 0,75 (LL)n	OL	argila orgânica 10,11,12,13 silte orgânico 10,11,12,14		
Siltos e argilas LL ≥50%			inorgânicos	pontos sobre ou acima da linha A		CH	argila muito plástica 10,11,12
		Pontos abaixo da Linha A		MH	silte elástico 10, 11, 12		
		orgânicos		(LL)s, < 0,75 (LL)n	OH	argila orgânica 10,11,12,15 silte orgânico 10,11,12, 16	
		Solos altamente orgânicos		principalmente matéria orgânica, cor escura e cheiro		PT	turfa

1: Válido para material passando na peneira de 75 mm de abertura. ”
 2: Se a amostra contém seixos e matacões acrescentar “com seixos e matacões”, ao nome do grupo para Pp,200 entre 5-12% exigem símbolo duplo.
 3: pedregulhos: GW - GM: pedregulho bem graduado com silte
 GW - GC: pedregulho bem graduado com argila
 GP - GM : pedregulho mal graduado com silte
 GP - GC : pedregulho mal graduado com argila

continua na página seguinte

Quadro 1. continuação

<p>4: Areias: SW - SM : areia bem graduada SW - SC : areia bem graduada com argila SP- SM : areia mal graduada com silte SP- SC : areia mal graduada com argila 5: Se % areia \geq 15, acrescentar "com areia"; 6: Se finos:CL-ML, usar símbolo duplo: GC-GM; SC-SH 7: Se finos são orgânicos, acrescentar, "com finos orgânicos" 8: Se % pedregulho \geq 15, acrescentar "com pedregulho"</p>	<p>9: Se pontos estão na área hachurada, é CL-ML (argila- siltosa) 10: Se Pr₂₀₀: 15-29%, por: "com areia"ou "com pedregulho"/ 11: % pedregulho < 15%, acrescentar arenoso 12: % areia < 15% pedregulhoso 13: para IP > 4, e pontos sobre ou acima da linha A 14: para IP < 4 ou pontos abaixo da linha A 15: para pontos sobre ou acima da linha A 16: para pontos abaixo da linha A</p>
---	--

Fonte: Holtz & Kovacs (1981))

Quadro 2. Resumo do Sistema Unificado de Classificação de Solos (S.U.C.S.)

<p>SOLOS DE GRÃO FINO < 0,074 MM</p>	<p>Siltos e argilas LL > 50</p>	<p>MH siltos orgânicos. Areias finas ou siltos micáceos ou diatomáceas. CH argilas inorgânicas de alta plasticidade. Argilas gordas. OH argilas orgânicas de média a alta plasticidade. PT turfa e outros solos altamente orgânicos.</p>
	<p>Siltos e argilas LL < 50</p>	<p>ML siltos inorgânicos e areias muito finas. Areias finas argilosas e siltosas. Areias finas siltosas e argilosas de baixa plasticidade. CL argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média. Argilas com pedregulho. Argilas arenosas. Argilas siltosas. Argilas margas. OL siltos orgânicos, siltos, argilas de baixa plasticidade.</p>
	<p>Areias</p>	<p>SW areias bem graduadas. Areia com pedregulho. Ausência ou baixo teor de finos. SP areias mal graduadas. Areias com pedregulho. Ausência ou baixo teor de finos. SM areias siltosas. Misturas mal graduadas de areia e silte. SC areias argilosas. Misturas mal graduadas de areia e argila.</p>
<p>SOLOS DE GRÃOS GROSSOS > 0,074 mm</p>	<p>Pedregulhos</p>	<p>GW pedregulhos bem graduados. Misturas de pedregulho e areia. Ausência ou baixo teor de finos. GP pedregulhos mal graduados. Misturas de pedregulho e areia. Ausência ou baixo teor de finos. GM pedregulhos siltosos. Misturas de pedregulho-areia-silte mal graduadas. GC pedregulhos argilosos. Misturas mal graduadas de pedregulho, areias e argilas.</p>

Fonte: Holtz & Kovacs (1981)

Apêndice 3. Composição granulométrica, carbono orgânico, estrutura, permeabilidade dos solos do sudoeste do município de São Pedro do Sul-RS.

CLASSIFICAÇÃO E ATRIBUTO	g kg ⁻¹
1) ALISSOLO HIPOCRÔMICO Argilúvico abruptico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado - dados relativos ao horizonte Bt	
Areia grossa	49
Areia fina	406
Silte	260
Argila	285
Carbono orgânico	-
Estrutura: fraca a moderada Permeabilidade: lenta	
2) ALISSOLO CRÔMICO Húmico câmbico A proeminente textura arenosa/média fase relevo suave ondulado- dados relativos ao horizonte Bt	
Areia grossa	22
Areia fina	220
Silte	305
Argila	214
Carbono orgânico	0,64
Estrutura: fraca a moderada Permeabilidade: lenta	
3) ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico espessarênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado- dados relativos ao horizonte Bt	
Areia grossa	343
Areia fina	258
Silte	169
Argila	230
Carbono orgânico	1,16
Estrutura: fraca a moderada Permeabilidade: lenta	
4) ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado- dados relativos ao horizonte Bt2	
Areia grossa	57
Areia fina	441
Silte	172
Argila	330
Carbono orgânico	4,6
Estrutura: moderada Permeabilidade: lenta	
5) ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico abruptico A moderado textura arenosa/argilosa fase relevo suave ondulado a ondulado- dados relativos ao horizonte Bt	
Areia grossa	213
Areia fina	250
Silte	142
Argila	395
Carbono orgânico	3,5
Estrutura: fraca a moderada Permeabilidade: lenta	
6) CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte suave ondulado e ondulado- dados relativos ao horizonte A2	
Areia grossa	174
Areia fina	561
Silte	180
Argila	75,0
Carbono orgânico	7,5
Estrutura: fraca a moderada Permeabilidade: lenta	
Continua	

Apêndice 3.continuação	
CLASSIFICAÇÃO E ATRIBUTO	g.kg ⁻¹
7) GLEISSOLO MELÂNICO Eutrófico chernossólico textura argilosa relevo forte ondulado e ondulado- dados relativos ao horizonte Cg2	
Areia grossa	211
Areia fina	32
Silte	434
Argila	323
Carbono orgânico	7,0
Estrutura: maciça Permeabilidade: muito lenta	
8) NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico A moderado textura arenosa fase relevo forte ondulado e montanhoso- dados relativos ao horizonte A1	
Areia grossa	134
Areia fina	206
Silte	520
Argila	140
Carbono orgânico	-
Estrutura: moderada Permeabilidade: moderada a rápida	
9) NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico chernossólico textura média e argilosa fase relevo suave ondulado e ondulado- dados relativos ao horizonte A/C	
Areia grossa	281
Areia fina	180
Silte	289
Argila	250
Carbono orgânico	1,28
Estrutura: moderada permeabilidade: moderada a rápida	
10) NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Típico A moderado fase relevo plano- dados relativos ao horizonte C2	
Areia grossa	186
Areia fina	755
Silte	39
Argila	20
Carbono orgânico	0,58
Estrutura: sem estrutura Permeabilidade: moderada	
11) PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico arênico A moderado textura arenosa/média fase relevo suave ondulado- dados relativos ao horizonte Bt	
Areia grossa	8,7
Areia fina	31,7
Silte	27,6
Argila	32,0
Carbono orgânico	-
Estrutura: forte Permeabilidade: lenta	
12) CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte ondulado e montanhoso- dados relativos ao horizonte C2	
Areia grossa	186
Areia fina	755
Silte	39
Argila	20
Carbono orgânico	0,58
Estrutura: moderada a forte Permeabilidade: moderada	

Fonte: Klamt et al.(2001)

Organização do autor