UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EROSÃO DOS SOLOS E ALTERAÇÃO DA MICROESTRUTURA DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS EM UMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL (PETRÓPOLIS – RJ)

SIMONE FERREIRA GARCIA

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Co-Orientador: Ddo. Antonio Soares da Silva

Rio de Janeiro – RJ

Março, 2005

EROSÃO DOS SOLOS E ALTERAÇÃO DA MICROESTRUTURA DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS EM UMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL (PETRÓPOLIS – RJ)

SIMONE FERREIRA GARCIA

Dissertação submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra
Co-Orientador: Ddo. Antonio Soares da Silva

Rio de Janeiro – RJ

Março, 2005

SIMONE FERREIRA GARCIA

EROSÃO DOS SOLOS E ALTERAÇÃO DA MICROESTRUTURA DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS EM UMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL (PETRÓPOLIS – RJ)

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra
Dept^{o}. Geografia - UFRJ

_____

Ddo. Antonio Soares da Silva
Dept^{o}. Geologia – UFRJ / Dept^{o}. de Recursos Minerais – DRM-RJ

_____

Profª Drª Helena Polivanov
Dept^{o}. Geologia / UFRJ

_____

Profª Drª Rosangela Garrido Machado Botelho
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / IBGE

Rio de Janeiro, Março / 2005.

FICHA CATALOGRÁFICA

Garcia, Simone Ferreira

Erosão dos solos e alteração da microestrutura de um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes tratamentos em uma estação experimental (Petrópolis – RJ) / Simone Ferreira Garcia. -- Rio de Janeiro, 2005.

xvii, 159p: il.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Pós Graduação em Geografia - PPGG, 2005.

Orientadores: Antonio José Teixeira Guerra e Antonio Soares da Silva

1. Geografia. 2. Geomorfologia. 3. Pedologia. 4. Erosão. 5. Micromorfologia – Teses. I. Guerra, Antonio José Teixeira Guerra e Silva, Antonio Soares (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia. II. Título.

brindo à casa
brindo à vida
meus amores
minha família

atirei-me ao mar
mar de gente onde eu mergulho
sem receio
mar de gente onde eu me sinto
por inteiro

eu acordo com uma ressaca guerra
explode na cabeça
e me rendo
a um milagroso dia
essa é a luz que eu preciso
luz que ilumina a cria
e nos dá juizo

voltar com a maré
sem se distrair
tristeza e pesar
sem se entregar
mal, mal vai passar
mal vou me abalar

Trecho da canção "*Mar de gente*"

O Rappa

"*Uma viagem de mil milhas*

começa com um passo"

Lao Tse

Aos meus pais Maria Elizabeth e Manoel, a minha avó Jadwiga Elzbieta (*In Memoriam*), e aos meus irmãos André e Adriana

Agradecimentos

Assim como qualquer atividade desempenhada na vida, não existe pesquisa sem a valiosa colaboração de inúmeras pessoas, além da própria força pessoal. Por isso, inicialmente agradeço à Deus por me dar força ao longo desta etapa, permitindo que o resultado de tanto esforço possa ser agora divulgado. À Ele também agradeço por me presentear com uma família maravilhosa que me apoiou integralmente, aturando meus momentos de nervosismo e sempre incentivando o meu sucesso.

Agradeço à minha mãe, Maria Elizabeth, que por já ter passado por essa fase teve toda a paciência do mundo comigo, aturando inclusive meu mau humor, mas sempre com uma palavra de incentivo na minha vida. À meu pai Manoel, agradeço o constante interesse e motivação, principalmente nos momentos em que o pensamento da derrota pairava em minha mente. Direciono um carinhoso agradecimento aos meus irmãos André e Adriana, sempre interessados e confiantes no meu desempenho.

Ao Professor Dr. Antonio J. T. Guerra por me acolher, me orientar e disponibilizar equipamentos, materiais e pessoal do LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos). Suas contribuições bibliográficas fizeram o diferencial para o meu desenvolvimento como pesquisadora. Os conhecimentos geomorfológicos por ele difundidos certamente me acompanharão em toda vida acadêmica.

Ao proprietário e funcionários da Fazenda Marambaia por permitir a instalação da estação experimental e fornecer toda a infra-estrutura para a execução dos trabalhos de campo.

Toda equipe do LAGESOLOS, com seus doutorandos, mestrandos e bolsistas. Agradeço especialmente aos bolsistas que por lá passaram e participaram do monitoramento da estação experimental desde o início de sua operação. Registro também meu sincero agradecimento aos estagiários Jean e Diego, que mesmo com tão pouco tempo de convívio nunca negaram ajuda na área de informática.

À Professora Dra. Helena Polivanov, por ceder o Laboratório de Via Úmida para realização das análises de pH, bem como do laboratorista Osório, sempre presente para sanar minhas dúvidas.

Ao Professor Aristóteles, responsável pelo Laboratório de Bioestratigrafia, por permitir a utilização do microscópio petrográfico e demais equipamentos para fotografar

minhas lâminas de solo. Agradeço também à sua assistente Geisa, por sua bondade e educação em me auxiliar nas atividades no referido laboratório.

À geógrafa e Drª. Rosangela Botelho por suas valiosas contribuições ao longo da minha vida acadêmica, e também por ceder parte do mapa que utilizo nesta dissertação.

Aos geógrafos Marcelo Lopes e Fábio Neves, na época bolsistas, agradeço imensa ajuda nos trabalhos de campo, principalmente no dia em que voltamos tarde da noite após finalizar a coleta da minha amostra mais "problemática". Agradeço também ao geógrafo Arnaldo por me ajudar nas análises de laboratório e, mesmo depois de ter saído do LAGESOLOS, sempre se mostrou interessado no andamento deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Transporte por ceder os veículos para os trabalhos de campo, e aos motoristas Sidney e Elias, pelo transporte seguro e garantido.

Aos laboratoristas Wilson e Ademir, pela cordial ajuda prestada nas análises realizadas no Laboratório de Geografia Física.

Ao Sr. Tarcísio, laboratorista sempre gentil e prestativo, pela confecção das minhas lâminas de solo.

Ao geógrafo Osvaldo, do LAGEOP, sempre disposto a ajudar, por sua contribuição na organização de parte do mapa de localização.

Á Alessandra Gomes, por sua amizade desde a infância, pelo seu apoio e interesse nesta fase de minha vida. Ainda que não trabalhe na área, não hesitou em me ajudar em campo, mesmo estando adoentada. Agradeço também por sua indispensável contribuição na elaboração do *abstract*.

À Juliene Menezes, amiga de longa data que acompanhou esta fase desde o início e nunca poupou incentivos para a continuidade deste trabalho.

Às amigas e companheiras nesta luta pelo título de mestre, Juliere Gomes da Silva e Sandra Cristina Pinheiro, por todo tipo de ajuda que já me prestaram ao longo deste estudo e também por poder contar com esta divertida amizade. São tantos momentos compartilhados que nos dão o mérito de sermos chamadas de "as três mosqueteiras".

À querida amiga Renata Corato, sempre pronta a ajudar, principalmente nos momentos emergenciais. Seu auxílio, inclusive em campo, e sua amizade sempre foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

À amiga Simone Ribeiro, que tive o prazer de conhecer durante o mestrado, pelo incentivo tanto na vida acadêmica como pessoal, e que mesmo tão longe sempre se fez presente nas muitas idéias trocadas pela internet.

Agradeço também aos amigos que nem sempre vejo, mas que torcem por minha vitória, entre eles André Rocha, Anaclaudia Costa, Claudia Mega, Joseano, José Neto, Márcia Barçante, Rafael Sathler, Rogério Arruda, e outros que por ventura não tenha mencionado.

Aos novos amigos que fiz no CEFET/RJ, especialmente à Grace Maria, por sempre se mostrar prestativa, atenciosa e por ter me convencido a não desistir do curso que fazemos.

Aos amigos que conquistei na ELETROBRÁS, minha nova casa, em especial Jorge Nascimento, Rodrigo Amorim, José Ricardo Ribeiro, Anderson Braga e Fani Baratz, pela motivação e pelos momentos de diversão nestes dois últimos anos.

Ao meu chefe, Sr. Rogério Neves Mundim, por compreender e sempre autorizar minha ausência no trabalho para a finalização deste estudo.

Ao PPGG (Programa de Pós-Graduação em Geografia), representado pelas funcionárias Hildione e Nildete, pelo auxílio várias vezes prestado nos assuntos administrativos.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro extremamente necessário para a realização desta pesquisa.

Agradecimento especial

Este agradecimento é especialmente direcionado à Antonio Soares da Silva, geógrafo, que no início da minha graduação, em 1997, guiou-me por esta belíssima ciência chamada Pedologia. Por ser o grande idealizador e incentivador desta dissertação; pelas incontáveis horas que o importunei ao telefone, no trabalho, na faculdade e até nos finais de semana, mas sempre disposto a sanar minhas dúvidas. Posso afirmar que sua dedicação e rigor contribuíram para o meu amadurecimento profissional, permitindo que esta pesquisa seja verdadeiramente encarada como uma dissertação de mestrado.

RESUMO

Sendo o solo um ambiente vital para a sobrevivência humana, a erosão ganha importância, sendo um tema amplamente estudado tanto na Geomorfologia como na Pedologia. O conhecimento do processo erosivo torna-se um valoroso aliado na compreensão das alterações pedológicas, a fim de entender como estas modificações, que podem ocorrer em qualquer solo, influenciam o uso e, conseqüentemente, o manejo. Reconhecendo a importância deste tipo de estudo, esta pesquisa tem como objetivo inicial interpretar as taxas de perda de solo causada por erosão laminar, ao longo de três anos (1997 a 1999), em um Latossolo Vermelho-Amarelo, através de uma estação experimental, com parcelas submetidas a quatro tratamentos diferenciados: (1) sem vegetação e sem manejo; (2) sem vegetação e com aplicação de calcário; (3) sem vegetação e com aplicação de adubo orgânico (esterco de galinha); e (4) mantida com cobertura vegetal de gramíneas (parcela de referência).

Diante das observações acerca das taxas erosivas, partiu-se para o principal objetivo desta pesquisa: verificar possíveis alterações estruturais do solo, nas escalas macro e micromorfológica. Para esta etapa foram consideradas informações resultantes das análises morfológicas (estrutura), textural (teores de areia, silte e argila), pH, matéria orgânica e porosidade. Finalmente, foram verificadas, em escala de detalhe (micrométrica), possíveis alterações estruturais na organização dos constituintes do solo e porosidade, nos primeiros 40 cm de cada parcela, com intervalos de 10 cm, utilizando a interpretação de lâminas delgadas de solo.

Os resultados constataram que, mesmo com diferentes práticas de manejo, as parcelas não apresentam alterações na estrutura quando consideradas na escala macroscópica (morfologia do solo em campo). Entretanto, ao utilizar o estudo micromorfológico foi possível verificar que a chuva foi a verdadeira modificadora da estrutura do solo, nos primeiros 20 cm, em função da sua energia e do impacto que causa ao entrar em contato com o solo descoberto. Isso é confirmado pelo comportamento da porosidade e pelo arranjo dos demais constituintes do solo (plasma e esqueleto).

Palavras-chave: erosão dos solos, calcário, adubo orgânico, alterações estruturais, micromorfologia, estação experimental.

ABSTRACT

SOIL EROSION AND MICROSTRUCTURE CHANGE OF A RED-YELLOW OXISOL UNDER DIFFERENT TREATMENTS IN AN EXPERIMENTAL STATION (PETROPOLIS – RJ)

The soil is a vital environment for human survival, such as the concern about its erosion. It's been widely studied either in Geomorphology or Pedology. The knowledge of the erosive process becomes a valuable key in the comprehension of pedologic alterations, in order to understand how these modifications, which can occur in any soil, influence the use and therefore its handling. By knowing the importance of this kind of study, this research airs initially to interpretate the rates of soil losses caused by sheet erosion for three years (from 1997 to 1999), in a red-yellow oxisol, through an experimental station, with plots under four different treatments: (1) no vegetation and no management; (2) no vegetation and with calcareous addition; (3) no vegetation with organic seasoning (chicken manure); and (4) grass cover (reference plot).

Due to the observations about the erosive rates, the main goal of this research was stabilished: to check possible structure changes of the soil, in macro and micromorphologyc scales. For this step, information resulting from the morphologic analysis was considered (structure), texture (sand, silt and clay), pH, organic matter content and porosity. Finally, they were checked in a detailed scale (micrometric) possible structure changes in the organization of soil components and porosity, in the first 40 cm of which plot, with 10 cm breaks, using the interpretation of soil thin blades. The outcome findings showed that, even with different management practices, the plots do not present structure changes when macroscopic scale is considered (morphology field). However, by using soil micromorphologic study is was possible to verify that rain was the real modifier of soil structure on the first 20 cm from the open plots, through its energy and the impact it causes by touching the uncovered soil. It is confirmed by porosity behavior and soil components array (plasma and grains).

Keywords: soil erosion, calcareous, organic seasoning, structure changes, micromorphology, experimental station.

ÍNDICE

1. Introdução..... 1
1.1. Objetivos..... 3
1.2. Justificativas..... 4

2. Marcos Teóricos..... 5
2.1. Erosão dos Solos..... 5
2.2. Práticas de Manejo e Conservação dos Solos..... 10
2.3. Utilização de Estações Experimentais no Monitoramento da Erosão dos Solos..... 15
2.4. Micromorfologia dos Solos: Aplicações e Terminologia..... 17

3. Caracterização Regional..... 30
3.1. Clima..... 30
3.2. Geologia e Geomorfologia..... 33
3.3. Pedologia..... 34
3.4. Vegetação e Uso do Solo..... 36

4. Metodologia..... 37
4.1. Caracterização da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 37
4.2. Estrutura da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 38
4.3. Monitoramento da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 40
4.4. Tratamento dos Dados Adquiridos..... 41
4.5. Coleta de Amostras e Análises Laboratoriais..... 42
4.5. Micromorfologia..... 45

5. Resultados e Discussões..... 50
5.1. Perdas de Solo e Pluviosidade..... 50
5.2. Análises Físico-químicas..... 91
5.3. Micromorfologia..... 106

6. Considerações Finais..... 136

7. Bibliografia..... 138

Anexos..... 148

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Classificação morfológica de poros..... 26
Figura 2.2: Padrões de distribuição..... 29
Figura 2.3: Hierarquização da terminologia de micromorfologia dos solos..... 29
Figura 3.1: Mapa de localização da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 31
Figura 3.2: Estação experimental Fazenda Marambaia (Petrópolis/RJ). Da direita para a esquerda, Parcelas 1, 2, 3 e 4..... 32
Figura 4.1: Precipitação média mensal na estação experimental Fazenda Marambaia (1995-2002)..... 38
Figura 4.2: Visão da Parcela 2. Na base, calha coletora e galão..... 39
Figura 4.3: Pluviômetro para a coleta diária das chuvas na estação experimental Fazenda Marambaia..... 40
Figura 4.4: Trincheira aberta na Parcela 4..... 42
Figura 4.5: Etapa da análise granulométrica que consiste na coleta de amostra da fração argila..... 43
Figura 4.6: Coleta de amostra volumétrica para determinação da densidade aparente..... 44
Figura 4.7: Coleta de amostra indeformada na superfície da Parcela 2..... 46
Figura 4.8: Exemplo de lâmina pronta para interpretação. Amostra extraída da Parcela 1, a 30 cm de profundidade..... 48
Figura 4.9: Microscópio utilizado para interpretação de lâminas delgadas de solo..... 49
Figura 5.1:Totais de perda de solo e pluviosidade na Estação Experimental Fazenda Marambaia (1997 – 1999)..... 52
Figura 5.2: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 1 – 1997)..... 56
Figura 5.3: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 1 – 1998)..... 60
Figura 5.4: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 1 – 1999)..... 64
Figura 5.5: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 2 – 1997)..... 66
Figura 5.6: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 2 – 1998)..... 70
Figura 5.7: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 2 – 1999)..... 74
Figura 5.8: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 3 – 1997)..... 77
Figura 5.9: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 3 – 1998)..... 79
Figura 5.10: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 3 – 1999)..... 82
Figura 5.11: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 4 – 1997)..... 84

Figura 5.12: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 4 – 1998)..... 86
Figura 5.13: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 4 – 1999)..... 88
Figura 5.14: Detalhe de trecho da Parcela 1..... 91
Figura 5.15: Visão da Parcela 2. As áreas mais claras indicam o cascalho transportado para a base da parcela (canto superior direito da foto), e caminhos preferenciais para a passagem da água..... 97
Figura 5.16: Detalhe de um dos caminhos preferenciais para a passagem da água durante as chuvas, na Parcela 2..... 98
Figura 5.17: Parcela 3. Percebe-se ao centro da foto os caminhos preferenciais para a passagem da água, com grande presença de minerais primários (quartzo)..... 100
Figura 5.18: Parcela 4 mantida com uma cobertura de gramíneas, durante o monitoramento..... 103
Figura 5.19: Perfil e lâminas da Parcela 1..... 107
Figura 5.20: Porosidade fissural de diâmetros variados individualizando microagregados (P1 - 0 cm, LN, 4X)..... 111
Figura 5.21: Porosidade mais aberta com esqueleto e pequenos agregados dispersos no seu interior (P1 – 0 cm, LN, 4X)..... 111
Figura 5.22: Agregados bem delimitados dispersos na porosidade (P1 – 10 cm, LN, 4X)..... 111
Figura 5.23: Trama porfírica fechada (P1 – 10 cm, LN, 4X)..... 111
Figura 5.24: Grande poro cavitário (P1 – 20 cm, LN, 4X)..... 111
Figura 5.25: Diferentes tipologias de porosidade. Detalhe para poro fissural vertical no centro da lâmina (P1 – 20 cm, LN, 4X)..... 111
Figuras 5.26 e 5.27: Porosidade com plasma orientado circundando fragmento de feldspato (P1 – 20 cm, LN e LP, 4X)..... 112
Figuras 5.28 e 5.29: Porosidade em rede / interconectada (P1 – 30 cm, LN e LP, 4X)..... 112
Figuras 5.30 e 5.31: Trechos com trama porfírica aberta, esqueleto de fração pequena e porosidade fissural oblíqua / verticalizada (P1 – 40 cm, LN e LP, 4X)..... 112
Figura 5.32: Perfil e lâminas da Parcela 2..... 114
Figura 5.33: Porosidade delimitando agregado (P2 – 0 cm, LN, 4X)..... 117
Figura 5.34: Poros fissurais concêntricos resultantes de provável atividade biológica (P2 – 0 cm, LN, 4X)..... 117
Figura 5.35: Porosidade fissural angulosa e horizontalizada (P2 – 10 cm, LN, 4X)..... 117
Figura 5.36: Formação de microagregado, delimitado por porosidade fissural (P2 – 20 cm, LN, 4X)..... 117
Figuras 5.37 e 5.38: Poros cavitários e fissurais auxiliando na delimitação de microagregados (P2 – 30 cm, LN, 4X)..... 117
Figuras 5.39 e 5.40: Separações plásmicas associadas à porosidade fissural (P2 – 30 cm, LN e LP, 4X)..... 118
Figuras 5.41 e 5.42: Trama porfírica fechada com plasma sem extinção (P2 – 40 cm, LN e LP, 4X)..... 118

Figura 5.43 e 5.44: Trechos de porosidade fissural e vesículas interconectadas (P2 – 40 cm, |LN, 4X)..... 118
Figura 5.45: Perfil e lâminas da Parcela 3..... 120
Figura 5.46: Porosidade fissural e microagregados bem arredondados (P3 – 0 cm, LN, 4X)..... 122
Figura 5.47: Vesículas com agregados biológicos e esqueleto no seu interior (P3 – 0 cm, LN, 4X)..... 122
Figura 5.48: Estrutura de desmonte ocorrendo nos trechos de porosidade de maior diâmetro (P3 – 0 cm, LN, 4X)..... 122
28Figura 5.49: Esqueleto grosseiro e anguloso em contato com porosidade (P3 – 10 cm, LN, 4X)..... 122
Figuras 5.50 e 5.51: Trama porfírica aberta e poro cavitário (P3 – 10 cm, LN e LP, 4X)..... 122
Figura 5.52: Microfissuras separando agregados. Início da abertura da porosidade (P3 – 20 cm, LN, 4X)..... 123
Figura 5.53: Porosidade (em azul) delimitando agregado subangular (P3 – 30 cm, LN, 4X)..... 123
Figuras 5.54 e 5.55: Concentrações plásmicas (P3 – 30 cm, LN e LP, 10X)..... 123
Figuras 5.56 e 5.57: Feldspato em estágio inicial de alteração (P3 – 40 cm, LN e LP, 10X)..... 123
Figura 5.58: Perfil e lâminas da Parcela 4..... 125
Figuras 5.59 e 5.60: Estrutura com orientação concêntrica indicando provável atividade biológica (P4 – 0 cm, LN e LP, 4X)..... 128
Figura 5.61: Trecho com predomínio de esqueleto grosseiro associado a porosidade (P4 – 0 cm, LN, 4X)..... 128
Figura 5.62: Estrutura porfírica. Detalhe para extenso poro fissural inclinado na porção esquerda da lâmina (P4 – 0 cm, LN, 4X)..... 128
Figura 5.63: Trecho com porosidade mais aberta (P4 – 10 cm, LN, 4X)..... 128
Figura 5.64: Porosidade delimitando agregado com limites angulosos (P4 – 10 cm, LN, 4X)..... 128
Figura 5.65: Trama porfírica aberta com porosidade fissural e canais (em azul) (P4 – 20 cm, LN, 4X)..... 129
Figura 5.66: Trecho de estrutura porfírica e alta densidade de poros (P4 – 30 cm, LN, 4X)..... 129
Figura 5.67: Poros fissurais distribuídos em matriz porfírica (P4 – 30 cm, LN, 4X)..... 129
Figura 5.68: Trama porfírica fechada com plasma mais escuro (P4 – 40 cm, LN, 4X)..... 129
Figura 5.69: Trama porfírica com alguns fragmentos grosseiros do esqueleto (P4 – 40 cm, LN, 4X)..... 129
Figura 5.70: Poro cavitário vertical conectado a poros fissurais (P4 – 40 cm, LN, 4X)..... 129

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Estações Pluviométricas no município de Petrópolis / RJ..... 33
Tabela 5.1: Totais de perda de solo e precipitação na Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 51
Tabela 5.2: Distribuição da precipitação nos períodos 2, 3 e 4 - 1997..... 57
Tabela 5.3: Distribuição da precipitação nos períodos 44, 45 e 46 - 1997..... 58
Tabela 5.4: Distribuição da precipitação nos períodos 1, 2, 7, 8 e 9 - 1998..... 61
Tabela 5.5: Perdas de solo e precipitação para os períodos 44, 45 e 46 – 1997..... 68
Tabela 5.6: Perdas de solo e precipitação para os períodos 49, 50 e 51 – 1997..... 68
Tabela 5.7: Perdas de solo e precipitação para os períodos 1 a 5 – 1999..... 81
Tabela 5.8: Características morfológicas do solo na Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 94
Tabela 5.9: Análise Granulométrica da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 95
Tabela 5.10: Análises Físico-Químicas da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 96
Tabela 5.11: Descrição do material pédico nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia..... 131
Tabela 5.12: Descrição do fundo matricial nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.....132
Tabela 5.13: Descrição da porosidade nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.....133
Tabela 5.14: Descrição dos constituintes do esqueleto nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.....134
Tabela 5.15: Descrição das feições pedológicas nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.....135

1. INTRODUÇÃO

A vida no planeta Terra ocorre em função da interação de quatro condições básicas: luz solar, ar, água e solo. Este último deve ser considerado como um microcosmo com atributos físicos, químicos e biológicos, que são harmoniosamente interligados visando um adequado aproveitamento pelas plantas (Lepsch, 2002).

As pesquisas em erosão dos solos, até recentemente, foram conduzidas com diferentes enfoques dentro das Ciências da Terra, sempre de acordo com o objeto específico de cada disciplina. A Geomorfologia Clássica preocupou-se mais com o efeito da erosão sobre a topografia do que com a análise dos mecanismos envolvidos. Os cientistas do solo, por sua vez, mensuravam e examinavam os mecanismos da erosão visando o seu controle para a conservação dos solos. Visão diferente possuíam os engenheiros civis, que viam a erosão como um elemento negativo e estudavam formas geométricas para a indústria da construção (De Ploey e Gabriels, 1980).

Esta visão fragmentada vem se dissipando, e a evolução das pesquisas mostram interesses convergentes com as Ciências da Terra, preocupando-se mais com os mecanismos da erosão dos solos, através de descrições qualitativas e quantitativas, observações, buscas por uma generalização empírica, formação de teorias e construção de modelos (De Ploey e Gabriels, 1980).

Dentro desta ótica, a preservação ambiental torna-se um conceito que permite diferentes abordagens, tornando-a um tema de grande importância em todos os países. Um dos assuntos que merece cuidadosa atenção é a conservação dos solos, pois através de ações adequadas permite-se a sua saudável manutenção para a prática agrícola.

Sendo o solo um ambiente de vital importância para a sobrevivência humana, pode-se afirmar que dentro da pesquisa geomorfológica a erosão dos solos tem sido motivo de preocupação inclusive nos países tecnologicamente adiantados. O conhecimento desse processo é um valoroso aliado na compreensão das alterações pedológicas, a fim de entender as alterações que podem ocorrer em qualquer classe de solo e, dessa forma, melhorar sua utilização.

Morgan (1986) afirma que o problema da erosão esteve sempre associado à agricultura em regiões tropicais e semi-áridas, mas nos últimos anos tem atingido os países desenvolvidos, influenciados por outros tipos climáticos, ocorrendo em áreas agrícolas, urbanas e periurbanas, relacionado ao uso e manejo dos solos, que muitas vezes é realizado de forma inadequada.

Uma das maneiras de se averiguar a evolução da erosão é através das estações experimentais, simulando-se ambientes cujo solo é submetido a uso e manejo diferenciados, permitindo que se compare resultados para reverter a perda de solo fértil.

Ao submeter o solo a um determinado tratamento, o seu monitoramento torna-se importante para verificar a resposta por ele dada. A manutenção deste sistema poderá gerar, com o tempo, modificações estruturais que, conseqüentemente, poderão alterar a carga de sedimentos. Logo, o conhecimento pedológico detalhado permite buscar respostas sobre possíveis alterações na estrutura e porosidade deste solo, e verificar a ação dos tratamentos aplicados.

A estação experimental Fazenda Marambaia, fonte desta pesquisa, já esteve instalada em áreas com solo e declividade distintas da atual. Uma série de dados obtidos através do monitoramento gerou estudos sobre a seletividade no transporte de sedimentos em cada parcela (Guerra e Oliveira, 1995; Oliveira, 1996); as perdas de solo e sua relação com os índices pluviométricos (Silva *et al.*, 1999a, 1999b, 2000, 2001); o favorecimento da umidade antecedente como agente desencadeador de processos erosivos (Garcia, 2001); um resgate crítico/histórico dos dados para confirmar a eficácia do uso de estações experimentais para o monitoramento da erosão dos solos (Dios, 1999); entre outros.

Guerra (1996) destaca que a experiência com estações experimentais é relevante por permitir um avanço no conhecimento dos processos erosivos em áreas de clima temperado, semi-árido e tropical. Dessa forma, um banco de dados com material referente ao monitoramento entre os anos de 1997 a 1999 servirá de base para o entendimento da dinâmica erosiva do solo da atual estação experimental Fazenda Marambaia.

1.1 - Objetivos

A pesquisa em questão está direcionada a atingir os seguintes objetivos:

Objetivo geral

- Estudar a erosão de solos, em superfície, em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

Objetivos específicos

- Interpretar e correlacionar os registros semanais de perdas de solo causados por erosão laminar, com os totais pluviométricos, considerando como intervalo de análise os anos de 1997 a 1999.

- Verificar e interpretar possíveis modificações ocorridas nas macro e micromorfologia de um Latossolo Vermelho-Amarelo, submetido a quatro tratamentos diferenciados:

- **Parcela 1:** sem vegetação e sem aplicação de insumos;

- **Parcela 2:** sem vegetação e com aplicação de calcário;

- **Parcela 3:** sem vegetação e com aplicação de adubo orgânico (esterco de galinha);

- **Parcela 4:** mantida com cobertura vegetal de gramíneas (parcela de referência).

A comparação das informações sobre cada parcela será feita através dos resultados das análises morfológicas (estrutura), textural (teores de areia, silte e argila), pH, matéria orgânica e porosidade.

- Averiguar em escala de detalhe (micrométrica), possíveis alterações estruturais na organização dos constituintes do solo e porosidade, nas camadas superiores dos solos das parcelas (0 a 40 cm), utilizando a interpretação de lâminas delgadas de solo.

1.2 - Justificativas

Inúmeros trabalhos já foram desenvolvidos considerando o estudo da erosão dos solos através de estações experimentais, comprovando sua importância para a Geomorfologia e a Pedologia. Esta forma de investigação permite, entre outros, uma série de interpretações sobre a dinâmica da formação de ravinas e sua capacidade de transporte de material, com experimentos realizados em campo e em laboratório, com o auxílio de chuvas naturais e artificiais. Também favorece o estudo do potencial erosivo em diferentes sistemas de cultivo, propiciando o conhecimento da melhor forma de manejo do solo. Trabalhos com as temáticas citadas acima, entre outras, são elaborados para várias regiões do Brasil e do mundo, como os desenvolvidos por Stocking e Elwel (1973), Morgan, (1986), Wendt et *al.* (1986), Fullen (1991), Guerra (1991 e 1996); Guerra e Oliveira (1995); Guerra *et al.* (1995); Amaral *et al*. (2003); Lamandé *et al.* (2003); Pedroso *et al*. (2003); Maia e Daniel (2003).

Silva *et al.* (2000) correlacionaram os totais de perda de solo com a precipitação, utilizando a estação experimental Fazenda Marambaia. Ao longo de três anos de monitoramento foi possível perceber que a variação da carga de sedimentos transportados, nem sempre é diretamente proporcional à quantidade de chuva. Neste mesmo estudo, o comportamento que mais chamou atenção foi da área tratada com calcário, apresentando um decréscimo maior nas perdas de solo, principalmente no terceiro ano do experimento. A parcela com adição de matéria orgânica registrou uma resposta erosiva que acompanhou a variação dos totais pluviométricos, e no último ano de monitoramento registrou uma perda de solo maior do que a parcela tratada com calcário. Para um melhor entendimento das características erosivas na estação experimental Fazenda Marambaia, a interpretação pormenorizada dos registros de perda de solo, por período de monitoramento, poderá fornecer maiores informações acerca do comportamento erosivo em função dos tratamentos aplicados. Dessa forma, as causas de possíveis alterações da estrutura do solo também poderão ser verificadas, contando também com o auxílio da micromorfologia como uma importante ferramenta para estes entendimentos.

2. MARCOS TEÓRICOS

Serão abordadas a seguir as bases conceituais que nortearam a pesquisa em desenvolvimento. As idéias aqui apresentadas respeitam quatro eixos temáticos e sua importância dentro das ciências geomorfológica e pedológica. São eles:

- O conhecimento acerca da erosão dos solos no Brasil e no mundo;
- As práticas de manejo atreladas à conservação dos solos;
- A aplicação do conhecimento sobre erosão dos solos por meio da instalação e monitoramento de estações experimentais e;
- Os estudos, aplicações e terminologia utilizada pela micromorfologia dos solos.

2.1. Erosão dos Solos

O solo é um ambiente de grande complexidade presente na natureza, sendo formado basicamente por três frações: mineral, orgânica e poros. A fração mineral está relacionada à rocha matriz, gerando os minerais que serão disponibilizados e o tipo de argila a ser encontrada. A fração orgânica é formada pelos organismos como também pelo material orgânico proveniente da fauna e flora decompostas e/ou em decomposição. Os poros, por sua vez, têm suas características dependentes da textura e da estrutura, sendo ocupados por água e ar (Melo, 1994).

Dentro do subsistema solo, a erosão pode ser considerada tão antiga quanto a prática da agricultura, tornando-se interdependentes, em função das técnicas e métodos de cultivo como também das culturas introduzidas. Podem ser encontradas diversas definições sobre erosão dos solos. Independente do enfoque selecionado, todas mostram o caráter preocupante que este tema engloba.

De maneira geral, a erosão pode ser definida como um processo de esculturação do relevo, através de vários agentes externos: chuva, rios, gelo, vento e mar. Em se

tratando de regiões tropicais, como é o caso do Brasil, um dos tipos com maior ocorrência e mais estudado é a erosão hídrica, influenciada pelo regime pluviométrico, que varia de região para região (Lima-e-Silva *et al.*, 1999). A erosão é responsável pela destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, propiciando o nivelamento das feições e criando uma paisagem suavizada. Este nivelamento nunca é efetivo já que uma das características mais importantes do relevo é a sua dinamicidade, permanecendo em constante transformação, rejuvenescendo certos locais da superfície terrestre, através da orogênese e vulcanismo (Guerra e Guerra, 1997). A erosão dos solos pode ter seu efeito ampliado pela maior ou menor atuação antrópica, favorecendo a ocorrência da erosão acelerada. Um bom exemplo de atividade desencadeadora da erosão é o desmatamento, que ajuda a empobrecer o solo, provocando impactos ambientais de amplas consequências podendo atingir tanto áreas rurais como urbanas próximas (Lima-e-Silva *et al*., 1999).

Os fatores controladores da erosão (erosividade, erodibilidade, proporcionada pelas propriedades do solo, natureza da cobertura vegetal e características das encostas), devem ser conhecidos para anular ou diminuir os processos erosivos. O conhecimento destes é fundamental para se compreender como ocorre e quais são as consequências da erosão. Os processos erosivos causados pela ação da água são os seguintes: erosão laminar, em sulcos (ravinas) e voçorocas (estas podendo ser formadas em função do escoamento subsuperficial em túneis - *pipes*), podendo ocorrer seguidamente ou ao mesmo tempo em uma determinada área. Entretanto, deve-se destacar também a importância da erosão por salpicamento (*splash*), por se tratar do estágio inicial do processo erosivo (Bertoni e Lombardi Neto, 1985; Guerra, 1995 e 1999).

A erosão hídrica é um dos fatores que mais contribuem para a improdutividade do solo, facilitada pelas práticas inadequadas adotadas pelo homem. Quando a chuva não pode infiltrar no solo, escoando superficialmente, seu percurso é relativamente rápido, tornando-se capaz de carrear partículas do solo em função da força hidráulica deste fluxo (Kirkby, 1980). Práticas como o cultivo morro abaixo, com linhas preferenciais para o escoamento das águas das chuvas; ausência de rotação de culturas; plantio constante e mal distribuído de culturas que pouco protegem os solos; queimadas

dos restos culturais; e superpastoreio aceleram a degradação dos solos mais aptos para a agricultura no país (Bertoni e Lombardi Neto, 1985; Pires e Souza, 2003).

Outra forma de erosão significativa é a erosão laminar, também conhecida como erosão em lençol. Por ser a menos perceptível é muito perigosa. Sua ação erosiva é intensificada quando o fluxo d'água apresenta-se turbulento (Bertoni e Lombardi Neto, 1985; Guerra, 1995). Young e Wiersma (1973) afirmam que a interação do *splash* com o escoamento em lençol pode gerar mais erosão do que cada processo em separado, pois as partículas do solo são colocadas em suspensão, tornando-se mais fácil o transporte pelo escoamento superficial.

O primeiro passo para a ocorrência da erosão é a ação das gotas de chuva no solo. O impacto causado rompe os agregados, reduzindo-os a partículas menores, levando a uma diminuição da capacidade de infiltração (Bertoni e Lombardi Neto, 1985). A água que atinge o solo pode ser armazenada em pequenas depressões ou se infiltra, aumentando a umidade do solo. A taxa de infiltração varia bastante, inclusive em um mesmo lugar. Isso é evidenciado pelas descontinuidades estruturais no perfil de solo, o grau de compactação e a umidade antecedente (Guerra, 1995 e 1999).

Em clima temperado, solos com horizonte B bem estruturado, formados por uma estrutura prismática, drenam rapidamente. Em contrapartida, solos com horizonte com estrutura pobre e densa, ou com estrutura de placas/planar bem desenvolvidas apresentam drenagem impedida. Onde a permeabilidade é impedida em profundidade, a infiltração será reduzida (Evans, 1980).

Considerando a importância da conservação dos solos, Bragagnolo (1994) enfatiza a necessidade de se manter um maior cuidado com os solos do estado do Paraná. Seu trabalho serve como referência para diversas regiões do Brasil, por definir técnicas estratégicas para conseguir aceitáveis uso, manejo e conservação dos recursos naturais. A cobertura vegetal deve ser mantida para reduzir o impacto das gotas de chuva. A infiltração de água no perfil de solo deve ser elevada, visando reduzir o escoamento superficial, promover maior disponibilidade hídrica e reduzir o transporte de sedimentos para os mananciais. A última estratégia refere-se ao controle da

contaminação dos solos e águas por agroquímicos, para que esses recursos continuem a ser usados futuramente.

A porosidade possui um papel de grande importância para um adequado funcionamento do solo. A intercomunicabilidade entre poros favorece a transferência de sólidos e trocas gasosas, a redistribuição de água pelo perfil, bem como auxilia no desenvolvimento do sistema radicular. Dessa forma, seu conhecimento atende a objetivos pedológicos e edáficos (Silva, 1999).

Os processos pedológicos e biológicos são determinantes na estruturação da porosidade dos solos. A ocorrência de processos pedológicos atua na quantidade e no arranjo das partículas do solo, na formação dos poros. As raízes e a fauna endopedônica permitem a formação dos bioporos, também conhecidos como poros de origem biológica (Botelho e Silva, 2004).

Silva (1999) apresenta três formas de classificar a porosidade: quanto a sua gênese, forma e diâmetro. Considerando a gênese, os poros podem ser subdivididos em porosidade de alteração (formada no interior e na superfície dos grãos dos minerais); textural (existente entre as partículas do solo); e a porosidade estrutural (resultante do arranjo das partículas entre si).

A descrição do diâmetro dos poros permite separá-los em macro e microporos. A gênese da macroporosidade é principalmente estrutural. É conhecida como porosidade interagregados, podendo ser observada em campo a olho nu ou com o auxílio de lupa. Corresponde àquela de circulação rápida da água da chuva ou de irrigação por gravidade. Porém, logo após cessar a fonte de água, os poros ficam “vazios”, pois seu diâmetro não permite a retenção hídrica (Silva, 1999).

A microporosidade corresponde àquela de circulação mais lenta da água, por capilaridade, e pode ser originada de alteração, textural e estrutural. Neste diâmetro de poros a água é retida e disponibilizada para as plantas. Seu arranjo pode ser observado em microscópios óticos e eletrônicos através de lâminas delgadas de solo (Silva, 1999).

Fernandes et al. (1983) conduziram sua pesquisa em amostras com estrutura indeformada de dois solos submetidos a seguintes sistemas de manejo: preparo

convencional, escarificação e plantio direto, em profundidades variando de 0 a 30 cm. Os resultados encontrados confirmam que os sistemas de preparo empregados afetaram os valores de densidade aparente, porosidade total e diâmetro dos poros. Considerando cada solo separadamente, foram encontradas variações numéricas em função do tipo de preparo e da profundidade considerada.

O conhecimento das características dos solos, como também do regime hídrico, são importantes na determinação do grau de compactação. Os pesquisadores costumam diferenciar os termos adensamento e compactação. Entende-se por compactação a compressão do solo não saturado, o que gera um aumento de sua densidade pela redução de seu volume. Essa redução natural do espaço poroso e conseqüente aumento da densidade aparente é causada por dessecação, iluviação ou precipitação química, sempre resultante da ação antrópica. Entretanto, este termo costuma ser adotado de forma genérica (Curi *et al.*,1993; Dias Junior, 2000). O termo adensamento, por sua vez, também é empregado quando há redução de volume do solo. Entretanto, esta ação é resultante da expulsão de água dos poros do solo, como também oriunda de processos pedogenéticos (Dias Junior, 2000).

Ensaios para determinação da pressão máxima suportada por um solo são importantes para definir as condições de desenvolvimento das plantas. Em se tratando do estudo da compactação, pesquisadores têm encontrado efeitos benéficos e adversos. Os benefícios são atribuídos à melhoria do contato solo-semente e aumento da disponibilidade de água em anos secos. Entretanto, a compactação excessiva pode reduzir a infiltração e redistribuição da água. Conseqüentemente, limita-se a adsorção e/ou absorção de nutrientes, uma vez que a redução da porosidade, em quantidade e diâmetro, impede a circulação da água, veículo utilizado para o transporte dos nutrientes. As trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular também são prejudicados pela compactação. Considerando as propriedades físicas do solo, a compactação aumenta a densidade do solo e a sua resistência mecânica. Entretanto, diminui a porosidade total, tamanho e continuidade dos poros. Segundo Hillel (1982, *in* Dias Junior, 2000) reduções significativas ocorrem principalmente na porosidade funcional (macroporos), responsável pela percolação da água pelo perfil. Em se tratando dos microporos, suas propriedades permanecem praticamente inalteradas.

A formação de crostas no topo do solo é um dos mecanismos mais importantes e precursor do escoamento superficial. A quebra de agregados, formação de crostas e erosão são processos dinâmicos que devem ser correlacionados. O conteúdo de água existente na superfície do solo influencia nos mecanismos de quebra dos agregados, formando-se crostas e selando o solo. Com isso, a taxa de infiltração é prejudicada, favorecendo a erosão através do aumento do *runoff* (Le Bissonnais e Singer, 1992). A formação da crosta altera o sistema erosivo de elevada remoção/baixo transporte para baixa remoção/elevado transporte (Guerra, 1995 e 1999), se houver material disponível para ser removido.

2.2. Práticas de Manejo e Conservação dos Solos

Solos permanentemente cultivados apresentam seus nutrientes com um tempo de vida curto, dependendo da região onde estes solos se encontram. Para evitar que isso ocorra, a manutenção de um manejo químico é de suma importância. Quando é preciso construir a fertilidade de um solo, a adubação corretiva é a mais indicada. Para repor os nutrientes, adota-se a adubação de manutenção (Lopes, 1994). Dentre as diversas técnicas empregadas, podemos citar a calagem, usada para neutralizar o solo e permitir a ação dos nutrientes acrescentados no solo com o auxílio de fertilizantes; e o manejo da matéria orgânica.

Por ser uma das técnicas muito difundidas para corrigir a acidez do solo, a calagem consiste na aplicação de produtos alcalinos, com a finalidade de melhorar as condições do solo para o crescimento vegetal (Lima-e-Silva *et al.*, 1999). Além disso, a calagem melhora a estabilidade dos agregados, pois quando o solo não é deficiente em cálcio, este elemento contribui para reter o carbono, combinando-se com os agregados e com o humus (Allison, 1973). Greenland (1971, *in* Guerra, 1991) constatou que o carbonato de cálcio pode atuar como um agente de ligação, especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica. Esta informação é complementada por Boardman (1983,

in Guerra, 1991), pois a baixa estabilidade dos agregados pode ser favorecida pelos baixos teores de carbonato de cálcio e de matéria orgânica.

De acordo com Castro (1995), quando se promove a adição de cal a um solo, algumas modificações são imediatamente observadas, entre elas a granulometria do solo é alterada. Os solos argilosos passam a apresentar textura siltosa, podendo, inclusive, adquirir textura arenosa após poucas horas. O mesmo autor enfatiza a sensível melhora da trabalhabilidade do solo, pois o mesmo perde plasticidade e poder de aderência, tornando-se facilmente manuseável. Ocorre também a alteração drástica da relação solo-água, com a diminuição da absorção hídrica. Com isso, a pressão de expansão cai enormemente podendo desaparecer. A curva de compactação é alterada e, em alguns casos, o solo chega a tornar-se hidrófobo, não molhável.

Através de estudos elaborados por Hénin *et al.* (1976), as terras tratadas com calcário obtiveram melhor estabilidade dos seus agregados, notando-se uma melhoria progressiva naquelas cujo pH encontrava-se acima do neutro. Suas propriedades conferem vários benefícios para os terrenos cultivados, entre eles: estímulo à atividade microbiana, melhoria da fixação simbiótica de nitrogênio para leguminosas e aumento da biodisponibilidade de outros nutrientes para as plantas (Oliveira *et al.*, 2003).

O calcário tem como característica a capacidade de neutralizar a acidez do solo provocada pela ocorrência de íons H^+ e Al^{3+}. Isso é possível porque estes produtos possuem como princípio ativo, óxidos, hidróxidos, carbonatos e, ou silicatos de cálcio e magnésio (Lepsh, 2002), e devem obrigatoriamente estar presentes junto com a água para dissolver e liberar os íons presentes (Castro, 1995). Entretanto, por ter baixa mobilidade no solo, seu efeito alcalino é restrito ao local de aplicação (van Raij *et al*., 1982, *in* Miyazawa *et al*., 2003; Oliveira *et al*., 2003).

Em teoria, do ponto de vista químico, solos com maior presença de calcário são favoráveis à alta estabilidade dos seus agregados e com boa infiltração devido à presença de cátions Ca. Mesmo com essa eficiência, Le Bissonnais *et al.* (1993) afirmam que o efeito do calcário na estabilidade, na infiltração e na erosão dos solos ainda não foi bem estudado. Ben-Hur *et al.* (1985, *in* Le Bissonnais *et al.*, 1993) não constataram efeito do calcário na taxa de infiltração sob chuva simulada. Entretanto,

Merzouk e Blake (1991, *in* Le Bissonnais *et al.*, 1993) ao estudarem os solos do Marrocos definiram o uso do calcário como um dos parâmetros de avaliação da erodibilidade do solo. Mesmo com sua importância reconhecida, o uso de calcário em um solo que vive constantemente descoberto não é um agente que auxilie por completo na estabilidade, logo após a sua aplicação. Silva *et al.* (2000) apontaram que em uma área tratada com calcário os valores de perda de solo são muito próximos aos de uma área mantida sem vegetação. Entretanto, essa perda de solo começa a diminuir em um determinado momento, podendo estar relacionada, provavelmente, a uma atuação mais eficaz do calcário após três anos de sua aplicação.

A estabilização do solo utilizando calcário respeita, segundo Diamond e Kinter (1965, in Castro, 1981), dois estágios: inicialmente ocorre uma rápida interação onde as propriedades plásticas do material são alteradas (ocorre adsorção), mas que gera pequena resistência permanente. O segundo tipo de interação é lenta, desenvolvendo o ganho quase que total de resistência, devido à formação de neo-compostos.

Em dados obtidos para o estado de São Paulo, Raij e Quaggio (1984, *in* Lopes, 1994) enfatizaram que os retornos sobre o investimento na aplicação de calcário no solo foram elevados no primeiro ano do cultivo de milho, soja e algodão. Devido às altas taxas de efeito residual deste corretivo, os ganhos com a produção continuaram elevados no período de cinco anos.

Foi estudado o comportamento do pH após aplicação de calcário em um Latossolo Vermelho escuro distrófico, em sistema de plantio direto. Desta forma, comprovou-se que a neutralização do Al3+ no perfil do solo completou-se após 12 meses da aplicação do calcário dolomítico. Entretanto, após 36 meses da aplicação, ocorreu um aumento dos teores deste elemento, exceto entre 20 a 40 cm, ou seja, nesta faixa do solo continuou ocorrendo a neutralização do alumínio pela ação do calcário percolado com o auxílio dos ácidos orgânicos. Tal fato indicou que todo o calcário aplicado na superfície reagiu no primeiro ano de sua aplicação (Miyazawa et al., 2003). Castro (1995) verificou que após a rápida adsorção inicial do Ca(OH)2, a velocidade do seu consumo sofre uma primeira desaceleração, mas ainda assim continua a ser perceptivelmente fixado por reação química.

Em um Argissolo Vermelho distrófico arênico utilizado para plantio direto, Santos *et al*. (2003) avaliaram os teores de pH nos primeiros 20 cm, utilizando parcelas submetidas a diferentes percentuais de calcário aplicado. Os autores concluíram que pequenas doses de calcário precisam ser freqüentemente reaplicadas para corrigir a acidez e os teores de alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Este resultado foi obtido após sete anos de experimento, quando as parcelas passaram a apresentar comportamento semelhante ao solo da parcela testemunha (sem calcário).

A matéria orgânica é outro recurso muito adotado, por se tratar de um dos mais importantes e conhecidos agentes estabilizantes do solo. Sua presença é mais eficaz do que a argila, agindo na estrutura dos solos (Guerra, 1995). Brady (1989) e Hasset e Banwart (1992) enumeram algumas vantagens ao se manter o solo com matéria orgânica. Ela permite uma elevada permuta de cátions, além de servir de suprimento de nutrientes. Os autores ainda citam sua influência na cor do solo (de castanha à parda), como também nas suas propriedades físicas, entre elas a redução da plasticidade e da coesão, aumentando a capacidade de retenção hídrica.

Organismos e matéria orgânica contidos no solo propiciam algumas reações químicas importantes, além de misturar o solo e aumentar a disponibilidade de nutrientes. Também podem causar alguns malefícios, como a ocorrência de fungos causadores de doenças em plantas e animais (Hasset e Banwart, 1992).

Diversos estudos já identificaram a importância do conteúdo de matéria orgânica para a diminuição da erodibilidade dos solos. Essa relação pode ser identificada de diferentes maneiras, dependendo das propriedades do solo estudado, considerando, por exemplo, a distribuição das partículas de diferentes tamanhos. Mesmo sabendo de suas propriedades benéficas, ainda existe a dificuldade de se estabelecer um valor mínimo de matéria orgânica para a manutenção da estabilidade dos agregados (Guerra, 1991). Confirmando a discrepância de valores encontrados, Greenland *et al*. (1975, *in* Guerra, 1991) mostraram que solos com menos de 3,5% de matéria orgânica possuem agregados instáveis. Entretanto De Ploey e Poesen (1985, *in* Guerra, 1991 e 1999) indicaram um valor de 2% de matéria orgânica como limite para se ter uma baixa estabilidade.

O adubo produzido em fazendas é um valioso recurso não somente de matéria orgânica, mas também de nutrientes como nitrogênio, fósforo, e enxofre. Adubos devolvem ao solo em média 75 a 80% de nitrogênio, 80% de fósforo, 85 a 90% de potássio, e 40 a 50% de matéria orgânica, do que se fosse consumido / gasto pelos animais (Hasset e Banwart, 1992).

Considerando a ocorrência de escoamento superficial em solo descoberto, este tem uma maior capacidade de transporte de material do que o *splash*, quando avaliado em encostas com comprimento superior a 10 metros (Kirkby, 1980). Com a aplicação satisfatória de matéria orgânica o solo torna-se menos propício ao destacamento de partículas, dificultando a quebra dos agregados. Dessa forma, evita-se a formação de crostas e geração de *runoff* (Guerra, 1991 e 1999).

Bertoni e Lombardi Neto (1985) enumeraram várias características a respeito da cobertura vegetal, justificando a necessidade de sua manutenção nos solos. A manutenção da vegetação permite protegê-lo da ação direta do impacto das gotas de chuva; intercepta a água, favorecendo a evapotranspiração; a decomposição deste material aumenta a infiltração de água no solo e melhora a sua estrutura; e, finalmente, diminui a velocidade de escoamento superficial, pois a superfície de atrito diminui a velocidade da água. A manutenção de uma cobertura de gramíneas favorece a perdas mínimas de água e sedimentos por escoamento superficial graças ao sistema radicular formado próximo a superfície do solo (Botelho e Silva, 2004).

O escoamento superficial e a erosão são reduzidos em pastos e florestas em boas condições, representando, respectivamente, 5% e 1% do escoamento superficial e da erosão em solo desprotegido. O runoff é baixo porque as taxas de infiltração de água em superfícies vegetadas são altas em se comparando com as áreas desprovidas de vegetação, além de solos vegetados geralmente apresentam-se bem estruturados e com agregados mais estáveis (Woodwark, 1943, in Evans, 1980). Diferentes tipos de solo estudados no Oeste de Santa Catarina, com a mata nativa preservada, apresentaram taxa de infiltração muito superior quando comparada aos solos há mais de cinco anos sob cultivo convencional (Baldissera et al., 1989 in Botelho e Silva, 2004).

2.3. Utilização de Estações Experimentais no Monitoramento da Erosão dos Solos

Para se determinar se uma área está sujeita aos processos erosivos, é necessário a realização de visitas a campo, seguidas de análises de amostras em laboratório. A princípio, a caracterização morfológica é importante nos estudos pedológicos, que contribuirão sobremaneira às pesquisas geomorfológicas. Silva (1999) afirma que essa descrição deve ser a mais completa possível, já que a perfeita interpretação em campo pode ajudar em diagnósticos mais rápidos e corretos, aumentando as chances de um eficiente prognóstico.

Inúmeros estudos sobre erosão dos solos apresentam contribuições empíricas. Para obter respaldo em uma pesquisa, os dados empíricos devem ser passíveis de comparação, replicáveis e os mais precisos possíveis. Nesta ótica cabe diferenciar os termos medição e experimento, pois, em se tratando de estudos de campo, nem sempre o limite entre ambos é facilmente perceptível. As medições de erosão devem ser representativas de uma determinada área, podendo ser registrada de forma volumétrica e dinâmica, e diretamente relacionadas a uma escala. As medições envolvem erros, que devem ser conhecidos e indicados, sem contar na possibilidade de distorção dos dados médios de erosão em função da implantação de instrumentos de medição (De Ploey e Gabriels, 1980).

A realização de um experimento de campo requer a utilização de medições. Entretanto, um experimento só é definido desta forma quando ao menos um fator no sistema dinâmico estudado pode ser controlado por quem o executa. Considerando-se medições e experimentos em geral, é aconselhável manter o andamento de forma mais simples possível e limitar o número de variáveis do sistema (De Ploey e Gabriels, 1980).

Em se tratando de perdas de solo, existem várias formas de monitorá-las, entre elas: criação de estações experimentais; uso de simuladores de chuva, em campo ou em laboratório; monitoramento da evolução de voçorocas, entre outros. Dentre estes, as estações experimentais talvez sejam as mais utilizadas em todo o mundo (Guerra, 1996), aplicadas para os mais variados propósitos, como observar a dinâmica da formação de

ravinas e a capacidade de transporte de material com chuvas naturais ou simuladas, tanto em campo como em laboratório.

Para determinar a disponibilidade de água para irrigação numa área em Pernambuco, Oliveira e Melo (1971) construíram uma parcela de $1m^2$ instalada sob solo pertencente aos B texturais. O estudo foi realizado com os resultados obtidos de ensaios de capacidade de campo, microporosidade e equivalente de umidade. Para o solo estudado, o valor que mais se aproximou da capacidade de campo foi o obtido pela microporosidade calculada (método proposto pelos autores), seguida da microporosidade determinada (utilizando o método da "mesa de tensão").

Santos *et al*. (1999) utilizaram parcelas de $36m^2$ instaladas sobre Cambissolo distrófico, para avaliar as perdas de solo com chuva natural e a produtividade de pastagens nativas melhoradas, com e sem a introdução de espécies exóticas, em diferentes sistemas de preparo do solo. Também foram mantidas parcelas sem vegetação e sem nenhuma prática de manejo. Os autores concluíram que as pastagens podem ser melhoradas mediante escarificação, calagem e adubação, reduzindo, dessa forma, os valores de perda de solo. Além disso, estas práticas de melhoria também aumentam o índice de cobertura do solo.

Guerra (1991) considerou como questão central o estudo dos processos erosivos e a influência da matéria orgânica nos solos da Inglaterra. Um dos objetivos da pesquisa foi utilizar uma estação experimental, composta por cinco parcelas de 10 m^2, cada, para monitorar o *runoff* gerado a cada tempestade. Após 18 meses de monitoramento, verificou-se que a maior parte da erosão gerada ocorreu com chuvas de intensidade inferior a 25mm/h.

Fullen (1991) verificou que a manutenção de uma cobertura vegetal de gramíneas foi de grande ajuda na conservação de solos em sistemas agrícolas. Essa afirmação foi possível após o monitoramento durante três anos de parcelas com solo descoberto e com manutenção deste tipo de vegetação. Nesta última, as perdas de solo foram mínimas, pois a infiltração da água que chegava ao solo era rápida.

Noleto e Goedert (1999) avaliaram as perdas de solo e água em microparcelas sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo, submetidas ao cultivo convencional, ao plantio direto e com o solo descoberto. Os resultados evidenciaram a grande diferença entre os tratamentos, no que se refere à capacidade de proteção do terreno contra a erosividade da chuva. Constatou-se que o sistema de plantio direto proporcionou uma considerável redução da perda de solo, em se comparando com as outras parcelas.

De acordo com as pesquisas já desenvolvidas em solos no Brasil e em diversos países, as estações experimentais são uma reconhecida forma de se compreender os processos erosivos. Dessa forma, sua utilização auxilia na compreensão dos fenômenos envolvidos, especialmente em áreas agrícolas, ajudando na criação de estratégias de conservação dos solos.

2.4. Micromorfologia dos Solos: Aplicações e Terminologia

A micromorfologia tem por finalidade estudar as características morfológicas do solo com o uso de instrumentos óticos, complementando as descrições de campo do perfil de solo (Curi *et al*., 1985 e 1993). Devido à sua importância para o conhecimento da estrutura do solo, este estudo acrescenta informações às análises de porosidade, permeabilidade, compactação, encrostamento e avaliação das práticas agrícolas (Chartres, 1977, *in* Resende *et al.*, 1997).

De acordo com Castro *et al*. (2003), a micromorfologia de solos foi amplamente utilizada em estudos pedogenéticos até a primeira metade da década de 1980. Desde então, percebe-se que esta técnica passou a ter maior amplitude dentro das Ciências do Solo, em especial nas ciências agrárias, onde a questão central diz respeito ao comportamento da porosidade do solo, além de problemas de manejo e conservação de solo e água.

Atualmente a micromorfologia apresenta um leque de aplicações, podendo ser abordada em estudos relacionados à agricultura, arqueologia, engenharia,

geomorfologia, paleoclimatologia, pedologia, geografia física, entre outros (FitzPatrick, 1984; Castro, 2002). O seu uso no tratamento de solos erodidos favorece a um conhecimento da organização dos seus constituintes, buscando os problemas em uma escala de detalhe sem desconsiderar o perfil de solo e a paisagem na qual este se encontra (Resende *et al.*, 1997). De acordo com Castro (1999), a micromorfologia auxilia na interpretação de mecanismos e processos de alteração e pedogênese; no prognóstico sobre a evolução dos solos em condições naturais; acompanhamento da evolução dos solos sob condições experimentais; e também no controle voltado à recuperação de solos degradados. Além disso, as imagens obtidas através de microscópio petrográfico podem ser tratadas à semelhança das imagens de satélite, permitindo uma quantificação e comparação de resultados visualizados em um *software* analisador de imagens.

As lâminas delgadas utilizadas nas análises micromorfológicas podem ser produzidas com amostras de solo ou de rocha alterada. Sua confecção requer grande cuidado, pois qualquer alteração imprevista pode causar a perda da amostra ou o comprometimento das informações observadas quando da sua interpretação (Castro *et al.*, 2003). Para sua confecção, o material coletado em campo deve passar por um processo de endurecimento, através de impregnações utilizando resina, endurecedor e diluente (acetona).

Em se tratando de amostras representativas de horizontes orgânicos, o cuidado com a coleta de amostras indeformadas deve ser redobrado. Por se tratar de um material bastante solto e sujeito a distúrbios, os procedimentos de campo e a impregnação para confecção de lâminas devem respeitar adaptações das técnicas comumente usadas (Costa Lima *et al*., 1988).

Convém destacar que as resinas utilizadas no processo de impregnação podem ser de dois tipos: poliéster e epóxi. Entretanto, a primeira é comumente usada em função do seu preço reduzido e grande disponibilidade no mercado. Outras vantagens também são conhecidas, entre elas: a composição constante, independente do fabricante; a capacidade de polimerização a baixas temperaturas; não prejudicam as características óticas das lâminas; apresentam boa resposta quando misturadas a corantes fluorescentes; e não são prejudiciais à saúde (Castro, 2002; Castro *et al.*, 2003).

Quando a amostra impregnada atinge o ponto de endurecimento requerido, pode-se laminá-la. Em seguida, cada lâmina deve ser afinada e polida até que alcance a espessura aproximada de 30μ (Castro, 1985), o que permite, então, a interpretação das condições do solo de acordo com as definições do estudo proposto.

Costa Lima e Costa Lima (1995a) ressaltaram o efeito do plantio direto nas características micromorfológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro no Paraná. Ao comparar uma área de campo natural com área de plantio direto de 14 e sete anos, percebeu-se que a porosidade total do solo decresceu nesta mesma ordem. Esta hierarquia também foi preservada em relação à atividade da fauna. A estrutura original em blocos foi alterada para apédica no plantio direto por sete anos. Já no solo submetido a este sistema em um tempo maior (14 anos) notou-se uma tendência à retomada das condições iniciais da estrutura.

A época de cultivo do solo sob plantio direto também pode gerar mudanças micromorfológicas. Costa Lima e Costa Lima (1995b) verificaram a clara reorganização dos constituintes do solo em função da época de amostragem, o que condicionou a presença de diversos tipos de trama. Enquanto no inverno a trama porfírica, mais fechada e menos porosa, predominava, no verão, a trama grânica-granóidica prevaleceu. Essas diferenças foram influenciadas pela atividade da fauna, molhamento e secamento do solo e tipo de cultura. Estes resultados mostraram comportamento semelhante também nas determinações físicas.

A divulgação da micromorfologia como uma fonte de aprofundamento no conhecimento dos solos vem propiciando sua aplicação em diversos estudos em todo o território brasileiro. Ucha e Ribeiro (1998) utilizaram a micromorfologia para identificar processos erosivos em Areias Quartzosas Latossólicas, atualmente designadas Neossolos Quartzarênicos órticos latossólicos (EMBRAPA, 1999), localizados no Oeste da Bahia. A análise de três perfis submetidos a diferentes sistemas de manejo permitiu o reconhecimento dos processos de transformação da cobertura pedológica. Dentre as informações, verificou-se a orientação do esqueleto como um indicador do rearranjo dos constituintes da trama dos solos analisados, justificando a perda de argilas e sua arenização.

A análise estrutural da cobertura pedológica recebe valorosas contribuições dos estudos micromorfológicos. Vidal-Torrado e Lepsch (1993) estudaram a transição lateral B Latossólico / B Textural em uma topossequencia em Mococa (SP). Lâminas delgadas de solo possibilitaram a interpretação das relações solo x relevo. Dessa forma, foi possível obter uma caracterização da gênese dos solos encontrados, permitindo a comprovação da ocorrência de processos como argiluviação e pedoturbação. Comprovou-se também um processo de adensamento gradativo, encosta abaixo, da transição B Latossólico / B Textural.

Análises micromorfológicas foram utilizadas por Silva (1997) na caracterização da organização da cobertura pedológica e conhecimento da dinâmica hídrica de uma vertente em Petrópolis (RJ). A complementação com análises físicas e químicas permitiram delimitar quatro segmentos com características laterais distintas entre os horizontes ao longo da vertente. Dentre as conclusões obtidas, verificou-se que a água não encontra dificuldades significativas para sua percolação no perfil, o que favorece ao escoamento vertical principalmente no topo da vertente, com declividade não muito acentuada.

Rocha e Cerri (1994) caracterizaram uma topossequência sobre rochas básicas na Amazônia Brasileira, no município de Prainha (PA). Análises físico-químicas foram integradas a estudos mineralógicos e micromorfológicos, permitindo a constatação da existência de uma descontinuidade estrutural das camadas de solo ao longo da topossequência. Além disso, as condições químicas encontradas são fortemente condicionadas pela matéria orgânica existente nestes solos.

Ainda utilizando a Análise Bidimensional da Cobertura Pedológica, o estudo das condições físico-hídrica e micromorfológica possibilitou a caracterização dos solos em uma topossequência em Umuarama, Paraná (Cunha e Castro, 1996). As análises realizadas confirmaram a presença de um único sistema pedológico com três setores distintos: do topo a média alta vertente, representado por um Latossolo com características homogêneas; da média alta até o início do terço inferior da vertente, com a presença de um Podzólico (Bt); e o terço inferior até o sopé da vertente, caracterizado por material provavelmente ligado à alteração do Arenito Caiuá.

Diante do crescimento de estudos utilizando os conhecimentos da micromorfologia, surgiu a preocupação em se permitir uma linguagem universal para o entendimento das informações registradas. Os sistemas conceituais e descritivos amplamente difundidos nas décadas de 1960 e 1970 geraram a falta de uniformização na terminologia criada, o que dificultou a comparação das descrições obtidas em nomenclaturas distintas (Castro *et al.*, 2003). Para acabar com este problema foi criada uma subcomissão de Micromorfologia do Solo no final da década de 1960, por intermédio da União Internacional de Ciência do Solo. Como resultado foi publicado em 1985 o *Handbook of Soil Thin Section Description* (Bullock *et al*., 1985), que passou a ser a fonte terminológica para vários estudos micromorfológicos.

Será apresentada, a seguir, a conceituação de alguns termos básicos de grande utilidade para o entendimento dos resultados micromorfológicos obtidos na presente pesquisa. A terminologia aqui apresentada atende aos propósitos divulgados por Bullock *et al.* (1985) e foram compilados de Curi *et al*. (1985), Castro (2002) e Castro *et al*. (2003). Não se pretende encerrar o assunto com as poucas definições aqui listadas. O estudo micromorfológico evolui a cada dia e novos conhecimentos são acrescentados. Para um melhor entendimento acerca da nomenclatura, bem como da forma de sua utilização, recomenda-se consultar as referências supracitadas, dentre tantas outras disponíveis.

No estudo micromorfológico, os constituintes do solo observados em escala microscópica são: plasma, esqueleto e poros.

1) <u>Plasma</u>: todo material do solo de tamanho coloidal (< 2 μm), granulometricamente classificado como fração argila não aglutinado e/ou retido nos grãos do esqueleto; consiste em material inorgânico (amorfo ou cristalino) e/ou orgânico que é capaz de ser, ou que tenha sido, movimentado e/ou concentrado pelos processos de formação do solo.

2) <u>Esqueleto</u>: grãos de um material do solo (> 2 μm); partículas individuais minerais de tamanho superior ao coloidal, originalmente presentes no material de origem e de

corpos orgânicos e silicosos, altamente resistentes ao intemperismo. Corresponde granulometricamente às frações areia e silte.

3) <u>Poros</u>: partes do solo ocupadas por ar ou água. Algumas vezes são referidos também como “vazios”.

4) <u>Fábrica ou trama</u>: organização tridimensional dos constituintes do solo (sólido, líquido e gasoso), expressa pelo seu tamanho, forma e frequência, considerado de um ponto de vista de configuração, funcional e genético.

Os constituintes básicos do material do solo (plasma, esqueleto e poros) podem organizar-se em três tipos reconhecíveis de unidades: *ped*, feição pedológica e fundo matricial.

5) <u>*Ped*</u>: agregado individual natural de solo, constituindo um aglomerado de partículas separado de agregados adjacentes, quer por superfícies de fraqueza reconhecíveis como poros naturais, quer por ocorrência de cutãs. Os materiais de solo que não apresentam *peds* são denominados apédicos.

6) <u>Feição pedológica ou estrutura associada</u>: unidade reconhecível num material de solo por diversas razões, tais como origem (deposição de uma entidade), diferença na concentração de alguma fração do plasma, ou diferenças no arranjo dos constituintes (trama).

No estudo das feições pedológicas, é preciso reconhecer inicialmente em que nível hierárquico da estrutura se está trabalhando. Em função do seu padrão de ocorrência, essas feições podem ser ou não somente interagregadas ou intra-agregadas, mas também transagregadas, quando alcançam mais de um agregado. Podem ser, em geral, descritas quanto à sua natureza, composição, dimensão, frequência, variabilidade, cor, contraste, nitidez, forma, rugosidade superficial, distribuição e orientação (trama interna e relacionada com o material adjacente), entre outros. São classificadas da seguinte forma:

6.1) **<u>Cutãs</u>**: são filmes que revestem vários tipos de superfície e têm origens diversas, devendo-se classificá-los sob critérios morfológico e genético-evolutivo.

6.2) **<u>Pedotúbulos</u>**: são feições de preenchimento, caracterizadas pela forma externa tubular simples, elipsoidal ou abobadada, com configturação ramificada com câmaras e galerias, preenchidas total ou parcialmente por materiais de diferentes origens e podendo atingir dimensões milimétricas ou centimétricas.

6.3) **<u>Glébulas</u>**: são acumulações relativas de certos constituintes do plasma, mas não correspondem a cristais ou crescimentos cristalinos.

6.4) **<u>Cristalárias</u>**: são cristais simples ou arranjos de cristais originários de frações puras do plasma que formam massas coerentes, sem fechar o fundo matricial.

6.5) **<u>Excrementos</u>**: também tratados por diferentes autores como pelotas fecais. Podem compor partes consideráveis da estrutura do solo e refletem a atividade da fauna do solo e as condições do meio.

7) **<u>Fundo matricial ou matriz-s</u>**: material encontrado no interior dos *peds* primários, ou compondo materiais apédicos, no qual ocorrem feições pedológicas (que podem, por sua vez, ter a sua própria matriz-s interna). É o conjunto do plasma e/ou grãos primários e poros associados.

Considerando a organização do fundo matricial, os constituintes do solo podem ser classificados da seguinte forma:

7.1) Plasma

7.1.1) Plasma assépico: não apresenta separação plásmica e o padrão de extinção é pontuado. Entende-se por extinção a não passagem de luz pelo material analisado.O grupo subdivide-se em:

7.1.1.1) Argilassépico: possui domínios não orientados entre si.

7.1.1.2) Silassépico: possui domínios cintilantes, mas dificilmente identificáveis em vista da grande proporção de partículas de silte que apresentam padrão de extinção também pontuado.

7.1.2) Plasma sépico: apresenta separação plásmica e padrão de extinção estriado. Pode ser:

7.1.2.1) Insépico: separações plásmicas isoladas em "ilhas".

7.1.2.2) Mossépico: separações plásmicas em "ilhas" numerosas e agrupadas ("arquipélagos").

7.1.2.3) Vossépico: separações plásmicas paralelas a paredes de poros.

7.1.2.4) Esquelssépico: separações plásmicas paralelas a superfícies de grãos.

7.1.2.5) Massépico: separações plásmicas associadas a zonas do fundo matricial, subparalelas ou não orientadas umas em relação às outras.

7.1.2.6) Omnissépico: separações plásmicas com estrias complexas e emaranhadas, dispostas em várias direções.

7.2) Poros

A classificação morfológica mais utilizada para a descrição da porosidade foi proposta por Brewer em 1964 e atualizada em 1976, sendo posteriormente adaptada por Bullock *et al.* (1985) (Figura 2.1). Podem ser:

7.2.1) Intergranulares ou de empilhamento: são arranjos estatísticos de poros, intercomunicantes ou não, cujas paredes correspondem às bordas dos grãos (simples), ou entre grãos e pequenos agregados (complexos).

7.2.2) Cavidades: são poros maiores que os anteriores, freqüentemente não intercomunicantes, arredondados, alongados ou irregulares, podendo ter ou não paredes alisadas com reorientações plásmicas.

7.2.3) Vesículas: são poros em geral menores e formados por gases, apresentando distribuições e orientações diversas, com formato arredondado, paredes geralmente alisadas e envolvidas por plasma reorientado.

7.2.4) Canais: são poros em geral maiores que os de arranjo estatístico, tubulares, com seção alongada, circular ou arqueada e com paredes freqüentemente alisadas por ação biológica.

7.2.5) Câmaras ou alvéolos: são cavidades interconectadas por canais, com paredes freqüentemente alisadas.

7.2.6) Planares: são fissuras retas, curvadas ou em "zig-zag", intercomunicadas ou não, com paredes alisadas ou não, podendo ser juntas (dilatação ou contração), fendas oblíquas, ou rachaduras em rede.

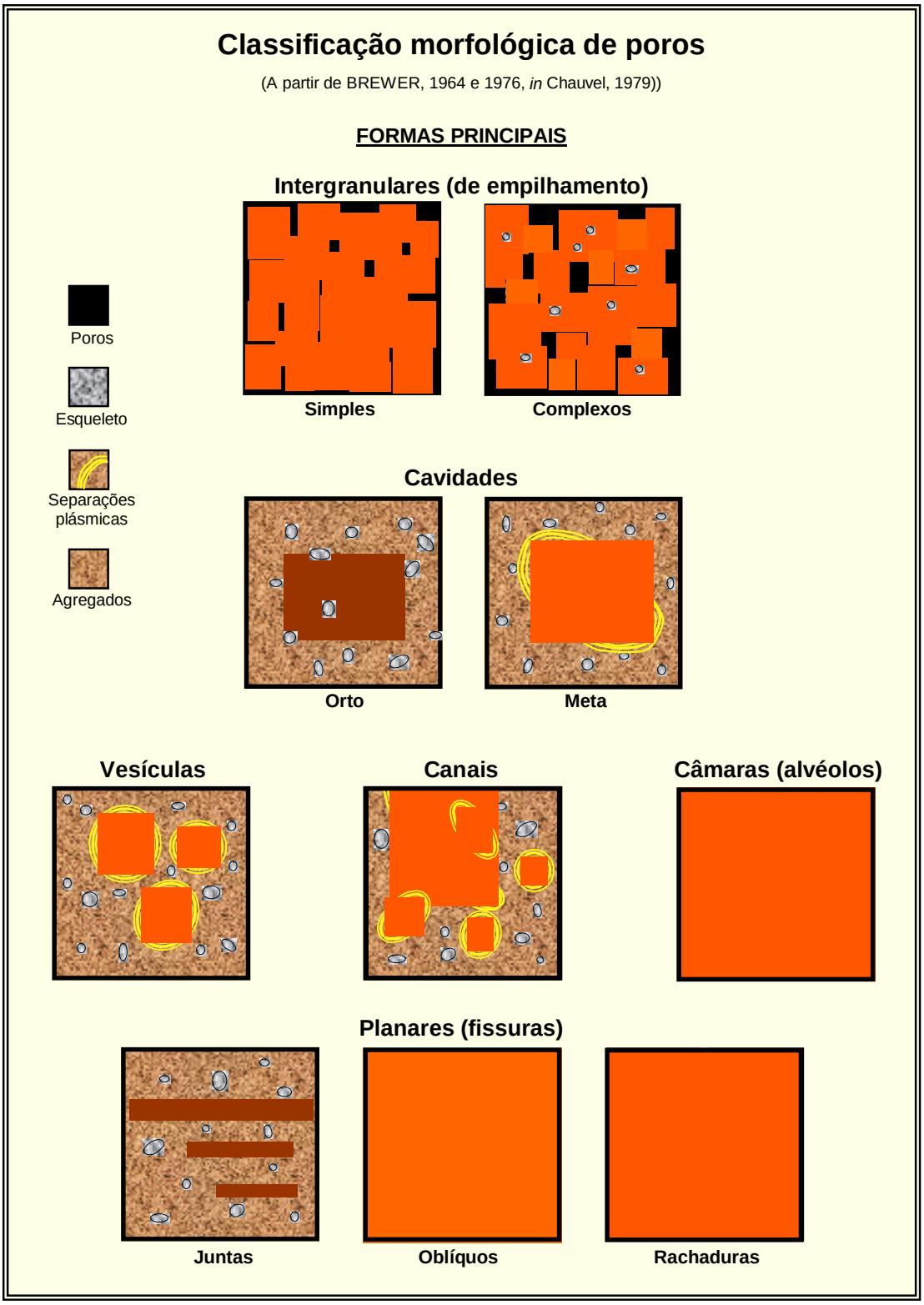


Figura 2.1: Classificação morfológica de poros (Fonte: Castro, 2002).

Quanto a sua origem:

7.2.7) Ortoporos – As paredes são formadas pelo arranjo estatístico ou normal do plasma e do esqueleto, sem diferenças entre estes e as paredes (sem adensamentos, alisamentos, etc.).

7.2.8) Metaporos – As paredes teriam sido submetidas a pressões ou polimentos causados por movimentações de origem mecânica ou biológica

Quanto à gênese, os poros podem ser classificados em:

7.2.9) Litoporos – São herdados da rocha, na qual ocorriam entre os cristais e ligados à estrutura petrográfica, no nível dos geodos.

7.2.10) Pedoporos – São criados pela diferenciação pedológica dos processos de pedogênese.

7.2.11) Bioporos – São criados pela ação biológica da flora ou da fauna, cortando as estruturas pré-existentes e formando geralmente canais e alvéolos. Os mais comuns são: dendríticos, que são abertos por raízes; simples, formados por minhocas; anastomosados, produzidos por formigas; e em redes, produzidos por cupins.

7.3) Esqueleto

O esqueleto pode ser estudado de diferentes formas, considerando o modo textural, mineralógico, morfológico e morfoscópico, genético e funcional.

8) <u>Material grosseiro e fino (conceito G/F)</u>: razão entre a parte ocupada pelo material grosseiro (G) e pelo material fino (F), que define a relação G/F. A separação entre o material grosseiro e o fino, neste caso, não é fixa e depende da granulometria do solo estudado, da natureza das partículas nas diferentes classes granulométricas, da espessura da lâmina e do poder de resolução do microscópio no maior aumento utilizado (Castro et al., 2003). A descrição sistemática da relação G/F é utilizada na classificação denominada distribuição relativa, que considera o alinhamento dos indivíduos em relação a outros indivíduos diferentes. Cinco padrões podem ser identificados (Figura 2.2):

8.1) <u>Mônica</u>: distribuição onde as partículas em geral pertencem a um só grupo de tamanho e tipo de material.

8.2) <u>Enáulica</u>: distribuição onde os agregados de material fino apresentam-se dissociados do esqueleto, dispersos nos poros, mas sem preenchê-los.

8.3) <u>Gefúrica</u>: distribuição onde as unidades maiores apresentam-se parcialmente ligadas entre si por pontes de material bem mais fino.

8.4) <u>Quitônica</u>: distribuição onde as partículas maiores apresentam-se envolvidas por películas de material mais fino.

8.5) <u>Porfírica</u>: distribuição onde as partículas maiores distribuem-se numa matriz de material bem mais fino. Pode ser: aberta, fechada, fragmentada, cavitária, etc.

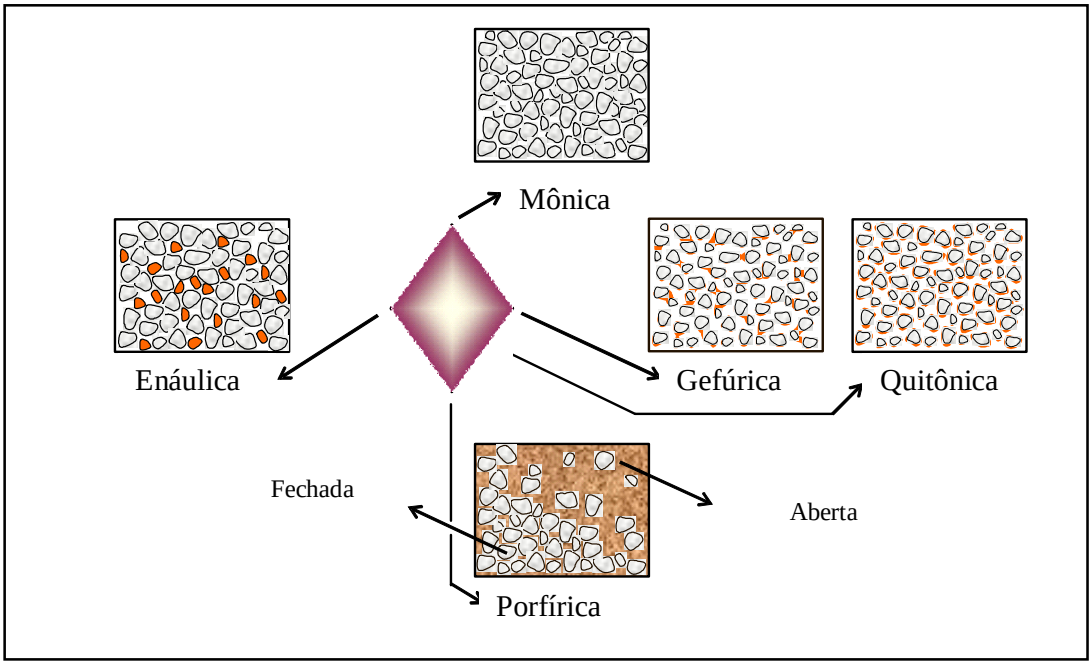


Figura 2.2: Padrões de distribuição (Fonte: Castro, 2002).

Pode-se dizer que a base conceitual exposta neste item é hierarquicamente visualizada da seguinte forma (Figura 2.3):

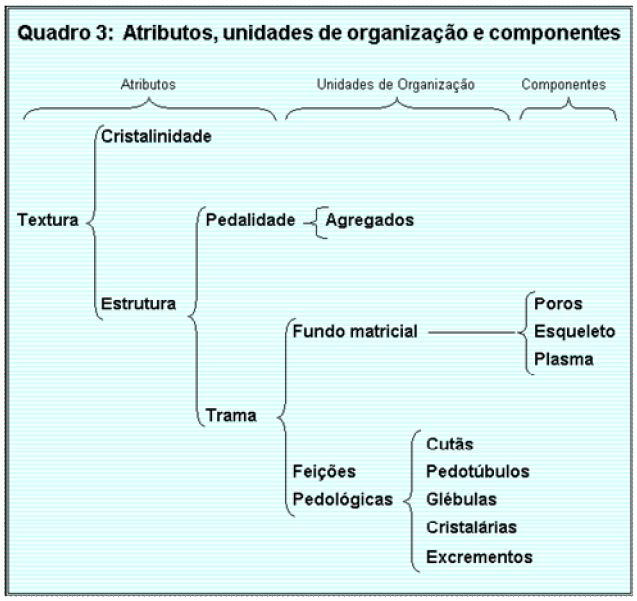


Figura 2.3: Hierarquização da terminologia de micromorfologia dos solos (Fonte: Castro, 2002).

3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

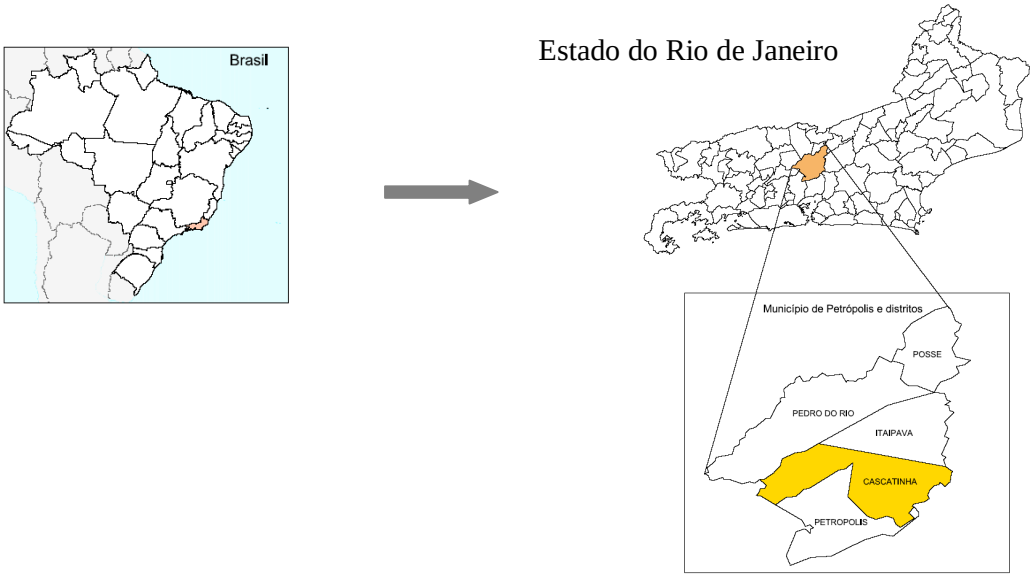
O município de Petrópolis, com altitude média de 809 metros, encontra-se na porção central do Estado do Rio de Janeiro, fazendo parte do complexo da Serra do Mar (Figura 3.1). Apresenta uma área de 798 km^2 compreendida entre as latitudes 22º10'/ 22º15'S e as longitudes 43º00'/ 43º20'W. O clima, tropical de altitude, é marcado por índices de chuvas e temperaturas mais elevados nos meses de novembro a março (CIDE, 1998).

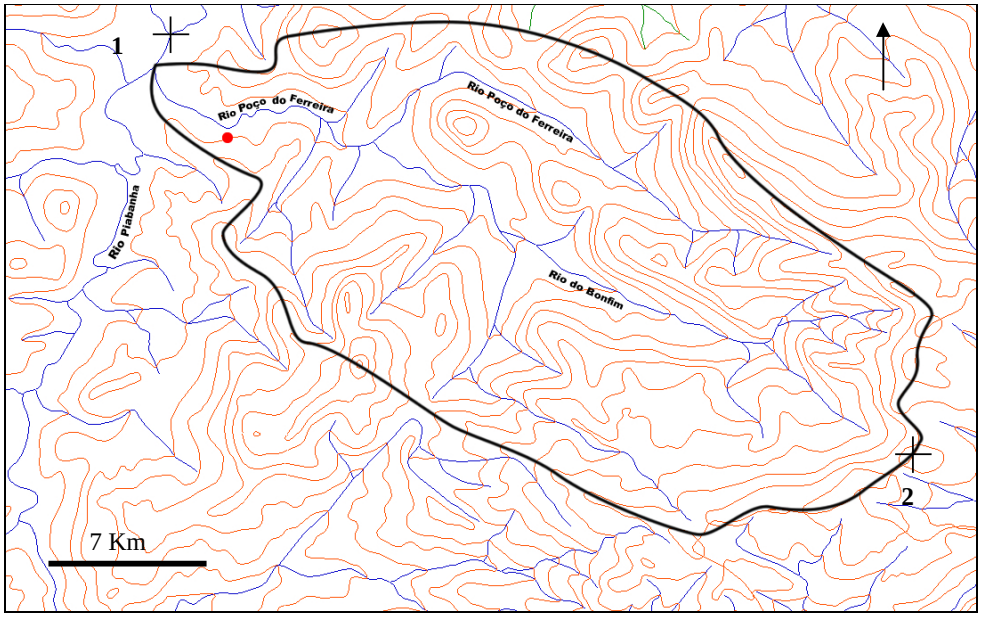
A divisão administrativa é composta por cinco distritos: Petrópolis (sede), Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse. Os distritos estão dispostos no sentido Sul/Norte, acompanhando o curso do rio Piabanha, um dos principais afluentes do rio Paraíba do Sul. O rio Piabanha percorre uma extensão de 74 km dentro de Petrópolis, o que confirma o grande significado deste corpo hídrico para o município (CIDE, 1998).

A estação experimental Fazenda Marambaia está localizada na bacia do rio Poço do Ferreira, afluente da margem direita do rio Piabanha, na localidade de Correias, em Cascatinha (Figura 3.2). A escolha do local para sua implantação foi favorecida por se tratar de uma área privada, evitando assim a perturbação do sistema criado, propiciando uma alta confiabilidade do experimento. Isto favorece a credibilidade dos dados coletados por se tratar de um experimento em área isolada.

3.1. Clima

As características climáticas no município de Petrópolis são fortemente influenciadas por sua posição geográfica. Nimer (1972) classifica o clima da região como mesotérmico brando úmido, característico das áreas mais elevadas da Serra do Mar, marcado pela presença de um inverno seco, com temperatura média inferior a 15ºC, porém nunca abaixo de 10º. Durante os meses mais quentes as temperaturas médias oscilam entre 18ºC e 20ºC.





● Estação Experimental Fazenda Marambaia (22º26'44"S / 43º08'04"W)

1 22º23'43"S / 43º08'15"W **2** 22º28'50"S / 43º03'45"W

Figura 3.1: Mapa de localização da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Fonte: Folha Itaipava (IBGE), escala 1/50.000.

Figura 3.2: Estação experimental Fazenda Marambaia (Petrópolis/RJ). Da direita para a esquerda, Parcelas 1, 2, 3 e 4 (Foto: Antonio S. da Silva).

A distribuição das chuvas também se faz de forma distinta ao longo dos distritos. As variações espaciais ocorrem devido à influência do relevo montanhoso, favorecendo a formação de chuvas orográficas (Nimer, 1972). O distrito sede, por ser o primeiro atingido pelas massas de ar úmidas vindas do litoral, apresenta os maiores índices pluviométricos no município, registrando uma média anual em torno de 1.900 mm (Botelho, 1996). Em Cascatinha (2º distrito), onde está localizada a estação experimental, a média pluviométrica anual não ultrapassa os 1.300 mm, com chuvas concentrando-se nos meses de novembro a março (Silva *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 2000) (Tabela 3.1). Esses valores vão diminuindo conforme se caminha para o interior do município, com os demais distritos apresentando um período de estiagem bem definido no inverno.

Tabela 3.1: Estações Pluviométricas no município de Petrópolis / RJ.

Estações Pluviométricas	Altitude (m)	Prec. Média Anual (mm)	Latitude	Longitude
Petrópolis	820	1.908,5	22º31’	43º11’
Itamarati	825	1.521,7	22º29’	43º08’
Rio da Cidade	720	1.387,5	22º27’	43º10’
Fazenda Marambaia	720	1.231,5*	22º27’	43º08’
Pedro do Rio	660	1.175,8	22º20’	43º08’
Fagundes	460	1.066,5	22º18’	43º11’

Botelho, 1996.
*Dados de 1995 a 2002.

3.2. Geologia e Geomorfologia

A Serra do Mar, com uma extensão superior a 1000 km, estende-se do norte de Santa Catarina até o norte do Rio de Janeiro, no município de Campos, recebendo diferentes denominações: Serra da Graciosa (Paraná), Serra da Bocaina (SP) e Serra dos Órgãos (Rio de Janeiro). Existem várias interpretações quanto à sua origem, entre elas, Penha *et al.*(1981) afirma que sua formação é marcada por falhamentos e escalonamentos combinados ao recuo das escarpas, causado pela erosão remontante. A direção geral do falhamento (NE/SW) está relacionada às antigas direções estruturais do embasamento cristalino brasileiro.

A geologia da área onde a estação experimental está inserida pertence à unidade Batólito Serra dos Órgãos, constituída de granitos a granodioritos gnáissicos do embasamento cristalino, com granulação média a grossa e grande presença do mineral biotita. As rochas são homogêneas e ricas em feldspato potássico (microclina), e possuem como característica marcante a existência de quartzo grosseiro (Penha *et al.*, 1981).

O relevo é constituído de paredões escarpados, desnudos e de formas arredondadas. Isso também é confirmado pelas classes de declividade predominantes na região, que são as de 45% a 75% e superior a 75% (Pacheco, 1997). A erosão diferencial, geradora de depósitos quaternários, favorece o preenchimento dos vales bem encaixados existentes na paisagem. O padrão de drenagem é irregular, estando controlado por várias direções de fraturamento (Penha *et al.*, 1981).

3.3. Pedologia

De acordo com o mapeamento pedológico da microbacia do rio Cuiabá, de características semelhantes com a área aqui trabalhada, Botelho *et al.* (1995) encontraram as seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), *intergrades* entre estas classes, Cambissolo (C) e Litossolo (L). De acordo com a nova classificação da EMBRAPA (1999), as classes Podzólico e Litossolo são atualmente denominadas Argissolo e Neossolo Litólico, respectivamente. Latossolos e Cambissolos permanecem com a mesma nomenclatura.

Botelho (1996) confirmou que os solos encontrados possuem, em sua grande maioria, coloração vermelho-amarelada e profundidades variando de muito profundos (maior que 200 cm) a rasos (cerca de 50 cm). Apresentam-se moderadamente estruturados, predominando a estrutura granular para os Latossolos e Cambissolos, e estrutura em blocos subangulares e angulares para os Argissolos, alguns Cambissolos e *intergrades*.

Ainda destacando a microbacia do rio Cuiabá, Botelho *et al.* (1995) integraram informações pedológicas e geomorfológicas da microbacia para obter a caracterização do sistema solo-paisagem. De acordo com as observações de campo e interpretação de fotografias aéreas, detectou-se que Latossolos estão distribuídos sobre o embasamento cristalino e nos complexos de rampa. Os Latossolos intermediários com a classe dos Argissolos, por sua vez, apresentam um ligeiro predomínio nos complexos de rampa.

Rampas de colúvio são ocupadas pelos Argisolos. Seus intermediários com a classe dos Latossolos distribuem-se de maneira similar. É importante destacar que Latossolos e seus *intergrades* ocupam alta e média encostas. Em se tratando dos trechos de média e baixa encosta, estes são geralmente ocupados pelos Argissolos e seus *intergrades*. Os Cambissolos são encontrados sobre o embasamento cristalino e, em menor proporção, nos complexos de rampa. Finalmente, os Solos Litólicos (ou Neossolos Litólicos) estão presentes nas áreas do embasamento cristalino e depósito de tálus (Botelho *et al.*, 1995).

Estas constatações acerca do relevo e dos solos na microbacia do rio Cuiabá corroboram as afirmações contidas na literatura específica. Latossolos geralmente estão presentes em elevações com superfície suave, regular e sem descontinuidades. Solos com B textural (Bt) por sua vez, situam-se em elevações com superfície irregular, caracterizadas por descontinuidades e rupturas de declive (Curi *et al.*, 1993).

Utilizando a metodologia de amostras circulares de rede de drenagem, Meireles (2000) encontrou em parte dos distritos de Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse, as principais classes de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Neossolo Litólico e Solo Aluvial, este último atualmente designado Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 1999). *Intergrades* entre Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho-amarelo, e entre o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo também foram encontrados. Todas as classes estudadas possuem horizonte A e alguns com A húmico. Os horizontes diagnosticados possuem cores vivas e, em conformidade com os estudos de Botelho (1996) grande parte apresenta estrutura granular. No caso dos Argissolos Vermelho-Amarelos, a estrutura característica é de blocos subangulares.

3.4. Vegetação e Uso do Solo

A cobertura vegetal característica do município é composta por florestas latifoliadas do sub-grupo tropical úmido de encosta, com árvores agrupadas de forma densa, chegando a grandes alturas (IBGE, 1977). Este sub-grupo é também conhecido como Mata Atlântica, estando atualmente restrito a áreas de difícil acesso, com declividades acentuadas.

O Bioma Mata Atlântica é um domínio com múltiplas fitofisionomias, formado por um conjunto de ecossistemas florestais e ecossistemas associados. Sua importância é sempre mencionada por abrigar um dos maiores contingentes de biodiversidade do planeta, representada não somente pela flora, como também por uma fauna diversificada, caracterizada pelo grande número de espécies raras e endêmicas, em muitos casos ameaçadas de extinção. Além de todas estas qualidades, a Mata Atlântica possui imenso valor paisagístico, científico, turístico e cultural, prestando inúmeros serviços ambientais como a conservação da biodiversidade, proteção de solos, das águas e encostas, dentre outros (Lino e Dias, 2003).

Mesmo se tratando de uma grande fonte de riquezas, muitos problemas são constantemente diagnosticados. A Reserva Biológica das Araras, por exemplo, enfrenta grandes riscos para a sua preservação, representados pelas invasões e caça ilegal. Muitas áreas são desmatadas para a implantação de pastagens e culturas. Todas essas alterações na vegetação original causadas por uma variada atuação antrópica permitiram o aparecimento de uma mata secundária mais pobre em espécies e menos densa (CIDE, 1998).

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa consiste na caracterização do comportamento erosivo em superfície no período de 1997 a 1999, através do monitoramento das parcelas de uma estação experimental. A determinação das alterações físicas e químicas foi complementada pela caracterização macro e micromorfológica dos perfis de solo até as profundidades selecionadas. Assim, em nível mais detalhado, utilizou-se a interpretação de lâminas delgadas de solo como uma ferramenta indispensável na avaliação das transformações da microestrutura do solo da estação experimental (FitzPatrick, 1984).

4.1. Caracterização da Estação Experimental Fazenda Marambaia

O trecho selecionado para a instalação da estação experimental fica em trecho de média encosta, com 13º de declividade e apresenta uma cobertura vegetal de gramíneas e é utilizado como pastagem. Atualmente, o entorno do polígono selecionado para a instalação da estação continua sendo utilizado para pastagem de caprinos.

A estação experimental foi instalada sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura franco-arenosa no horizonte A e argilosa no horizonte B. Esta classe solo é muito comum no Brasil, possuindo como horizonte diagnóstico o B latossólico (Bw), cujas principais características são: avançado estágio de intemperização, cores vivas (amareladas), boa agregação, estrutura comumente granular e pouca ou nenhuma acumulação de argila iluvial. Latossolos são solos profundos, ácidos a fortemente ácidos, com baixa descontinuidade textural e estrutural entre seus horizontes. São bastante porosos e permeáveis, com textura variando de média a muito argilosa, e com predomínio de argilominerais do grupo 1:1 (caulinítico-gibsíticos), quartzo e outros minerais altamente resistentes a intemperização (Botelho, 1996; Guerra e Botelho, 1998).

As chuvas na área estão concentradas no período de novembro a março, sendo o mês mais chuvoso (dezembro), atingindo uma precipitação média em torno de 260 mm,

e o mês mais seco (junho), com aproximadamente 25 mm de média pluviométrica (Silva *et al*., 2000) (Figura 4.1).

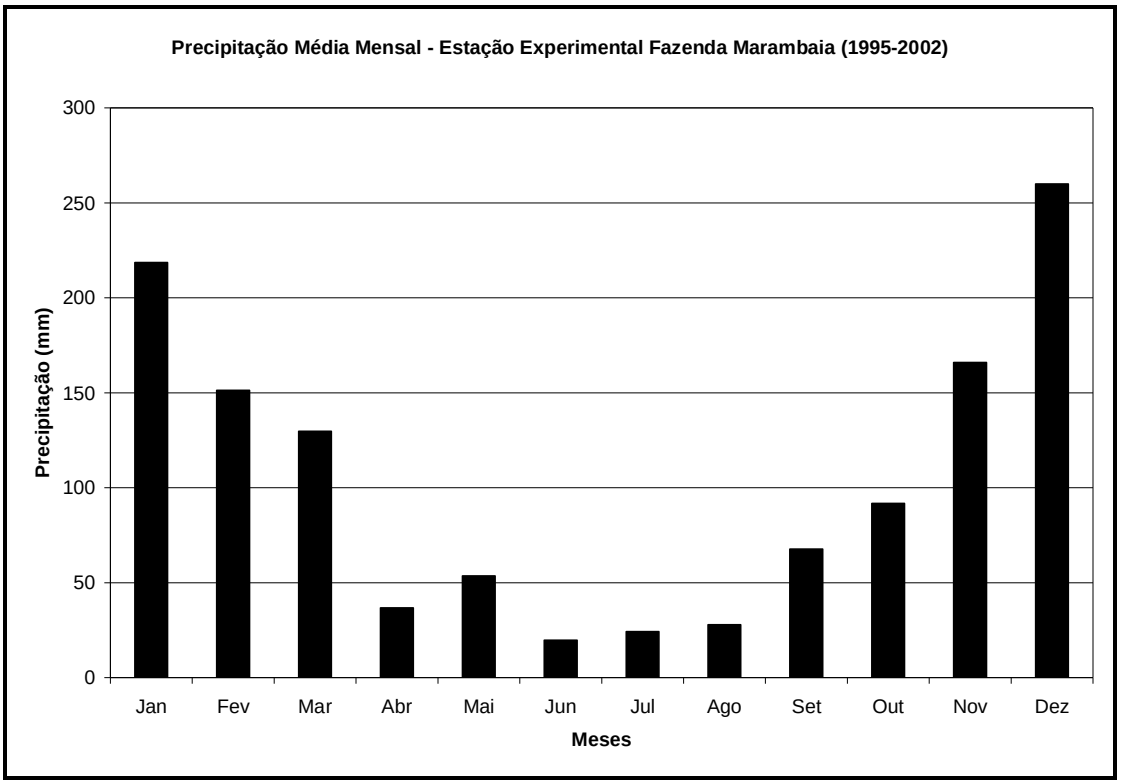


Figura 4.1: Precipitação média mensal na estação experimental Fazenda Marambaia (1995-2002).

4.2. Estrutura da Estação Experimental Fazenda Marambaia

A estação experimental Fazenda Marambaia é formada por quatro parcelas de 10 metros de comprimento por um metro de largura, totalizando uma área de 10 m^2 cada. Cada parcela é isolada com chapas de ferro galvanizado de 2 mm de espessura por 30 cm de altura, sendo 10 cm enterrados no solo. Todas as parcelas possuem em sua base uma calha de PVC onde ficam retidos os sedimentos provenientes do escoamento superficial. As calhas, por sua vez, estão acopladas a galões de 60 litros através de uma

mangueira plástica, que recebem os sedimentos e as águas do escoamento superficial (Figura 4.2).

Figura 4.2: Visão da Parcela 2. Na base, calha coletora e galão (Foto: Simone F. Garcia).

Para comparar as possíveis respostas do solo analisado, cada parcela recebeu um tratamento diferenciado:

Parcela 1 (P1): mantida sem cobertura vegetal e sem tratamento;

Parcela 2 (P2): mantida sem vegetação, e adicionado 10 Kg de calcário no início do monitoramento, em dezembro de 1996. A aplicação de calcário tem por objetivo simular a calagem feita para corrigir a acidez do solo, bem como auxiliar na melhoria da estabilidade dos seus agregados;

Parcela 3 (P3): mantida sem vegetação, e adicionado 10 Kg de adubo orgânico também antes de começar o monitoramento (dezembro de 1996). O uso deste tipo de insumo visa aumentar o teor de matéria orgânica e a estabilidade dos agregados no horizonte superficial;

Parcela 4 (P4): manteve-se a cobertura de gramíneas, servindo de parcela testemunha para comparar seus resultados com as demais parcelas tratadas.

Ainda na estação, foi instalado um pluviômetro para a mensuração das chuvas na área, com a coleta e medição realizadas diariamente às 7h da manhã por um funcionário da Fazenda Marambaia (Figura 4.3).

Figura 4.3: Pluviômetro para a coleta diária das chuvas na estação experimental Fazenda Marambaia (Foto: Simone F. Garcia).

4.3. Monitoramento da Estação Experimental Fazenda Marambaia

O acompanhamento da estação experimental foi realizado semanalmente para a coleta do material retido nas calhas e da água armazenada nos galões. A água contida nos galões era homogeneizada para permitir a coleta de uma amostra representativa de 1 litro, onde se encontrava parte dos sedimentos em suspensão.

O material recolhido era então levado para o Laboratório de Pedologia da UFRJ. Os sedimentos provenientes das calhas passavam pelo processo de pesagem, enquanto o material em suspensão era filtrado e pesado após secagem ao ar. Os valores encontrados foram preenchidos na Ficha de Monitoramento Semanal (Anexo A), contendo registros

como a quantidade de água dos galões (em litros), o peso do material retido nas calhas (em gramas), e peso dos sedimentos retido na amostra de 1 litro (em gramas). Multiplicou-se o peso encontrado para os sedimentos em suspensão pela quantidade de litros retida nos galões, tendo-se, dessa forma, o valor total de sedimentos transportados até estes recipientes. O resultado total das perdas de solo por parcela foi obtido pelo somatório dos sedimentos coletados nas calhas e nos galões.

4.4. Tratamento dos Dados Adquiridos

Os valores registrados nas Fichas de Monitoramento Semanal foram transferidos para uma planilha eletrônica (Anexo B). Cada ano de experimento (1997 a 1999) foi registrado em uma planilha, permitindo um melhor tratamento dos resultados, como também maior facilidade na comparação das perdas catalogadas. Cada monitoramento isolado foi definido como um período, a maioria de sete dias. Nesta planilha, então, foram listados, para cada período, as perdas de solo (em gramas) de cada parcela, precipitação total e dias de chuva, além da data compreendida em cada monitoramento. As planilhas geradas serviram de base para a realização dos gráficos interpretativos do comportamento erosivo presente na estação experimental, sendo de grande importância para a continuidade desta pesquisa.

Os dados diários de precipitação entre os anos de 1997 e 1999 também foram digitados em tabelas (Anexo C), permitindo o acompanhamento minucioso dos dias de maior precipitação dentro de cada período de monitoramento.

Cabe salientar que a estação experimental continuou gerando dados nos anos seguintes. Entretanto, optou-se por não usá-los em virtude de várias lacunas de informação referentes às perdas de solo.

4.5. Coleta de Amostras e Análises Laboratoriais

Foram abertas trincheiras nas quatro parcelas da estação experimental, com dimensões de 50 cm x 50 cm x 50 cm (Figura 4.4). Os perfis de solo foram estudados nas profundidades 0, 10, 20, 30 e 40 cm, por meio de amostras volumétricas, deformadas e indeformadas (para micromorfologia). Para a caracterização dos perfis foram realizadas as seguintes análises laboratoriais:

Figura 4.4: Trincheira aberta na Parcela 4 (Foto: Antonio S. da Silva).

- **Morfologia**: descrição detalhada do solo em campo de características como cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, raízes, etc, seguindo os parâmetros descritos por Lemos e Santos (1996);

- **Textura**: determinação em percentuais das frações constituintes do solo (cascalho, areia, silte e argila) utilizando o método da pipeta (EMBRAPA, 1997) (Figura 4.5);

Figura 4.5: Etapa da análise granulométrica que consiste na coleta de amostra da fração argila (Foto: Simone F. Garcia).

- **pH**: determinação realizada em amostras diluídas em água e cloreto de potássio (KCl 1N) (EMBRAPA, 1997). Desta forma pode-se verificar o grau de acidez do solo nos diferentes tratamentos, além da possível atuação do calcário na parcela submetida a esse tratamento (Parcela 2);

- **Matéria orgânica**: verificação dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico utilizando o método de ignição, proposto por Hesse (1971). Esta análise consiste em verificar se existe incorporação deste material ao solo, principalmente na Parcela 3, e comparar com os resultados das demais parcelas;

- **Densidade aparente**: também conhecida como densidade global do solo, consiste na coleta de amostras volumétricas (Figura 4.6) com um anel de aço com volume interno conhecido. Após realizar os procedimentos definidos por EMBRAPA (1997), a densidade aparente foi obtida pela seguinte fórmula:

$$\text{Densidade aparente } (g / cm^3) = a / b$$

Onde:

a = peso da amostra seca a 105º C

b = volume do anel

Figura 4.6: Coleta de amostra volumétrica para determinação da densidade aparente (Foto: Antonio S. da Silva).

- **Densidade Real**: a densidade de partículas, como também é conhecida, foi determinada pelo volume de álcool utilizado no preenchimento de um balão volumétrico que contém uma amostra de solo seco. Seu valor foi obtido com a seguinte fórmula:

$$\text{Densidade de partículas}(g / cm^3) = a / 50 - b$$

Onde:

a = peso da amostra seca

b = volume de álcool gasto

- **Porosidade**: A tipologia da porosidade pode ser determinada por meio da análise das micromorfológica, interpretando as lâminas delgadas de solo. A quantificação da porosidade total, em percentual, foi definida utilizando os dados das densidades real e aparente. Tal informação consiste em determinar o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar, respeitando a seguinte fórmula:

Porosidade total = 100 (a – b) / a

Onde:

a = densidade real

b = densidade aparente

4.6. Micromorfologia

Para realizar uma detalhada descrição e interpretação das estruturas do solo através da micromorfologia, faz-se necessário respeitar uma série de procedimentos que englobam desde a obtenção das amostras em campo até a confecção das lâminas, em laboratório. É importante ressaltar que as etapas, listadas a seguir, foram realizadas de acordo com as técnicas difundidas por Bullock *et al.* (1985), Curi *et al.* (1985) e Castro (1985, 1989 e 2002).

A) **Coleta de amostras em campo**: foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades 0, 10, 20, 30 e 40 cm (Figura 4.7). Estas amostras (torrões) são coletadas com o auxílio de uma faca e armazenadas em caixas de papelão nas dimensões 4 x 4 x 4 cm. Cada caixa recebe a orientação da amostra em relação a sua localização no perfil do solo. O interior destas caixas apresenta-se encerado com a finalidade de impedir a destruição das mesmas pela umidade do solo coletado. Após a coleta, as amostras, então, foram cuidadosamente embaladas a fim de evitar perturbações estruturais que pudessem prejudicar as futuras interpretações. Cada parcela possibilitou a coleta de 10 amostras, duas a cada profundidade determinada, para se ter uma amostra reserva, caso a primeira fosse descartada. Dessa forma, a estação experimental, com suas quatro parcelas possui 20 amostras para análise e mais 20 amostras replicadas.

Figura 4.7: Coleta de amostra indeformada na superfície da Parcela 2 (Foto: Antonio S. Da Silva).

B) **Processo de pré-impregnação ou secagem**: em laboratório as 20 amostras foram desensacadas e expostas à temperatura ambiente para permitir sua completa secagem, durando aproximadamente duas semanas.

C) **Impregnação**: com as amostras totalmente secas partiu-se para a impregnação das mesmas. Cada torrão foi retirado de sua respectiva caixa de papelão e transferido para um pequeno recipiente de alumínio. Em seguida foi adicionada a este novo recipiente uma solução para impregnação, tomando-se o cuidado de não colocá-la diretamente sobre os torrões. Esta solução foi obtida juntando-se 100 ml de resina de poliéster da marca Araltec, 50 ml de acetona, 10 ml de endurecedor HY951BR e aproximadamente 10g do corante azul de metileno. A aplicação desta solução visa preencher os espaços vazios da amostra de solo e mantê-la endurecida, preservando as características estruturais da amostra. Para isso, deve-se diminuir a viscosidade desta solução para então proceder à impregnação utilizando bomba a vácuo (capilaridade em vácuo fraco). A bomba a vácuo acoplada a um dessecador permitiu a impregnação de quatro amostras

por vez. Foram realizados dois a três ciclos de impregnação até que toda a amostra estivesse completamente preenchida com a solução utilizada.

A utilização de pigmento corante tem por objetivo preencher as áreas vazias existentes nas lâminas, facilitando a identificação e classificação da porosidade. Entretanto, esta ação não possibilitou o efeito desejado, gerando somente algumas áreas pigmentadas em alguns trechos das lâminas, mas nunca prejudicando a interpretação das mesmas.

D) **Corte e montagem dos blocos impregnados e confecção das lâminas**: após a total cura (endurecimento) das resinas, cada amostra sofreu um corte pela metade com o uso de serra diamantada, a seco. Esta nova superfície plana foi fixada em lâmina de vidro com dimensões de 7,5 cm x 6 cm, utilizando resina composta por cola Araldite 1.119 e endurecedor HY951BR. Em seguida todas as amostras submetidas a este procedimento foram colocadas em estufa a 40º C por um tempo aproximado de seis horas. No dia seguinte, após um tempo de espera em temperatura ambiente, as lâminas estavam prontas para o desbaste (EMBRAPA, 1997; Castro *et al.*, 2003).

E) **Afinamento da lâmina por desbaste**: o afinamento da lâmina e a obtenção de uma face plana foi feita utilizando esmeril. Trata-se de uma série de abrasivos (Nº 180, 220, 400, 600 e 1.200), cuja especificação técnica é dada por "Amostra de Carbono Silício". O desbaste foi realizado manualmente sobre um disco de ferro fundido até atingir a espessura entre 25 e 30µm, ideal para a observação das características óticas das amostras de solo. A confirmação da espessura foi feita com observações em microscópio petrográfico, considerando especialmente o comportamento ótico do quartzo, conhecido como um mineral guia. Ao visualizar satisfatoriamente a superfície da lâmina em microscópio, a mesma passou por acabamento final, sendo devidamente numerada e orientada em relação ao plano de coleta (Figura 4.8). Com todas estas etapas finalizadas as

lâminas estavam prontas para a interpretação (EMBRAPA, 1997; Castro *et al*., 2003).

Figura 4.8: Exemplo de lâmina pronta para interpretação. Amostra extraída da Parcela 1, a 30 cm de profundidade (Foto: Simone F. Garcia).

F) **Interpretação**: inicialmente, é preciso especificar que a interpretação das lâminas para cada parcela foi realizada da base (40 cm) para a superfície (0 cm). Este procedimento foi realizado com o objetivo de verificar as graduais modificações estruturais que poderiam ocorrer em função dos tratamentos aplicados, modificações estas provavelmente mais perceptíveis nas profundidades iniciais do solo. A primeira interpretação das lâminas, mais generalista, foi realizada com o auxílio de um retroprojetor, permitindo uma descrição das principais alterações facilmente visíveis. Em seguida, foi utilizado o microscópio petrográfico de luz polarizada da marca Zeiss (Figura 4.9), composto de quatro objetivas com os seguintes aumentos: 2,5, 10, 20 e 40. A descrição e interpretação foram realizadas principalmente com o menor detalhe permitido (2,5), o que contribuiu para uma caracterização mais ampla dos constituintes e seus arranjos nas lâminas. Quando necessário, interpretações mais detalhadas eram realizadas com as demais objetivas, caracterizando pormenorizadamente a área selecionada nas lâminas. A utilização do roteiro proposto por Castro (2002), auxiliou numa didática descrição e ordenamento das informações obtidas, que consistiram em diferenciar as áreas ocupadas pela matéria sólida e pelo espaço poroso, facilitando a definição de sua tipologia e função (Castro *et al.*, 1993) (Anexo D).

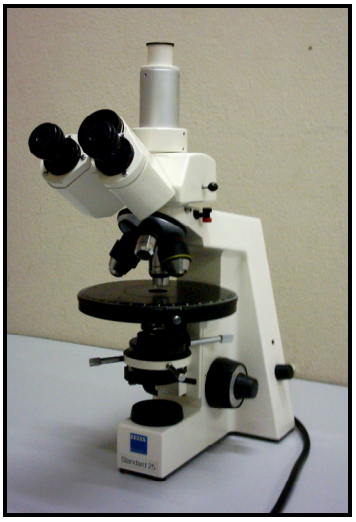


Figura 4.9: Microscópio utilizado para interpretação de lâminas delgadas de solo (Foto: Simone F. Garcia).

G) **Inventário fotográfico**: fotografias foram tomadas em luz natural (LN) e luz polarizada (LP) com um aumento de quatro e dez vezes. Os trechos das lâminas selecionados registram as feições mais representativas encontradas nas diferentes profundidades analisadas.

H) **Organização das informações obtidas**: como resultante do preenchimento do roteiro para cada lâmina, foram elaboradas tabelas contendo as principais informações listadas no roteiro supracitado.

Com as informações obtidas pela interpretação de lâminas delgadas de solo foi possível confirmar a ocorrência, ou não, de alterações micromorfológicas e sua correlação com os resultados obtidos para as demais análises físico-químicas. O comportamento erosivo em cada parcela também serve de contribuição ao entendimento destas alterações, em escalas variadas, do solo onde a Estação Experimental Fazenda Marambaia está instalada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para facilitar o entendimento acerca dos estudos desenvolvidos, os resultados para cada parcela serão apresentados da seguinte maneira:

- Correlação das perdas de solo com a precipitação registrada por período de monitoramento;
- Interpretação das análises físico-químicas complementadas por informações de campo;
- Interpretação das características micromorfológicas das parcelas da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

5.1. Perdas de Solo e Pluviosidade

Este item aborda a representatividade da erosão nas condições físicas estipuladas com a instalação da Estação Experimental Fazenda Marambaia. Para isso, define-se como tempo de análise os valores obtidos entre os anos de 1997 a 1999. Inicialmente será apresentada uma caracterização geral das parcelas considerando as perdas totais de solo e sua relação com o total pluviométrico gerado. Em seguida, parte-se para uma interpretação das perdas de solo por parcela, considerando os valores registrados nos anos selecionados, divididos em períodos de monitoramento, conforme explicado na metodologia dessa dissertação (item 4.3). Acredita-se que a interpretação do comportamento erosivo possibilita o conhecimento dos fenômenos que potencializam possíveis alterações na estrutura do solo da estação experimental.

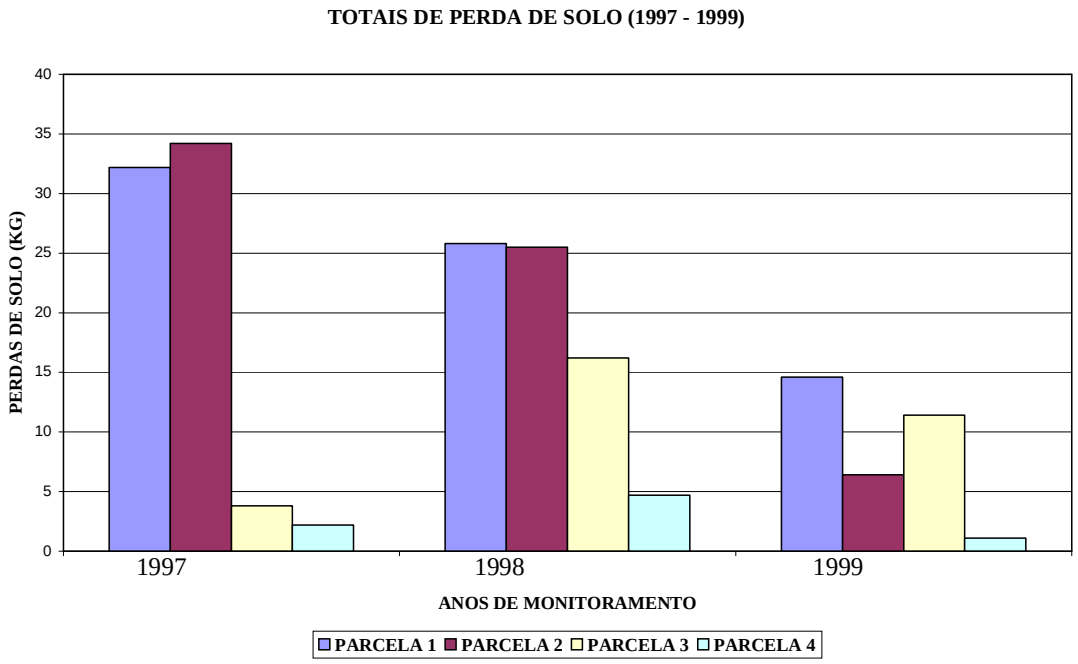
Os valores totais de perda de solo, por quilograma, juntamente com o registro pluviométrico anual, em milímetros, são apresentados na tabela 5.1. Para esta tabela são considerados os valores das planilhas do Anexo B, contendo o somatório dos dados de chuva e de perda de solo por período monitorado. Cabe ressaltar que os totais

pluviométricos aqui mencionados não são os mesmos apresentados nas tabelas de totais pluviométricos diários, contidas no Anexo C. Esta pequena variação ocorre porque, para cada ano monitorado, geralmente são considerados alguns valores de chuva dos anos anterior e posterior. Entretanto, os registros não apresentam alterações que comprometam a interpretação dos resultados.

Tabela 5.1: Totais de perda de solo e precipitação na Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Anos	**PARCELA 1 (Kg)**	**PARCELA 2 (Kg)**	**PARCELA 3 (Kg)**	**PARCELA 4 (Kg)**	**PREC. (mm)**
1997	32,2	34,2	3,8	2,2	1.082,6
1998	25,8	25,5	16,2	4,7	1.418,9
1999	14,6	6,4	11,4	1,1	932,6
Total	72,6	66,1	31,4	8,0	3434,1

A figura 5.1 permite rápida visualização das informações da tabela supracitada. O maior registro pluviométrico foi verificado no ano de 1998, com valor ultrapassando os 1.400 mm. O ano seguinte, 1999, foi responsável pelo menor índice pluviométrico dos três anos monitorados, totalizando 932,6 mm. Dependendo da parcela considerada, nem sempre altos índices pluviométricos são responsáveis por grandes perdas de solo. No primeiro ano de monitoramento, com precipitação pouco superior a 1.000 mm, as Parcelas 1 e 2 apresentaram as maiores perdas de solo ao longo dos três anos de monitoramento, com valores de, respectivamente, 32,2 kg e 34,2 kg. Este grande volume de sedimentos foi associado à retirada da cobertura vegetal e, conseqüentemente, desestabilização do solo nestas parcelas. Na Parcela 2, a aplicação do calcário não auxiliou a retenção do solo, pois apresentou uma perda um pouco maior do que a registrada na Parcela 1. A Parcela 3 apresentou uma perda de 3,8 kg. Neste caso, mesmo com a retirada da vegetação, a aplicação de adubo orgânico auxiliou a fixação e estabilização do solo, reduzindo as perdas por erosão. Como a Parcela 4 é mantida com vegetação, as perdas de solo para o ano de 1997 são de 2,2 kg, portanto, ligeiramente inferiores à Parcela 3.



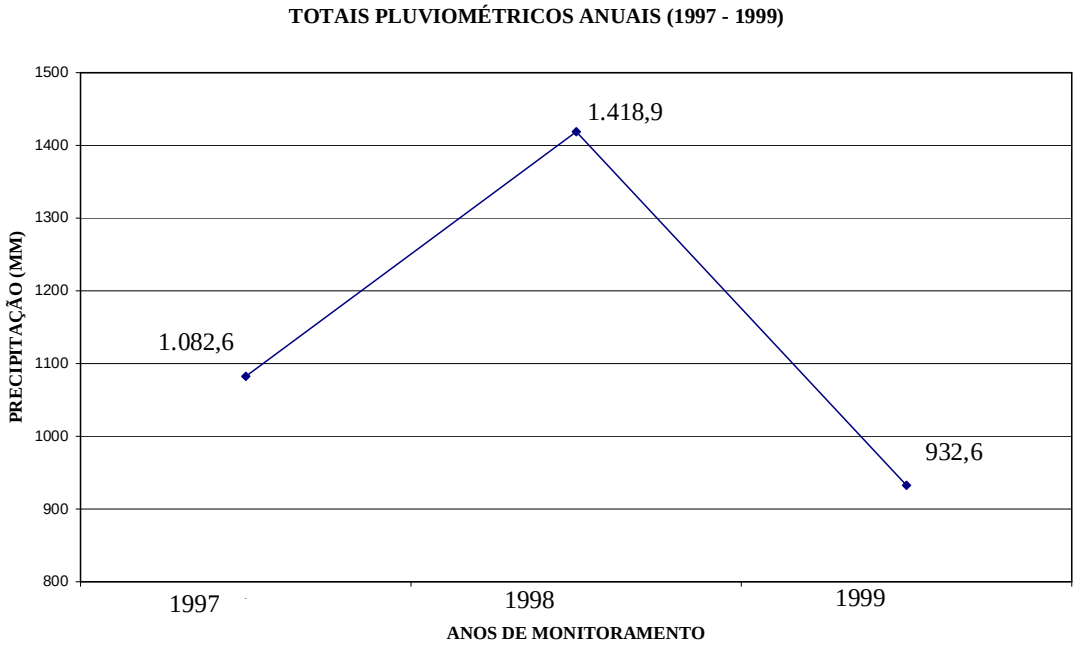


Figura 5.1: Totais de perda de solo e pluviosidade na Estação Experimental Fazenda Marambaia (1997 – 1999).

Mesmo com a elevação do total pluviométrico no ano de 1998, as Parcelas 1 e 2 apresentaram uma redução nas taxas de perda de solo, com valores aproximados de 25kg em ambas as parcelas. Este comportamento foi associado a uma menor disponibilidade de material para transporte. Mesmo assim estas parcelas continuam apresentando os maiores valores de perda de solo da estação experimental. A maior quantidade de chuvas gerou maior perda de solo nas demais parcelas, quando comparadas com o ano de 1997, em especial na Parcela 3, com perda de 16,2 kg. A Parcela 4, por sua vez, teve um ligeiro aumento nas perdas de solo, totalizando 4,7 kg.

A considerável diminuição do total pluviométrico em 1999 propiciou a redução nas perdas de solo de todas as parcelas. Entretanto, queda mais considerável foi registrada na Parcela 2, com quase a quinta parte do valor registrado em 1998, ou seja, 6,4 kg, valor este inferior ao total encontrado para a Parcela 3. Em relação a esta parcela e a Parcela 4, a queda no total pluviométrico resultou em diminuição nas perdas de solo quando comparadas ao ano anterior (1998), porém registra-se na Parcela 3 um aumento da perda de solo em relação a 1997.

O monitoramento da Estação Experimental Fazenda Marambaia ao longo de três anos possibilitou verificar que, mesmo com as oscilações do total pluviométrico, o total de perda de solo sofreu reduções gradativas na Parcela 1. A formação de crostas no topo do solo é o provável agente estabilizador nesta parcela, reduzindo o destacamento de partículas e aumentando a capacidade de transporte quando existe material disponível para ser removido (Guerra, 1995 e 1999). Este mesmo comportamento é observado na Parcela 2, resultando em uma forte redução dos totais de solo transportado em 1999. As Parcelas 3 e 4 foram as únicas que apresentaram correlação positiva com a precipitação, ou seja, a cada variação do total de chuvas registrado, estas parcelas também apresentaram maior ou menor perda de solo. Este resultado, considerando estritamente este tipo de comparação, mostra que a aplicação de adubo orgânico em um solo mantido sem vegetação, pode favorecer a um comportamento erosivo similar à uma parcela vegetada por gramíneas. Entretanto, é importante mencionar que os valores registrados de perda de solo na Parcela 3 sempre foram superiores aos verificados na Parcela 4 (Figura 5.1). Cabe ressaltar as diferenças de perdas de solo entre as duas parcelas nos anos monitorados, pois enquanto em 1997 as perdas de solo foram próximas para

ambas, nos anos seguintes a diferença de valores é marcante: 11,5 kg em 1998 e 10,3 kg em 1999. Estes resultados confirmam a eficiência da manutenção da cobertura vegetal no combate aos processos erosivos em superfície.

O conhecimento pormenorizado das variações de perda de solo é somente possível ao se trabalhar com o monitoramento semanal. Dessa forma, conhecendo os registros de precipitação diários, pode-se compreender o motivo de uma maior ou menor perda de solo. Com o interesse em se entender o comportamento erosivo das parcelas integrantes da Estação Experimental Fazenda Marambaia, cada parcela será estudada a seguir, apresentando cada ano dividido em períodos de monitoramento. Os gráficos que possibilitarão o entendimento acerca das parcelas foram elaborados com as informações contidas nos Anexos B e C. Convém informar que, por se tratar de pequenas perdas de solo por período monitorado, os dados serão apresentados em gramas. Devido à amplitude de registros de perda de solo e, visando à comparação das informações anuais de cada parcela separadamente, os gráficos serão apresentados com escalas diferenciadas. Com o objetivo de facilitar a visualização e a interpretação das perdas de solo, serão adotadas as seguintes escalas: zero a 7.000 g para as Parcelas 1 e 2; zero a 3.000 g para a Parcela 3; e zero a 1.400 g para a Parcela 4.

As características pluviométricas desta região de Petrópolis (Cascatinha) são confirmadas pela quantidade de chuva apontada nos gráficos a serem explorados em seguida. Os valores de chuva acumulada por período de monitoramento são elevados nos primeiros e últimos meses do ano, ou seja, de janeiro a março e de outubro a dezembro. Os demais meses são caracterizados por um período de estiagem. Entretanto, isso não impede que existam algumas precipitações de maiores valores.

PARCELA 1 – SEM TRATAMENTO

- **1997**

As primeiras semanas do ano de 1997 caracterizaram-se por altos índices pluviométricos (Figura 5.2). A energia dessas chuvas aliada à disponibilidade de material após a retirada da cobertura vegetal favoreceram significativas taxas de perda de solo. Os períodos 2 (2 a 8/jan) e 3 (9 a 16/jan) registraram totais pluviométricos em torno de 100 mm e perdas de solo aproximadas de 2,5 kg e 1,7 kg, respectivamente.

O período 4 (17 a 23/jan) merece especial atenção por apresentar a maior perda de solo do ano (6 kg), mesmo verificando uma queda no registro pluviométrico (63,9 mm). Este comportamento mostra a baixa estabilidade do solo quando úmido, pois esta elevada taxa erosiva foi potencializada pelos altos índices pluviométricos dos períodos 2 e 3, caracterizados por dias com chuvas entre 20 mm e 40 mm, principalmente nos três últimos dias do período 3. O período 4, por sua vez, apresentou somente dois dias de chuva, sendo que no primeiro dia o pluviômetro registrou uma precipitação de 60,5 mm (Tabela 5.2). Esta quantidade de chuva aliada às precipitações dos períodos anteriores possibilitou esta grande perda de solo, em consequência, principalmente, da elevada umidade antecedente.

Comportamento diferente foi verificado nos períodos 9 e 10. Devido a um registro pluviométrico de 46,7 mm no último dia de monitoramento, o período 9 (21 a 26/fev) registrou a segunda maior perda de solo de 1997, com aproximadamente 5 kg de material transportado. Provavelmente, essas chuvas, quando aconteceram, dispunham de energia suficiente para transportar tamanha quantidade de solo. No período 10 (27/fev a 6/mar), aproximadamente 45 mm acumulados em três dias seguidos no mês de março propiciaram uma perda de solo aproximada de 2 kg.

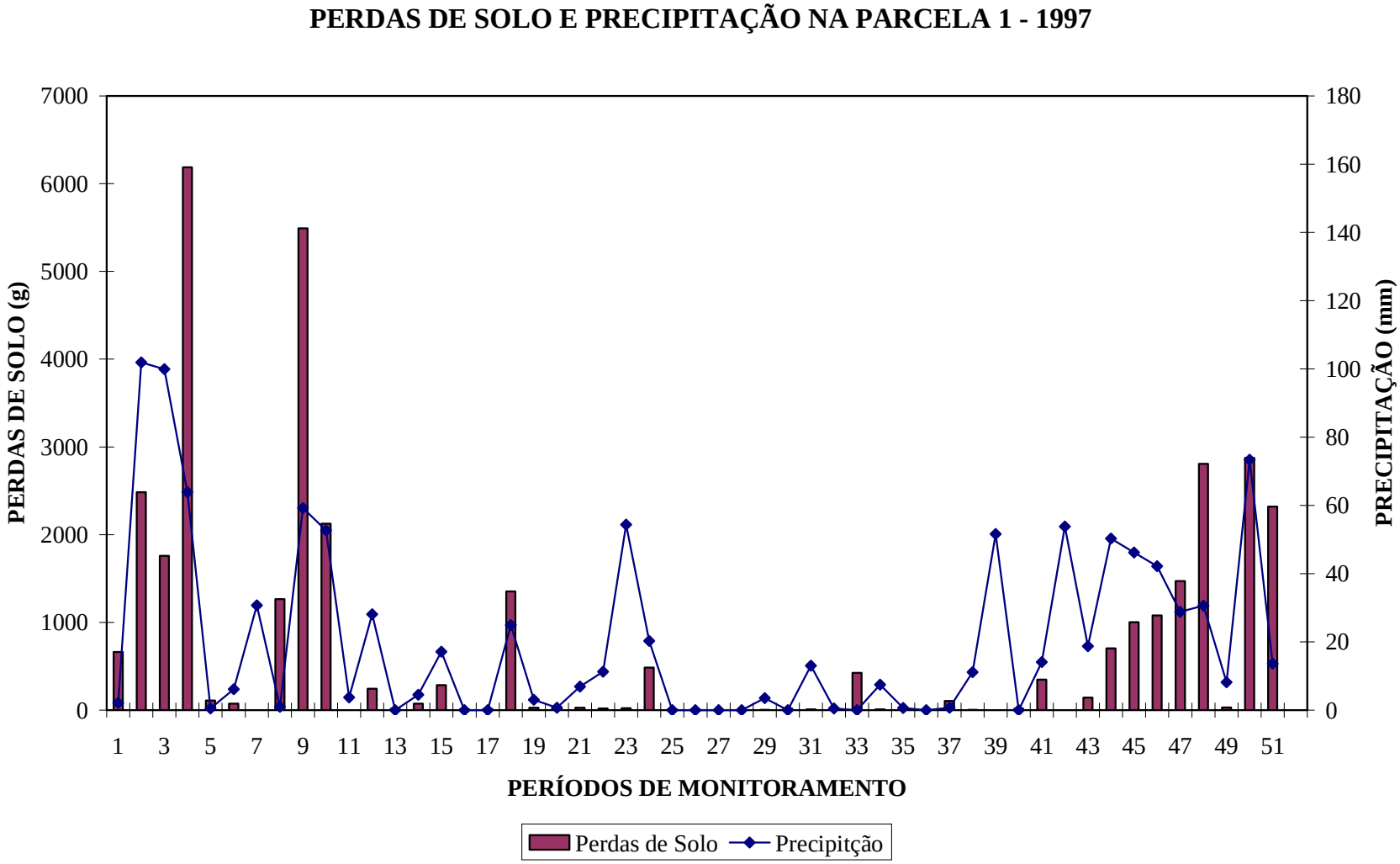


Figura 5.2: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 1 – 1997).

Tabela 5.2: Distribuição da precipitação nos períodos 2, 3 e 4 - 1997.

	Dias de chuva								Perda de solo na Parcela 1 (g)
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	
Período 2	0	20,7	7,1	30,1	40,7	3,3	0	----	2.483,5
Período 3	0	20,1	1,1	5,6	2,2	20	20,9	30	1.758,0
Período 4	60,5	3,4	0	0	0	0	0	----	6.186,2

Em meados de março, a partir do período 12 (14 a 20/mar), os valores de precipitação, por período, tornaram-se reduzidos, e, conseqüentemente, diminuíram as taxas de erosão. Nesta época seca somente o período 18 (21 a 26/abr) apresentou perda de solo que ultrapassou 1,3 kg, para 24,9 mm de chuva distribuídos em três dias. Deste total, 20,5 mm foram registrados no dia 24 de abril, após dois dias de chuva fraca de 3,8 mm no primeiro dia e de 0,6 mm no segundo. Ainda nesta época, o período 23 (26/mai a 15/jun) apresentou o maior total pluviométrico (54,4 mm) e baixa perda de solo (21,9 gramas). Por possuir um maior número de dias de monitoramento, 21 no total, este período apresentou chuvas bem distribuídas.

O período 39 (29/set a 5/out) marcou o retorno da estação das chuvas. Até o final do ano é perceptível a maior e melhor distribuição das perdas de solo nos períodos monitorados. Os períodos 44 (3 a 9/nov), 45 (10 a 16/nov) e 46 (17 a 23/nov), apresentaram pluviosidade sempre acima de 40 mm e, conseqüentemente, elevação das perdas de solo (Tabela 5.3). Isso ocorreu porque o período 44 registrou 50,3 mm distribuídos em quatro dias, sendo que em somente um dia choveu 30,8 mm, quantidade de água provavelmente capaz de produzir uma perda de solo de 704,9 gramas. O período 45 concentrou 46,2 mm de chuva em três dias, dos quais 40,5 mm no último dia, promovendo perda de solo de 1kg. O período 46 somou 42,2 mm ao longo de quatro dias, aumentando a perda de solo para 1,1kg. Dois dias com chuva de 20,5 mm e 20,8 mm, respectivamente, podem ter sido os responsáveis por este ligeiro incremento nas perdas de solo.

Tabela 5.3: Distribuição da precipitação nos períodos 44, 45 e 46 - 1997.

	Dias de chuva							Perda de solo na
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Parcela 1 (g)**
Período 44	0	4,7	10,2	4,6	0	30,8	0	704,9
Período 45	0	0	0	0	0,8	4,9	40,5	1.001,8
Período 46	0	0	20,5	0,9	0	20,8	0	1.078,3

Os períodos 47 (24 a 30/nov) e 48 (1 a 7/dez) apresentaram totais de chuva próximos, inclusive nos totais diários, registrando em cada período um dia com pluviosidade aproximada de 20mm. Entretanto, as respostas erosivas foram diferenciadas, marcadas respectivamente por 1,4 kg e 2,8 kg. Isso pode significar que o dobro da perda de solo no período 48 também foi favorecida pela umidade antecedente resultante das chuvas do período anterior.

O período 50 (15 a 21/dez) registrou uma alta perda de solo de 2,8 kg resultantes de chuvas em cinco dos sete dias monitorados, totalizando 73,4 mm. Esta alta taxa erosiva ocorreu devido à grande quantidade de chuva no segundo e terceiro dias do período, com 30,7 mm e 30,3 mm, respectivamente. O período seguinte (51: 22 a 28/dez), mesmo com uma precipitação de 13,6 mm, apresentou perda de solo de 2,3 kg. Tal fato estaria associado à umidade antecedente do solo (período 50) e à provável intensidade das precipitações do período em questão.

- **1998**

As perdas de solo na Parcela 1 para o ano de 1998 apresentaram-se bem distribuídas até o final de março (período 13: 23 a 29/mar). Em todos os períodos, as perdas de solo nunca ultrapassam os 2 kg, mesmo com índices pluviométricos elevados, representados por dois eventos de chuva com valores entre 150 mm e 160 mm (períodos 2 e 8). Mesmo sendo

o ano com o maior total pluviométrico, as perdas de solo na Parcela 1 foram menores quando comparadas ao ano anterior (Figura 5.3).

O maior evento pluviométrico do ano, registrado no período 2 (5 a 11/jan), propiciou uma perda de solo um pouco superior à do período 1 (29/dez a 4/jan) (Tabela 5.4). Um único dia de chuva no período 1 (20,4 mm) pode ter gerado uma perda de solo de 1,6 kg. Para o período, foram registrados seis dias de chuva que acumularam 157,4 mm. Entretanto, esta pluviosidade gerou uma perda de solo de 1,7 kg. Mesmo com três dias consecutivos de chuvas de 40,8 mm, 50,6 mm e 50,5 mm, não foi possível gerar uma grande perda de solo. Provavelmente os eventos chuvosos não apresentaram intensidade suficiente para o transporte das partículas destacadas até a calha coletora, ficando muito próximas ao seu destino final, mas ainda assim permanecendo dentro do sistema. O período 3 (12 a 18/jan) apresentou uma grande diminuição de chuva, representada por 12 mm de chuva distribuídos em dois dias, responsáveis por 1 kg de solo transportado. A chuva de 10,8 mm registrada no penúltimo dia do monitoramento provavelmente apresentou intensidade suficiente para transportar para a calha o material que já havia sido destacado do solo no período anterior.

Os períodos 4 (19 a 25/jan) e 5 (26/jan a 1/fev) apresentaram pequena quantidade de chuva, propiciando pouca perda de solo. O período 6 (2 a 8/fev), por sua vez, apresentou precipitação um pouco superior à registrada no período 4, 9,2 mm, com uma perda de solo de 1,1 kg. Esta não conformidade entre os valores de perda de solo e precipitação indicam possível falha no monitoramento para o período em questão.

Os períodos 7 e 8 (respectivamente, 9 a 15/fev e 16 a 22/fev), apresentaram comportamento semelhante ao registrado nos períodos 1 e 2. Elevados totais pluviométricos propiciaram perdas de solo alcançando quase 2 kg. O período 9 (23/fev a 1/mar) apresentou uma queda nos valores de precipitação, porém, a perda de solo chegou a 1,4 kg (Tabela 5.4). Neste caso a perda está associada a precipitação dos dois primeiros dias do período, que totalizaram 51,7 mm.

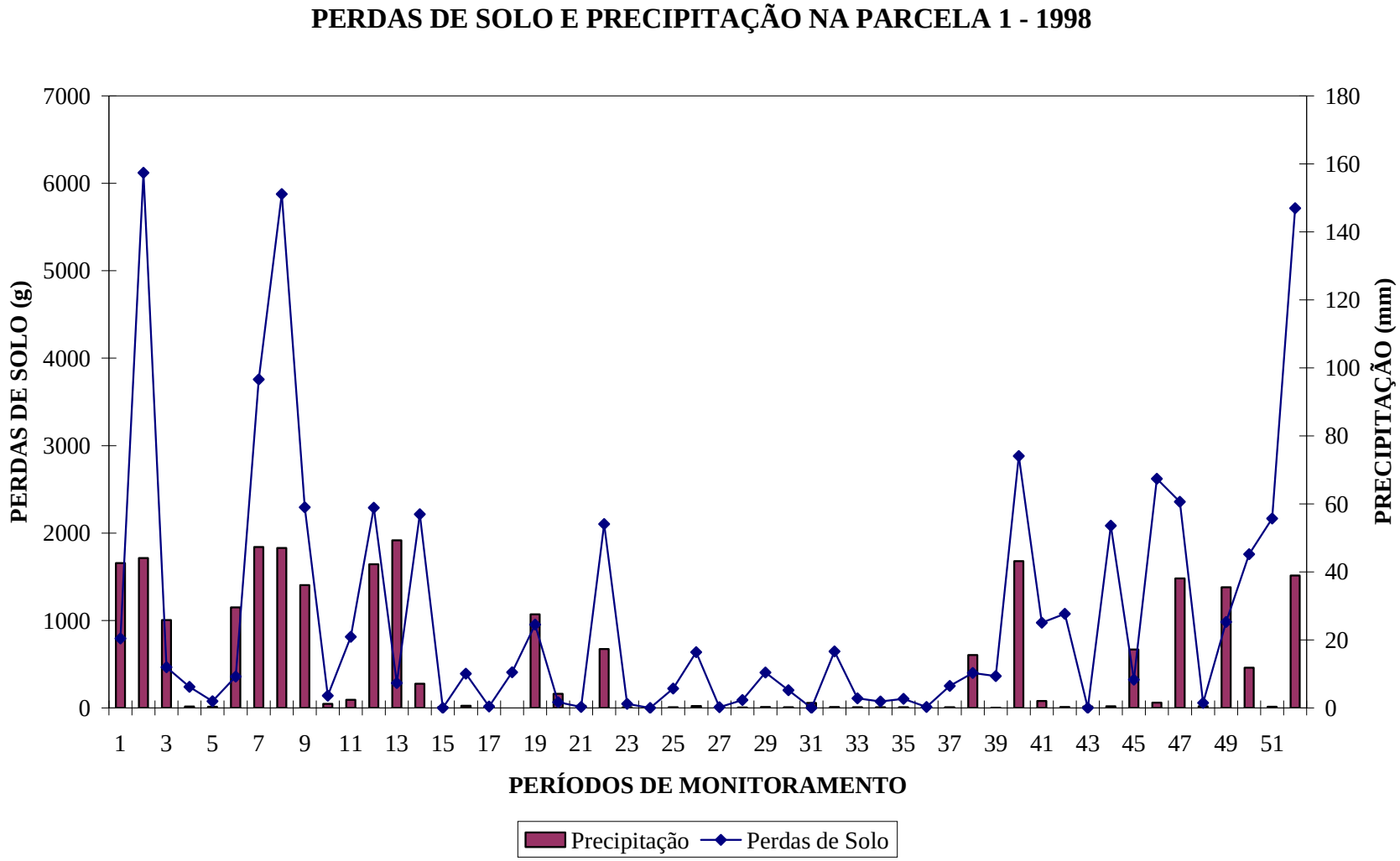


Figura 5.3: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 1 – 1998).

Tabela 5.4: Distribuição da precipitação nos períodos 1, 2, 7, 8 e 9 - 1998.

	Dias de chuva							Perda de solo na
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Parcela 1 (g)**
Período 1	0	20,4	0	0	0	0	0	1.656,9
Período 2	10,5	0	40,8	50,6	50,5	4,5	0,5	1.714,0
Período 7	5,8	0	0	60,4	0	10,4	20	1.839,5
Período 8	40	20,3	60,4	0	10,8	9,5	10,1	1.829,2
Período 9	20,8	30,9	0	7,3	0	0	0	1.403,8

Os períodos seguintes (período 10: 2 a 8/mar; período 11: 9 a 15/mar) apresentaram redução pluviométrica que causou pouquíssima perda de solo. Por sua vez, o período 12 (16 a 22/mar) registrou uma perda de solo de 1,6 kg para 58,9 mm de chuva distribuídas em três dias. Todavia, a chuva do dia 21 de março, com 50,1 mm, provavelmente foi a responsável pela perda de solo deste período como também no seguinte (período 13: 23 a 29/mar), já que este não apresentou chuvas consideráveis. O período 14 (30/mar a 5/abr) não apresentou grandes taxas erosivas. Foram perdidos 277,9 g de solo para uma precipitação total de 57,0 mm, portanto, muito próximo à precipitação registrada no período 12. Mesmo com 40,3 mm de chuva no dia 2 de abril, não ocorreu uma erosão mais severa neste período.

No ano de 1998 o período de estiagem propriamente dito aconteceu entre os períodos 15 (6 a 12/abr) e 39 (21 a 27/set). Neste intervalo não foram registradas grandes perdas de solo e totais pluviométricos. O período 19 (4 a 10/mai) apresentou quatro dias de chuva, totalizando 24,5 mm, porém em um único dia foi registrada uma precipitação de 20,1 mm, causando uma perda de solo de aproximadamente 1 kg. Essa taxa elevada, considerando o comportamento deste ano, provavelmente ocorreu em função da intensidade da chuva e também devido a quase um mês de poucas perdas de solo e precipitação.

A partir do período 40 (28/set a 4/out) foram percebidos poucos eventos de considerável perda de solo, mesmo com alguns totais pluviométricos em torno de 70 mm. Isso se deve ao comportamento das chuvas dentro de cada período de monitoramento.

Nestes casos, a intensidade das chuvas foi o fator primordial para a geração de algumas taxas elevadas de perda de solo. Complementando este exemplo, o último período do ano (período 52: 21 a 27/dez) apresentou perda de solo em torno de 1,5 kg para uma chuva de 147 mm. Entretanto, este total pluviométrico foi distribuído em dois dias. O dia 26 de dezembro foi o verdadeiro responsável por esta taxa erosiva, já que neste dia o pluviômetro registrou nada menos que 84,6 mm.

- **1999**

Os primeiros períodos do ano, geralmente caracterizados por totais pluviométricos elevados, apresentaram, até o período 11 (8 a 14/mar), totais de chuva que raramente ultrapassaram 80 mm (Figura 5.4). Esse comportamento pluviométrico corrobora com o total de precipitação de 1999, a menor dos três anos monitorados.

O maior evento erosivo foi registrado no período 2 (4 a 10/jan), mesmo apresentando um total pluviométrico inferior ao período 1 (35,1 mm no período 2, contra 72,8 mm no período 1). A perda de solo de um pouco mais que 4,5 kg foi favorecida não só pelas chuvas deste segundo período, como também dos últimos dias do primeiro período de 1999. Dessa forma, confirma-se, mais uma vez, a importância da umidade antecedente do solo na configuração dos processos erosivos em superfície.

Entre os períodos 3 (11 a 17/jan) a 11 (8 a 14/mar), as perdas de solo não foram elevadas, com um único evento erosivo de aproximadamente 1 kg, e mais dois com 500 gramas cada. Nestes três períodos a pluviosidade apresentou valores razoáveis, entre 40 mm e 60 mm. Entretanto, mesmo possuindo dias com chuvas de 20 mm, provavelmente sua intensidade em cada dia foi baixa.

Este ano apresentou um longo intervalo de estiagem, caracterizado do período 13 (22 a 28/mar) ao período 42 (11 a 17/out). Nesta fase, as perdas de solo raramente ultrapassaram as 200 gramas, e os totais de chuva por período oscilaram entre 0 mm e 20 mm.

A partir do período 44 (25/out a 14/nov), as chuvas voltaram a ocorrer com maior frequência. Entretanto, deve-se considerar este período atípico por possuir 21 dias. Mesmo assim, 116,6 mm de chuva distribuídos em 11 dias permitiram uma perda de solo de 823 gramas.

O período 48 (6 a 12/dez) apresentou o maior pico de pluviosidade do ano. Mesmo assim, a perda de solo registrada foi de aproximadamente 600 gramas. Os períodos seguintes também apresentaram perdas de solo similares, exceto para o período 49 (13 a 19/dez), com perda de solo de somente 80 gramas. Pode-se dizer que a boa distribuição e, provavelmente, baixa intensidade das chuvas aliada à pouca disponibilidade de solo para transporte favoreceram, neste ano, as taxas erosivas pouco significativas na parcela mantida sem cobertura vegetal e sem tratamento.

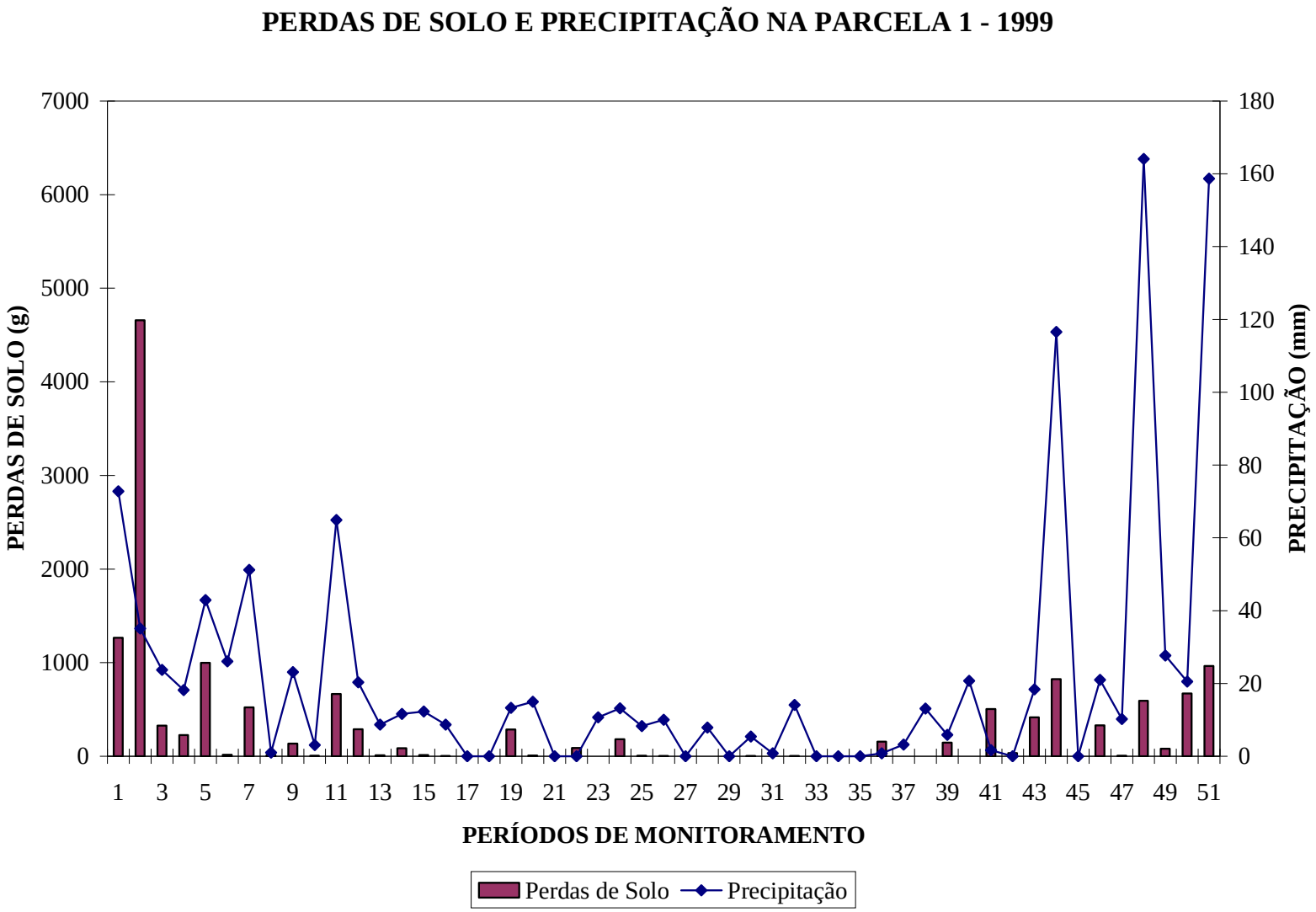


Figura 5.4: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 1 – 1999).

PARCELA 2 – APLICAÇÃO DE CALCÁRIO

- **1997**

As maiores perdas de solo, concentradas nos primeiros e nos últimos meses do ano, podem ser agrupadas na faixa de 1,5 kg a 2,5 kg (Figura 5.5). Um único pico extremo de erosão foi registrado este ano (período 4: 4,4 kg).

Mesmo com pouca chuva no período 1 (26/dez a 01/jan), a Parcela 2 obteve uma perda de solo de aproximadamente 1,6 kg. As chuvas de dezembro de 1996, com 4,4 mm no primeiro dia e 10,7 mm no quarto dia, podem ter contribuído para esta taxa. Entretanto, a retirada da cobertura vegetal e aplicação de calcário foram determinantes no destacamento de partículas de solo e sua disponibilidade para transporte.

O aumento da precipitação no período 2 (2 a 8/jan) possibilitou uma pequena elevação da taxa erosiva, caracterizada por 1,8 kg causada por 101,9 mm de chuva distribuídas em cinco dias. O período seguinte (período 3: 9 a 16/jan), manteve um registro próximo do total de precipitação (99,9 mm), quando comparado ao período anterior. Mesmo chovendo diariamente, os maiores valores foram registrados nos três últimos dias deste período, com um total de 70,9 mm de chuva, que contribuíram para uma perda de solo de 2,2 kg. Como citado anteriormente, o período 4 obteve a maior perda de solo para a Parcela 2, em 1997. Dos 63,9 mm de chuva que caíram em somente dois dos sete dias monitorados, o primeiro dia foi o responsável pela alta taxa de solo transportada, em função de 60,5 mm no dia 17 de janeiro.

Os períodos 5 (24 a 30/jan) e 6 (31/jan a 5/fev) não apresentaram perdas de solo significativas devido aos baixos totais pluviométricos. O período 7 (6 a 14/fev) deve ser desconsiderado em função da impossibilidade de monitoramento nesta semana. O período 8 (15 a 20/fev), mesmo registrando somente 1 mm de chuva distribuído em dois dias possibilitou uma taxa de 2,6 kg de perda de solo. Acredita-se que este valor seja proveniente do período 7 (30,7 mm em dois dias), tendo seu material recolhido somente no período 8.

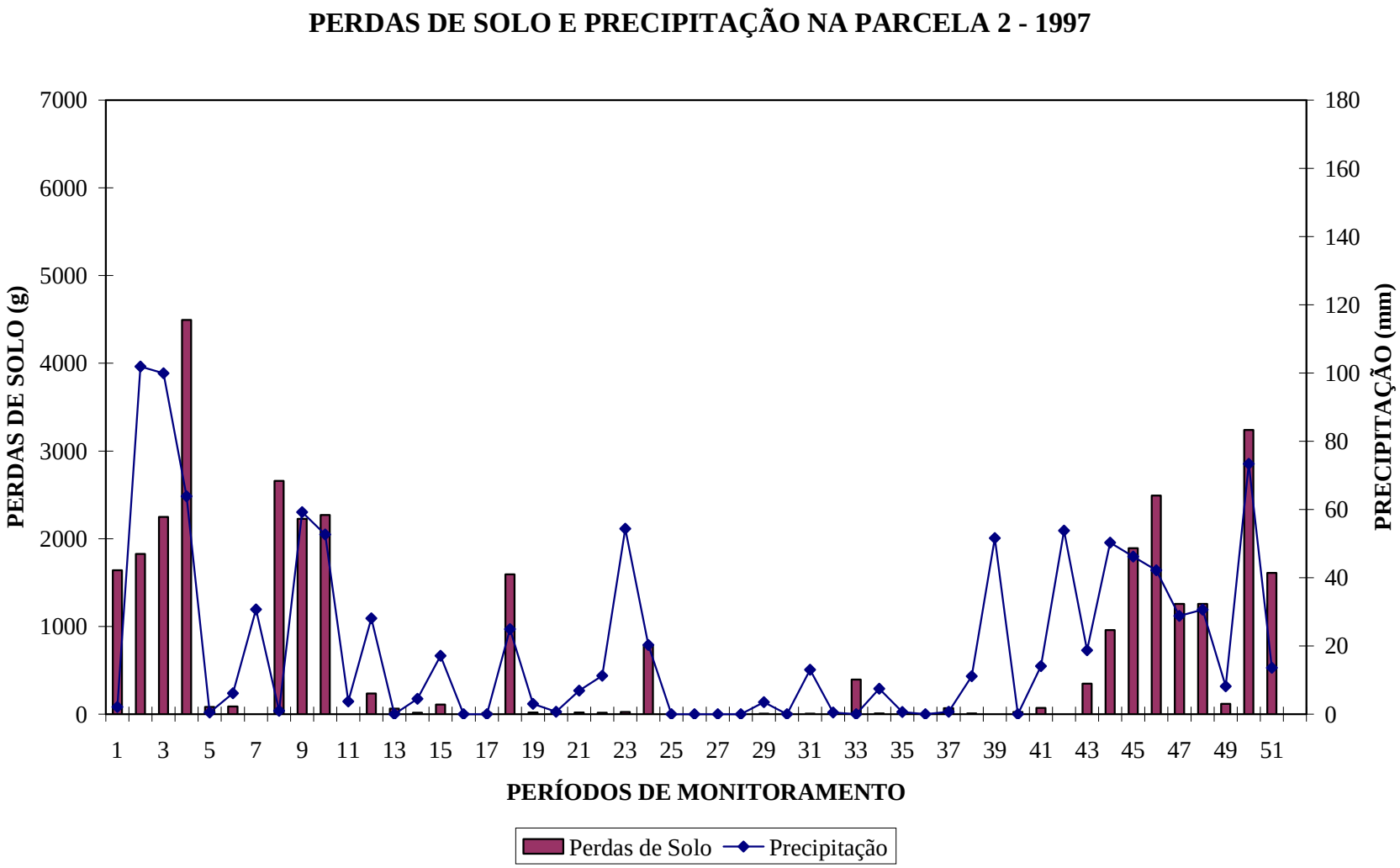


Figura 5.5: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 2 – 1997).

Os períodos 9 (21 a 26/fev) e 10 (27/fev a 06/mar) apresentaram perdas de 2,2 kg cada e precipitações não muito diferenciadas. Enquanto o período 9 registrou 59,2 mm distribuídos em três dias, com 46,7 mm no último dia de monitoramento; o período 10 apresentou 52,7 mm ao longo de cinco dias, sendo que no dia 2 de março totalizou 10,5 mm de chuva e no dia 4 de março, 30,1 mm.

A partir do período 12 (14 a 20/mar) até o período 38 (22 a 28/set) a fase de estiagem não favoreceu a grandes perdas de solo. A exceção a este comportamento foi verificada no período 18 (21 a 26/abr), que apresentou 24,9 mm de chuva em três dias, sendo 20,5 mm em um dia, possibilitando 1,5 kg de solo erodido. Outro comportamento que merece atenção foi verificado no período 24 (16 a 22/jun), pela elevada perda de solo para a época do ano (778 gramas), resultante de 20,3 mm de chuva distribuídos em 3 dias.

Considerando o período 23 (26/mai a 15/jun), mesmo com um alto total pluviométrico para a fase analisada (54,4 mm), este período apresentou 12 dias de chuva, que não propiciaram perda de solo consideráveis em função da distribuição das chuvas. Entretanto, os registros pluviométricos podem ter favorecido a uma elevação da umidade do solo entre os dias 30 de maio a sete de junho.

O período 39 (29/set a 5/out) reinicia a época chuvosa. Entretanto este período não poderá ser trabalhado em virtude da ausência de dados. Os períodos 40 (6 a 12/out) e 41 (13 a 19/out) também apresentaram perdas praticamente nulas, o que levanta a hipótese de possíveis problemas no monitoramento.

A partir do período 43 (27/out a 2/nov) foi percebido o aumento das taxas erosivas. Entretanto, em uma primeira observação, a seqüência dos períodos 44 (3 a 9/nov), 45 (10 a 16/nov) e 46 (17 a 23/nov) mostra uma queda na precipitação e um aumento da perda de solo (Tabela 5.5). Mesmo com a redução dos totais pluviométricos, provavelmente os períodos 45 e 46 apresentaram chuvas com maior intensidade, possibilitando maiores taxas erosivas, aliada a umidade antecedente do solo propiciada pelas chuvas dos períodos anteriores.

Tabela 5.5: Perdas de solo e precipitação para os períodos 44, 45 e 46 – 1997.

Períodos	Dias de chuva							Prec.	Perda de solo na
	1	2	3	4	5	6	7	Total	Parcela 2
44	0	4,7	10,2	4,6	0	30,8	0	50,3	958,6
45	0	0	0	0	0,8	4,9	40,5	46,2	1.892,3
46	0	0	0	3,6	20	5,2	0	42,2	2,492,2

O período 48 (1 a 7/dez) apresentou o mesmo comportamento registrado no período anterior. A perda de solo de 1,2 kg produzida com 30,6 mm de chuva distribuída em três dias, registrando 20,6 mm no terceiro dia.

Ao contrário do que ocorreu nos períodos 44, 45 e 46, os três últimos períodos do ano apresentaram perdas de solo oscilando diretamente com o aumento ou redução da pluviosidade (Tabela 5.6). O período 49 (8 a 14/dez) registrou pequena perda de solo de 118 gramas, em função do baixo total pluviométrico (8,2 mm em dois dias). No período 50 (15 a 21/dez) foi registrada a segunda maior perda de solo do ano, totalizando 3,2 kg. Isso ocorreu graças a 73,4 mm de chuva em cinco dos sete dias monitorados. Entretanto, o segundo e o terceiro dia foram juntos, responsáveis por 61 mm de água, explicando assim essa grande perda de solo.

Tabela 5.6: Perdas de solo e precipitação para os períodos 49, 50 e 51 – 1997.

Períodos	Dias de chuva							Prec.	Perda de solo
	1	2	3	4	5	6	7	Total	na Parcela 2
49	4,7	3,5	0	0	0	0	0	8,2	118,5
50	4,6	30,7	30,3	4,3	3,5	0	0	73,4	3.239,0
51	4,8	0	0	0	8,5	0,3	0	13,6	1.611,6

O último período do ano (período 51: 22 a 28/dez) apresentou uma grande queda na precipitação, com 13,6 mm em três dias. Mesmo assim a perda de solo de 1,6 kg é considerada elevada. Provavelmente a chuva de 8,5 mm do dia 26 de dezembro apresentou grande intensidade para disponibilizar esta quantidade de solo. Outra hipótese sugerida diz respeito à contribuição das chuvas do período 50, que tiveram energia para causar erosão também no período 51, e favorecendo o aumento da situação friável do solo quando úmido, e o destacamento de partículas.

- **1998**

Os maiores registros de perda de solo predominam até o final de março de 1998. Entretanto estas taxas geralmente não ultrapassam os 2 kg. É possível observar que no ano mais chuvoso, dois dos três picos de maior pluviosidade estão situados no início do ano, e são responsáveis pelas mais elevadas perdas de solo em conjunto (Figura 5.6).

O período 1 (29/dez a 4/jan) apresentou a segunda maior perda de solo do ano, com aproximadamente 2,2 kg. Mesmo não possuindo um total pluviométrico considerável, o total de chuva neste período, 20,4 mm, ocorreu em um único dia, e, possivelmente, num curto intervalo de tempo, o que explicaria esta alta taxa erosiva. O período 2 (5 a 11/jan) registrou 1,9 kg de solo perdido com o maior total pluviométrico do ano, 157,4 mm distribuídos em seis dias. Esta alta taxa foi gerada em três dias consecutivos de chuva entre 40 mm e 50 mm. O período seguinte (período 3: 12 a 18/jan) apresentou somente dois dias de chuva que totalizaram 12 mm. Entretanto, a perda de solo não foi drasticamente reduzida, ficando no patamar de 1,2 kg. A explicação para esta elevada taxa reside na provável intensidade das chuvas deste período, que concentrou em um dia 10,8 mm de chuva.

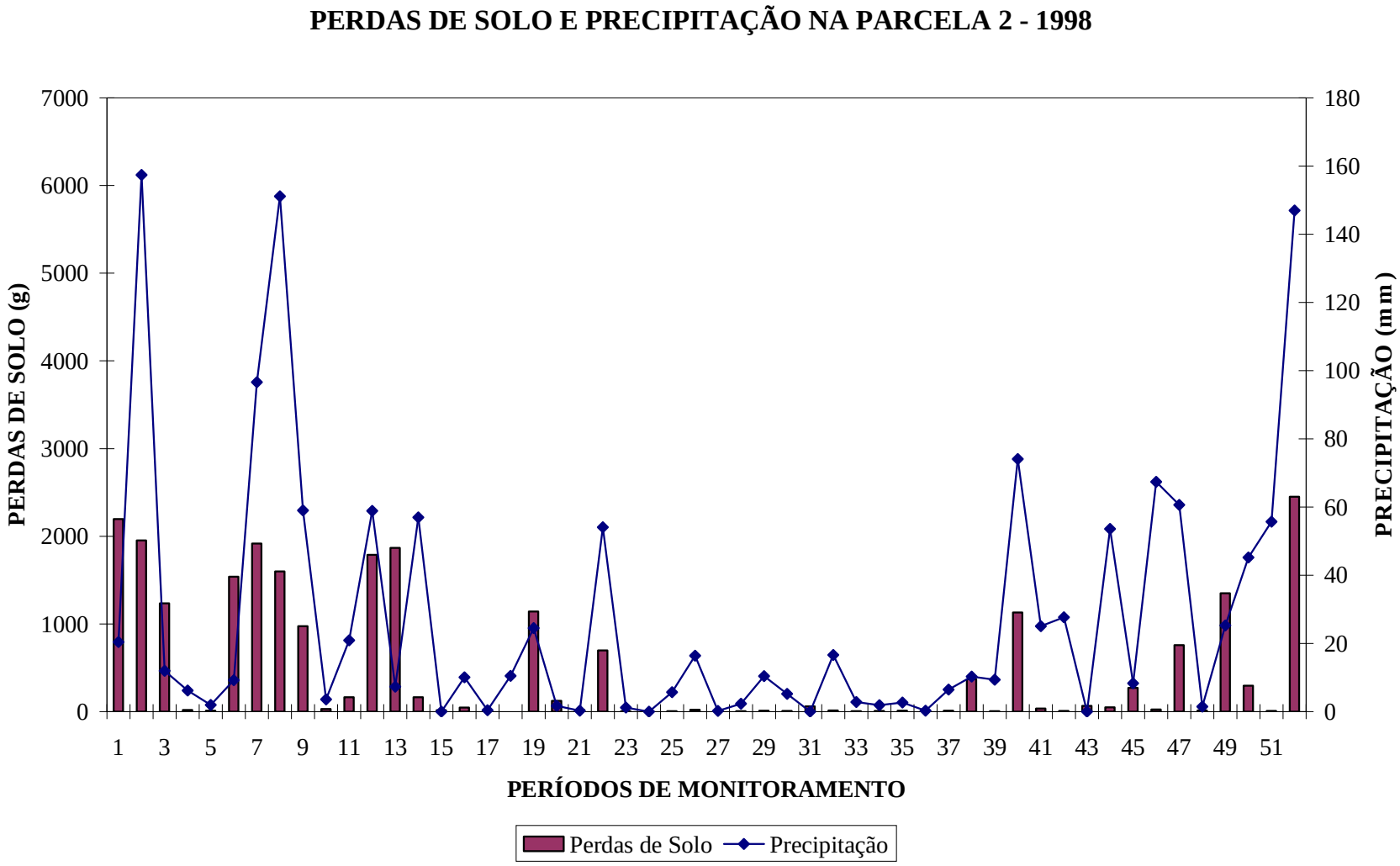


Figura 5.6: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 2 – 1998).

Os períodos 4 (19 a 25/jan) e 5 (26/jan a 1/fev) apresentaram pouquíssima perda de solo em função da reduzida precipitação. Já no período 6 (2 a 8/fev), mesmo com uma perda de 1,5 kg, o registro pluviométrico foi de somente 9,2 mm de chuva em dois dias. Mais uma vez, a intensidade das chuvas pode ser a resposta para este comportamento, em função dos 6,8 mm e 2,4 mm de chuva nos dois últimos dias deste período.

O período 7 (9 a 15/fev) apresenta uma brusca elevação do total pluviométrico, com 96,6 mm de chuva em quatro dias, gerando uma perda de solo de 1,9 kg. Esta perda foi resultante, principalmente, de um único dia com precipitação de 60,4 mm. O segundo maior pico de precipitação (151,1 mm de chuva em seis dias) caracterizou o período 8 (16 a 22/fev) com uma perda de 1,6 kg de solo. Mesmo apresentando dois dias seguidos com precipitação de 20,3 mm e 60,4mm, além de mais dois dias intercalados de chuvas em torno de 10 mm cada, a perda de solo apresentou uma redução quando comparada ao período 7. Isso pode ter ocorrido pela menor disponibilidade de material para transporte. A redução do total pluviométrico para 59,0 mm em três dos sete dias do período 9 (23/fev a 1/mar) foi respondido por um decréscimo na perda de solo, que totalizou 976 gramas. Esta redução, aliada a pouca intensidade das chuvas, confirma a energia para o destacamento de partículas do solo e o seu deslocamento, em função de dois dias seguidos com chuvas de 20,8 mm e 30,9 mm.

Os períodos 10 (2 a 8/mar) e 11 (9 a 15/mar) apresentaram pouca precipitação e, conseqüentemente, pouca perda de solo. Já os períodos seguintes (período 12: 16 a 22/mar e período 13: 23 a 29/mar) retrataram perdas de solo semelhantes, mesmo com uma grande variação das chuvas. Enquanto o período 12 obteve uma perda de solo de 1,7 kg para 58,9 mm de chuva em três dias, o período 13 registrou um leve incremento na taxa de perda de solo, com 1,8 kg para uma quantidade mínima de chuva (7,3 mm em quatro dias). As partículas de solo provavelmente foram destacadas e transportadas até a base da parcela em função da chuva do período anterior, restando ao período 13 completar o processo. Os resultados parecem mostrar que o período 13 conseguiu transportar praticamente todo o material disponível, já que o período consecutivo (período 14: 30/mar a 5/abr) apresentou uma perda de solo muito reduzida de 164,5 gramas para um total pluviométrico

considerável de 57 mm ocorridos em quatro dias, mesmo apresentando 40,3 mm de chuva em um único dia.

A fase de estiagem no ano de 1998 pode ser caracterizada a partir do período 15 (6 a 12/abr) até o período 39 (21 a 27/set). Como exceções podemos considerar os períodos 19 (4 a 10/mai) e 22 (25 a 31/mai). O período 19 apresentou perda de solo de 1,1 kg em função de 20,1 mm precipitados em um dia, compondo os 24,5 mm distribuídos ao longo de quatro dias. No caso do período 22, este pode ser considerado como o mais chuvoso dentro do período de estiagem, pois registrou 54,1 mm distribuídos em três dias, propiciando uma perda de solo de 700 gramas. A partir do período 23 até o período 39 não são perceptíveis alterações fora do padrão da época seca.

O período 40 (28/set a 4/out) marcou o retorno da estação chuvosa, com uma precipitação total de 74,1 mm em quatro dias, resultando numa perda de solo de 1,1 kg. Os períodos seguintes apresentam comportamento diferente para uma estação chuvosa. Os períodos 41 (5 a 11/out) a 48 (23 a 29/nov) apresentaram, em alguns casos, totais pluviométricos em torno de 70 mm que não geraram significativa perda de solo. Uma das explicações para a ocorrência deste comportamento é a possível formação de crostas no topo do solo da Parcela 2, inviabilizando uma maior taxa erosiva por dificultar a retirada de partículas do solo. Neste intervalo de tempo considerado, somente o período 47 (16 a 22/nov) apresentou uma elevado índice pluviométrico (60,6 mm distribuídos em dois dias), com uma perda de solo atingindo as 759 gramas.

Finalmente, no período 49 (30/nov a 6/dez) voltou-se a registrar uma perda de solo mais elevada, com 1.351 kg de material retirado em um dia com precipitação de 25,3 mm. Os períodos 50 (7 a 13/dez) e 51 (14 a 20/dez), mesmo apresentando totais pluviométricos mais elevados que o período 49, não registraram altas perdas de solo.

Foi o último período do ano de 1998 o responsável por 2,4 kg de solo erodido. Tal fato foi registrado em função do elevado registro pluviométrico, o terceiro maior do ano. Diferente dos períodos 2 e 8, que tiveram suas chuvas distribuídas em alguns dias, o período 52 (21 a 27/dez) apresentou uma precipitação total de 147 mm em dois dias

seguidos, dividida em 23,4 mm e 84,6 mm. Esta quantidade de chuva e sua intensidade propiciaram a maior perda de solo registrada neste ano.

- **1999**

Antes de caracterizar o comportamento erosivo ocorrido em 1999 é importante lembrar que este ano apresentou o menor total pluviométrico dos três anos monitorados, com um total de 932,6 mm de chuva. Até meados de março, os maiores índices pluviométricos dos períodos nunca ultrapassaram os 80 mm. Chuvas mais perceptíveis ocorreram no final do ano, registradas por três elevados períodos com pluviosidade oscilando entre 116 mm e 164 mm (Figura 5.7).

Os totais de perda de solo por período nunca ultrapassaram 1 kg. Na realidade, somente os períodos 1 (28/dez a 3/jan), 5 (25 a 31/jan) e 7 (8 a 15/fev) apresentaram perdas próximas a este valor (1 kg). Os demais períodos no início do ano apresentaram perdas inferiores as registradas na mesma época para 1997 e 1998. O período 11 (8 a 14/mar), registrou uma perda de 459 gramas em função de 64,9 mm de chuva distribuídos em cinco dias. Esta perda de solo foi consequência de dois dias consecutivos de chuva de 20 mm e 30mm.

A fase de estiagem foi registrada a partir do período 13 (22 a 28/mar) até o período 42 (11 a 17/out). Mais uma vez, as perdas de solo foram insignificantes.

A partir do período 44 (25/out a 14/nov) as precipitações tornaram-se novamente elevadas, mas apresentam variações consideráveis entre os períodos. O próprio período 44 não serve para comparação, pois a grande pluviosidade resulta de um acúmulo de 21 dias de monitoramento. Os períodos 48 (6 a 12/dez) e 51 (27/dez a 2/jan) apresentaram totais de chuva de respectivamente, 164,1, em todos os sete dias monitorados; e 158,7 mm em seis dos sete dias. Todavia, as perdas de solo não ultrapassaram as 400 gramas.

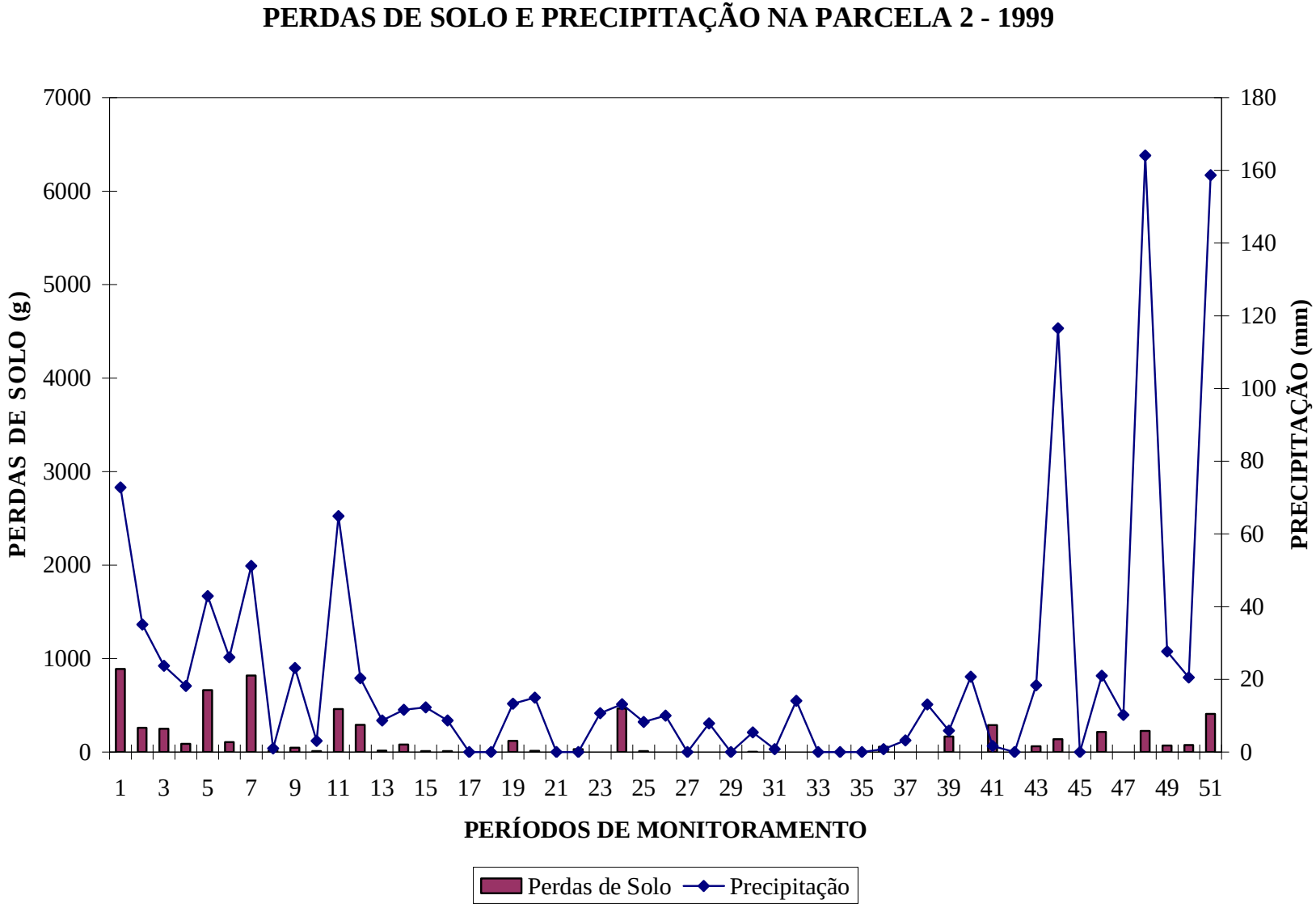


Figura 5.7: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 2 – 1999).

O comportamento registrado neste ano mostra que não somente a precipitação propiciou uma menor perda de solo. A dificuldade em disponibilizar material para transporte também foi evidenciada. Sendo assim, as baixas taxas de perda de solo confirmaram e comprovaram a eficiência do encrostamento do topo do solo da Parcela 2, bem como a atuação do calcário residual no topo da parcela.

PARCELA 3 – APLICAÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO

Antes de iniciar a interpretação dos resultados para a parcela que recebeu adição de adubo orgânico, é importante ressaltar que os valores de perda de solo são muito inferiores quando comparados aos das Parcelas 1 e 2. Dessa forma, optou-se pela utilização de gráficos com escala diferente. Portanto, as perdas de solo serão apresentadas respeitando a escala de zero a 3.000 g.

- **1997**

O primeiro ano de monitoramento não apresentou grandes perdas de solo (Figura 5.8). Mesmo com a retirada da vegetação, a aplicação de adubo orgânico inibiu uma elevada taxa erosiva, ao contrário do comportamento das Parcelas 1 e 2. Geralmente as perdas de solo não ultrapassam as 500 gramas.

As perdas mais significativas ocorreram nos períodos 3 (9 a 16/jan) e 4 (17 a 23/jan). Para o período 3 foi registrada uma perda de 547 gramas favorecidas pelo total pluviométrico de 99,9 mm verificados em sete dos oito dias monitorados. Esta foi a segunda maior precipitação acumulada por período do ano, ultrapassado somente pelo período 2 (2 a 8/jan), que registrou 101,9 mm de chuva ao longo de cinco dos sete dias de monitoramento. A intensidade das chuvas foi determinante para gerar grandes perdas de solo no período 3. Em se tratando do período 2, as chuvas registradas provavelmente foram

bem distribuídas nos dias em que ocorreram, não apresentando grande energia para gerar altas elevadas taxas erosivas.

O período 4 apresentou o maior pico erosivo do ano. Isso foi resultado de um total pluviométrico de 63,9 mm de chuva. No primeiro dia monitorado foram registrados 60,9 mm que influenciaram na perda de 1,1 kg de solo.

No período de estiagem as perdas foram mínimas. Mesmo com um incremento pluviométrico no final do ano de 1997, as perdas de solo, mais uma vez, foram bastante reduzidas.

- **1998**

O aumento do total anual de precipitação resultou numa significativa elevação das perdas de solo em alguns períodos monitorados. Em 1998 foram verificados vários picos erosivos ultrapassando a marca de 1 kg de perda de solo (Figura 5.9).

O maior total pluviométrico foi logo registrado no período 2 (5 a 11/jan), e propiciou uma perda de solo de 1,7kg, considerada a segunda maior taxa erosiva do ano.

Os primeiros meses de 1998 registraram um grupo de semanas com perdas de solo elevadas, entre os períodos 6 e 9. O período 6 (2 a 8/fev), mesmo apresentando um baixo índice pluviométrico (9,2 mm), registrou uma perda de solo de 1,3 kg. A intensidade das chuvas pode ser a resposta para este comportamento, com 6,8 mm e 2,4 mm de chuva nos dois últimos dias deste período. Entretanto, para esta parcela não se pode descartar a possibilidade de falha no monitoramento. Com o aumento da precipitação no período consecutivo (período 7: 9 a 15/fev) a resposta erosiva também apresentou-se elevada (a maior de 1998). Para quatro dias de chuva totalizando 96,6 mm, a perda de solo foi de 2 kg.

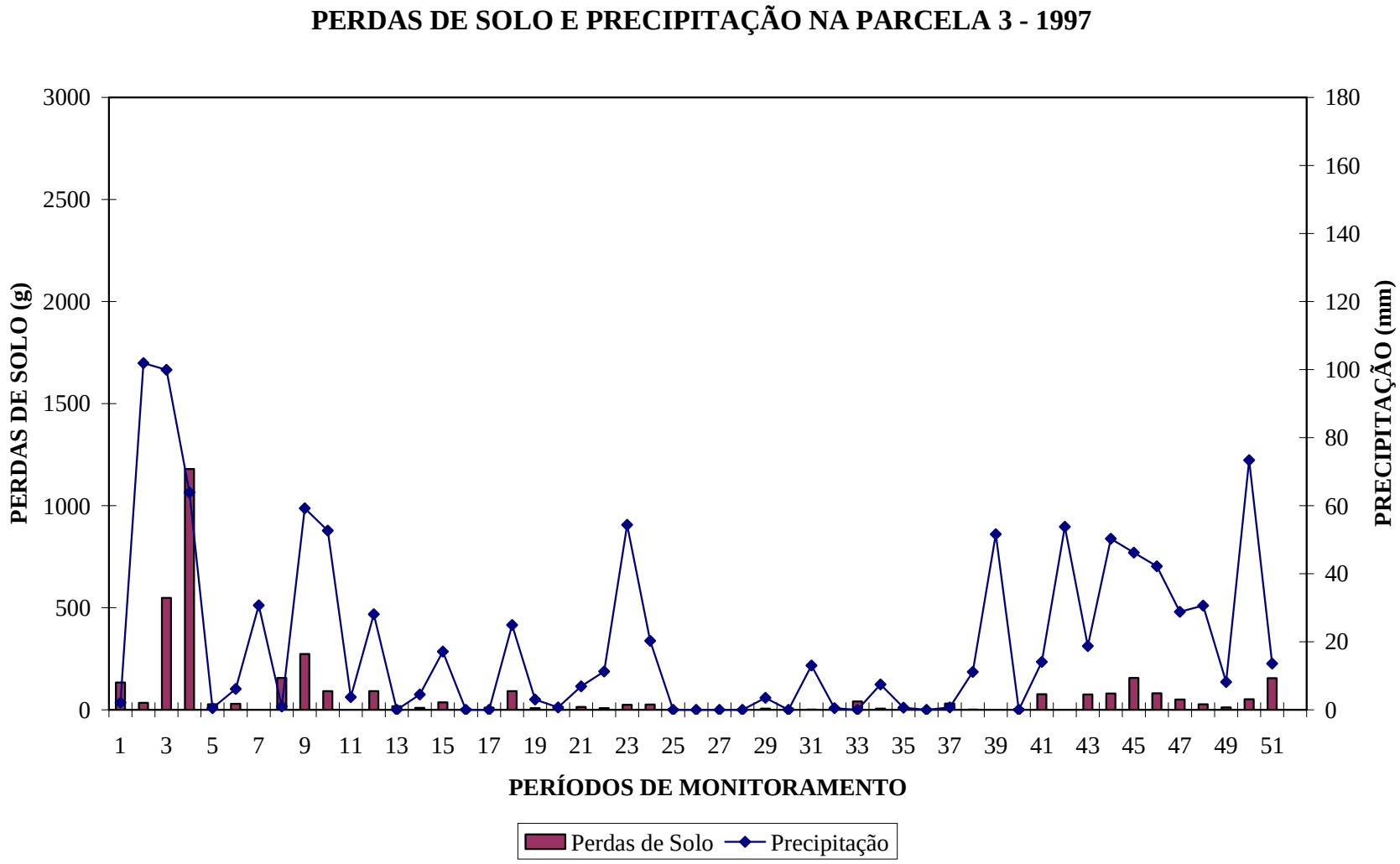


Figura 5.8: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 3 – 1997).

A precipitação voltou a subir no período 8 (16 a 22/fev), registrando o segundo maior pico do ano, com 151,1 mm distribuídos em seis dos sete dias. Mesmo apresentando uma redução na perda de solo, esta ainda continua elevada, com pouco mais que 1 kg de solo erodido. Já o período 9 (23/fev a 1/mar) apresenta uma perda de solo mais elevada (1,5kg), mesmo com a redução dos valores de chuva (59 mm), o que indica a atuação da umidade antecedente do solo no desencadeamento do processo erosivo.

Os períodos 11 (9 a 15/mar), 12 (16 a 22/mar) e 13 (23 a 29/mar) apresentaram perdas de solo que oscilaram em função do índice pluviométrico. O maior total de chuva no período 12 (58,9 mm) propiciou uma perda de solo de 1,7 kg. A drástica redução da pluviosidade no período 13 reduziu a taxa erosiva para 380 gramas. Comparando os períodos 11 e 13, nota-se que mesmo com uma precipitação um pouco menor, o período 13 registrou maior perda de solo. Tal fato pode ter ocorrido em função da grande quantidade de chuva do período 12, que aumentou a umidade do solo, permitindo uma rápida saturação e ligeiro aumento na erosão.

Outra observação que merece destaque diz respeito aos períodos 12 e 14 (30/mar a 5/abr). A proximidade dos valores das precipitações não gerou comportamentos erosivos semelhantes, já que o período 14 apresentou uma perda de solo de somente 140 gramas. Mesmo com alguns dias de chuvas consideráveis no período 14, provavelmente não existia muito material para ser transportado. Este comportamento erosivo também foi registrado para as Parcelas 1 e 2, porém com perdas de solo superiores às registradas na parcela em questão.

De acordo com a figura 5.9 o período de estiagem, que coincidiu com as menores perdas de solo está compreendido entre os períodos 15 (6 a 12/abr) a 39 (21 a 27/set). O período 19 (4 a 10/mai) apresentou uma pluviosidade de 24,5 mm que gerou uma perda de solo de 553 gramas. Esta taxa erosiva foi provavelmente propiciada por 20,1 mm de chuva ocorrida em um único dia. O registro pluviométrico que caracteriza o período 22 (54,1 mm) não favoreceu a uma grande perda de solo, pois foram registradas somente 128 gramas de material transportado.

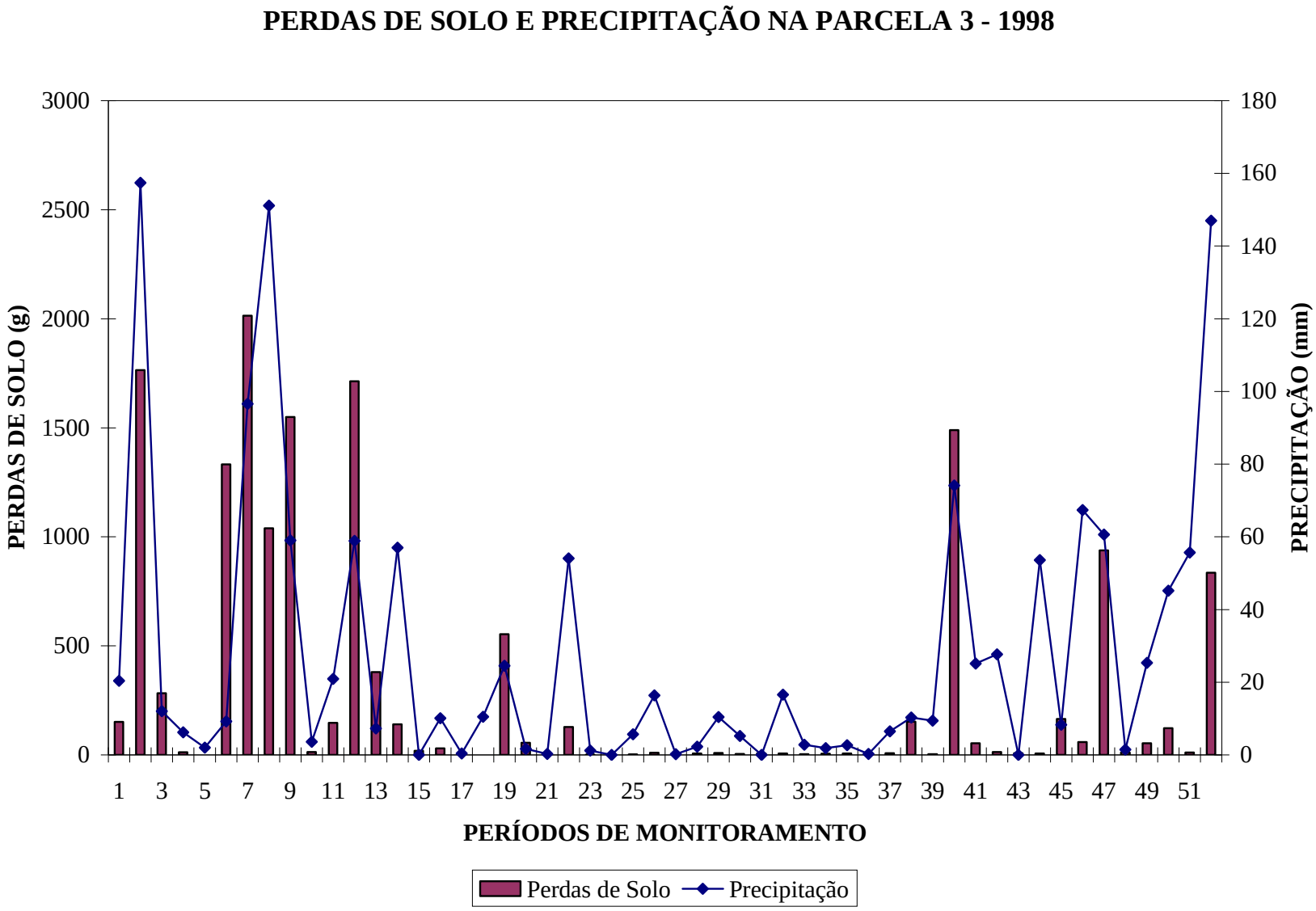


Figura 5.9: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 3 – 1998).

A partir do período 40 até o final do ano os totais pluviométricos voltaram a ser pronunciados. Mesmo assim, é perceptível a ocorrência de oscilações dos valores das chuvas e as perdas de solo geralmente foram muito baixas. Registraram-se somente três taxas erosivas mais elevadas, correspondendo aos períodos 40 (28/set a 4/out), 47 (16 a 22/nov) e 51 (14 s 20/dez). O período 40 evidenciou uma perda de solo de 1,4 kg, causada por 74,1 mm de chuva distribuídos em quatro dias. Entretanto, no último dia de monitoramento foi registrada pluviosidade de 49,8 mm responsável por esta perda de solo.

Os períodos 46 e 47 apresentaram totais pluviométricos muito próximos, mas geraram respostas erosivas distintas. A justificativa para este comportamento está na intensidade das chuvas. Mesmo com um total pluviométrico ligeiramente inferior, o período 47 apresentou chuvas mais intensas, ocasionando uma perda de solo de 937 gramas, contra 58 gramas no período 46. Como não é possível ter certeza deste acontecimento, não se pode descartar falha no monitoramento desta parcela. Entretanto, acredita-se que esteja correto porque as Parcelas 1 e 2 apresentaram comportamento similar.

Finalmente, o último período do ano (período 52: 21 a 27/dez) apresentou 835 gramas de perda de solo resultantes de um total pluviométrico de 147 mm distribuídos em dois dias de chuva.

- **1999**

Mesmo se tratando de um ano com total pluviométrico anual inferior aos demais, as perdas de solo da Parcela 3 continuaram elevadas quando comparadas com os anos anteriores (Figura 5.10). Quase todos os períodos com taxas erosivas mais elevadas estão associados ao aumento dos totais pluviométricos.

Os cinco primeiros períodos mostraram uma relação direta entre precipitação e perda de solo. Do período 1 (28/dez a 3/jan) ao período 4 (18 a 24/jan) observou-se uma queda gradual na precipitação acompanhada pela diminuição nas taxas erosivas. A

precipitação volta a subir no período 5 (25 a 31/jan), onde foi registrada a maior perda de solo do ano, mesmo com uma precipitação de 42,9 mm, inferior inclusive à registrada no primeiro período (Tabela 5.7). Pode-se dizer que os três últimos dias de monitoramento do período 5, que registraram chuvas de 20,9 mm, 10,3 mm e 5,7 mm, apresentaram intensidade suficiente para transportar tamanha carga de sedimentos, coisa que não aconteceu no período 1.

Tabela 5.7: Perdas de solo e precipitação para os períodos 1 a 5 – 1999.

Períodos	**Precipitação (mm)**	**Perda de Solo na Parcela 3(g)**
1	72,8	543,0
2	35,1	432,0
3	23,7	324,0
4	18,2	246,0
5	42,9	2.126,2

Os totais pluviométricos voltaram a subir no período 7 (8 a 15/fev), com 51,2 mm ao longo de cinco dias, com três dias de chuvas consecutivas de 20,3 mm, 10,2 mm e 20,1 mm, responsáveis pela segunda maior taxa erosiva do ano (1.248,4 kg). Os três períodos seguintes não apresentam grandes perdas de solo. Já no período 11 (8 a 14/mar), em função de 64,9 mm de chuva distribuídos em cinco dias, com 50 mm em dois dias, a taxa erosiva apresentou-se elevada, com 458 gramas de solo removido.

A partir do período 13 (22 a 28/mar) ao período 42 (11 a 17/out), as precipitações e as perdas de solo foram reduzidas, em função da época de estiagem. O período 41 (4 a 10/out), mesmo com uma precipitação mínima de 1,7 mm em dois dias, apresentou uma perda de solo de 745 gramas. Como este comportamento não foi percebido nas demais parcelas, acredita-se em falha no monitoramento.

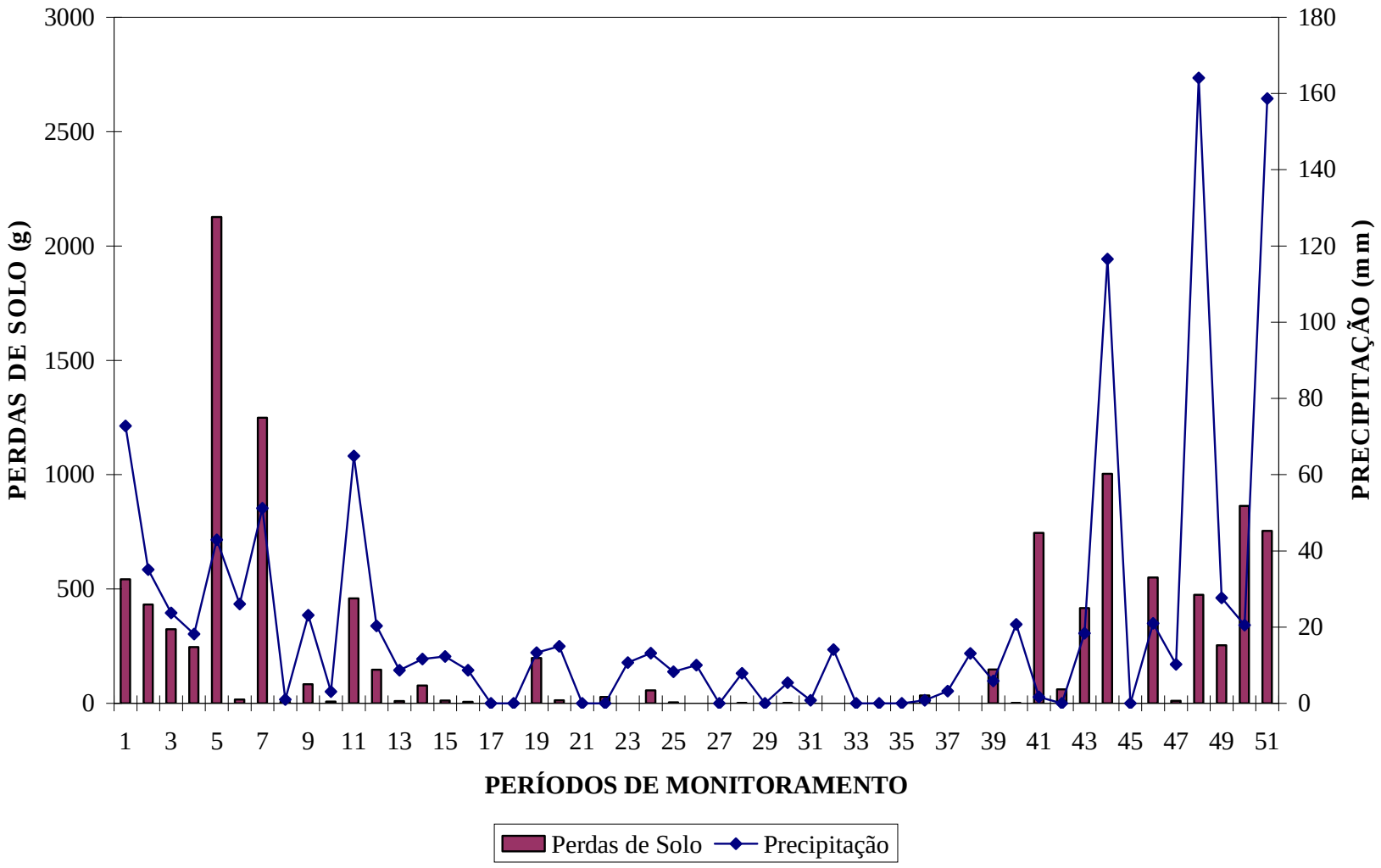


Figura 5.10: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 3 – 1999).

A maioria dos períodos seguintes apresentou índices pluviométricos variáveis, que geralmente propiciaram oscilações nas taxas erosivas. Chama-se atenção para o período 49 (13 a 19/dez), que mesmo apresentando a maior precipitação de todo o ano (164,1 mm distribuídos nos sete dias de monitoramento), registrou uma perda de solo não muito elevada, 474 gramas. O segundo maior registro pluviométrico foi encontrado no último período de 1998 (período 51: 27/dez a 2/jan), com 158,7 mm de chuva responsável por 754 gramas de perda de solo.

PARCELA 4 – COM COBERTURA VEGETAL

Da mesma forma que para a Parcela 3 os dados de perda de solo foram incluídos em outra escala, os resultados da Parcela 4 também serão apresentados em uma escala diferente, com valores de zero a 1.400 gramas. Mesmo com baixas perdas de solo a definição desta escala foi determinada em função de um extremo de perda de solo observado em 1998, que será futuramente explicado. Pretende-se assim, melhorar a visualização dos registros e, consequentemente, facilitar sua interpretação.

- **1997**

A parcela mantida com vegetação apresentou pouquíssima perda de solo ao longo do monitoramento (Figura 5.11). Para este ano, as maiores taxas erosivas restringiram-se aos períodos 3 e 4. No caso do período 3 (9 a 16/jan), foi registrado o segundo maior total pluviométrico do ano, que possibilitou o único pico erosivo de 937 gramas de solo transportado. O período seguinte (período 4: 17 a 23/jan), mesmo com a elevada pluviosidade da semana anterior sua perda de solo mostrou-se mais reduzida. Mesmo assim representa o segundo maior pico erosivo do ano, com 309 gramas de solo coletado.

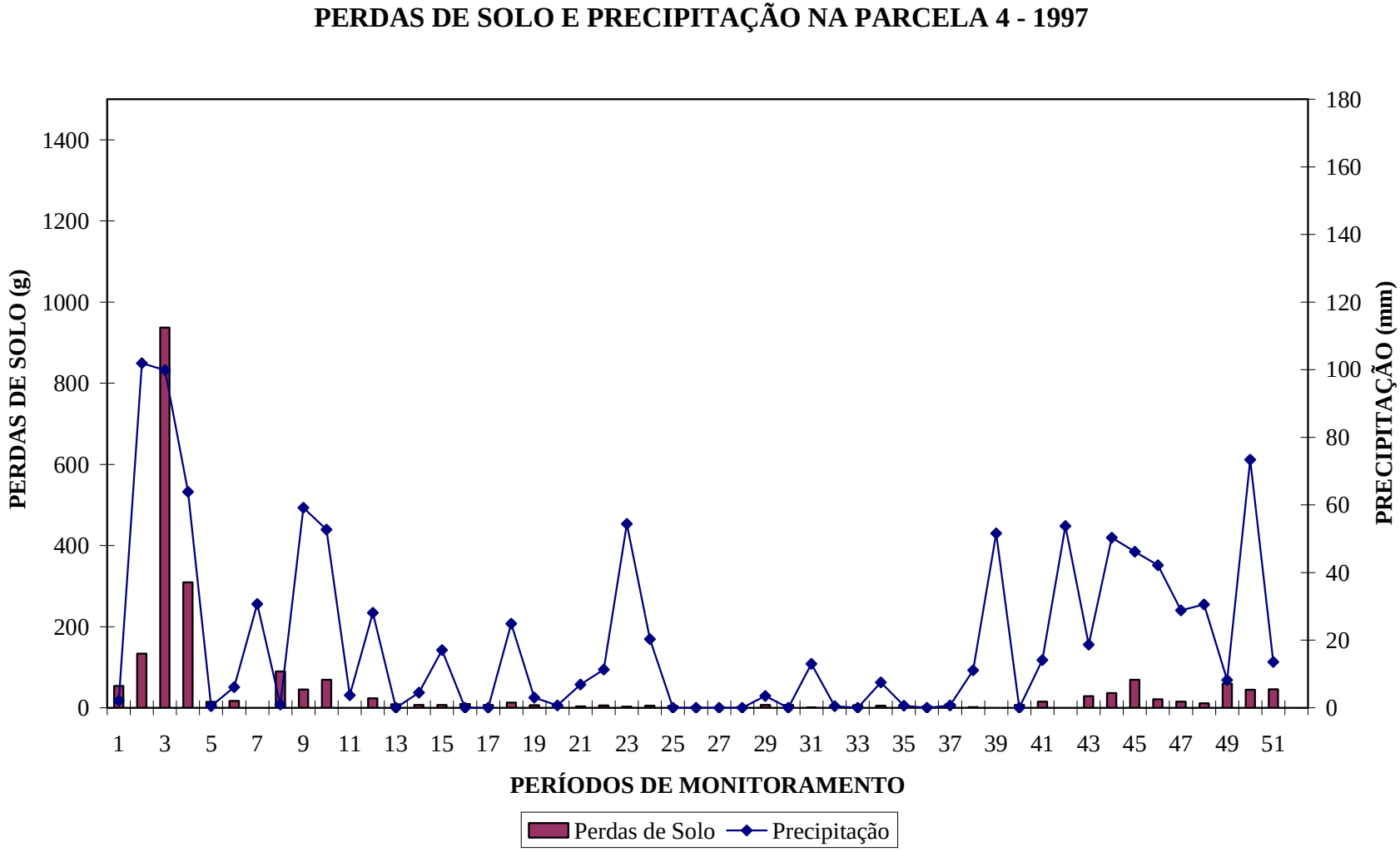


Figura 5.11: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 4 – 1997).

Os demais períodos apresentaram perdas de solo sempre inferiores a 100 gramas, mesmo quando os registros de chuva mostraram-se elevados.

- **1998**

Devido à maior pluviosidade neste ano, taxas de perda de solo para a Parcela 4 também apresentaram-se mais elevadas (Figura 5.12). Dois grandes momentos erosivos se fizeram presentes no início do ano. O primeiro deles foi registrado no período 2 (5 a 11/jan), com 1,1 kg de solo coletado em função de seis dias de chuva totalizando 157,4mm, o maior total pluviométrico no ano. Os períodos consecutivos apresentaram uma grande redução pluviométrica também notada nas perdas de solo. Entretanto, no período 7 (9 a 15/fev) a precipitação eleva-se bastante (96,6 mm distribuídos em quatro dias), gerando a maior taxa erosiva não só deste ano, mas de todos os anos monitorados (1,9 kg). Esse valor atípico ocorreu em função de um dia com chuvas acumuladas que totalizaram 60,4 mm e, provavelmente, apresentaram grande intensidade. O período seguinte (período 8: 16 a 22/fev), mesmo registrando o segundo maior pico pluviométrico de 1998 (151,1 mm) e chuvas bem distribuídas em seis dos sete dias de monitoramento, a perda de solo registrada foi de somente 191 gramas. A explicação possível para este acontecimento é a redução de material para transporte, que já foi carreado em grande quantidade no período anterior, além da provável energia reduzida das chuvas.

Outra taxa de perda de solo que pode ser considerada elevada para os padrões da Parcela 4 foi registrada no período 12 (16 a 22/mar). Os 58,9 mm de chuva possibilitaram uma perda de solo de 142 gramas. Perda de solo semelhante voltou a acontecer no período 52 (21 a 27/dez). As 147 gramas de solo coletado foram carreadas com o auxílio de 147 mm de chuva distribuídos em somente dois dias, marcando o terceiro maior total pluviométrico ano.

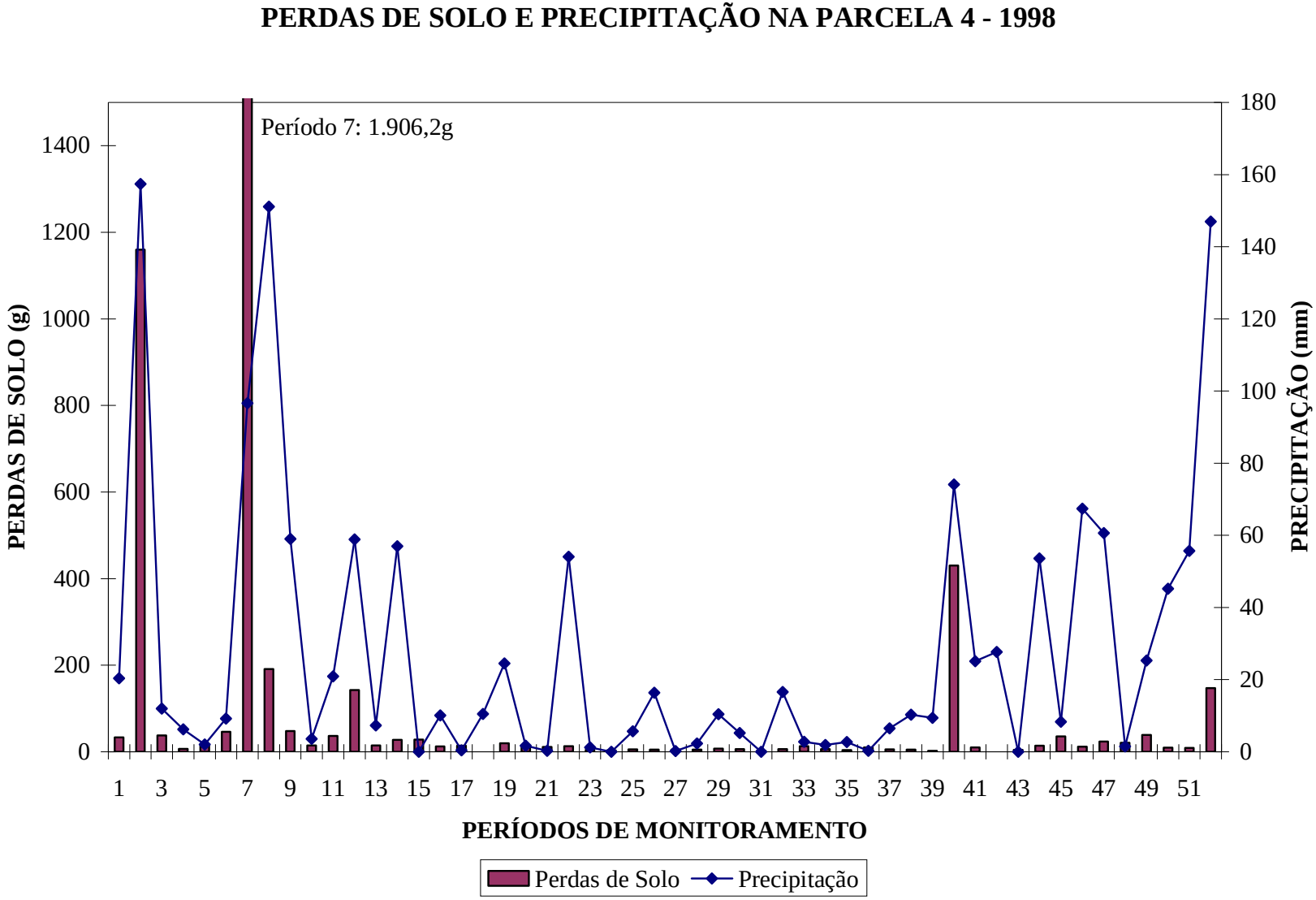


Figura 5.12: Perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (Parcela 4 – 1998).

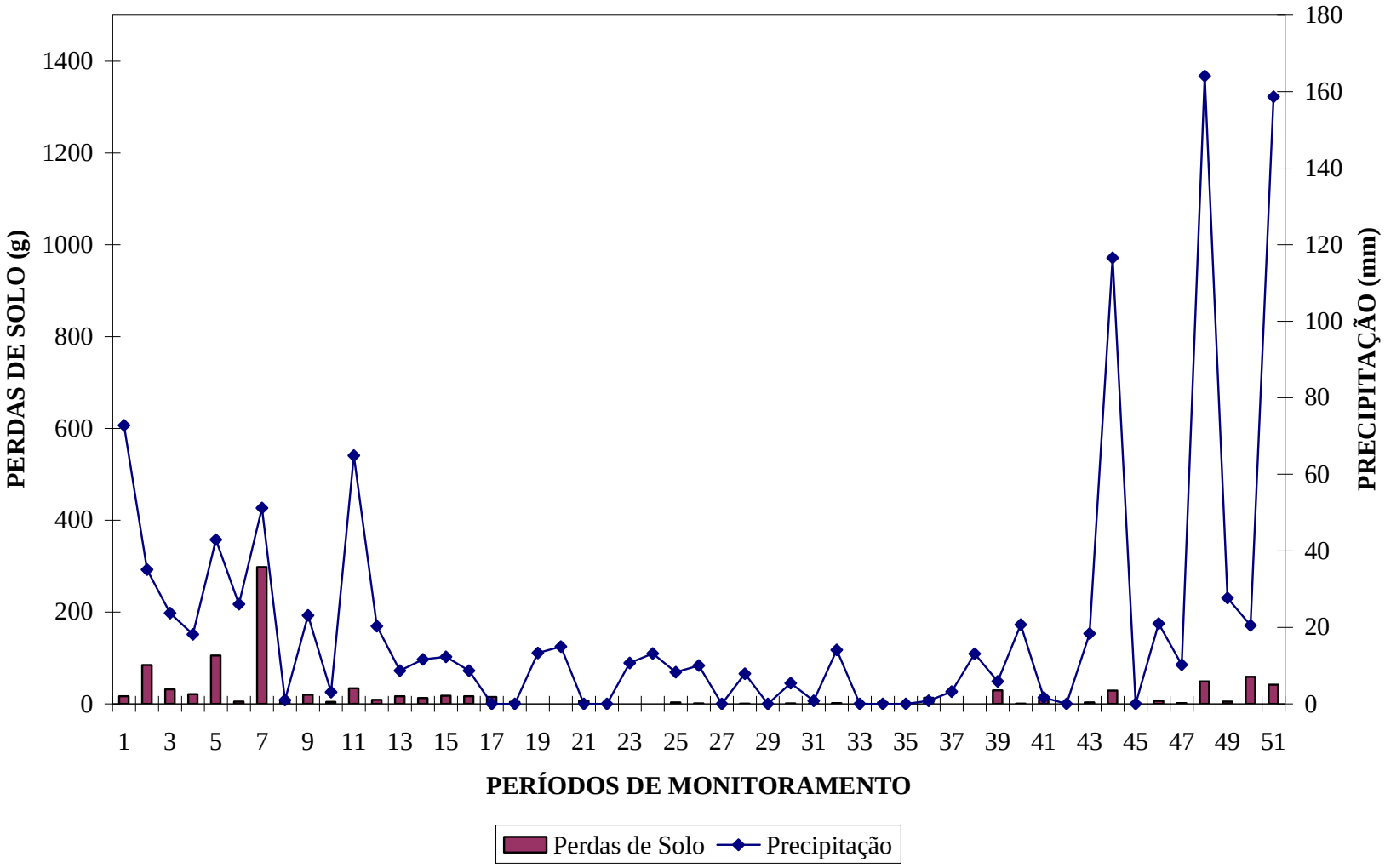
A época do ano marcada pela estiagem não apresentou perdas de solo significativas. O retorno da estação chuvosa no período 40 (28/set a 4/out) mostrou um incremento na perda de solo, quando foi registrado o terceiro maior momento erosivo do ano. Uma perda de solo de 430 gramas foi resultante de um total pluviométrico de 74,1 mm distribuídos em quatro dias, sendo que 49,8 mm foram registrados no último dia de monitoramento. Os períodos consecutivos, mesmo com alguns dados pluviométricos elevados apresentaram perdas de solo quase nulas, com exceção do último período do ano já comentado anteriormente.

- **1999**

A queda do total pluviométrico em 1999 contribuiu para a diminuição das perdas de solo registradas nos 51 períodos (Figura 5.13). Mesmo com uma concentração de totais pluviométricos entre 60 mm e 80 mm nos primeiros períodos do ano, somente o período 7 (8 a 15/fev) apresentou uma perda mais elevada, com 297 gramas de solo erodido por 51,2 mm de chuva.

O intervalo de estiagem bem pronunciado não propiciou perdas de solo. Mesmo com o aumento das chuvas no período 44 (25/out a 14/nov), e a presença dos três maiores registros pluviométricos nesta época, as perdas de solo foram mínimas.

PERDAS DE SOLO E PRECIPITAÇÃO NA PARCELA 4 - 1999



- ***Avaliação Integrada do Comportamento Erosivo na Estação Experimental Fazenda Marambaia***

De acordo com as interpretações realizadas para as perdas de solo na Parcela 1, percebe-se que mesmo com a oscilação dos totais anuais de precipitação existe uma tendência de diminuição das perdas de solo. Deve-se ressaltar, mais uma vez, que este fato ocorre principalmente em função do aumento da selagem do topo do solo, diminuindo a liberação de partículas para o transporte. A crosta formada no topo do solo pode ser considerada como um agente redutor das perdas de solo. Certamente esta não é a melhor forma de manutenção da cobertura pedológica, pois foram necessários três anos para verificar a queda das taxas erosivas nas parcelas sem vegetação.

Em se tratando da Parcela 2, pode-se afirmar que o comportamento erosivo verificado ao longo dos três anos monitorados é similar ao apresentado pela Parcela 1. A distribuição das perdas de solo nos períodos estudados mostra uma variação proporcional entre ambas, salvando-se algumas exceções. Nos anos 1997 e 1998 foram registradas as maiores taxas erosivas dos três anos. Em 1998, mesmo sendo o ano com o maior registro pluviométrico, as perdas apresentaram uma considerável redução em relação a 1997. Os registros de perda de solo no início destes dois anos estão bem distribuídos, mas com valores diferenciados. No final de 1998 as perdas de solo foram pouco significativas, confirmando a formação do selamento no topo do solo. A formação de crostas pode ter sido configurada justamente ao longo de 1998, impossibilitando a liberação de muito material para o transporte pelas águas das chuvas. Esse processo é confirmado pelos dados de perda de solo em 1999 e facilmente observado nos últimos períodos deste ano.

Ao contrário das Parcelas 1 e 2, que apresentaram maiores perdas no primeiro ano de monitoramento, a Parcela 3 apresentou comportamento inverso, ou seja, menores perdas no ano de 1997, seguida da elevação das taxas erosivas nos anos consecutivos. Esse comportamento está associado à aplicação do adubo orgânico no topo do solo não vegetado, comprovando que esta prática pode ser eficiente no controle dos processos erosivos, através da estabilização da estrutura. Entretanto, sua eficiência está restrita a um curto intervalo de tempo. O adubo orgânico funcionou como agente agregador e

estabilizador da estrutura somente no ano de 1997. Nos anos consecutivos as perdas de solo aumentaram de tal forma que em 1999 foi registrada uma taxa erosiva superior à registrada para a Parcela 2.

Como era de se esperar os resultados apresentados para a Parcela 4 confirmam o que a literatura tem demonstrado. Solos mantidos com cobertura vegetal apresentam taxas erosivas que variam de acordo com a intensidade das chuvas. Entretanto, a erosão gerada é muito reduzida quando comparada a um solo com as mesmas condições estruturais, físicas e químicas, porém mantido sem vegetação (Parcela 1). Essa baixa taxa erosiva confirma a importância da cobertura vegetal como uma forma de amortecer a energia das gotas das chuvas, dificultando o destacamento e transporte de partículas.

Os resultados encontrados para as Parcelas 1, 2 e 3 confirmam que independente do tratamento aplicado, sua eficiência é prejudicada pela ausência de vegetação. A utilização de insumos como calcário e adubo orgânico apresentam suas propriedades potencializadas em solos mantidos com cobertura vegetal. Deve-se ter em mente que em qualquer circunstância as perdas de solo sempre ocorrerão. Entretanto, as taxas erosivas em vegetados serão muito inferiores às mostradas nesta pesquisa.

5.2. Análises Físico-Químicas

Este item abordará os resultados das análises realizadas em 2002, considerando as informações de morfologia; granulometria; densidades real e aparente; porosidade total; pH em água e cloreto de potássio (KCl); e, matéria orgânica. Também serão apresentadas, quando necessário, as considerações relevantes observadas em campo.

PARCELA 1 – SEM TRATAMENTO

A parcela mantida sem tratamento (Figura 5.14) apresenta uma superfície enrugada, com crostas escuras e ocorrência de pequenos tufos de gramíneas. Isto pode ser um indicativo de lenta recuperação natural da vegetação, mesmo mantendo o solo sem manejo adequado.

Figura 5.14: Detalhe de trecho da Parcela 1 (Foto: Antonio S. da Silva).

A abertura da trincheira na Parcela 1 permitiu a visualização de uma coloração diferenciada nos primeiros 10 cm do solo (Tabela 5.8), apresentando-se bruno-amarelado-escuro (5YR 3/3). As outras cores encontradas são vermelho-amarelado entre 10 cm e 20 cm (5Y/R 4/6 e 5YR 5/8, respectivamente), e vermelho a 30 cm e 40 cm (2,5YR 4/8 e 2,5YR 5/8, respectivamente).

As demais características morfológicas são semelhantes, denotando uma homogeneidade deste pacote pedológico até a profundidade selecionada para estudo. A estrutura é caracterizada por blocos subangulares muito pequenos apresentando um fraco grau de desenvolvimento. A consistência é ligeiramente dura e friável em todas as profundidades. Entretanto, quando molhado, a consistência do solo varia de ligeiramente plástica/ligeiramente pegajosa (0 cm e 10 cm), a plástica/pegajosa (20 cm, 30 cm e 40 cm). A porosidade é comum, predominando poros com diâmetro muito pequeno. Raízes são encontradas no topo do solo, diminuindo em quantidade a 10 cm e 20 cm, e tornando-se raras a 30 cm e 40 cm. Independente da profundidade onde são encontradas, as raízes apresentam diâmetro menor ou igual a um milímetro (Tabela 5.8).

Os ensaios para determinação da granulometria apontaram duas classes texturais: as profundidades iniciais são caracterizadas por uma textura média (0 cm e 10 cm), enquanto as demais amostras apresentam textura predominantemente argilosa. Cabe salientar que a ocorrência de grande quantidade de cascalho até a profundidade de 20 cm, sendo o quartzo o mineral predominante. A relação silte/argila mostra valores discrepantes entre as profundidades iniciais (0 cm e 10 cm) e os demais segmentos. Enquanto na superfície são encontrados registros entre 0,5 e 0,6, nos trechos mais profundos os valores estão situados entre 0,2 e 0,4, indicando um maior estágio de intemperização (Tabela 5.9).

A densidade aparente não mostra grandes variações no perfil. A profundidade de 10 cm apresenta o maior valor registrado, 1,46 g/cm^3, coincidindo com o local de cor diferenciada. Para a densidade real também não ocorreram disparidades de valores, com 2,50 g/cm^3, nas profundidades 10 cm, 30 cm e 40 cm. Utilizando os resultados das densidades real e aparente foi possível obter o percentual da porosidade total para as amostras analisadas. Foi encontrado para a profundidade de 40 cm o maior percentual de poros (51,60%). A camada superficial registrou o segundo maior valor (47,71%). Para as

demais profundidades, os valores da porosidade total são: 41,60 % a 10 cm; 44,20 % a 20 cm e 47,20 % a 30 cm (Tabela 5.10). Cabe salientar que a porosidade total permite somente a quantificação desta feição no solo. O reconhecimento da sua tipologia e seu funcionamento é possível através de outras análises para determinação da macro e microporosidade, que não serão abordadas neste estudo.

Os valores de pH em KCl e água não apresentaram variações significativas, oscilando entre 4,2 / 4,7 (KCl), e 4,3 / 5,1 (H_2O). Os percentuais de matéria orgânica detectados são baixos. Como esperado, o maior valor foi encontrado na superfície, 3,65%. Entretanto, este índice não reduz gradativamente com o aumento da profundidade, pois o segundo maior valor, 3,38 %, foi encontrado a 40 cm (Tabela 5.10).

PARCELA 2 – APLICAÇÃO DE CALCÁRIO

As observações de campo referentes à Parcela 2 mostraram a ocorrência de trechos com crostas escuras e grande quantidade de musgos, além de pequena ocorrência de gramíneas (Figura 5.15). A microtopografia apresenta caminhos preferenciais para o escoamento das águas, indicando o que pode ser o início do processo de microrravinamento (Guerra, 1999). Pode-se também observar a ocorrência de cascalho no topo do solo (Figura 5.16). A permanência de material grosseiro na parcela confirma a seletividade do transporte de partículas mais finas do solo, no caso silte e argila, resultantes do escoamento superficial (Oliveira, 1996).

A parcela apresenta coloração bruno-avermelhada (5YR 4/4) em sua superfície (Tabela 5.8). As profundidades seguintes apresentam cores homogêneas. O vermelho é observado a 10 cm (2,5YR 4/6). Entretanto, é o vermelho-amarelado a cor predominante, presente nas demais amostras coletadas (5YR 5/8).

Tabela 5.8: Características morfológicas do solo na Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Profundidade cm	Cor (Seca)	Estrutura			Consistência			Poros		Raízes	
		Grau	Forma	Tamanho	Seca	Úmida	Molhada	Quantidade	Tamanho	Quantidade	Diâmetro
P A R C E L A 1											
0	5YR 4/6	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	comuns	≤ 1 mm
10	5YR 3/3	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	poucas	≤ 1 mm
20	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	poucas	≤ 1 mm
30	2,5YR 4/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
40	2,5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
P A R C E L A 2											
0	5YR 4/4	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	poucas	≤ 1 mm
10	2,5YR 4/6	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
20	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
30	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
40	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
P A R C E L A 3											
0	5YR 4/6	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	comuns	1 mm
10	5YR 4/4	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	poucas	≤ 1 mm
20	5YR 5/6	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	raras	≤ 1 mm
30	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	ausentes	---
40	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	ausentes	---
P A R C E L A 4											
0	5YR 4/4	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	lig. pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	abundantes	2-3 mm
10	5YR 4/4	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./lig. peg.	comuns	m. peq.	abundantes	2-3 mm
20	5YR 5/6	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	comuns	1-2 mm
30	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	comuns	1-2 mm
40	5YR 5/8	frc.	bl. sub.	m. peq.	lig. d.	m. fr.	pla./peg.	comuns	m. peq.	abundantes	1-2 mm

frc.: fraco, bl. sub.: em blocos subangulares, m. peq.: muito pequenos, lig. d.: ligeiramente dura, fr.: friável, m. fr.: muito friável,pla.: plástico, lig. pla.: ligeiramente plástico, peg.: pegajoso, lig.peg.: ligeiramente pegajoso.

Tabela 5.9: Análise Granulométrica da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Profun-didade (cm)	Cascalho (g)	Areia Total (g)	Areia Grossa (g)	Areia Fina (g)	Silte (g)	Argila (g)	Relação Site/argila	Grupamento Textural
				PARCELA 1				
0	47,43	518	389	129	162	320	0,506	Textura Média
10	42,64	519	360	159	181	300	0,603	Textura Média
20	37,92	469	313	156	151	380	0,397	Textura Argilosa
30	13,44	452	311	141	128	420	0,304	Textura Argilosa
40	24,76	429	283	146	131	440	0,297	Textura Argilosa
				PARCELA 2				
0	36,08	524	365	159	216	260	0,830	Textura Média
10	43,13	503	337	166	187	310	0,603	Textura Média
20	30,82	460	312	148	170	370	0,459	Textura Argilosa
30	16,89	437	291	146	173	390	0,443	Textura Argilosa
40	28,31	435	295	140	125	440	0,284	Textura Argilosa
				PARCELA 3				
0	39,54	516	353	163	204	280	0,728	Textura Média
10	48,07	540	380	160	210	250	0,840	Textura Média
20	56,40	489	330	159	161	350	0,460	Textura Argilosa
30	51,30	448	296	152	172	380	0,452	Textura Argilosa
40	25,65	441	294	147	159	400	0,397	Textura Argilosa
				PARCELA 4				
0	28,14	538	381	157	182	280	0,650	Textura Média
10	42,07	579	424	155	161	260	0,619	Textura Média
20	36,38	543	385	158	157	300	0,523	Textura Média
30	17,34	456	303	153	144	400	0,360	Textura Argilosa
40	27,29	525	389	136	145	330	0,439	Textura Média

Tabela 5.10: Análises Físico-Químicas da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Profundidade (cm)	Dens. Ap. (g/cm^3)	Dens. Real (g/cm^3)	Porosidade (%)	pH (KCl)	pH (H2O)	M.O. (%)
PARCELA 1						
0	1,26	2,41	47,71	4,6	4,9	3,65
10	1,46	2,50	41,60	4,7	5,1	3,31
20	1,36	2,44	44,20	4,3	4,4	3,27
30	1,32	2,50	47,20	4,2	4,3	3,20
40	1,21	2,50	51,60	4,4	4,5	3,38
PARCELA 2						
0	1,24	2,50	50,40	5,8	6,1	3,52
10	1,46	2,44	40,16	4,2	4,4	3,11
20	1,60	2,53	36,75	4,2	4,3	3,31
30	1,53	2,60	41,16	4,3	4,4	3,10
40	1,42	2,56	44,53	4,3	4,5	3,56
PARCELA 3						
0	1,57	2,50	37,20	4,6	5,5	3,85
10	1,58	2,47	36,04	4,7	5,6	3,29
20	1,48	2,53	41,51	4,3	4,8	3,37
30	1,47	2,53	41,89	4,3	4,7	3,04
40	1,42	2,53	43,88	4,4	4,7	3,28
PARCELA 4						
0	1,45	2,47	41,30	5,1	5,7	4,59
10	1,54	2,50	38,40	4,6	5,3	3,39
20	1,55	2,53	38,74	4,6	5,1	2,93
30	1,51	2,50	39,60	4,5	4,8	2,97
40	1,41	2,44	42,21	4,5	4,9	3,27

Dens. Ap. = Densidade aparente; Dens. Real = Densidade real; M.O.= Matéria orgânica

As mesmas características morfológicas são encontradas nas diferentes profundidades estudadas, com estrutura formada por blocos subangulares de tamanho muito pequeno e fraco grau de desenvolvimento (Tabela 5.8). A consistência quando seca é definida como ligeiramente dura; quando úmida torna-se friável; e, quando molhada apresenta-se ligeiramente plástica/ligeiramente pegajosa a 0 cm e 10 cm, e plástica/pegajosa a partir dos 20 cm até a base do perfil. Sua porosidade é comum em todas as amostras analisadas, apresentando poros de tamanho muito pequeno. Poucas raízes são encontradas no topo do solo. Nas demais profundidades sua presença é raramente notada, sempre respeitando o diâmetro inferior ou igual a um milímetro.

Figura 5.15: Visão da Parcela 2. As áreas mais claras indicam o cascalho transportado para a base da parcela (canto superior direito da foto), e caminhos preferenciais para a passagem da água (Foto: Antonio S. da Silva).

As amostras a 0 cm e 10 cm são caracterizadas por uma textura média. Nestas profundidades ocorrem os maiores valores encontrados de cascalho: 36,08 g a 0 cm e 43,13 g a 10 cm. A textura argilosa é notada nas demais profundidades, que apresentam

menores valores de cascalho, sendo que a 30 cm registrou-se 16,89 g desta fração, correspondendo ao menor valor encontrado neste perfil. A relação silte/argila apresenta em superfície o valor mais elevado para a Parcela 2, indicando a tendência a um equilíbrio entre estas duas frações. É provável que o calcário tenha contribuído para a manutenção do silte em superfície e, com isso, favoreceu a sua estabilização na parcela. Ainda nesta parcela, o decréscimo dos demais valores acompanha o aumento da profundidade (Tabela 5.9).

Figura 5.16: Detalhe de um dos caminhos preferenciais para a passagem da água durante as chuvas, na Parcela 2. (Foto: Antonio S. da Silva).

Na tabela 5.10 estão incluídos valores de densidade aparente com variações significativas. A amostra de superfície apresenta menor densidade aparente (1,24 g/cm^3), e maior porosidade total do perfil, 50,40 %. O trecho com maior densidade encontra-se a 20 cm (1,60 g/cm^3), onde ocorre o menor percentual de porosidade total no perfil (36,75%). Os demais valores não apresentam alterações bruscas.

Os resultados da determinação do pH apresentam valores mais altos a 0 cm, com 5,8 em KCl e 6,1 em água. Estes valores confirmam a presença de calcário residual

aplicado há anos, favorecendo a neutralização desta superfície. Nas demais profundidades os valores encontrados são entre 4,2 e 4,3 em KCl e 4,3 e 4,5 em água. Em relação à matéria orgânica, os maiores valores encontrados foram 3,5% a 0 cm e 3,56 a 40 cm. Este último é provavelmente resultante de atividade biológica ou pela ocorrência de raízes (Tabela 5.10).

PARCELA 3 – APLICAÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO

Assim como a parcela anterior, a Parcela 3 apresenta uma microtopografia irregular e grande quantidade de minerais primários (quartzo) em sua superfície. Estes minerais, encontrados na fração cascalho, e as demais frações, são preferencialmente carreados pelo centro da parcela até a sua base, de acordo com a energia da chuva (Figura 5.17).

A cor predominante no perfil é a vermelha-amarelada, com matizes variando a cada profundidade, mas sempre enquadrando-se nesta classe: 5YR 4/6 a 0 cm; 5YR 5/6 a 20 cm; e 5YR 5/8 a 30 cm e 40 cm. A única variação perceptível ocorre entre 10 cm e 20 cm, cuja cor é representada pela matiz 5YR 4/4, bruno-amarelado (Tabela 5.8).

Esta parcela apresenta as características mais homogêneas em relação à sua morfologia. Blocos subangulares muito pequenos e de fraco grau de desenvolvimento predominam em todas as profundidades. A consistência é totalmente caracterizada como ligeiramente dura quando seca, friável quando úmida e ligeiramente plástica/ligeiramente pegajosa quando molhada. Os poros muito pequenos são comuns em todas as amostras. A única variação sensivelmente perceptível diz respeito à presença de raízes. Na amostra da superfície do solo, as raízes são comuns e apresentam diâmetro de um milímetro. Sua presença decai de acordo com a profundidade, com poucas raízes a 10 cm e raras a 20 cm, sempre com diâmetro inferior ou igual a um milímetro. Para as amostras restantes, não foram detectadas a presença de raízes (Tabela 5.8).

Figura 5.17: Parcela 3. Percebe-se ao centro da foto os caminhos preferenciais para a passagem da água, com grande presença de minerais primários (quartzo). (Foto: Antonio S. da Silva).

Assim como nas parcelas anteriormente comentadas, a textura da Parcela 3 é considerada média para as profundidades 0 cm e 10 cm. A textura argilosa é registrada a 20 cm, 30 cm e 40 cm (Tabela 5.9). Mesmo sendo observada em campo a presença visível de minerais primários na superfície, a fração cascalho apresenta os maiores registros entre 10cm e 30cm, com respectivamente 48,07g; 56,40g e 51,30g. Assim como na Parcela 2, são encontrados valores elevados para a relação silte/argila, neste caso a 0 cm e 10 cm. Mais uma vez este comportamento pode indicar a estabilização destas frações no solo, em função da aplicação do adubo orgânico.

Em se tratando da densidade aparente, as camadas 0 cm e 10 cm apresentam o maior adensamento no perfil, com respectivamente 1,57 g/cm3 e 1,58 g/cm3. Nas

demais profundidades os valores variam entre 1,42 e 1,48 g/cm3. Entretanto, ao se observar os resultados encontrados para a densidade de partículas, é justamente nas profundidades iniciais que são registrados os menores valores: 2,50 g/cm3 a 0 cm e 2,47 g/cm3 a 10 cm. Mesmo assim, estes dados não diferem significativamente dos demais nesta parcela. Ao confrontar a densidade com porosidade total, são notados os menores percentuais de poros a 0 cm (37,20 %) e 10 cm (36,04 %), enquanto que nas demais profundidades os registros estão entre 41,51 % e 43,88 %, mostrando um aumento da porosidade com a profundidade do perfil (Tabela 5.10).

Os registros de pH não apresentam grandes variações. Percebe-se, todavia, que os maiores índices são encontrados justamente nas profundidades 0 cm e 10 cm, tanto nas análises do pH em água como em KCl. A provável explicação para tal fato é a ação, mesmo que ínfima, do adubo orgânico adicionado na parcela, já que os valores encontrados para a matéria orgânica nestas profundidades são os mais elevados, juntamente com o encontrado para a profundidade 20 cm. Mesmo assim, deve-se ressaltar a baixa quantidade de matéria orgânica nesta parcela, quando comparada aos registros encontrados para a Parcela 4. Era de se esperar um percentual mais próximo do registrado em superfície na parcela de referência. Entretanto, verifica-se valores mais próximos dos encontrados para as Parcelas 1 e 2 (Tabela 5.10). A adição de matéria orgânica também pode ser a explicação para a ocorrência dos valores encontrados para a densidade aparente e a porosidade.

PARCELA 4 – COM COBERTURA VEGETAL

A parcela com cobertura de gramíneas (Figura 5.18) apresenta duas classes de cores: bruno-avermelhada (5YR 4/4) a 0 cm e 10 cm, e vermelho-amarelado nas demais profundidades, sob os matizes 5YR 5/6 a 20 cm e 5YR 5/8 a 30 cm e 40 cm (Tabela 5.8). Nesta parcela encontra-se com maior frequência a presença da fauna endopedônica, verificada na hora da coleta das amostras, encontrando-se principalmente

minhocas. A ocorrência de organismos apresenta quantidade variada de acordo com a profundidade estudada.

A estrutura é marcada pela presença de blocos subangulares muito pequenos com fraco grau de desenvolvimento. Nas profundidades 0 cm a 30 cm a consistência é definida como ligeiramente dura e friável. Quando úmida algumas variações são percebidas: a amostra a 0 cm torna-se ligeiramente plástica/ligeiramente pegajosa; plástica/ligeiramente pegajosa a 10 cm; e plástica/pegajosa a 20 cm e 30 cm. Um maior cuidado em campo foi dado a amostra de 40 cm, cujas características são ligeiramente dura, muito friável e plástica/pegajosa. Em função destas características, o grau de dificuldade para coleta das amostras indeformadas foi ampliado, com várias tentativas em se obter a amostra ideal. Como nas demais parcelas, a porosidade é comum e ocorre o predomínio de poros muito pequenos. Em contrapartida, a presença de raízes é diferenciada devido a manutenção da vegetação na parcela. A 0 cm e 10 cm, raízes entre dois e três milímetros de diâmetro são abundantes. Nas profundidades seguintes este diâmetro é reduzido para um e dois milímetros. Porém, raízes são comuns a 20 cm e 30 cm, e tornam-se novamente abundantes a 40 cm. Este pode ser um dos fatores que dificultou a coleta das amostras para análise volumétrica e micromorfológica (Tabela 5.8).

De acordo com a tabela 5.9, predomina no perfil a textura média, com exceção a 30 cm, cuja textura argilosa foi confirmada pela análise granulométrica. É também nesta profundidade onde foi registrada a menor quantidade de cascalho (17,34 g), enquanto que os maiores valores foram registrados a 10 cm (42,07 g) e 20 cm (36,38 g). Resultados muito próximos foram encontrados para as profundidades 0 cm e 40 cm, representados respectivamente por 28,14 g e 27,29 g. Para esta parcela a relação silte/argila apresenta-se mais homogênea, indicando um estágio de intemperização não muito avançado.

Mais uma vez, valores próximos das densidades real e aparente foram encontrados a 0 cm e 40 cm. Em se tratando da densidade aparente, estas profundidades apresentaram os menores valores, 1,45 g/cm3 e 1,41 g/cm3, respectivamente, bem como para a densidade real: 2,47 g/cm3 a 0 cm e 2,44 g/cm3 a 40 cm. Esse comportamento é repetido ao verificar os dados de porosidade total. Para estas profundidades são

encontrados os maiores percentuais de poros do perfil, com 41,30 % a 0 cm e 42,21% a 40 cm. Nas demais profundidades os valores para os dois tipos de densidade e para a porosidade total não apresentam variações bruscas (Tabela 5.10).

Figura 5.18: Parcela 4 mantida com uma cobertura de gramíneas, durante o monitoramento. (Foto: Antonio S. da Silva).

A determinação do pH por KCl mostra valores com pouco diferenciados, atentando-se para a camada superficial do solo, onde é identificado o valor mais próximo à neutralidade (5,1). A análise do pH em água também mostra a tendência para neutralização deste solo (5,7). Nas profundidades 10 cm e 20 cm os valores não são muito diferentes: 5,3 e 5,1, respectivamente. As demais amostras possuem pH um pouco abaixo do observado nas amostras sobrejacentes: 4,8 a 30 cm e 4,9 a 40 cm (Tabela 5.11).

Os valores encontrados para matéria orgânica comprovam a eficiência da manutenção da cobertura vegetal. Entretanto, estes valores estão restritos ao topo do solo em função da maior quantidade de vegetação, registrando o maior percentual encontrado (4,59 %), e a 10 cm com 3,39 %. Confirmando a ocorrência de material vegetal a 40 cm, foi registrado o terceiro maior valor nesta parcela: 3,27 %. Nas profundidades 20 cm e 30 cm os valores encontrados são similares: 2,93% e 2,97%, respectivamente (Tabela 5.10).

- ***Avaliação Integrada das Análises de Campo e Laboratoriais***

Por se tratar de um experimento em um único tipo de solo, as características morfológicas não apresentam grandes alterações. É interessante notar que, independente do sistema de manejo adotado, as raízes se fazem presentes em todas as parcelas, porém em quantidades diferenciadas. Cores brunadas geralmente surgem nos primeiros 20 cm do solo. Todavia, os matizes vermelhos predominam em todas as parcelas (Tabela 5.8).

As texturas média e argilosa caracterizam a granulometria dos quatro perfis avaliados. Nas Parcelas 1, 2 e 3, este comportamento textural é repetido, com a textura média retratada nas profundidades 0 cm e 10 cm, seguidas por um pacote pedológico argiloso logo abaixo. A Parcela 4 registra uma alteração deste padrão, onde somente a 30 cm sua textura é argilosa, podendo representar uma fina camada com este tipo de material, enquanto as condições vegetais e a fauna endopedônica propiciam a manutenção de uma textura mais “aberta”, “aerada” e, conseqüentemente, mais bem drenada (Tabela 5.9).

A densidade aparente mostra valores mais elevados para as Parcelas 3 e 4. A densidade real, por sua vez, mostra valores mais equilibrados em todas as parcelas. Pelos resultados da porosidade, podem-se perceber as maiores variações de acordo com o tratamento aplicado. No geral, aos maiores valores de porosidade estão presentes nos primeiros 10 cm do solo. As Parcelas 1 e 2 apresentam uma grande quantidade de poros em sua superfície, superando inclusive a registrada na Parcela 4. Os menores

percentuais ficam a cargo da Parcela 3, enquanto a Parcela 4 possui valores equilibrados em todo o seu perfil, indicando uma melhor distribuição da porosidade (Tabela 5.10).

Os valores de pH geralmente são próximos entre as parcelas. Nota-se que os valores encontrados no topo do solo da Parcela 2 são superiores aos encontrados para a Parcela 4, parcela esta de referência em todo o estudo. Isto significa que, o objetivo de reduzir o teor de acidez do solo, única e exclusivamente, foi atendido, mesmo com uma única aplicação há anos (final de 1996), restando somente resíduos deste insumo, o que confere esta característica. Ao observar as demais profundidades da Parcela 2 percebe-se que os valores são bem inferiores ao encontrado em superfície, estando abaixo, inclusive, dos valores encontrados na Parcela 4 (Tabela 5.10).

Finalmente, os percentuais de matéria orgânica costumam ser maiores na superfície de todas as parcelas. Entretanto, a manutenção de uma cobertura vegetal confere à Parcela 4 valores mais elevados para este índice, diminuindo gradativamente até os 40 cm, onde torna a ter seu valor aumentado. Nas demais parcelas os valores para matéria orgânica não apresentam tantas variações como as encontradas para a Parcela 4.

Os resultados aqui apresentados mostram que a morfologia de campo não retrata significativas modificações possivelmente promovidas pela adoção do tratamento aplicado nas parcelas. A análise granulométrica identificou comportamento textural semelhante nas Parcelas 1, 2 e 3. Entretanto, quando comparadas à parcela de referência, percebe-se uma variação na quantidade de constituintes entre as profundidades 20 cm a 40 cm. Análises mais específicas, como descritas na tabela 5.10, permitem observar pequenas alterações de valores quando comparadas com a Parcela 4 (parcela de referência), que por si só não apresentam grandes justificativas. Espera-se que essas variações sejam melhor diagnosticadas com análises mais detalhadas, como as que serão apresentadas em sequencia.

5.3. Micromorfologia

As informações contidas neste item foram obtidas a partir da interpretação das lâminas delgadas de solo confeccionadas com amostras indeformadas das parcelas da Estação Experimental Fazenda Marambaia. Neste estudo as informações referentes ao comportamento e organização dos agregados e da porosidade são considerados os mais importantes no reconhecimento das alterações micromorfológicas. Todavia, informações a respeito da caracterização do fundo matricial, esqueleto e feições pedológicas também serão brevemente comentadas. O acompanhamento de todas as características pode ser feito pelas tabelas no final deste item.

Cabe salientar que a citação das figuras não respeita um ordenamento numérico no corpo do texto. Optou-se por este recurso para possibilitar a organização das figuras de acordo com as profundidades que representam, agrupando-as, para cada parcela, em duas páginas. Acredita-se que desta forma as características micromorfológicas do perfil de solo estarão claramente representadas. Geralmente, uma lâmina apresenta informações que são mencionadas mais de uma vez no texto, impossibilitando, dessa forma, ordenar sua referência.

PARCELA 1 – SEM TRATAMENTO

As lâminas confeccionadas com amostras da Parcela 1 (Figura 5.19) são homogêneas e sem transições perceptíveis. Entende-se por trama porfírica a ocorrência de partículas maiores distribuídas numa matriz de material mais fino (Castro, 2002), que nesta parcela predomina em todas as profundidades, variando somente pela maior ou menor concentração de esqueleto. Uma trama porfírica fechada é encontrada a 0 cm e 10 cm, com esqueleto agrupado rodeado por plasma em menor quantidade (Figura 5.23). A partir dos 20 cm é notada uma transição entre porfírica fechada e aberta,

PARCELA 1: Sem tratamento

Figura 5.19: Perfil e lâminas da Parcela 1 (Fotos: Antonio S. da Silva e Simone F. Garcia).

acompanhada pelo aumento gradual do tamanho dos minerais, que passam a fração mediana. Na amostra mais profunda (40 cm), a trama porfírica aberta é perceptível, com uma maior quantidade de plasma circundando os minerais do esqueleto (Figuras 5.30 e 5.31).

Os agregados (ou *peds*) são subangulares e claramente nítidos em todas as profundidades. Apresentam-se moderadamente desenvolvidos, exceto a 30 cm onde apresentam um desenvolvimento fraco. Quanto ao grau de acomodação geralmente estão parcialmente acomodados. Somente a 30 cm e 40 cm não se apresentam acomodados (Tabela 5.11).

De acordo com Castro (2002), define-se fundo matricial o material (plasma, esqueleto e poros) encontrado dentro dos agregados ou compondo solos apédicos (não agregados). As amostras da Parcela 1 apresentam plasma basicamente constituído por argila e ferro, o que lhe confere a denominação plasma argílico. Cabe ressaltar que não foram realizadas análises dos constituintes do fundo matricial. A constatação é embasada em função das características do solo estudado (LVA) e pela coloração típica que denota a ocorrência de ferro na sua constituição. A observação em luz natural (LN) mostra a ocorrência de cores escuras tipicamente brunadas prevalecendo em superfície. A partir dos 20 cm cores alaranjadas definem os constituintes do plasma, apresentando-se em tons mais escuros com o aumento da profundidade. Nestas amostras o plasma é geneticamente classificado como pedoplasma, resultante de contrações mecânicas por regime hídrico cíclico (ciclos de umectação/dessecação), comportamento este evidenciado pela ocorrência de uma porosidade fissural, bem como de separações plásmicas.

A orientação relativa das estruturas plásmicas considera sua organização em domínios diferenciados em função da passagem ou ausência de luz pelos seus constituintes, identificando padrões de extinção óptica (Castro, 2002). Na amostra de superfície da Parcela 1 esta orientação é definida como omnissépica, configurada por separações plásmicas em direções variadas. Nas demais profundidades a orientação silassépica é dominante, apresentando domínios cintilantes que são dificilmente identificáveis (Tabela 5.12).

Poros fissurais, canais e vesículas são perceptíveis em todo o perfil. Entretanto, uma porosidade mais aberta representada por uma rede de canais e vesículas predominam apenas nas profundidades de 0 cm e 10 cm (Figuras 5.20, 5.21 e 5.22), muitos em função da atividade biológica, que dão a estas amostras um aspecto menos “denso” e mais “aerado” dos materiais que compõem o solo. A partir dos 20 cm fissuras aparecem com maior frequência, muitas apresentando orientação vertical que facilita a percolação da água (Figura 5.25). Entretanto, poros cavitários também estão presentes nesta profundidade (Figura 5.24). Geralmente, a porosidade, bem distribuída em todas as lâminas, forma orientação oblíqua (Figura 5.28 e 5.29), com alguns trechos tendendo a horizontalidade, conforme encontrado a 30 cm.

Características como arredondamento, esfericidade e rugosidade das paredes dos poros também podem ser utilizados na sua descrição (Tabela 5.13). A 0 cm e 10 cm a porosidade da Parcela 1 é definida como metaporos por apresentarem paredes adensadas e polidas em função de movimentações mecânicas ou biológicas. Sua ocorrência é mais freqüente de acordo com o aumento da profundidade.

Em relação à gênese, os bioporos são predominantes entre 0 cm e 20 cm. Este tipo de porosidade é originada pela ação biológica da flora e/ou fauna. A 30 cm e 40 cm os pedoporos, resultantes de processos pedogenéticos, passam a predominar.

Fragmentos pequenos de esqueleto predominam a 0 cm e 10 cm. A 20 cm e 30 cm, fragmentos de tamanho mediano tornam-se mais evidentes (Figura 5.26 e 5.27). A partir de 40 cm fragmentos de diâmetro reduzido voltam a predominar. Quanto à constituição, quartzo e feldspato são os minerais mais encontrados. Traços de mica também são localizados em algumas profundidades. Entretanto, uma maior diversidade de minerais, que não foram classificados, são encontrados na superfície do solo (Tabela 5.14).

As feições pedológicas, mesmo em pequenas proporções, estão presentes em quase todas as profundidades. Em superfície são encontradas poucas pelotas fecais resultantes da ação biológica. Em raros trechos desta lâmina (0 cm) também são encontrados acúmulos de argila. Poros com revestimento de plasma ocorrem com maior

frequência nos segmentos mais profundos, caracterizando-se como separações plásmicas (Tabela 5.15).

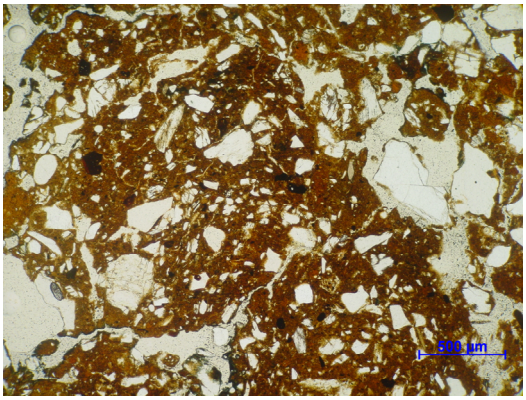


Fig. 5.20: Porosidade fissural de diâmetros variados individualizando microagregados (P1 - 0 cm, LN, 4X).

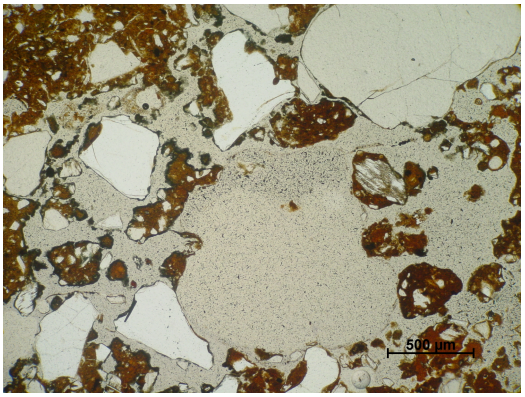


Fig. 5.21: Porosidade mais aberta com esqueleto e pequenos agregados dispersos no seu interior (P1 – 0 cm, LN, 4X).

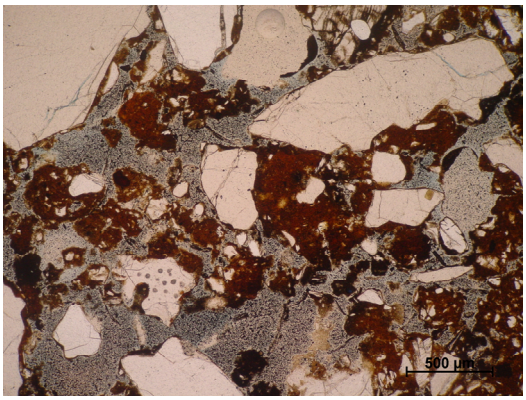


Fig. 5.22: Agregados bem delimitados dispersos na porosidade (P1 – 10 cm, LN, 4X).

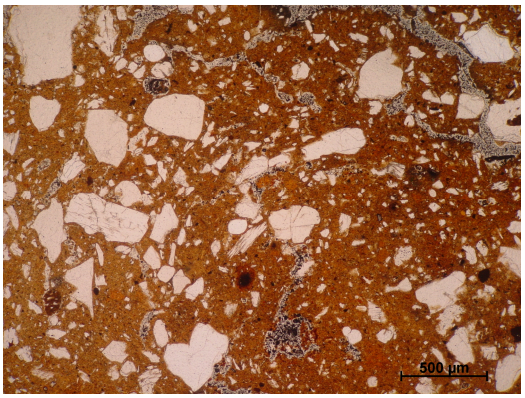


Fig. 5.23: Trama porfírica fechada (P1 – 10 cm, LN, 4X).

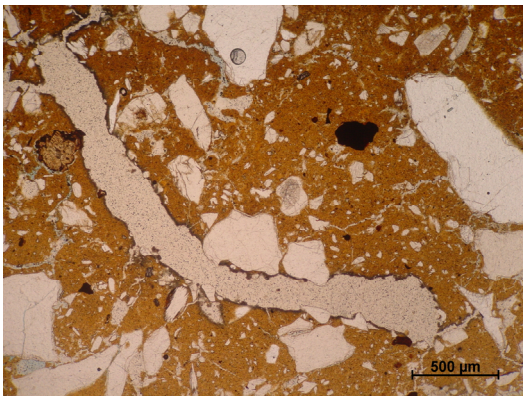


Fig. 5.24: Grande poro cavitário (P1 – 20 cm, LN, 4X).

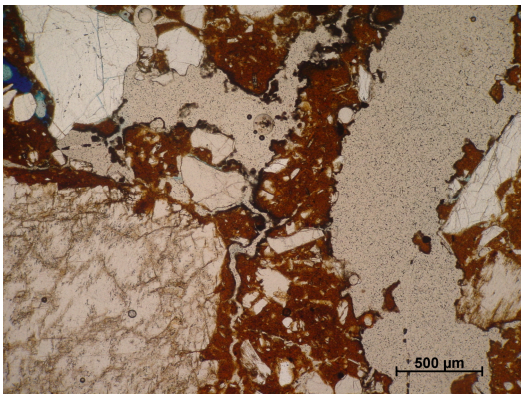
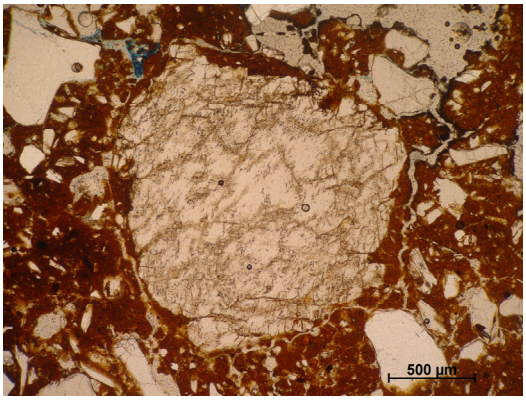
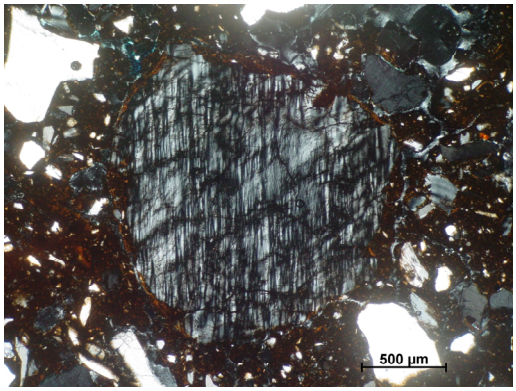
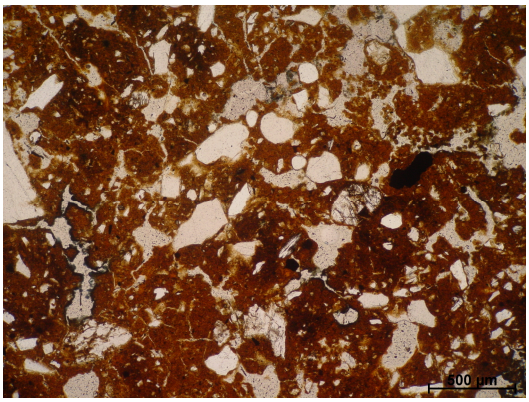


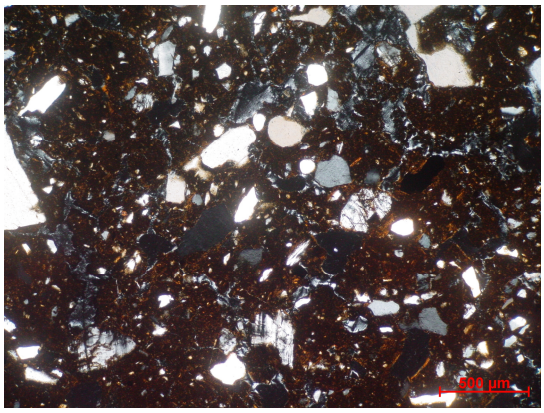
Fig. 5.25: Diferentes tipologias de porosidade. Detalhe para poro fissural vertical no centro da lâmina (P1 – 20 cm, LN, 4X).



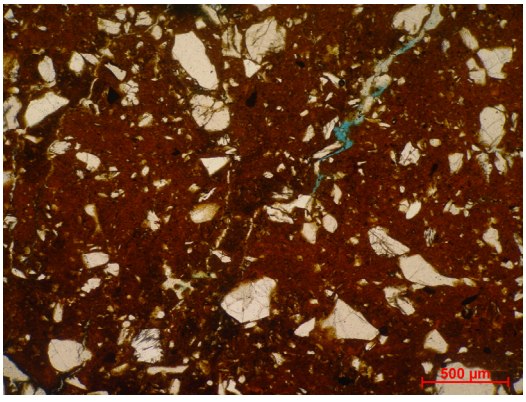


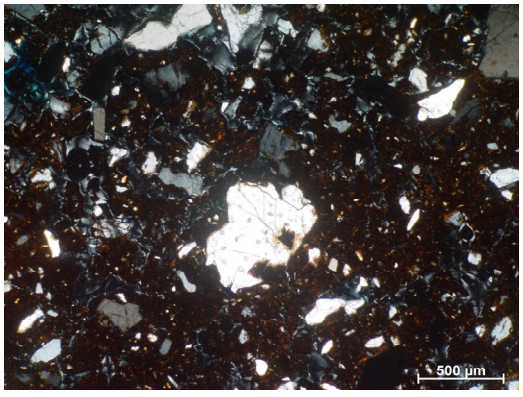
Figs. 5.26 e 5.27: Porosidade com plasma orientado circundando fragmento de feldspato (P1 – 20 cm, LN e LP, 4X).





Figs. 5.28 e 5.29: Porosidade em rede / interconectada (P1 – 30 cm, LN e LP, 4X).





Figs. 5.30 e 5.31: Trechos com trama porfírica aberta, esqueleto de fração pequena e porosidade fissural oblíqua / verticalizada (P1 – 40 cm, LN e LP, 4X).

PARCELA 2 – APLICAÇÃO DE CALCÁRIO

As lâminas referentes à Parcela 2 (Figura 5.32) apresentam arranjo homogêneo. Em superfície a variação de cores é perceptível, porém as demais condições não apresentam significativas diferenças. A 10 cm a lâmina apresenta-se dividida em duas zonas com transição abrupta marcada pela maior presença da porosidade, apresentando limites bem definidos.

Nesta parcela a trama porfírica também é dominante. Somente a 10 cm, lâmina com duas zonas bem diferenciadas, a trama quitônica (com película de plasma circulando grãos do esqueleto) é encontrada no centro da área analisada (Tabela 5.11).

Somente no topo do solo os agregados são fortemente desenvolvidos (Figura 5.33). A partir dos 10 cm a 30 cm podem ser caracterizados como moderadamente desenvolvidos (Figura 5.36). No trecho mais profundo (40 cm) a pedalidade é classificada como fracamente desenvolvida. Em todas as profundidades, os agregados são subangulares, bem nítidos a 0 cm e 10 cm, claros a 20 cm e 30 cm, e difusos a 40 cm. Em se tratando do grau de acomodação, estes agregados apresentam-se parcialmente acomodados em todas as profundidades, exceto a 10 cm, onde são classificados como acomodados.

As condições do plasma também são homogêneas quando considera-se seus constituintes e origem. Em todas as profundidades é definido como plasma argílico, de acordo com a coloração do material e tipo de solo; e classificados como pedoplasma, resultantes de contrações mecânicas e biológicas. As estruturas plásmicas, entretanto, são bem diferenciadas em cada lâmina. A estrutura argilassépica é encontrada em superfície. A 10 cm o plasma não permite a passagem de luz, o que o caracteriza como anisotrópico. Várias direções da estrutura plásmica são encontradas a 20 cm, classificando-a como omnissépica. Finalmente, a 30 cm e 40 cm predomina a estrutura/orientação silassépica, entretanto também é possível encontrar trechos a 40 cm com plasma não permitindo a passagem de luz (Figuras 5.41 e 5.42). Tons brunados estão presentes nos trechos mais superficiais do perfil de solo. A partir dos 20 cm

PARCELA 2: Adição de calcário

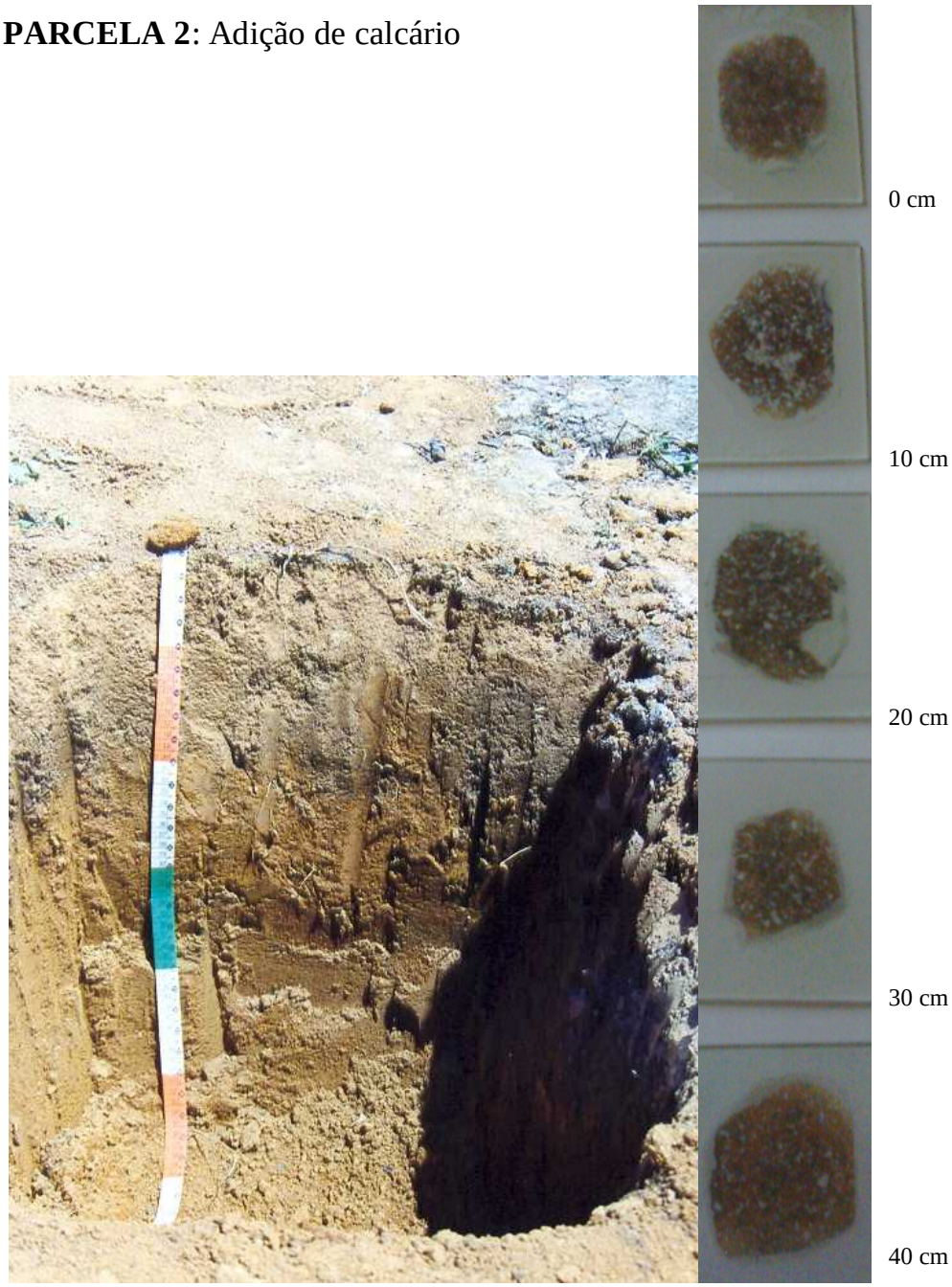


Figura 5.32: Perfil e lâminas da Parcela 2 (Fotos: Antonio S. da Silva e Simone F. Garcia).

predominam, em luz natural, cores alaranjadas e avermelhadas em função da maior presença de ferro no plasma (Tabela 5.12).

Mais uma vez a porosidade, representada por canais, vesículas e fissuras, está distribuída em todas as lâminas. O que varia é a quantidade destas tipologias de acordo com a profundidade estudada. Assim como diagnosticado na Parcela 1, a 0 cm e 10 cm poros fissurais convivem com uma maior quantidade de canais e cavidades (Figuras 5.34 e 5.35). As demais profundidades confirmam o predomínio de poros fissurais (Figuras 5.37 e 5.38). Existem duas possibilidades para explicar a gênese desta porosidade fissural, não somente nesta como nas demais parcelas aqui estudadas. A primeira diz respeito a ocorrência dos ciclos de umectação/dessecação, que propiciam a formação deste tipo de porosidade e que parece ser a melhor explicação no caso das parcelas. A coalescência de microagregados também possibilita o aparecimento de fissuras. Entretanto, para confirmar sua gênese seria necessário um estudo micromorfológico que englobasse amostras da rocha alterada até a superfície.

A 40 cm nota-se a presença de poros interconectados formando redes em vários trechos desta lâmina (Figuras 5.43 e 5.44). Todo o perfil apresenta uma porosidade respeitando diversas orientações, fato fortemente evidenciado em superfície. A 10 cm, 20 cm e 30 cm são vistos poros verticais ocupando as lâminas junto com poros oblíquos e, as vezes, paralelos ao perfil.

A rugosidade/alisamento das paredes dos poros são dominantemente classificadas como metaporos. Quanto à origem, todas as profundidades possuem pedoporos (dominantes) e bioporos. Mesmo com pedoporos também predominando a 30 cm, os bioporos são encontrados em maior quantidade do que nas demais profundidades (Tabela 5.13).

Os constituintes do esqueleto são os mesmos encontrados para a Parcela 1. O quartzo e o feldspato estão presentes em grandes quantidades. A mica, por sua vez, está em quantidades reduzidas, presente em maior proporção somente a 10 cm, mas ainda assim aparecendo em traços. Em superfície também são encontrados traços de minerais não classificados. Considerando o tamanho, o esqueleto geralmente é mal selecionado, mas predominam os menores tamanhos a 0 cm e 10 cm. A 20 cm e 40 cm há um equilíbrio entre as frações menores e medianas. Já a 30 cm não é possível definir uma fração predominante em função da falta de seletividade deste material (Tabela 5.14).

A lâmina de superfície (0 cm) apresenta raras separações plásmicas. Estas passam a não mais existir a 10 cm. Ainda nesta profundidade são encontradas pelotas fecais dentro de um único poro, evidenciando a baixa atividade biológica nesta parcela. A 20 cm alguns poros de diâmetro reduzido apresentam-se revestidos por plasma. Somente a 30 cm (Figuras 5.39 e 5.40) e 40 cm são notadas separações plásmicas com maior frequência (Tabela 5.15).

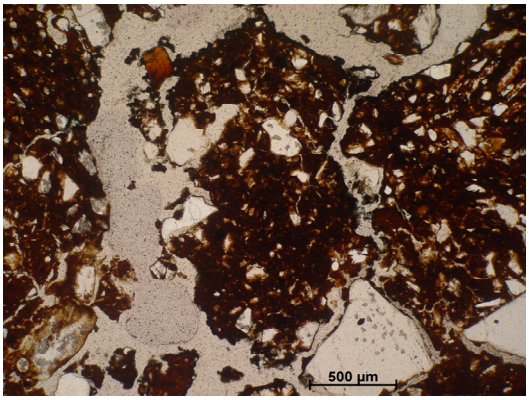


Fig. 5.33: Porosidade delimitando agregado (P2 – 0 cm, LN, 4X).

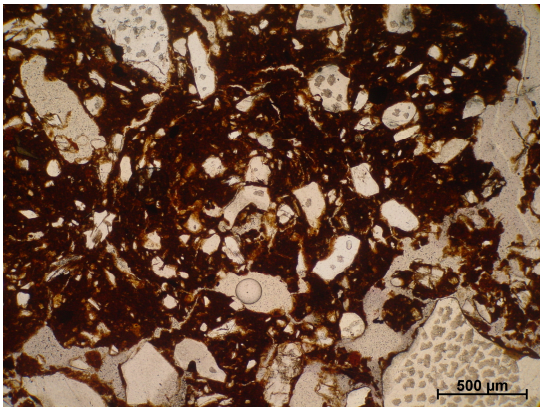


Fig. 5.34: Poros fissurais concêntricos resultantes de provável atividade biológica (P2 – 0 cm, LN, 4X).

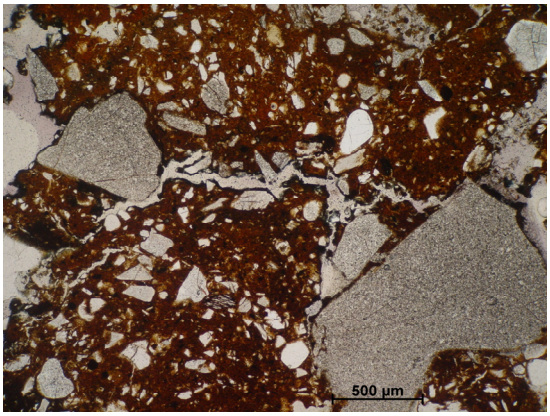


Fig. 5.35: Porosidade fissural angulosa e horizontalizada (P2 – 10 cm, LN, 4X).

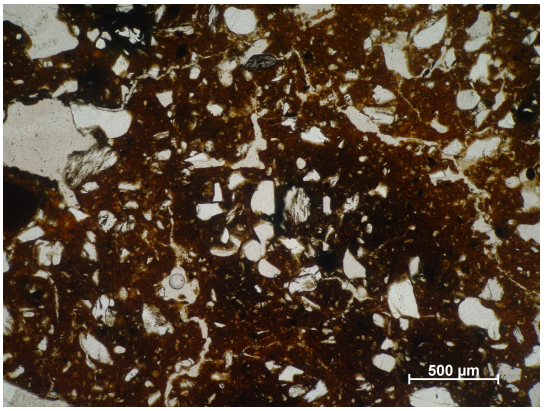
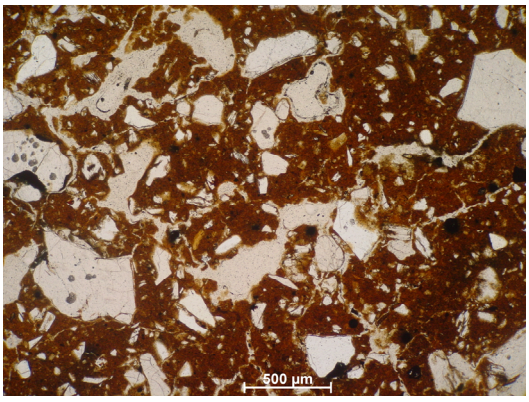
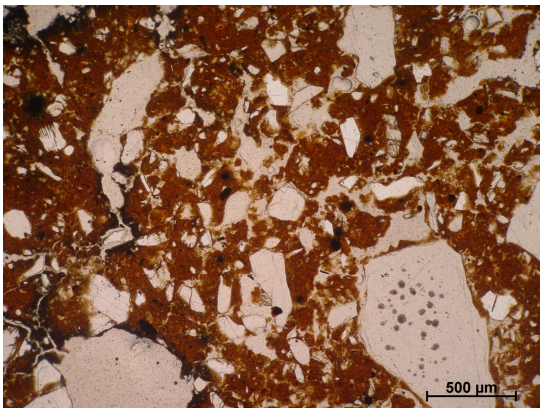
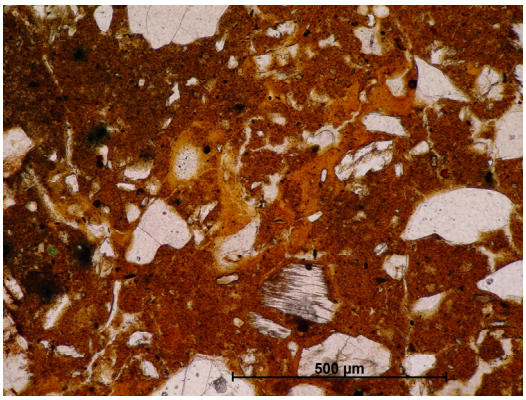


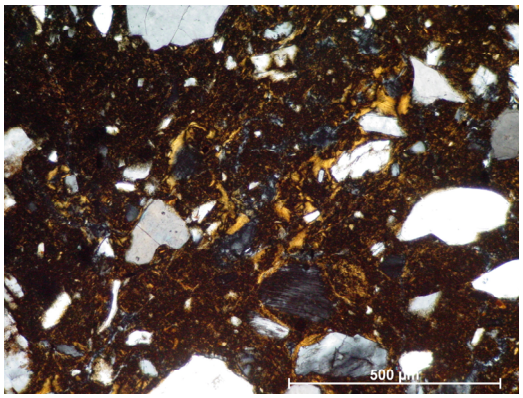
Fig. 5.36: Formação de microagregado, delimitado por porosidade fissural (P2 – 20 cm, LN, 4X).



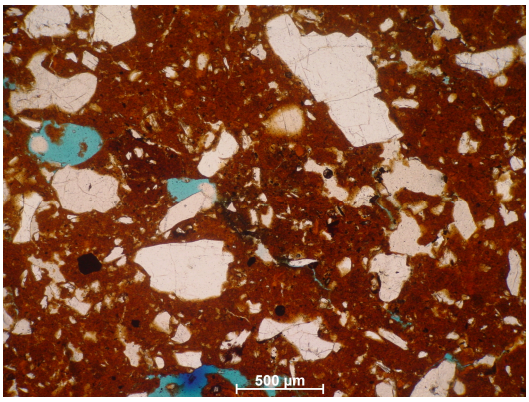


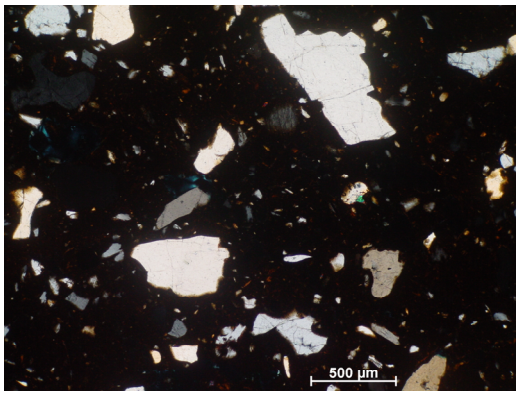
Figs. 5.37 e 5.38: Poros cavitários e fissurais auxiliando na delimitação de microagregados (P2 – 30 cm, LN, 4X).



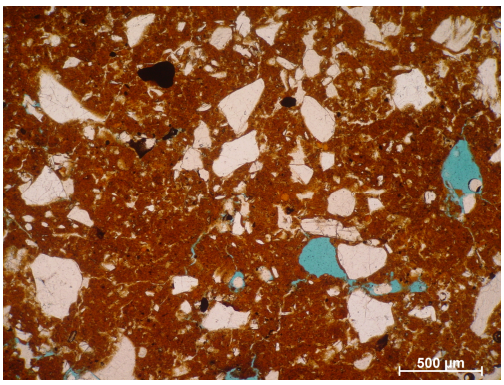


Figs. 5.39 e 5.40: Separações plásmicas associadas à porosidade fissural (P2 – 30 cm, LN e LP, 4X).





Figs. 5.41 e 5.42: Trama porfírica fechada com plasma sem extinção (P2 – 40 cm, LN e LP, 4X).



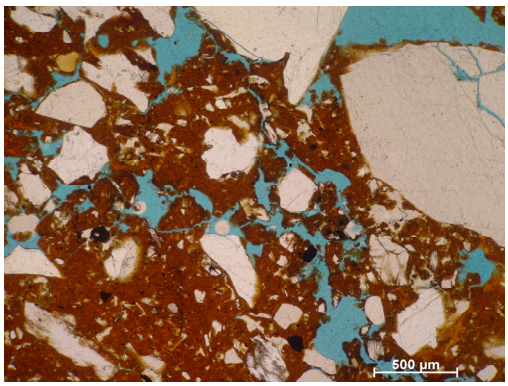


Fig. 5.43 e 5.44: Trechos de porosidade fissural e vesículas interconectadas (P2 – 40 cm, LN, 4X).

PARCELA 3 – APLICAÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO

Até agora todas as lâminas interpretadas apresentaram estrutura de base porfírica, fato novamente observado para a Parcela 3 (Figuras 5.45, 5.50 e 5.51). Todas as lâminas apresentam uma organização homogênea. Os agregados apresentam pedalidade bem desenvolvida (Figura 5.46), com exceção a 40 cm, onde é caracterizada como fracamente desenvolvida. Seus limites são subangulares, tornando-se angulosos somente a 40 cm. A nitidez é clara entre 0 cm e 30 cm, e difusa a 40 cm. Em todas as profundidades os agregados apresentam-se parcialmente acomodados (Tabela 5.11).

O plasma argílico (argila e ferro) é geneticamente caracterizado como pedoplasma em todas as profundidades analisadas. Somente a 30 cm trechos com separações plásmicas se fazem presentes. Em relação à orientação/estrutura, predomina a orientação silassépica a 0 cm e 10 cm, e argilassépica nas demais profundidades. A coloração do plasma apresenta-se mais variada quando comparada às demais parcelas. Tons brunados, em luz natural, predominam em superfície, mas também são encontrados nas demais profundidades. A partir dos 10 cm o plasma vermelho-amarelado aparece com maior frequência (Tabela 5.12).

Muitos poros fissurais são encontrados no topo do solo, coexistindo com canais e vesículas (Figura 5.47). A 10 cm é registrada a presença de canais, vesículas e câmaras (alvéolos). Esta porosidade quando apresenta grande diâmetro tanto a 0 cm como em 10 cm, possui no seu interior fragmentos do esqueleto que retratam uma estrutura de desmonte (Figura 5.48), causada pela saída de plasma transportado para as maiores profundidades (eluviação). Este comportamento ocorre também devido a instabilidade do material no entorno da porosidade de diâmetro maior. A 20 cm surge a maior quantidade de poros fissurais do perfil (Figura 5.52). Estas fissuras formam densas redes que estão bem distribuídas em toda a lâmina. Este trecho provavelmente apresenta microagregados mais sensíveis aos ciclos de umectação/dessecação, favorecendo a maior ocorrência deste tipo de porosidade. Vesículas, canais e fissuras

PARCELA 3: Adição de matéria orgânica

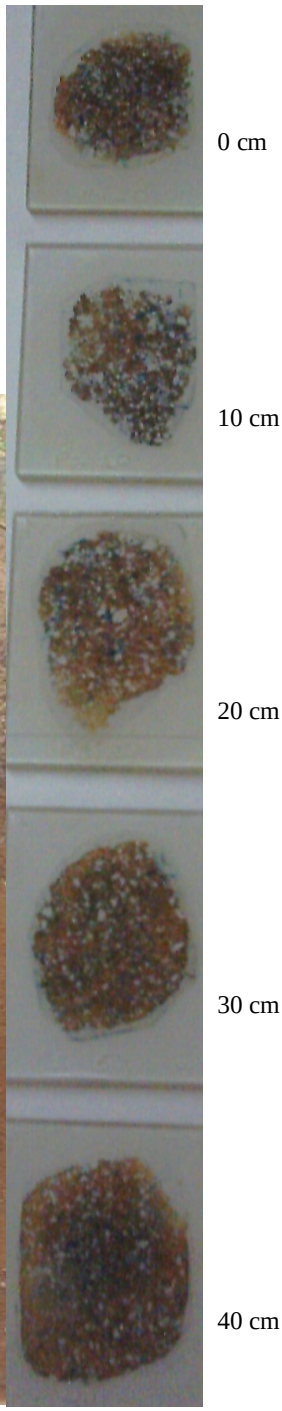


Figura 5.45: Perfil e lâminas da Parcela 3 (Fotos: Antonio S. da Silva e Simone F. Garcia).

(Figura 5.53) são encontrados a 30 cm, onde são encontrados alguns canais com revestimento de plasma (Figuras 5.54 e 5.55). No trecho mais profundo (40 cm), porosfissurais voltam a aparecer em maior densidade e canais são dificilmente encontrados. Metaporos são dominantes em todas as lâminas, mas a 30 cm ortoporos também são encontrados. Diversas orientações da porosidade são retratadas na tabela 5.13. Nota-se que a 20 cm, trecho com alta porosidade fissural, predomina a orientação vertical, proporcionando uma melhor percolação da água para as demais profundidades, justificando, inclusive, a grande presença de revestimentos de argila a 30 cm. Em relação a origem, a porosidade pode ser classificada pelo domínio de bioporos em superfície, e pedoporos nas demais profundidades.

O esqueleto contido na Parcela 3, geralmente constituído por quartzo e feldspato, geralmente apresenta-se mal selecionado em todo o perfil (Tabela 5.14). Em superfície as frações média e pequena são freqüentemente observadas. A 10 cm frações de maior diâmetro geralmente estão associadas à porosidade (canais preenchidos por esqueleto) (Figura 5.49), retratando a estrutura de desmonte anteriormente comentada. Fragmentos de tamanho reduzido passam a predominar a 20 cm e 30 cm. Esta situação é alterada a 40 cm, onde um esqueleto mais grosseiro aparece em maior quantidade (Figuras 5.56 e 5.57).

Não foram detectadas feições pedológicas nas profundidades iniciais da Parcela 3 (Tabela 5.15). A partir dos 20 cm esta situação é alterada. Começam a surgir trechos com separações plásmicas nas paredes de fragmentos do esqueleto e concentrações plásmicas na porosidade a 20 cm. Entende-se por separações plásmicas o resultado de mudanças no arranjo dos constituintes do plasma. As concentrações plásmicas, por sua vez, são concentrações de frações do plasma resultantes de acumulações absolutas ou relativas, classificadas dentro de feições pedológicas (Castro, 2002). A partir dos 30 cm as separações plásmicas estão presentes em vários pontos da lâmina, evidenciando a migração de argila para este trecho do perfil de solo. Concentrações plásmicas dividem espaço com pedotúbulos na profundidade de 40 cm.

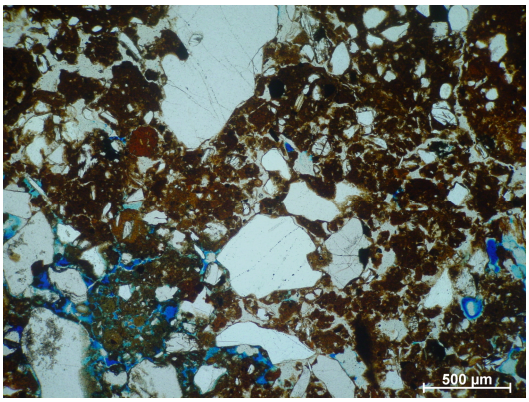


Fig. 5.46: Porosidade fissural e microagregados bem arredondados (P3 – 0 cm, LN, 4X).

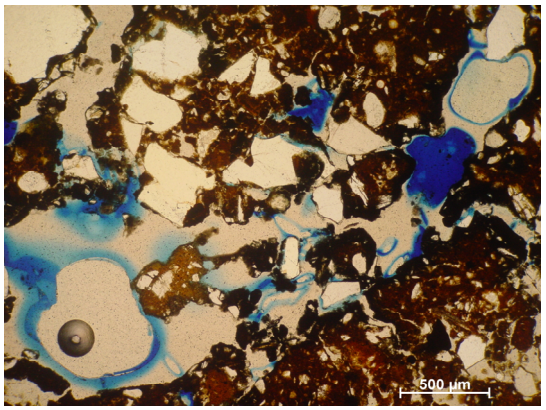


Fig. 5.47: Vesículas com agregados biológicos e esqueleto no seu interior (P3 – 0 cm, LN, 4X).

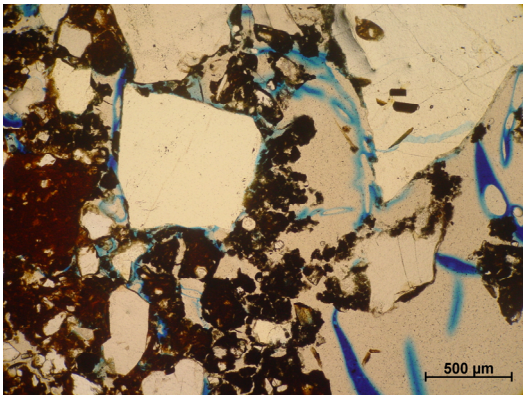


Fig. 5.48: Estrutura de desmonte ocorrendo nos trechos de porosidade de maior diâmetro (P3 – 0 cm, LN, 4X).

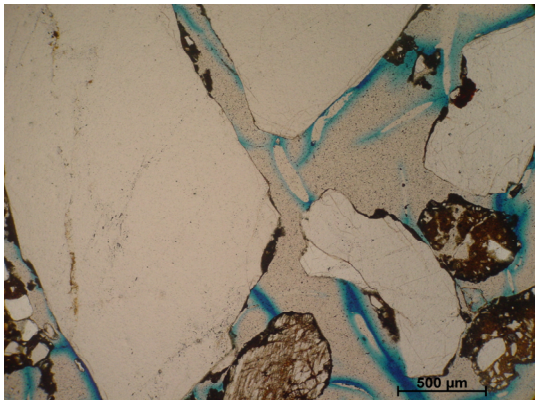
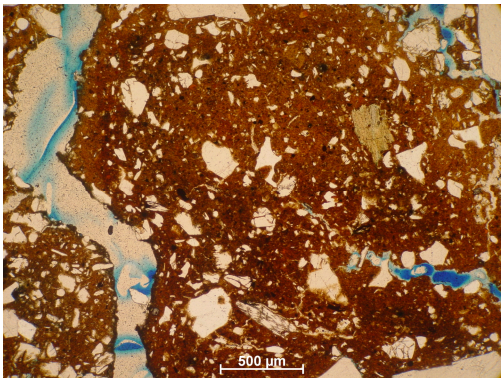
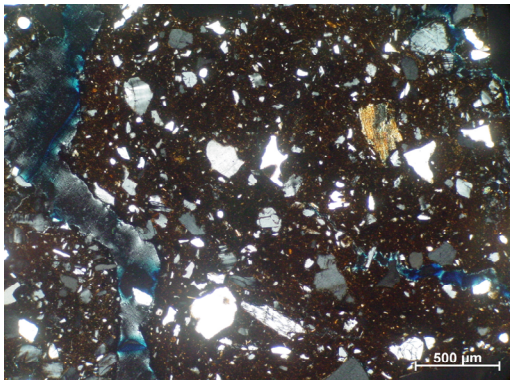


Fig. 5.49: Esqueleto grosseiro e anguloso em contato com porosidade (P3 – 10 cm, LN, 4X).





Figs. 5.50 e 5.51: Trama porfírica aberta e poro cavitário (P3 – 10 cm, LN e LP, 4X).

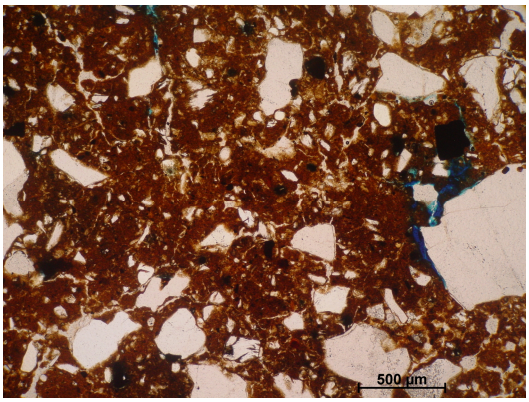


Fig. 5.52: Microfissuras separando agregados. Início da abertura da porosidade (P3 – 20 cm, LN, 4X).

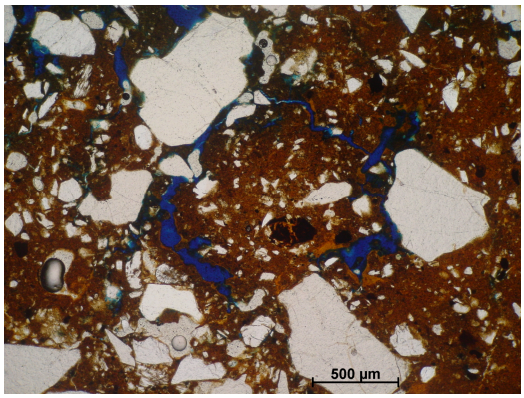
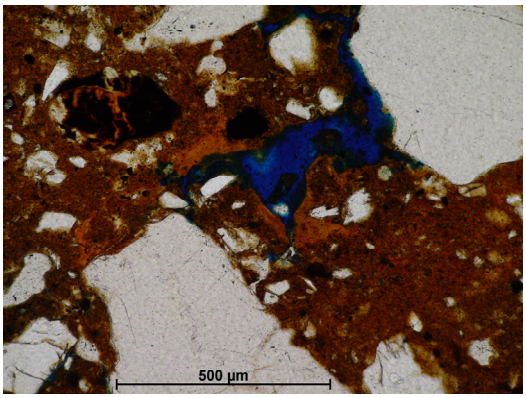
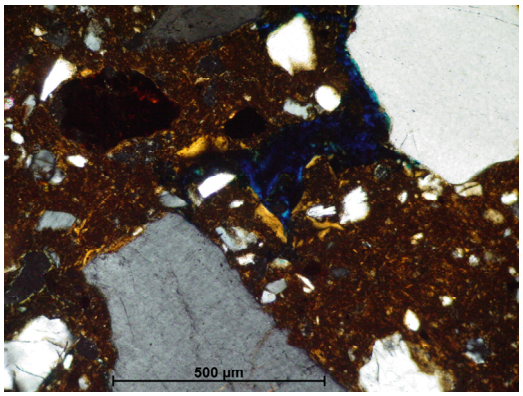
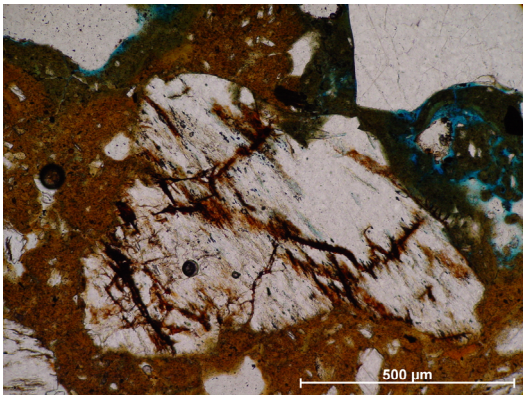


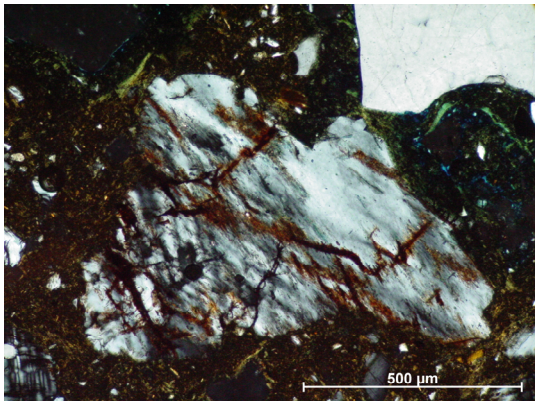
Fig. 5.53: Porosidade (em azul) delimitando agregado subangular (P3 – 30 cm, LN, 4X).





Figs. 5.54 e 5.55: Concentrações plásmicas (P3 – 30 cm, LN e LP, 10X).





Figs. 5.56 e 5.57: Feldspato em estágio inicial de alteração (P3 – 40 cm, LN e LP, 10X).

PARCELA 4 – COM COBERTURA VEGETAL

A parcela de referência para este estudo (Figura 5.58) apresenta uma estrutura porfírica em todas as suas lâminas (Figuras 5.62, 5.65 e 5.66). As profundidades iniciais (0 cm e 10 cm) podem ser definidas por diferenciações em função do comportamento da porosidade, que favorece a delimitação de zonas, uma com maior porosidade e outra com maior quantidade de material. As demais lâminas mostram um arranjo homogêneo com ausência de transições. Os agregados, subangulares, apresentam pedalidade moderadamente desenvolvida (Figura 5.64), exceto a 30 cm onde também são encontrados agregados fracamente desenvolvidos. A nitidez oscila entre clara a difusa e apresentam-se parcialmente acomodados. Somente a 30 cm os agregados são classificados como acomodados (Tabela 5.11).

Assim como nas parcelas anteriormente interpretadas, o plasma na Parcela 4 é constituído por argila e ferro. Entretanto, a matéria orgânica também é encontrada em proporções significativas em todas as profundidades, fato não registrado nas lâminas anteriores. A presença deste material confere cores brunadas em luz natural, presentes de 0 cm a 40 cm, que apresentam tons mais fortes predominando nas áreas superficiais. A partir dos 20 cm, um plasma mais vermelho-amarelado prevalece, mas trechos de plasma mais escuro continuam existindo (Figura 5.68). Quanto à orientação relativa, todo o perfil estudado pode ser caracterizado como argilassépico. Em relação à gênese, prevalece o comportamento homogêneo, com o domínio de pedoplasma tanto em função de contrações mecânicas como pela atividade biológica bem evidenciada neste perfil (Tabela 5.12).

Esta parcela possui um perfil bem drenado até a profundidade analisada, retratada pela porosidade interconectada, composta por tipologias variadas: canais, cavidades, câmaras (alvéolos) e poros fissurais. Nas profundidades 0 cm e 10 cm a vegetação e a fauna endopedônica propiciam uma porosidade mais aberta composta por canais, câmaras e cavidades (Figura 5.63). A partir dos 20 cm uma porosidade fissural

PARCELA 4: Gramíneas

0 cm

10 cm

20 cm

30 cm

40 cm

Figura 5.58: Perfil e lâminas da Parcela 4 (Fotos: Antonio S. da Silva e Simone F. Garcia).

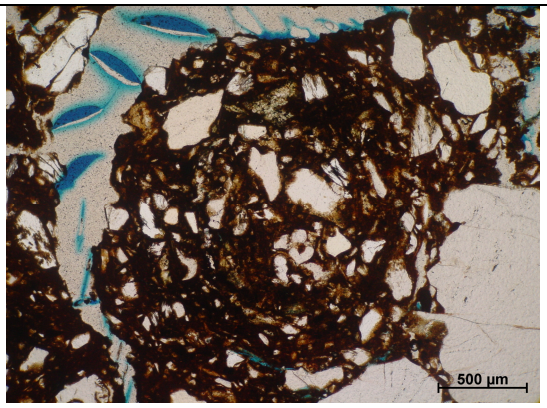
interconectada é sempre observada em conjunto com os outros tipos de poros (Figuras 5.67 e 5.70). Em função da diversidade e quantidade, não existe uma orientação predominante dos poros. Entretanto, um maior número de poros verticais são encontrados a 10 cm.

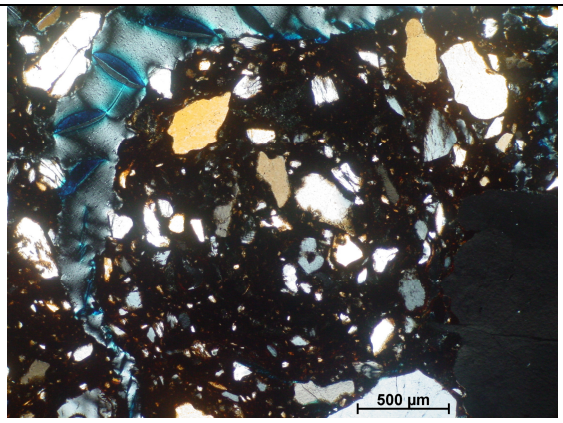
Em relação a rugosidade/alisamento de suas paredes, os ortoporos predominam de 0 cm a 30 cm. Metaporos ocorrem com maior frequência somente a 40 cm. Na classificação genética da porosidade, todas as lâminas apresentam pedoporos predominando. Entretanto, os bioporos estão presentes em maiores proporções do que as observadas nas parcelas anteriores (Tabela 5.13).

Como nas demais parcelas, o quartzo é o mineral dominante, seguido do feldspato e da mica (em traços). Mais uma vez, em superfície (0 cm) também foram encontrados outros minerais que não foram classificados. Em relação à distribuição das frações integrantes do esqueleto, percebe-se a ocorrência de fragmentos de tamanhos variados a 0 cm, retratando a falta de seleção deste material (Figura 5.61). Os fragmentos maiores geralmente estão associados a canais de origem biológica. O mesmo é observado a 20 cm. Já a 30 cm os fragmentos medianos são predominantes. A 40 cm repete-se a ausência de material selecionado (Figura 5.69), e os fragmentos do esqueleto são encontrados em diversas frações (Tabela 5.14).

Vários tipos de feições pedológicas são detectadas na Parcela 4. Os pedotúbulos são encontrados em superfície, nos primeiros 10 cm do perfil (Figuras 5.59 e 5.60). Por estar próximo ao sistema radicular, a profundidade compreendida entre 10 cm e 20 cm não apresenta feições pedológicas, sendo encontrados somente agregados de origem biológica. A lâmina que caracteriza a profundidade 20 cm mostra uma expressiva ocorrência de pedotúbulos resultante de atividade biológica. Também são registradas concentrações plásmicas presentes em poros fissurais. Em 30 cm, raramente são observados cutãs de stress. Poros fissurais revestidos de argila também estão presentes nesta profundidade. Várias feições pedológicas são encontradas a 40 cm, representadas por agregados biológicos e pedotúbulos. Este último, por sinal, pode ter sido o responsável pela dificuldade de coleta da amostra indeformada nesta profundidade, pois em função da maior aeração deste trecho, o material se fragmentava com grande facilidade. No centro desta

lâmina podem ser observadas concentrações plásmicas, também conhecidas como cutãs de stress, resultantes da oscilação umectação/dessecação do solo desta parcela. Cutãs de iluviação também são encontrados nesta profundidade (Tabela 5.15).





Figs. 5.59 e 5.60: Estrutura com orientação concêntrica indicando provável atividade biológica (P4 – 0 cm, LN e LP, 4X).

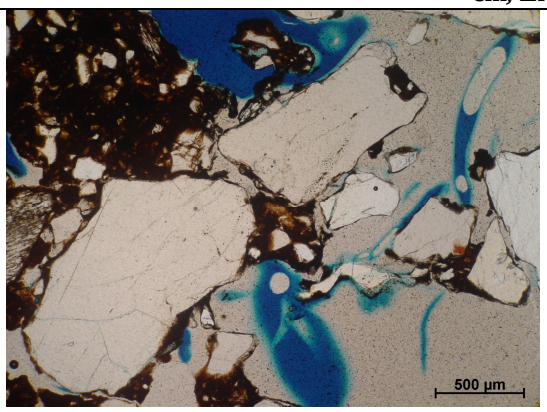


Fig. 5.61: Trecho com predomínio de esqueleto grosseiro associado à porosidade (P1 – 0 cm, LN, 4X).

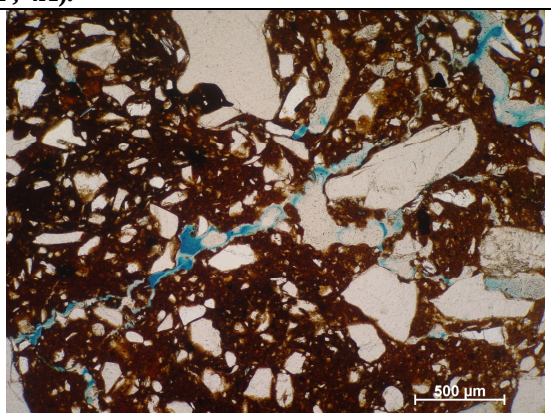


Fig. 5.62: Estrutura porfírica. Detalhe para extenso poro fissural inclinado na porção esquerda da lâmina (P4 – 0 cm, LN, 4X).

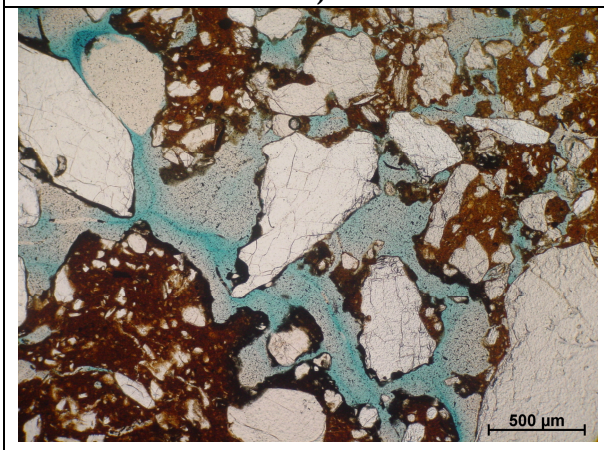


Fig. 5.63: Trecho com porosidade mais aberta (P4 – 10 cm, LN, 4X).

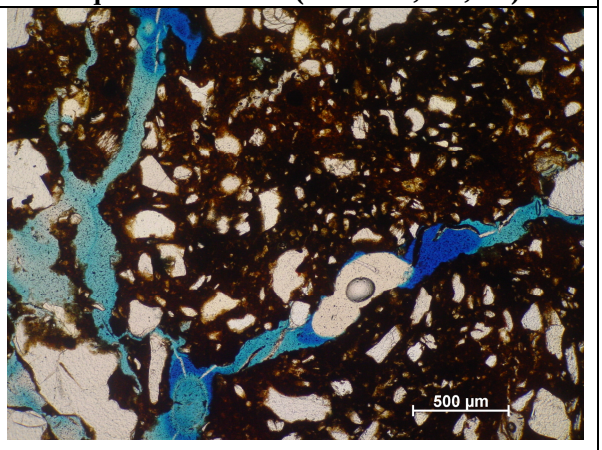


Fig. 5.64: Porosidade delimitando agregado com limites angulosos (P4 – 10 cm, LN, 4X).

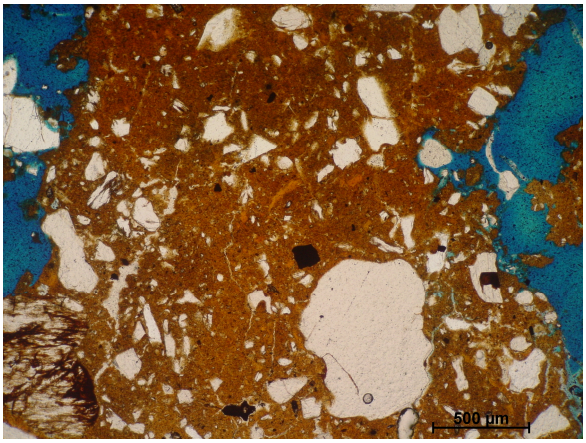


Fig. 5.65: Trama porfírica aberta com porosidade fissural e canais (em azul) (P4 – 20 cm, LN, 4X).

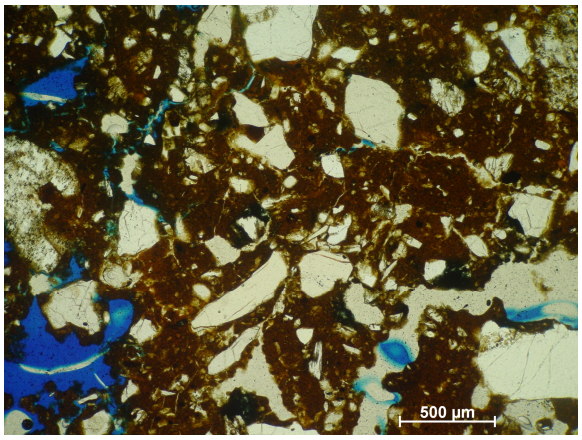


Fig. 5.66: Trecho de estrutura porfírica e alta densidade de poros (P4 – 30 cm, LN, 4X).

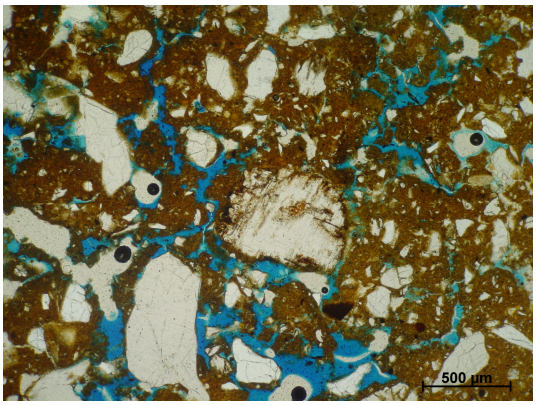


Fig. 5.67: Poros fissurais distribuídos em matriz porfírica (P4 – 30 cm, LN, 4X).

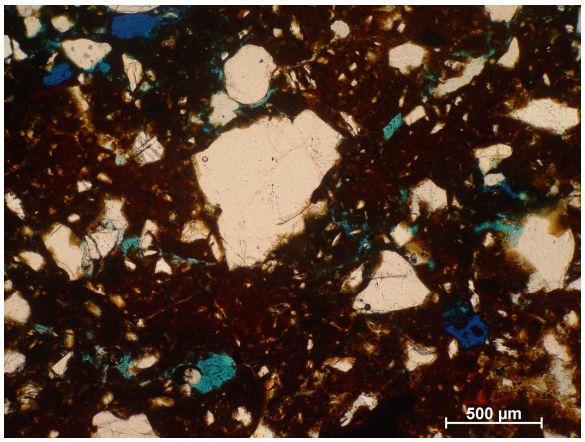


Fig. 5.68: Trama porfírica fechada com plasma mais escuro (P4 – 40 cm, LN, 4X).

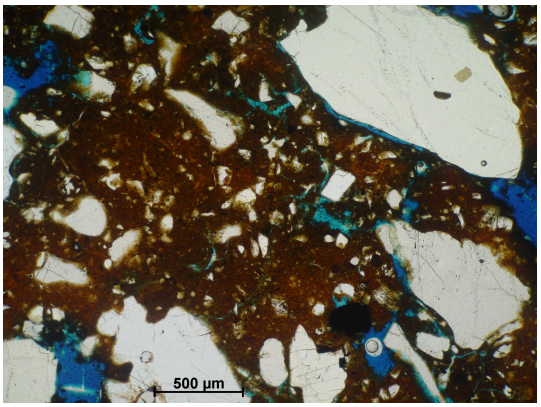


Fig. 5.69: Trama porfírica com alguns fragmentos grosseiros do esqueleto (P4 – 40 cm, LN, 4X).

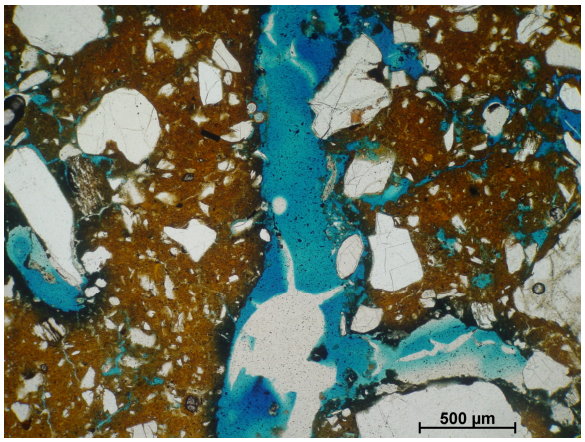


Fig. 5.70: Poro cavitário vertical conectado a poros fissurais (P4 – 40 cm, LN, 4X).

- ***<u>Avaliação Micromorfológica Integrada</u>***

Considerando como referência a Parcela 4, pela manutenção da sua cobertura vegetal, a grande diferença desta para as demais diz respeito à atividade biológica, notada em todas as profundidades, seja pela flora ou pela fauna endopedônica. Tal fato provoca uma maior ocorrência de feições pedológicas, no caso pedotúbulos e pelotas fecais, que são encontrados em proporção reduzida nas Parcelas 1, 2 e 3. A fauna também propicia uma maior quantidade de poros cavitários, notados até 40 cm. Estes poros, junto com as demais tipologias encontradas, favorecem a uma melhor capacidade de percolação hídrica, mantendo o perfil bem drenado e retardando o escoamento superficial.

Uma análise geral das características micromorfológicas verificadas permite observar que as Parcelas 1, 2 e 3 não apresentam grandes diferenciações no seu comportamento estrutural. Percebe-se que nas profundidades iniciais (0 cm e 10 cm), os agregados estão melhor desenvolvidos e com seus limites bem delimitados. A faixa dos 20 cm pode ser caracterizada como a transição para profundidades com arranjo estrutural diferente, onde se verificam poros fissurais e agregados com pedalidade incipiente, ainda em estágio de formação.

A organização do trecho compreendido entre 0 a 20 cm apresenta alterações estruturais similares entre si, bem como com a parcela de referência (Parcela 4), provando que os tratamentos aplicados nas parcelas não são os verdadeiros responsáveis por este comportamento. De fato, essa razoável homogeneidade estrutural pode ter ocorrido pela ação dos eventos pluviométricos. A energia das chuvas e o impacto de suas gotas podem ser considerados os reais causadores das alterações estruturais notadas principalmente na organização da porosidade e dos agregados. O potencial erosivo também é reduzido na parcela 4 pela manutenção da cobertura vegetal, que ajuda na redução do impacto das gostas de chuva, diminui o escoamento superficial e, consequentemente, protege o solo mantendo suas microestruturas preservadas.

Tabela 5.11: Descrição do material pédico nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Prof. (cm)	MATERIAL PÉDICO							
	Homogênea ou com zonas	**Tipo de Transição**	**Pedalidade**	**Forma dos Agregados**	**Rugosi-dade/ Alisa-mento**	**Nitidez/ Contraste**	**Grau de Acomodação**	**Distribuição Relativa**
PARCELA 1								
0	Homogênea	Ausente	Mod. des. com trechos f. des.	Sub.	Ond.	Clara / distinto a proeminente	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada
10	Homogênea	Ausente	Mod. des. a f. des.	Sub.	Ond.	Nítido / proeminente	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada
20	Homogênea	Ausente	Mod. des.	Sub.	Rug.	Claro / fraco	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada e aberta
30	Homogênea	Ausente	Fr. des.	Sub.	Ond.	Claro / fraco	Não acomodado	Porfírica fechada e aberta
40	Homogênea	Ausente	Mod. des. a fr. des. Trechos da lâmina com agregados mal delimitados	Sub.	Rug.	Difuso / fraco	Não acomodado	Porfírica aberta
PARCELA 2								
0	Homogênea; transição perceptível na cor, mas com características semelhantes	Nítida	F. des. com trechos mod. des.	Sub.	Ond.	Nítido / distinto a proeminente	Parcialmente acomodado	Porfírica aberta e fechada
10	Duas zonas	Abrupta	Mod. des. com trechos f. des.	Sub.	Ond.	Nítido / distinto	Acomodado	Porfírica fechada e quitônica no centro da lâmina
20	Homogênea	Ausente	Mod. des.	Sub.	Ond.	Claro / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica
30	Homogênea	Ausente	Mod. des. a f. des.	Sub.	Ond.	Claro / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada
40	Homogênea	Ausente	Fr. des.	Sub.	Ond. e cr.	Difuso / fraco	Parcialmente acomodado	porfírica fechada
PARCELA 3								
0	Homogênea	Nítida	Mod. des. com trechos f. des.	Sub.	Ond. e cr.	Claro / distinto	Parcialmente a não acomodado	Porfírica fechada
10	Homogênea	Ausente.	Mod. des., porém menos do que a 0 cm	Sub.	Ond. e cr.	Claro / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada
20	Homogênea	Ausente	Mod. des.	Sub.	Ond. e cr.	Claro / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica
30	Homogênea	Ausente	Mod. des.	Sub.	Ond. e cr.	Claro / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica
40	Homogênea; transição perceptível na cor, mas com características semelhantes	Nítida	Fr. des.	Sub.	Rug.	Difuso / fraco	Parcialmente acomodado	Porfírica aberta e fechada
PARCELA 4								
0	Diferenças em função da grande quantidade de cavidades	Difusa	Mod. des.	Sub.	Rug.	Claro / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada
10	Diferenças em função da grande quantidade de cavidades	Difusa	Mod. des.	Sub.	Rug.	Difuso / contraste	Parcialmente acomodado	Porfírica fechada
20	Homogênea	Nítida para agregados maiores. Ausente para microagregados formadores dos agregados maiores	Mod. des.	Sub.	Ond.	Claro a difuso / distinto	Parcialmente acomodado, principalmente os agregados rodeados por poros (canais), geralmente por atividade biológica (apresenta-se alisado)	Porfírica
30	Homogênea	Ausente. Não há agregado individualizado	Fr. a mod. des.	Sub.	Ond.	Difuso / fraco	Não acomodado (arredondados e irregulares)	Porfírica
40	Homogênea	Abrupto para agregados biológicos; difuso para os demais agregados	Mod. des.	Sub.	Ond.	Claro a difuso / distinto	Parcialmente acomodado	Porfírica

f. des.: fortemente desenvolvida; mod. des.: moderadamente desenvolvida; fr. des.: fracamente desenvolvida; sub.: subangular; ond.: ondulada; rug.: rugosa; cr.: crenulada.

Tabela 5.12: Descrição do fundo matricial nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Prof. (cm)	FUNDO MATRICIAL				
	Cor Natural (LN)	**Cor Nicóis Cruzados (LP)**	**Constituintes**	**Orientação ou Estrutura**	**Origem**
PARCELA 1					
0	Marrom claro e escuro com trechos avermelhados / alaranjados	Marrom escuro a preto; trechos laranja escuro onde há concentrações plásmicas	Argila e Ferro: plasma argílico	Omnissépica	Pedoplasma
10	Laranja e marrom	Marrom claro amarelado; marrom escuro e preto	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica	Pedoplasma e cutaniplasma
20	Plasma levemente escurecido; laranja escuro com trechos em marrom	Marrom claro e escuro	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica	Pedoplasma
30	Laranja	Marrom com pontos vermelhos	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica e omnissépica	Pedoplasma
40	Laranja escuro	Marrom com pontos vermelhos	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica	Pedoplasma
PARCELA 2					
0	Marrom (predominando) e laranja claro	Marrom escuro / preto e marrom claro	Argila e Ferro: plasma argílico	Argilassépica	Pedoplasma
10	Marrom avermelhado (mais escuro que as lâminas abaixo)	Marrom, marrom escuro e pontos vermelhos do plasma	Argila e Ferro: plasma argílico	Sem extinção	Pedoplasma
20	Laranja um pouco mais escuro do que a 30 cm	Marrom	Argila e Ferro: plasma argílico	Omnissépica	Pedoplasma
30	Laranja	Marrom; laranja onde há concentrações plásmicas	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica	Pedoplasma
40	Avermelhado e laranja escuro	Vermelho escuro	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica e argilassépica	Pedoplasma
PARCELA 3					
0	Marrom escuro	Preto com pontos vermelhos; marrom escuro	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépica e argilassépica	Pedoplasma
10	Marrom e vermelho-amarelo	Marrom escuro / preto e marrom claro	Argila e Ferro: plasma argílico	Silassépida	Pedoplasma
20	Marrom e laranja	Marrom escuro e preto	Argila e Ferro: plasma argílico	Argilassépica e silassépica	Pedoplasma
30	Laranja com trechos em marrom	Vermelho bem escuro e pequenos trechos em laranja; trechos em preto	Argila e Ferro: plasma argílico	Argilassépica.	Pedoplasma e cutaniplasma
40	Laranja, marrom e vermelho-amarelo	Marrom claro e escuro	Argila e Ferro: plasma argílico	Argilassépica;	Pedoplasma
PARCELA 4					
0	Marrom e vermelho-amarelo	Marrom escuro e preto	Argila, matéria orgânica e Ferro	Argilassépica	Pedoplasma
10	Marrom com trechos pretos	Marrom escuro e preto	Argila, matéria orgânica e Ferro	Argilasépica	Pedoplasma
20	Vermelho-amarelo / marrom	Vermelho escuro e preto	Argila, matéria orgânica e Ferro	Sépica	Pedoplasma
30	Vermelho-amarelo / marrom	Alaranjado (revestindo poros); avermelhado	Argila, matéria orgânica e Ferro.	Sépica	Pedoplasma
40	Vermelho-amarelo com trechos em marrom	Vermelho / vinho	Argila, matéria orgânica e Ferro	Sépica	Pedoplasma

Tabela 5.13: Descrição do fundo matricial nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Prof. (cm)	POROS				
	Morfologia	**Alisamento (Rugosidade)**	**Distribuição**	**Orientação**	**Gênese**
PARCELA 1					
0	Poucos poros fissurais. Predomínio de canais, redes de canais, vesículas, muitos feitos por atividade biológica	Metaporos	Toda a lâmina	Oblíqua e curvada	Bioporos
10	Predomínio de redes de canais. Poros fissurais (juntas) bem estreitos distribuídos no fundo matricial	Metaporos	Toda a lâmina	Perpendicular e oblíqua	Bioporos e pedoporos
20	Porosidade fissural. Presença de poros de diâmetro maior feitos por atividade biológica e pelo acúmulo de água	Metaporos	Toda a lâmina	Oblíqua	Bioporos e pedoporos
30	Muitas fissuras e alguns canais	Metaporos	Toda a lâmina	Poros fissurais verticalizados. Poros maiores com suave inclinação, tendendo a quase horizontalidade; oblíquos	Pedoporos
40	Poros fissurais	Metaporos	Toda a lâmina	Ausente. Porosidade em várias direções	Pedoporos
PARCELA 2					
0	Grande ocorrência de canais e poros fissurais (no interior dos agregados)	Metaporos	Toda a lâmina	Ausente. Porosidade em várias direções	Pedoporos e bioporos
10	Centro da lâmina com grande cavidade com alguns fragmentos de esqueleto e fissuras (rachaduras)	Metaporos	Toda a lâmina	Muitos poros perpendiculares, de grande diâmetro.	Pedoporos e bioporos
20	Poros fissurais distribuídos no fundo matricial. Presença de canais de diâmetro maior	Metaporos	Fissuras distribuídas em toda a lâmina	Oblíqua e perpendicular	Pedoporos e bioporos
30	Poros fissurais, canais (ação biológica) e vesículas	Metaporos e ortoporos	Toda a lâmina.	Perpendicular (grandes canais)	Pedoporos e bioporos
40	Canais e fissuras	Metaporos	Toda a lâmina. Redes de poros concentradas em trechos da lâmina.	Paralela e oblíqua	Pedoporos e bioporos
PARCELA 3					
0	Canais, vesículas e muitos poros fissurais	Metaporos	Toda a lâmina	Curvada	Bioporos e pedoporos
10	Presença de canais e vesículas. Quando com grande diâmetro apresentam esqueleto no interior. Há também a presença de câmaras (alvéolos)	Metaporos	Toda a lâmina	Perpendicular e oblíqua	Pedoporos e bioporos
20	Maior presença de poros fissurais em toda a lâmina; canais de tamanhos variados. Fissuras formando densas redes que estão bem distribuídas pela lâmina	Metaporos	Toda a lâmina	Perpendicular (poros de maior diâmetro); paralela (fissurais)	Pedoporos e bioporos
30	Vesículas, canais e fissuras. Canais com revestimento de argila	Ortoporos e metaporos	Aleatória	Oblíqua	Pedoporos e bioporos
40	Muitas fissuras (dominantes); ocorrência de canais (raros)	Metaporos (em áreas de concentração plásmica) e ortoporos	Aleatória e radial (fissuras concentradas)	Oblíqua e paralela	Pedoporos
PARCELA 4					
0	Rachaduras, canais, câmaras (alvéolos) e poros cavitários, muitos desenvolvidos em função da atividade biológica	Ortoporos	Agrupada e bandada	Ausente	Pedoporos e bioporos
10	Grande quantidade de canais; presença de câmaras (alvéolos) com o interior preenchido por restos de raízes	Ortoporos	Bandada e cutânica	Perpendicular	Pedoporos e bioporos
20	Grande presença de poros fissurais no fundo matricial, tipo rachaduras. Presença de poros maiores (vesículas / cavidades). Aumento na quantidade de cavidades, quando comparada às lâminas a 30 cm e a 40 cm. Rede de poros bem definida	Ortoporos e metaporos	Toda a lâmina	Ausente	Pedoporos e bioporos
30	Poros fissurais interconectados (rede de canais), favorecendo a formação de agregados. Ocorrência de poros maiores de provável atividade biológica	Ortoporos	Toda a lâmina	Ausente	Pedoporos, metaporos e bioporos
40	Porossidade auxiliando na delimitação de agregados (microagregados subangulares muito pequenos)	Metaporoso	Toda a lâmina	Ausente	Pedoporos e bioporos

Tabela 5.14: Descrição dos constituintes do esqueleto nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Prof. (cm)	ESQUELETO							
	Dimensão	**Seleção**	**Mineralogia**	**Esferi-cidade**	**Arredond a-mento**	**Rugosi-dade**	**Distribuição de base**	**Distribui-ção referida**
PARCELA 1								
0	Agregados com fragmentos pequenos. Esqueleto de tamanho médio e grande também estão presentes. 40% da lâmina com esqueleto	Razoavelmente bem selecionado	Qtz., felds. e outros minerais não classificados (traços)	Subesf.	Ang.	Alis.	Aleatória	Não referida
10	Predomínio da fração pequena, mas também se encontra esqueleto de tamanho maior. 40% da lâmina com esqueleto	Razoavelmente bem selecionado	Qtz. e felds.	Subesf.	Ang.	Alis.	Aleatória	Não referida
20	Muitos fragmentos de tamanho mediano, mas ocorrem alguns de tamanho maior. Estes últimos geralmente associados a poros no seu contorno, provando a resistência imposta por estes fragmentos	Razoavelmente selecionado	Qtz. e felds.	Esf.	Sub.	Alis.	Aleatória	Não referida
30	Muitos fragmentos médios; presença de pequenos fragmentos em menor quantidade. 30% da lâmina com esqueleto	Mal selecionado	Qtz., felds.e mica	Esf.	Sub.	Alis.	Aleatória	Não referida
40	Predomínio de fragmentos de menor tamanho. Esqueleto de fração média em maior quantidade que os grosseiros. 40% da lâmina com esqueleto	Mal selecionado	Qtz. e felds.	Esf.	Sub.	Alis.	Aleatória	Não referida
PARCELA 2								
0	Predomínio da fração menor. Fração média em maior quantidade que a fração grosseira. 30% da lâmina com esqueleto	Mal selecionado	Qtz., felds.e outros minerais não classificados (traços)	Esf.	Sub.	Alis.	Aleatória	Não referida
10	Maior quantidade de fragmentos pequenos. 30% da lâmina com esqueleto	Melhor selecionado que nas lâminas inferiores	Qtz., felds. e mica, este último em maior quantidade que a 20 cm	Esf.	Sub.	Ond.	Aleatória	Não referida
20	Maior quantidade de esqueleto pequeno e médio. 30% da lâmina com esqueleto	Mal selecionado	Qtz., felds. e mica, este último em menor quantidade	Subesf	Ang.	Ond.	Trechos agrupados (maior fração)	Não referida
30	Esqueleto em toda a lâmina, porém em tamanhos variados. 40 % da lâmina com esqueleto	Mal selecionado	Qtz., felds. e mica	Subesf	Ang.	Ond.	Agrupada	Não referida
40	Predomíno de fragmentos pequenos e médios. 50 a 60% da lâmina com esqueleto	Bem selecionado	Qtz., felds. e mica	Subesf	Ang.	Ond.	Aleatória	Não referida
PARCELA 3								
0	Predomínio de esqueleto médio e pequeno	Mal selecionado	Qtz., felds. e outros minerais não classificados (traços)	Esf./sub esf	Sub.	Ond.	Aleatória	Não referida
10	Esqueleto de maior tamanho geralmente associado à porosidade: canais preenchidos com grandes fragmentos. Presença da fração média distribuída no fundo matricial	Relativamente bem selecionado	Qtz., felds. e mica, este último em grande quantidade	Esf	Ang. (esqueleto maior) e sub. (esqueleto médio)	Ond.	Aleatória (esqueleto menor), e concêntrica (esqueleto maior)	Não referida
20	Predomínio da fração menor	Moderadamente bem selecionado	Qtz. e felds.	Esf	Ang.	Ond.	Aleatória e agrupada	Não referida
30	Predomínio da fração menor	Moderadamente selecionado	Qtz. e felds., este último em grande quantidade e em processo de alteração	Esf	Ang.	Rug.	Aleatória com trechos agrupados	Não referida
40	Presença de fragmentos de tamanho maior, decrescendo a quantidade de acordo com a redução da fração	Mal selecionado	Qtz. e felds.	Esf	Sub.	Ond.	Aleatória e agrupada	Não referida
PARCELA 4								
0	Grandes fragmentos associados a canais biológicos. 40% da lâmina com esqueleto	Mal selecionada	Qtz., felds. e outros minerais não classificados (traços)	Subesf	Sub.	Ond.	Aleatória	Não referida
10	Predomínio de fragmentos maiores do que os existentes nas lâminas inferiores. 40% de fragmentos de tamanho maior na lâmina	Bem selecionado	Qtz., felds. e mica (traços)	Subesf	Sub.	Ond.	Agrupada e concêntrica	Não referida
20	Tamanhos diversos. Entretanto, os de maior dimensão estão em cavidades. 20 a 30% de esqueleto na lâmina	Melhor selecionado que a 30 cm	Qtz., felds. e mica	Subesf	Ang.	Ond.	Agrupada e bandada (grandes cavidades)	Não referida
30	Tamanhos diversos, predominando médio	Mal selecionado. Pior que a 40cm	Qtz., felds. e mica	Subesf. e subal.	Sub. e ang.	Ond. e alis. (fragmentos maiores)	Aleatória	Não referida
40	Vários tamanhos. No geral, fragmentos maiores servem de isoladores de agregados	Mal selecionado.	Qtz. predominando	Esf.	Sub.	Alis.	Áreas orientadas indicando agregado (ponto 2 da lâmina). Aleatória e agrupada (quando há agregado)	Não referida e oblíqua

Qtz.: quartzo; felds.: feldspato; subesf.: subesférica; esf.: esférica; subal.: subalongada; ang.: angular; sub.: subangular; subar.: subarredondada; alis.: alisada; ond.: ondulada; rug.: rugosa.

Tabela 5.15: Descrição das feições pedológicas nas amostras da Estação Experimental Fazenda Marambaia.

Prof. (cm)	FEIÇÕES PEDOLÓGICAS
PARCELA 1	
0	Pelotas fecais e revestimentos de argila nos poros; acúmulo de argila em trechos da lâmina
10	Acúmulo de argila em trechos da lâmina
20	Presença de pequenos acúmulos (revestimentos) de argila em trechos do fundo matricial e na porosidade
30	Pequena quantidade de poros revestidos com plasma; caracterizando-se como separações plásmicas
40	Várias áreas com acúmulo de argila, revestindo poros; presente em toda a lâmina e facilmente perceptível em LP
PARCELA 2	
0	Raras separações plásmicas. Não há indícios de pelotas fecais
10	Poucas pelotas fecais em alguns poros. Não foram encontradas concentrações plásmicas (revestimentos)
20	Pequenos poros revestidos por plasma
30	Separações plásmicas
40	Grande presença de separações plásmicas distribuídas pelo fundo matricial
PARCELA 3	
0	Ausente
10	Ausente
20	Separação de plasma nos contorno de alguns fragmentos do esqueleto. Porosidade apresentando separações plásmicas, porém com menor frequência do que a 30 cm
30	Separações plásmicas freqüentes em toda a lâmina
40	Separações plásmicas e pedotúbulos
PARCELA 4	
0	Pedotúbulos
10	Presença de agregados biológicos
20	Concentrações de argila em alguns trechos, porém não muito frequente. Fissuras preenchidas por plasma. Muitos pedotúbulos. Expressiva atividade biológica
30	Presença de poros revestidos de argila; raros cutãs de stress
40	Grande presença de cutãs de stress; cutãs de iluviação nítidos, mas não abundantes (faixa no centro da lâmina). Presença de pedotúbulo e agregados biológicos

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da estação experimental mostrou sua eficácia na interpretação do comportamento erosivo. Entretanto, deve-se ter discernimento para interpretar suas respostas e reconhecer possíveis falhas a que este tipo de estudo está sujeito. Mesmo com algumas lacunas, ao longo dos três anos de estudo, os resultados propiciaram informações importantes sobre os tratamentos adotados. A utilização de dados de chuva mais precisos por intermédio de um pluviógrafo diminuiriam as falhas em alguns períodos de monitoramento, como também forneceria melhor explicação a certos comportamentos erosivos. Todavia, o uso do pluviômetro, equipamento de menor custo, oferece boas correlações acerca das perdas de solo.

É possível afirmar que as Parcelas 1 (sem vegetação e sem tratamento) e 2 (sem vegetação e com aplicação de calcário) caminham para a diminuição/estabilização das perdas de solo, mesmo quando os totais pluviométricos anuais registrados mostraram-se elevados. É importante ressaltar que as taxas erosivas nunca serão tão reduzidas quanto as observadas na Parcela 4, mantida com vegetação.

A Parcelas 3 (sem vegetação e com aplicação de adubo orgânico) apresentou perdas de solo diretamente relacionadas com a oscilação da precipitação. Entretanto, o adubo orgânico aplicado no início do monitoramento teve uma ação mais eficiente somente em 1997. Com isso fica confirmada a necessidade da aplicação sistemática deste insumo no solo, a fim de melhorar a agregação dos constituintes do solo e evitar maior erosão.

A manutenção da cobertura vegetal na Parcela 4 provou ser a melhor maneira de evitar elevadas taxas erosivas. Dessa forma, a água da chuva que chega ao solo não dispõe mais da energia inicial, dissipada ao longo do contato com a vegetação. Conseqüentemente, o escoamento superficial é diminuído, evitando-se o destacamento de partículas do solo.

As análises físico-químicas (granulometria, densidades real e aparente, porosidade e matéria orgânica) não mostraram significativas alterações nos seus valores quer sejam pelos tratamentos aplicados nas parcelas ou pela ação das gotas de chuva. No entanto, os resultados de pH apresentaram comportamento diferenciado. Os valores encontrados para

as amostras do topo do solo da Parcela 2 foram mais próximos da neutralidade do que os encontrados nas demais profundidades e nas demais parcelas. Isso significa que o calcário aplicado no início do monitoramento ficou restrito aos primeiros centímetros do solo. Atualmente estes valores elevados em superfície mostram a ação residual deste insumo. Grande parte do que foi aplicado provavelmente foi transportado por escoamento superficial, principalmente em 1998, ano do maior total pluviométrico. Entretanto, para confirmar este comportamento seria necessário a realização de análises químicas dos sedimentos transportados.

A morfologia do solo efetuada em campo também não apresentou significativas variações entre as quatro parcelas. As mudanças mais perceptíveis foram constatadas somente na quantidade de raízes e na consistência do solo quando molhado. Essa homogeneidade de resultados confirma que a análise macromorfológica por si só não fornece subsídios para identificação de diferenciações estruturais, em experimentos que envolvam simulação de condições em campo em área que não são submetidas a uso.

Somente com a análise de lâminas delgadas de solo foi verificada alteração estrutural, verificada principalmente pelo comportamento da porosidade. As Parcelas 1, 2 e 3 apresentam, nas profundidades iniciais (até 20 cm), uma porosidade mais aberta representada por canais e vesículas. Nas profundidades seguintes esta porosidade torna-se mais fechada, com o predomínio de uma porosidade fissural. A Parcela 4, em função da permanência da vegetação, e, conseqüentemente, de uma fauna endopedônica, favorece a ocorrência de canais e vesículas também nas maiores profundidades, resultando em um perfil bem drenado. Diante do comportamento verificado nas parcelas sem vegetação, e comparando com os resultados da parcela mantida com cobertura vegetal, é correto afirmar que os tratamentos aplicados não influenciaram na alteração das microestruturas. A micromorfologia permitiu verificar que o verdadeiro agente modificador da estrutura do solo, nos primeiros 20 cm, foi a chuva, em função da sua energia e o impacto que causa ao entrar em contato com o solo descoberto.

7. BIBLIOGRAFIA

ALLISON, F.E. (1973) **Soil organic matter and its role in crop production**. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdan, 637p.

AMARAL, A.J.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; CASSOL, P.C.; BARBOSA, F.T.; ZOLDAN JUNIOR, W.A.; RITTER, S.R.; BRIGNONI, L.F. e KOEFER, E.C. (2003) **Perdas de N sob chuva natural sobre um Inceptissolo em diferentes manejos.** *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP. Publicação em CD-ROM.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. (1985) **Conservação do Solo.** Livroceres, Piracicaba. 392p.

BOTELHO, R.G.M. (1996) **Identificação de unidades ambientais na bacia do rio Cuiabá (Petrópolis - RJ) visando o planejamento de uso do solo.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ, 114p.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. e ANJOS, O.C. (1995) **Estudo comparativo entre solo e geomorfologia para identificação de topossequências na microbacia do rio Cuiabá (Petrópolis-RJ).** I Encontro de Geomorfologia do Sudeste. *Anais...* Rio de Janeiro. 108-109.

BOTELHO, R.G.M. e SILVA, A.S. (2004) **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental.** *In*: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (orgs.). 1ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 153-92.

BRADY, N.C. (1989) **Natureza e propriedades dos solos.** Tradução Antônio B. Neiva Figueiredo. 7ª edição. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 898p.

BRAGAGNOLO, N. (1994) **Uso dos solos altamente suscetíveis à erosão.** In: PEREIRA, V.P; FERREIRA, M.E. e CRUZ, M.C.P. (Editores) *Solos altamente suscetíveis à erosão*. Jáboticabal, FCAV – UNESP / SBCS. 253p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. e TURSINA, T. (1985) **Handbook for soil thin section description.** Waine Research Publs. 152p.

CASTRO, F.J.C.O. (1981) **Estudo físico-químico-matemático da estabilização alcalina de solos argilosos.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ. 476 p.

CASTRO, F.J.C.O. (1995) **Contribuição ao conhecimento e a determinação da reatividade de solos sexquioxídicos utilizando hidróxido de cálcio: aplicação ao processo de geopolimerização (estabilização).** Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ. 344 p.

CASTRO, S.S. (1985) **Impregnação de amostras de solo para confecção de lâminas delgadas.** *In: Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 10, p. 44, Campinas, SP.

CASTRO, S.S. (1989) **Micromorfologia de solos: pequeno guia para confecção de lâminas delgadas.** *Apostila (mimeografada).* IPT – CAPES / COFECUB. DG. São Paulo. 87p.

CASTRO, S.S. (1999) **Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão.** *In: Erosão e conservação dos solos - conceitos, temas e aplicações. In:* GUERRA, A.J.T.; SOARES DA SILVA, A. e BOTELHO, R.G.M. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 127-163.

CASTRO, S.S. (2002) **Micromorfologia de Solos – base para descrição de lâminas delgadas.** *Apostila da disciplina Micromorfologia de Solos.* UFG / UNICAMP. Goiânia / Campinas. Impresso e em CD-ROM. 135p.

CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C. e VIDAL-TORRADO, P. (2003) **Micromorfologia do solo: bases e aplicações.** *In*: Tópicos em ciência do Solo. Viçosa, MG: SBCS, 2000. Vol. III. p. 107-64.

CIDE. Centro de Informações de Dados do Rio de Janeiro (1998) **Território do Estado do Rio de Janeiro.** Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2ª edição.

COSTA LIMA, J.M.J. e COSTA LIMA, V. (1995a) **Efeito do plantio direto nas características micromorfológicas do solo.** *Agrárias*, Curitiba, v. 14 (1-2), p. 31-40. Ed. da UFPR.

COSTA LIMA, J.M.J. e COSTA LIMA, V. (1995b) **Variação temporal das características micromorfológicas em solo sob plantio direto.** *Agrárias*, Curitiba, v. 14 (1-2), p. 71-76. Ed. da UFPR.

COSTA LIMA, J.M.J.; COSTA LIMA, V. e REISSMANN, C.B. (1988) **Coleta e impregnação de horizontes orgânicos em solos sob florestas de coníferas exóticas para estudos micromorfológicos.** Rev. Set. Ciênc. Agr. 10 (1-2): 66-70.

CUNHA, J.E. e CASTRO, S.S. (1996) **Caracterização físico-hídrica e micromorfológica da topossequência Córrego Longe em Umuarama – PR.** Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13., Águas de Lindóia. *In: Anais*... Águas de Lindoia, 1996. CD-Rom.

CURI, N.; CARDOSO LIMA, P. e LEPSCH, I.F. (1985) **Terminologia de micromorfologia do solo.** Campinas. *Bol. Inf.* Soc. Bras. Ci. Solo, 10:33-43.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KÄMPF, N; MONIZ, A.C. e FONTES, L.E.F. (1993) **Vocabulário de Ciência do Solo.** Campinas, Sociedade Brasileira de Cicia do Solo, 1993. 90 p.

DE PLOEY, J. e GABRIELS, D. (1980) **Measuring soil loss and experimental studies.** *In:* Soil Erosion. KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. (editors) Wiley – Interscience Publication. 312 p.

DIAS JUNIOR, M.S. (2000) **Compactação do Solo.** *In:* Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG: SBCS, 2000. Vol. I. p. 55-94.

DIOS, C.B. (1999) **Estudo comparativo entre os resultados obtidos em duas estações experimentais na Fazenda Marambaia - Correas - Petrópolis - RJ.** Rio de Janeiro, RJ. IGEO/UFRJ - monografia, 43p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1997) **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª edição. Rio de Janeiro. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1999) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 1ª edição. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EVANS, R. (1980) **Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: na empirical viewpoint.** *In:* Soil Erosion. KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. (editors) Wiley – Interscience Publication. 312 p.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D. e MANNERING, J.V. **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, 7: 329-333, 1983.

FITZPATRICK, E.A. (1984) ***Micromorphology of soils*.** Chapman and Hall Ltd. 433p .

FULLEN, M.A. (1991) **A comparision of runoff and erosion rates on bare and grassed loamy and soils.** Soil Use and Management, volume 7, nº3, Inglaterra. 136-139.

GARCIA, S. F. (2001). **O papel da umidade antecedente do solo no desencadeamento de processos erosivos em estação experimental (Petrópolis – RJ).** Rio de Janeiro: UFRJ, 2001. Monografia. 47p.

GUERRA, A.J.T. (1991) **Soil Characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content.** Tese de Doutorado. Universidade de Londres, 441 p.

GUERRA, A.J.T. (1995) **Processos erosivos nas encostas.** *In*: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (orgs.) *Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 149-209.

GUERRA, A.J.T. (1996) **Técnicas e métodos utilizados no monitoramento dos processos erosivos.** *I Simpósio Nacional de Geomorfologia. Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 15-18.

GUERRA, A.J.T. (1999) **O início do processo erosivo.** *In*: Erosão e Conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. e BOTELHO, R.G.M. (orgs.). 1ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 17-55.

GUERRA, A.J.T. e BOTELHO, R.G.M. (1998) **Erosão dos solos**. In: Geomorfologia do Brasil. CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1998. p. 181-227.

GUERRA, A.T. e GUERRA, A.J.T. (1997) **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. Riode Janeiro: Bertrand Brasil. 652p.

GUERRA, A.J.T.e OLIVEIRA, M.C. (1995) **A influência dos diferentes tratamentos do solo na seletividade do transporte de sedimentos: um estudo comparativo entre duas estações experimentais**. VI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada. Anais... Goiânia. Vol. 1, 455-458.

GUERRA, A.J.T.; TEIXEIRA, P.M.F. e SANTOS, R.F. (1995) **Análise dos dados em uma estação experimental em área de mata secundária, Corrêas – Petrópolis (RJ).** VI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada. *Anais*... Goiânia. Vol. 1, 78-80.

HASSET, J.J. e BANWART, W.L. (1992) **Soils and their environment**. Prentice Hall, Inc. 1992. 424 p.

HÉNIN, S.; GRAS, R. e MONNIER, G. (1976) **Solos agrícolas**. Tradução Orlando Valverde. Rio de Janeiro, Forense-Universitária; São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo. 334p.

HESSE, P.R. (1971) **A Textbook of Soil Chemical Analysis**. London, John Murray Publishers Ltd, 520p.

IBGE (1977) **Geografia do Brasil – Região Sudeste.** Volume 3, Rio de Janeiro, SERGRAF. 667p.

KIRKBY, M.J. (1980) **The problem.** *In:* Soil Erosion. KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. (editors) Wiley – Interscience Publication. 312 p.

LAMANDÉ. M.; HALLAIRE, V.; CURMI, P.; PÉRÈS, G. e CLUZEAU, D. (2003) **Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements.** Catena 54 (2003) 637-649.

LE BISSONNAIS, Y. e SINGER, M.J. (1992) **Crusting, runoff, and erosion response to soil water content and sucessive rainfalls.** *Soil Science Society of American Journal*. Volume 56, nº6. 1898-1903.

LE BISSONNAIS, Y; SINGER, M.J. e BRADFORD, J.M. (1993) **Assessment of soil erodibility: the relationship between soil properties, erosion processes and susceptibility to erosion.** *In*: Wicherek, S. (editor) *Farm land erosion: in temperate plains environment and hills.* Elsevier Science Publishers B.V.

LEMOS, R.C e SANTOS, R.D. (1996) **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3ª edição. Campinas, 83p.

LEPSCH, I.G. (2002) **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos. 178 pág.

LIMA-E-SILVA, P.P.; GUERRA, A.J.T.; MOUSINHO, P.; BUENO, C.; ALMEIDA, F.G.; MALHEIROS, T. e SOUZA JR., A.B. (1999) **Dicionário brasileiro de ciências ambientais.** Rio de Janeiro: Thex editora. 247p.

LINO, C. e DIAS, H. (2003) **Águas e florestas da Mata Atlântica: por uma gestão integrada.** Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica. São Paulo: CNRBMA/SOS 2003.

LOPES, A.S. (1994) **Manejo: aspectos químicos.** *In*: PEREIRA, V.P; FERREIRA, M.E. e CRUZ, M.C.P. (Editores) Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal, FCAV – UNESP / SBCS. 253p.

MAIA, J.C.S. e DANIEL, L.A. (2003) **Condições de agregação de um solo submetido à diferentes tipos de manejo.** *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP. Publicação em CD-ROM.

MEIRELES, C.M. (2000) **Relação entre rede de drenagem e solos em amostras circulares na região serrana do médio vale do rio Paraíba do Sul. (Petrópolis – RJ).** Relatório de Estágio de Campo 4, UFRJ, Fev./2000, 68 pág.

MELO, W.J. (1994) **Manejo: aspectos biológicos.** In: PEREIRA, V.P; FERREIRA, M.E. e CRUZ, M.C.P. (Editores) *Solos altamente suscetíveis à erosão*. Jaboticabal, FCAV – UNESP / SBCS. 253p.

MIYAZAWA, M; WATANABE, T.S.; PAVAN, M.A.; LOMURA, S. e FRANCHINI, J.C. (2003) **Alterações químicas do perfil do solo pela calagem na superfície.** *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP. Publicação em CD-ROM.

MORGAN, R.P.C. (1986) **Soil Erosion and Conservation.** Longman Group, Inglaterra, 298p.

NIMER, E. (1972) **Climatologia da região sudeste do Brasil.** *Revista Brasileira de Geografia*, 34(1), Rio de Janeiro, 3-48.

NOLETO, L.G. e GOEDERT, W.J. (1999) **Avaliação de perdas de solo e água por erosão, em sistemas de cultivo convencional e plantio direto.** *XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Brasília. CD-ROM, 1999.

OLIVEIRA, L.B. e MELO, V. (1971) **Estudo da disponibilidade de água em um solo da estação experimental de Itapirema, Pernambuco.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia, 6:31-37. 1971.

OLIVEIRA, L.R.; GUILHERME, L.R.G.; JORDÃO, G.R.; MARQUES, J.J.G.S.M.; LEPSCH, I.F. e CAMPOS, M.L. (2003) **Caracterização química, física e mineralógica de materiais corretivos de acidez do solo.** *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP. Publicação em CD-ROM.

OLIVEIRA, M.C. (1996) **Escoamento superficial, perda de solo e seletividade do transporte de sedimentos – um estudo comparativo entre duas estações experimentais em Petrópolis – RJ.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1996. Monografia. 64p.

PACHECO, A.C.C.S. (1997) **Elaboração de cartas de declividade e eficiência de suas propostas metodológicas como instrumento ao estudo do meio físico: em área de relevo montanhoso.** Monografia. Rio de Janeiro: UFRJ. 98p.

PEDROSO, R.F.; ELTZ, F.L.F.; RONCATO, M.L.; GRAMINHO, D.H. e SANTOS, M.V.C. (2003) **Perdas de água e solo no período de 1996 a 2002 em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico.** *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP. Publicação em CD-ROM.

PENHA, H.M.; FERRARI, A.L.; JUNHO, M.C.B.; SOUZA, S.L.A. e BRENNER, T.L. (1981) **Relatório Final - Folha Itaipava** – *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro.* Departamento de Recursos Minerais / Departamento de Geologia (UFRJ). Niterói. 177p.

PIRES, F.R. e SOUZA, C.M. (2003) **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 176p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. e CORRÊA, G.F. (1997) **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 2º edição. Viçosa: NEPUT. 367p.

ROCHA, G.C. e CERRI, C.C. (1994) **Características e organização de uma topossequência de solos sobre rocha básica na Amazônia Brasileira.** R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 18: 117-123, 1994.

SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUS FILHO, A.B. e TEIXEIRA, W.G. (1999) **Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo.** *In*: XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Brasília. CD-ROM, 1999.

SANTOS, M.V.C.; ELTZ, F.L.F.; HICKMANN, C. e STEFANELO, C. (2003) **Avaliação de doses e formas de calagem em sistema plantio direto após sete anos.** *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP. CD-ROM, 2003.

SILVA, A.S. (1997) **Comportamento físico e erosão dos solos em uma topossequência em Correias (Petrópolis – RJ).** Rio de Janeiro: UFRJ, 1997, 67p.

SILVA, A.S. (1999) **Análise morfológica dos solos e erosão.** *In: Erosão e conservação dos solos - conceitos, temas e aplicações.* GUERRA, A.J.T.; SOARES DA SILVA, A. e BOTELHO, R.G.M. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 101-126.

SILVA, A.S., DIOS, C.B., GUERRA, A.J.T. e CASTRO, S.S. (1996) **Caracterização macromorfológica dos solos da Topossequência Fazenda Marambaia (Petrópolis - RJ).** *In*: *I Simpósio Nacional de Geomorfologia*. *Revista Sociedade & Natureza*. Edição Especial. Ano 3. Número 15. Uberlândia, MG, 109-111.

SILVA, A.S.; GARCIA, S.F. e GUERRA, A.J.T. (1999a) Relação entre perdas de solo e água através de monitoramento de uma estação experimental em Corrêias (Petrópolis – RJ). *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Brasília, DF.

SILVA, A.S.; GARCIA, S.F. e GUERRA, A.J.T. (1999b) **Relação entre perdas de solo e total pluviométrico através de monitoramento de uma estação experimental (Correias, Petrópolis / RJ).** *Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada*. Belo Horizonte, MG.

SILVA, A.S.; GARCIA, S.F. e GUERRA, A.J.T. (2000) **Erosão laminar em uma estação experimental sob diferentes tratamentos em Correias (Petrópolis / RJ).** *Anais do III Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Campinas, SP. p. 155.

SILVA, A.S.; GARCIA, S.F. e GUERRA, A.J.T. (2001) **Variação pluviométrica e seu efeito nas perdas de solo em uma estação experiimental (Petrópolis – RJ).** *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Recife, PE. p. 120-121.

STOCKING, M.A. e ELWELL, H.A. (1973) **Prediction of subtropical storm soil losses from field plots studies.** Amsterdam, Agricultural Meteorology, nº 12, 1973, p. 193-201.

UCHA, J.M. e RIBEIRO, L.P. (1998) **A micromorfologia e a identificação de processos erosivos em Areias Quartzosas Latossólicas do Oeste do Estado da Bahia.** VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. *In: Anais...* Publicação em CD-ROM. Presidente Prudente – SP. 1998.

VIDAL-TORRADO, P. e LEPSCH, I.F. (1993) **Morfogênese dos solos de uma topossequência com transição B Latossólico / B Textural sobre migmatitos em Mococa (SP).** R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 17 (1): 109-119, 1993.

WENDT, R.C., ALBERT, E.E. E HJELMFELT, A.T. (1986) **Variability of runnoff and soil loss from fallow experimental plots.** Soil Science Society of America Journal. Volume 50, nº 3, 1986, p. 730-736.

YOUNG, R.A. e WIERSMA, J.L. (1973) **The role of rainfall impact in soil detachment and transport.** *Water Resourses Research*, 9, 1629-1639.

A N E X O S

Anexo A: Ficha de Monitoramento Semanal

LAGESOLOS – Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos

ESCOAMENTO SUPERFICIAL / SUBSUPERFICIAL E PERDA DE SOLO							
PARCELAS	Y	1	2	3	4	5	6
	Escoamento Superficial / Subsuperficial (1)	Papel Filtro (g)	Papel Filtro com Material (g)	(2-1) (g)	(3 x Y) (g)	Material Coletado na Calha (g)	(5 + 4) Perda de Solo Total (g)
1							
2							
3							
4							
5[1]							
6ª							

Obs.: Quando o escoamento for < 11, repete-se o valor 3 no 6.

Total Pluviométrico:

Estação 2 (3) Peso Total – (2) Peso do papel filtro (1) (g)

(4) Peso Líquido (g) x Total de Litros

Responsáveis:

Semana Data:

Fonte: Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos.

[1] Parcelas localizadas em área de mata secundária, destinadas ao monitoramento do escoamento subsuperficial.

Anexo B: Planilhas com perdas de solo e precipitação por período de monitoramento (1997, 1998, 1999)

PERDAS DE SOLO E PRECIPITAÇÃO POR PERÍODO DE MONITORAMENTO - 1997							
Períodos	**Perdas de Solo (g)**				**Prec.(mm)**	**Dias de**	**Data**
	P 1	**P2**	**P3**	**P 4**		**Chuva**	
1	663,5	1640,2	134,1	53,8	2,1	2	**26 a 1 jan.(7)**
2	2483,5	1825,4	34,4	133,6	101,9	5	2 a 8 (7)
3	1758,0	2249,4	547,7	937,4	99,9	7	9 a 16 (8)
4	6186,2	4493,0	1179,2	309,0	63,9	2	17 a 23 (7)
5	109,3	83,2	27,5	14,6	0,5	1	24 a 30 (7)
6	74,0	88,7	29,8	16,9	6,1	1	**31 a 5 fev. (6)**
7	——	——	——	——	30,7	2	6 a 14 (9)
8	1266,6	2658,9	155,8	89,4	1	2	15 a 20 (6)
9	5491,2	2226,8	273,2	45,3	59,2	3	21 a 26 (6)
10	2124,0	2271,5	91,6	68,8	52,7	5	**27 a 6 mar. (8)**
11	——	——	——	——	3,7	1	7 a 13 (7)
12	243,6	236,0	91,5	23,2	28,1	2	14 a 20 (7)
13	17,5	61,9	17,1	9,1	0	0	21 a 23 (3)
14	74,0	17,4	9,3	7,0	4,5	1	24 a 30 (7)
15	286,1	110,2	36,1	7,1	17,1	3	**31 a 6 abr. (7)**
16	8,2	5,6	4,6	9,4	0	0	7 a 13 (7)
17	12,4	12,3	10,4	7,2	0	0	14 a 20 (7)
18	1353,2	1594,9	91,1	12,8	24,9	3	21 a 26 (6)
19	27,7	20,0	8,2	6,3	3	1	**27 a 4 mai. (8)**
20	18,4	16,3	7,8	5,8	0,7	1	5 a 11 (7)
21	27,6	19,9	13,7	3,8	6,9	1	12 a 18 (7)
22	18,2	16,2	7,7	5,6	11,3	2	19 a 25 (7)
23	21,9	25,9	24,5	3,2	54,4	12	**26 a 15 jun. (21)**
24	483,6	778,8	26,3	5,1	20,3	3	16 a 22 (7)
25	7,3	3,4	3,7	4,8	0	0	23 a 29 (7)
26	4,5	2,5	1,3	2,6	0	0	**30 a 6 jul. (8)**
27	2,7	1,7	0,9	1,9	0	0	7 a 13 (7)
28	3,0	2,8	2,5	3,0	0	0	14 a 20 (7)
29	2,8	6,3	5,8	6,9	3,5	1	21 a 27 (7)
30	15,9	12,1	6,5	7,0	0	0	**28 a 3 ago. (7)**
31	7,7	6,0	1,6	0,5	13	2	4 a 10 (7)
32	4,8	3,8	2,4	4,1	0,5	1	11 a 17 (7)
33	424,9	393,2	41,1	6,3	0	0	18 a 24 (7)
34	6,9	7,2	6,3	5,4	7,5	1	25 a 31 (7)
35	6,6	9,4	7,3	3,9	0,6	2	**1 a 7 set. (7)**
36	0,2	2,8	2,1	3,5	0	0	8 a 14 (7)
37	104,3	69,0	29,9	8,8	0,7	1	15 a 21 (7)
38	2,4	8,3	1,2	1,8	11,1	2	22 a 28 (7)
39	——	——	——	——	51,6	3	**29 a 5 out. (7)**
40	17,7	23,5	4,4	7,2	0	0	6 a 12 (7)
41	347,6	70,4	75,8	15,1	14,1	3	13 a 19 (7)
42	——	——	——	——	53,8	3	20 a 26 (7)
43	143,1	346,6	75,2	28,8	18,7	2	**27 a 2 nov. (7)**
44	704,9	958,6	79,9	36,4	50,3	4	3 a 9 (7)
45	1001,8	1892,3	155,8	68,9	46,2	3	10 a 16 (7)
46	1078,3	2492,2	81,4	21,3	42,2	3	17 a 23 (7)
47	1470,2	1257,0	50,2	15,3	28,8	3	24 a 30 (7)
48	2806,0	1256,2	27,0	10,8	30,6	3	**1 a 7 dez. (7)**
49	30,7	118,5	11,6	59,6	8,2	2	8 a 14 (7)
50	2875,0	3239,0	51,5	44,6	73,4	5	15 a 21 (7)
51	2320,7	1611,6	155,0	45,7	13,6	3	22 a 28 (7)
Total	**36138,5**	**34246,8**	**3701,7**	**2188,4**	**1061,3**	**107**	——

PERDAS DE SOLO E PRECIPITAÇÃO POR PERÍODO DE MONITORAMENTO - 1998							
Períodos	**Perdas de Solo (g)**				**Prec. (mm)**	**Dias de**	**Data**
	P 1	**P2**	**P3**	**P 4**		**Chuva**	
1	1656,9	2196,4	151,1	33,2	20,4	1	**29 a 4 jan. (7)**
2	1714,0	1952,2	1765,0	1160,2	157,4	6	5 a 11 (7)
3	1004,6	1235,7	282,7	37,7	12,0	2	12 a 18 (7)
4	15,2	19,3	12,2	6,6	6,2	2	19 a 25 (7)
5	12,5	11,7	——	14,2	2,0	1	**26 a 1 fev. (1)**
6	1151,4	1539,0	1332,8	46,2	9,2	2	02 a 8 (7)
7	1839,5	1918,2	2014,5	1906,2	96,6	4	9 a 15 (7)
8	1829,2	1598,7	1039,1	191,3	151,1	6	16 a 22 (7)
9	1403,8	975,9	1550,1	48,0	59,0	3	**23 a 1 mar. (7)**
10	46,1	29,3	13,6	14,8	3,6	1	2 a 8 (7)
11	91,8	164,6	146,9	36,4	20,9	2	9 a 15 (7)
12	1643,6	1787,3	1713,8	142,6	58,9	3	16 a 22 (7)
13	1916,3	1867,5	380,1	14,5	7,3	4	23 a 29 (7)
14	277,9	164,5	140,0	27,8	57,0	4	**30 a 5 abr. (7)**
15	10,6	15,4	18,6	28,1	0,0	0	6 a 12 (7)
16	25,3	46,1	29,8	12,6	10,1	2	13 a 19 (7)
17	5,6	10,4	7,1	14,0	0,4	1	20 a 25 (6)
18	——	——	——	——	10,5	2	**26 a 3 mai. (8)**
19	1072,1	1140,9	553,2	19,7	24,5	4	4 a 10 (7)
20	161,7	124,4	55,2	12,8	1,7	1	11 a 17 (7)
21	23,9	19,8	6,8	11,3	0,3	1	18 a 24 (7)
22	674,3	699,4	128,0	12,9	54,1	3	25 a 31 (7)
23	7,5	6,0	1,6	4,3	1,2	1	**1 a 7 jun. (7)**
24	6,2	2,2	1,1	3,5	0,0	0	8 a 14 (7)
25	7,4	5,2	2,5	5,7	5,7	1	15 a 21 (7)
26	20,9	22,1	9,7	5,2	16,4	2	22 a 28 (7)
27	6,6	7,1	5,9	5,3	0,2	1	**29 a 5 jul. (7)**
28	4,6	4,4	6,1	4,8	2,3	2	6 a 12 (7)
29	11,8	9,6	9,0	7,1	10,4	1	13 a 19 (7)
30	9,2	6,9	4,1	6,4	5,2	2	20 a 26 (7)
31	56,5	60,3	6,2	2,3	0,0	0	**27 a 2 ago. (7)**
32	11,0	14,2	6,6	6,5	16,6	3	3 a 9 (7)
33	7,8	6,6	3,8	13,2	2,8	1	10 a 16 (7)
34	7,0	9,2	5,7	6,1	1,9	1	17 a 23 (7)
35	7,3	9,8	7,2	3,9	2,7	1	24 a 30 (7)
36	6,5	8,3	4,2	10,3	0,3	2	**31 a 6 set. (7)**
37	8,3	11,0	7,3	5,9	6,5	2	7 a 13 (7)
38	606,0	370,8	153,1	5,1	10,3	1	14 a 20 (7)
39	4,1	5,1	3,0	2,4	9,4	2	21 a 27 (7)
40	1678,7	1130,2	1489,8	430,1	74,1	4	**28 a 4 out. (7)**
41	79,4	34,3	53,3	10,0	25,1	3	5 a 11 (7)
42	11,0	8,0	13,7	0,2	27,7	5	12 a 18 (7)
43	15,2	64,4	7,9	4,3	0,0	0	19 a 25 (7)
44	17,9	49,0	6,5	13,9	53,6	5	**26 a 1 nov. (7)**
45	667,5	271,0	165,0	35,4	8,3	2	2 a 8 (7)
46	60,5	25,3	58,6	11,9	67,4	4	9 a 15 (7)
47	1481,3	759,3	937,7	23,8	60,6	2	16 a 22 (7)
48	20,5	12,4	10,6	20,9	1,5	1	23 a 29 (7)
49	1379,0	1351,0	53,1	39,0	25,3	1	**30 a 6 dez. (7)**
50	460,1	297,1	122,5	9,6	45,2	1	7 a 13 (7)
51	14,3	7,5	10,8	8,9	55,7	2	14 a 20 (7)
52	1515,0	2452,0	835,0	147,0	147,0	2	21 a 27 (7)
Total	**24765,3**	**24536,9**	**15342,0**	**4643,9**	**1446,6**	**110**	——

PERDAS DE SOLO E PRECIPITAÇÃO POR PERÍODO DE MONITORAMENTO - 1999							
Períodos	**Perdas de Solo (g)**				**Prec. (mm)**	**Dias de**	**Data**
	P 1	**P2**	**P3**	**P 4**		**Chuva**	
1	1266,0	890,0	543,0	16,5	72,8	4	**28 a 3 jan. (7)**
2	4658,0	260,0	432,0	84,8	35,1	2	4 a 10 (7)
3	328,0	249,0	324,0	32,0	23,7	3	11 a 17 (7)
4	225,0	88,5	246,0	21,0	18,2	2	18 a 24 (7)
5	999,2	662,4	2126,2	105,3	42,9	4	25 a 31 (7)
6	16,4	105,7	16,6	4,8	26,1	2	**1 a 7 fev. (7)**
7	523,4	817,7	1248,4	297,9	51,2	5	8 a 15 (8)
8	10,8	11,8	6,7	4,4	1,0	1	16 a 21 (6)
9	136,0	46,0	84,0	19,8	23,1	3	22 a 28 (7)
10	6,5	10,7	7,4	4,4	3,1	2	**1 a 7 mar. (7)**
11	666,7	459,6	458,4	34,2	64,9	5	8 a 14 (7)
12	288,1	290,4	147,3	9,0	20,3	2	15 a 21 (7)
13	11,4	15,5	9,6	16,8	8,7	2	22 a 28 (7)
14	84,8	81,1	78,2	12,8	11,6	2	**29 a 4 abr. (7)**
15	13,7	10,3	12,1	18,0	12,3	2	5 a 11 (7)
16	2,4	9,9	6,8	16,5	8,7	1	12 a 18 (7)
17	2,1	3,2	0,8	15,0	0,0	0	19 a 25 (7)
18	3,9	3,3	1,2	4,5	0,0	0	**26 a 4 mai. (9)**
19	285,9	119,1	197,8	0,3	13,3	3	5 a 9 (5)
20	7,2	12,4	13,0	0,1	15,0	3	10 a 16 (7)
21	5,8	3,3	1,8	7,4	0,0	0	17 a 23 (7)
22	87,9	31,1	27,4	0,3	0,0	0	24 a 30 (7)
23	——	——	——	——	10,7	3	**31 a 6 jun. (7)**
24	182,4	465,2	57,2	0,1	13,2	2	7 a 13 (7)
25	4,6	11,3	4,8	3,1	8,3	2	14 a 20 (7)
26	2,2	0,9	0,3	0,9	10,0	1	21 a 27 (7)
27	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	0	**28 a 3 jul. (6)**
28	1,0	1,2	1,2	0,8	7,9	2	4 a 10 (7)
29	0,2	0,2	0,3	0,2	0,0	0	11 a 17 (7)
30	1,7	2,0	0,6	0,9	5,4	1	18 a 24 (7)
31	0,3	0,2	0,2	0,5	0,8	1	**25 a 4 ago. (11)**
32	2,2	1,2	0,4	1,9	14,1	2	5 a 11 (7)
33	0,9	1,0	0,2	0,9	0,0	0	12 a 18 (7)
34	1,3	2,0	0,3	3,3	0,0	0	19 a 26 (8)
35	2,7	2,4	1,0	0,0	0,0	0	27 a 29 (3)
36	155,1	57,1	34,8	13,6	0,8	1	**30 a 5 set. (7)**
37	0,1	0,5	0,0	0,1	3,2	1	6 a 12 (7)
38	——	——	——	——	13,1	2	13 a 18 (6)
39	146,2	167,5	148,3	29,7	5,9	1	19 a 26 (8)
40	0,8	1,1	1,4	0,4	20,7	2	**27 a 3 out. (7)**
41	504,0	289,8	745,8	9,3	1,7	2	4 a 10 (7)
42	34,6	7,2	61,2	0,1	0,0	0	11 a 17 (7)
43	415,4	63,5	416,8	3,6	18,4	3	18 a 24 (7)
44	823,9	138,3	1003,4	29,0	116,6	11	**25 a 14 nov. (21)**
45	3,5	0,4	1,4	2,2	0,0	0	15 a 21 (7)
46	331,3	214,6	550,9	6,4	21,0	2	22 a 28 (7)
47	3,9	0,7	11,5	1,7	10,2	2	**29 a 5 dez. (7)**
48	592,9	225,6	474,7	49,2	164,1	7	6 a 12 (7)
49	80,3	70,5	254,1	5,2	27,7	3	13 a 19 (7)
50	670,1	76,5	862,8	59,1	20,5	1	20 a 26 (7)
51	963,7	407,1	754,6	41,7	158,7	6	**27 a 2 jan. (7)**
Total	**14554,3**	**6389,4**	**11376,8**	**989,5**	**1105,0**	**106**	——

Anexo C: Dados pluviométricos diários
(1997, 1998 e 1999)

DADOS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS - 1997													
Dias	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Ano**
1	0	0	0,9	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	—
2	0	3	10,5	8,3	0	0,5	0	0	0	30,3	10,3	4,9	—
3	20,7	0	5,3	0	0	0	0	0	0	0,7	0	5,1	—
4	7,1	6,1	30,1	0	0	0,5	0	0	0	0	4,7	20,6	—
5	30,1	0	5,9	8,5	0,7	1,4	0	0	0	0	10,2	0	—
6	40,7	0	0	0	0	12	0	0	0,2	0	4,6	0	—
7	3,3	0	0	0	0	10	0	0	0,4	0	0	0	—
8	0	20,1	0	0	0	0	0	0	0	0	30,8	4,7	—
9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	3,5	—
10	20,1	10,6	3,7	0	0	0	0	4	0	0	0	0	—
11	1,1	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	—
12	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
13	2,2	0	0		0	0,5	0	0	0	0	0	0	—
14	20	0	7,3	0	6,9	0	0	0	0	0	0,8	0	—
15	20,9	0	20,8	0	0	0,3	0	0	0,7	0	4,9	4,6	—
16	30	0	0	0	0	10,3	0	0	0	10,9	40,5	30,7	—
17	60,5	0	0	0	0	0,3	0	0	0	2,5	0	30,3	—
18	3,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	4,3	—
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,5	3,5	—
20	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	—
21	0	9,6	0	0	0	9,7	0	0	0	2,9	0	0	—
22	0	0	0	3,8	0	0	3,5	0	10,7	30,1	20,8	4,8	—
23	0	0	0	0,6	10,3	0	0	0	0	0	0	0	—
24	0	0	0	20,5	0	0	0	0	0	0	0	0	—
25	0	2,9	0	0	1	0	0	7,5	0	0	0	0	—
26	0	46,7	0	0	10	0	0	0	0	20,8	0	8,5	—
27	0	0	0	3	0	0	0	0	0	8,4	3,6	0,3	—
28	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	20	0	—
29	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	0	—
30	0	—	4,5	0	5,9	0	0	0	20,6	0	0	20,4	—
31	0	—	0,3	—	10,9	—	0	0	—	0	—	0	—
Dias de Chuva	15	10	10	6	6	11	1	4	6	9	14	14	—
Total (mm)	266,2	100	89,3	44,7	45,7	47,9	3,5	21	33	107,3	177,8	146,2	1082,6

DADOS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS - 1998													
Dias	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Ano**
1	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0,1	3,8	10,8	0	—
2	0	0	0	40,3	0	0	0	0	0	10,5	0	0	—
3	0	0	3,6	3,6	0	0	0	6,8	0	0	0	0	—
4	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	49,8	4,7	0	—
5	10,5	0	0	0	20,1	1,2	0,2	0	0	0	0	0	—
6	0	0	0	0	1,5	0	0	2,4	0	0	0	25,3	—
7	40,8	6,8	0	0	1,7	0	0	7,4	1,1	0	0	45,2	—
8	50,6	2,4	0	0	0	0	0	0	0	10,8	3,6	0	—
9	50,5	5,8	0	0	0	0	0	0	0	7,7	10,1	0	—
10	4,5	0	0	0	0	0	0	0	5,4	6,6	0	0	—
11	0,5	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	50,1	0	—
12	0	60,4	0	0	0	0	1,9	2,8	0	4,9	6,1	0	—
13	0	0	0	0	0	0	10,4	0	0	7,3	0	0	—
14	0	10,4	10,6	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	—
15	0	20	10,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
16	0	40	0,3	0	0	0	0	0	10,3	0,6	0	43,4	—
17	10,8	20,3	0	0	1,7	0	0	0	0	7,4	0	12,3	—
18	1,2	60,4	0	1,4	0,3	0	0	0	0	7,5	0	0	—
19	1,3	0	0	8,7	0	0	0	0	0	0	30,5	0	—
20	4,9	10,8	0	0,4	0	2,2	4,7	0	0	0	0	0	—
21	0	9,5	50,1	0	0	0	0	0	7,5	0	0	0	—
22	0	10,1	8,5	0	0	0	0	0	1,9	0	30,1	0	—
23	0	20,8	1,7	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	—
24	0	30,9	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
25	0	0	2,7	0	0	10,9	0,5	0	0	0	0	23,4	—
26	2	7,3	2,1	8,5	0	5,5	0	0	0	20,3	0	84,6	—
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	—
28	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	6,7	0	34,8	—
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
30	0	—	10,3	2	50,5	0	0	2,7	10	5	0,4	0	—
31	0	—	0	0	2,4	—	0	0,2	—	10,8	—	0	—
Dias de Chuva	11	15	11	8	9	4	6	7	7	16	11	7	—
Total (mm)	177,66	315,9	101	67,7	80,6	19,8	18,1	24,2	36,3	159,7	149	269	1418,96

DADOS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS - 1999													
Dias	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Ano**
1	6,7	20,6	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
2	10,7	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	—
3	20,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	0	—
5	0	0	0	1,5	0	8,4	2	0	0	0	30,6	8,2	—
6	4,2	0	0	0	2.9	2,1	0	4,2	0	0	0,5	6,4	—
7	30,9	5,5	0	0	10	2,9	0	9,9	0	0	0	4,4	—
8	0	0,5	2,4	0	0.4	10,3	0	0	0	0	0	30,3	—
9	0	0	0	0	0	0	5,9	0	0	0	10,7	22,7	—
10	0	20,3	6,3	10,8	0	0	0	0	0	0,6	20	30	—
11	1	10,2	6,2	0	0	0	0	0	3,2	0	3,1	40,3	—
12	0	20,1	20	0	0	0	0	0	0	0	10	30	—
13	0	0,1	30	0	5,3	0	0	0	2,5	0	20,6	0,9	—
14	2,8	0	0	8,7	7,2	0	0	0	10,6	0	2,8	6,8	—
15	10,9	0	0	0	2,5	1,9	0	0	0	0	0	0	—
16	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	—
17	0	1	10,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
18	7,3	0	10	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0	—
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,4	0	0	—
20	0	0	0	0	0	6,4	0	0	0	10,3	0	0	—
21	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	—
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
23	0	0	2,7	0	0	0	5,4	0	0	0	0	0	—
24	10,9	0	6	0	0	0	0	0	5,9	0	10,7	20,5	—
25	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,3	0	—
26	0	8,2	0	0	0	0	0	0	0	6,3	0	0	—
27	0	10,8	0	0	0	0	0	0	0	10	0	3	—
28	0	4,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	—
29	20,9	—	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	—
30	10,3	—	7,3	0	0	0	0	0	20,7	0	0	4,3	—
31	5,7	—	4,3	—	0,2	—	0,8	0,8	—	0	—	50,1	—
Dias de Chuva	14	11	13	3	7	7	4	3	5	8	10	17	—
Total (mm)	158,9	101,4	108,6	21	28,5	42	14,9	14,9	42,9	38.4	119,3	280,2	932,6

Anexo D: Exemplo de roteiro para descrição micromorfológica

MICROMORFOLOGIA DE SOLOS
ROTEIRO PARA DESCRIÇÃO DE UMA LÂMINA

LÂMINA: Parcela 1 (20cm) **ORIGEM: LVA** **HORIZONTE:**

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

1.1 Primeiramente indicar se é homogênea ou apresenta zonas (fazer um desenho esquemático da lâmina legendando-as e colocando escala aproximada). *Lâmina homogênea.*
1.2. Se apresentar zonas indicar o tipo de transição entre elas (forma e tipo).
1.3. Componentes e frequência (se houver mais de uma zona, descrever cada uma).
1.4. Se material **apédico** (não agregado) – se houver mais de uma zona descrever cada uma: *Não*

a) Seleção;
b) Dimensão;
c) Distribuição de base;
d) Distribuição referida;
e) Distribuição relativa.

1.5. Se material **pédico** (agregado) – descrever as características de conjunto ou do *continuum* modal; se houver mais de uma zona descrever cada uma: *Sim*

a) Pedalidade (grau de desenvolvimento); *Moderadamente desenvolvido*
b) Formas dos agregados; *Subangulares*
c) Dimensão;
d) Textura superficial dos agregados (rugosidade / alisamento); *Rugoso*
e) Limites (nitidez / contraste); *(fraco / claro)*
f) Grau de acomodação; *Parcialmente acomodado*
g) Distribuição relativa (estrutura de base ou padrão de trama). *Porfírica fechada (predominante) e aberta*

Passar à descrição do Fundo Matricial dominante. Se houver mais de uma zona descrevê-lo para cada uma.

2. **FUNDO MATRICIAL** (*Soil Matrix* dominante do material, seja apédico, pédico ou misto):

a) **Plasma**: cor natural (*laranja escuro com trechos brunados*); cor com nícois cruzados (*bruno claro e escuro*); constituinte(s) (*argila e ferro*); orientação ou estrutura (fábricas birrefringentes) (*silassépica e mossépica*); origem (alteroplasma, pedoplasma, cutaniplasma, glebuliplasma, cristaliplasma, misto) (*pedoplasma*).
Obs.: Se houver mais de um tipo de plasma, descrever cada um como acima e indicar localização e frequência de cada um.

b) **Poros**: morfologia (forma) *(presença de poros fissurais no plasma. Existem poros de diâmetros maiores, provavelmente feitos por atividade biológica ou também ao acúmulo de água. Poros que desviam de grãos do esqueleto, que apresentam certa resistência)*; alisamento (rugosidade) (*metaporos*); distribuição (*presente em toda a lâmina*); orientação; gênese (*bioporos predominando e pedoporos*).
Obs.: Se a porosidade formar rede, indicar se é completa ou incompleta.

c) **Esqueleto**: dimensão(ões) (*muitos fragmentos de tamanho mediano, mas ocorrem alguns de tamanho maior. Estes últimos geralmente associados a poros no seu contorno, provocando a resistência imposta por estes fragmentos); seleção (razoavelmente selecionado, já que predomina os fragmentos de tamanho médio); mineralogia (predomínio de quartzo. Há minerais que não sei identificar –cinza brilhoso- que apresenta pequenas fraturas. Pode ser mica?*);

arredondamento/esfericidade (*subangulares / esférico; rugosidade alisada*); orientação; distribuição de base e referida (*aleatória; não referida*); exoscopia;

3. **FEIÇÕES PEDOLÓGICAS** (ver roteiros complementares)
   a) tipo
   b) frequência
   c) localização
   d) características

Presença de pequenos acúmulos (revestimentos) de argila em trechos da lâmina. Alguns poros revestidos também.

4. SÍNTESE DIAGNÓSTICA

5. COMENTÁRIOS ADICIONAIS

Fonte: Curso de Micromorfologia dos Solos, ministrado pela Profª. Drª. Selma Simões de Castro em 2002.