

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO DOS SOLOS NAS SUB-BACIAS DO MÉDIO E
ALTO CURSOS DA BACIA DO RIO MACAÉ / RJ**

LUIZ DIAS DA MOTA LIMA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA

**RIO DE JANEIRO
FEVEREIRO DE 2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO DOS SOLOS NAS SUB-BACIAS DO MÉDIO E
ALTO CURSOS DA BACIA DO RIO MACAÉ / RJ**

LUIZ DIAS DA MOTA LIMA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (Ms.Sc.)**

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA

APROVADA POR:

Antonio José Teixeira Guerra, Ph.D. (Departamento de Geografia / IGEO - UFRJ)

Mônica dos Santos Marçal, D.Sc. (Departamento de Geografia / IGEO - UFRJ)

Rosangela Garrido Machado Botelho, D.Sc. (IBGE/ DGC /CREN - ENCE/AAGT)

**RIO DE JANEIRO
FEVEREIRO DE 2008**

FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, Luiz Dias da Mota

Suscetibilidade à Erosão dos Solos nas Sub-bacias do médio e alto cursos da Bacia do Rio Macaé / RJ.

X, 127P. 29,7cm

(Instituto de Geociências – UFRJ. M.S.c., Programa de Pós-graduação em Geografia, 2008).

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro / PPGG, 2008.

1. Erosão 2. Macaé 3. Bacia Hidrográfica 4. Solos 5. Nova Friburgo

I. UFRJ / PPGG

II. Título (série)

Dedico
à minha mãe, Beni Dias.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Guerra pela orientação desta dissertação e pelas oportunidades de crescimento profissional.

Ao CNPq, que financiou parte desta pesquisa através da concessão de bolsa de mestrado, muito importante na realização desta dissertação.

À Faperj, que através do agraciamento com a bolsa Faperj Nota Dez, muito auxiliou na realização deste trabalho.

Aos funcionários da biblioteca do PPGG, em especial ao Pedro.

À Prof^a. Mônica Marçal pelas sugestões.

Aos alunos Stella, Fábio e Fernando que se dispuseram a ajudar nos trabalhos de campo, tomando café da manhã às sete e almoçando às oito da noite.

Ao Fábio Silva pela ajuda com os mapas.

Aos alunos Aline, Fellipe Figueiredo, Hugo Alves e Patrícia Silveira que ajudaram nas análises laboratoriais.

À Tatiana Guerra pelas boas conversas e risadas.

Ao professor Renato do museu nacional pelo incentivo e a todos os professores do Museu Nacional – UFRJ, onde iniciei o meu aprendizado para o ingresso no mestrado.

A todo pessoal da Fundação Parques e Jardins, onde descobri que queria trabalhar com meio ambiente.

Aos amigos Rodrigo Pereira, Gustavo Bonatto e Francisco Nataniel pelas trocas de idéias ao longo do curso.

Ao Pedro da biblioteca do PPGG, sempre pronto a ajudar com os livros necessários.

A todos do Lagesolos que contribuíram de alguma forma.

Ao amigo Marco Antônio Barreto Leite pela amizade e ajuda de última hora.

À Elisa Prestes Massena, que sempre me incentivou durante a realização do mestrado, e que, tenho certeza, fez parte desta conquista.

A todos os outros, não citados, que de alguma forma contribuíram nesta caminhada.

RESUMO

Na bacia hidrográfica do Rio Macaé o uso da terra tem provocado processos de degradação dos recursos ambientais desde o início da colonização do Brasil, quando eram desenvolvidas atividades agrícolas, e mais tarde pecuárias, na região norte fluminense, onde está localizada.

Estas atividades, desenvolvidas em boa parte da bacia, que tem 1.765km², tornam-se um dos fatores indutores da erosão nas suas partes mais elevadas, que têm a perigosa combinação de solos pouco desenvolvidos, encostas com altas declividades e altos índices pluviométricos.

Com o intuito de estudar a erosão hídrica dos solos nestas partes mais elevadas, foi proposta esta dissertação, que teve como área de estudo as sub-bacias que deságuam no médio e alto cursos da bacia do Rio Macaé, com área de 462 km².

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a suscetibilidade dos solos da área de estudo aos processos erosivos superficiais, principalmente na forma laminar, que podem estar produzindo os sedimentos que estão assoreando o Rio Macaé, conforme verificado na parte baixa da bacia, e a degradação da qualidade ambiental dos seus solos.

Para isto, fez-se a escolha de 54 pontos na área de estudo e uma pesquisa das características ambientais da área em que cada um deles se localizava, através de dados e informações, tanto na forma de mapas, como os de solos, geologia, geomorfologia e de cobertura e uso da terra, quanto na de trabalhos de campo. Nestes trabalhos foram coletadas amostras de solo para análise em laboratório, visando a determinação de suas características físicas e químicas, e a observação de características das áreas onde foram coletadas as amostras, como a declividade das encostas e a cobertura e uso destes locais.

Com estes dados e informações em mãos, foram definidas classes de suscetibilidade, sendo atribuídas notas e pesos conforme a maior ou menor suscetibilidade do fator à erosão, e por fim fez-se o cruzamento das classes por meio de uma fórmula matemática, definindo-se a classe de suscetibilidade de cada ponto e da área toda, por meio da análise da espacialização das classes obtidas.

O que se pôde concluir foi que a degradação ambiental que ocorre na área de estudo tem bastante relação com o manejo dos solos ali empreendido, visto que as atividades agropecuárias desenvolvidas não contam com as práticas conservacionistas adequadas para o local, que tem características que tornam seus solos naturalmente suscetíveis à erosão.

ABSTRACT

In the Macaé watershed, the land use has caused processes of degradation of the environmental resources since the beginning of the settling of Brazil, when agricultural activities were developed, and later cattle, in the north region of Rio de Janeiro state, where it is located.

These activities, developed in significative part of the watershed, that has 1.765km², witch one is the inductive factors of the erosion in its high parts, that they have the dangerous combination of little developed soils, steep slopes and high rainfall rates.

This research aimed to study soil erosion by water on highland watershed, regarding the sub-basins as study area that discharge in the medium and high courses of the Macaé River, with 462 km².

The main objective of the present work was to assess soil susceptibility of study area in relate to soil erosion, mainly laminar erosion, that can be causing sediment yields and consequently siltation in the Macaé Lowland River, and also the environment degradation of its soils.

To reach this objective, was selected 54 points in the study area and a research of the environmetal characteristics of the area where each one of them was located through data and information, such as soil, geology, geomorfology and land use maps. Field works was used to aid this research. through soil samples collection for analysis in laboratory, to aim the determination of its physical and chemical characteristics, and through the observation of characteristics of areas where the samples was collected, such as degree slope and land use.

With these data and information, susceptibility classes was defined, being attributed value and weights in according to the level of susceptibility to the erosion of the factor, and finally, the crossing of the classes by means of a mathematical formula, defining of the susceptibility class in each point and total area, by means of the spatialization analysis of these classes obtained.

It was concluded that environmental degradation in the study area has association with land management, considering the farming activities developed doesn't have conservation practices adjusted for this area, that has characteristics they are turning soils naturally susceptible to erosion.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. BASE TEÓRICO-CONCEITUAL	6
2.1 Abordagem sistêmica	6
2.2 Estudos geomorfológicos	8
2.3 Bacias hidrográficas	9
2.4 Planejamento ambiental	11
2.5 Erosão dos solos	12
2.5.1 Fatores Controladores da Erosão	13
2.5.1.1 Chuvas	14
2.5.1.2 Cobertura vegetal	16
2.5.1.3 Propriedades do solo	18
2.5.1.3.1 Propriedades físicas	18
2.5.1.3.2 Propriedades químicas	23
2.6 Características das encostas	26
3. OBJETIVOS	29
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
4.1. Localização	30
4.2. Geomorfologia	30
4.3. Geologia	33
4.4. Solos	36
4.5. Clima	38
4.6. Cobertura vegetal	38
4.7. Uso atual da terra	40
4.8. Hidrografia	40
5. METODOLOGIA	45
5.1. Delimitação da área de estudo	45
5.2. Trabalhos de gabinete	47
5.2.1. Base cartográfica	47
5.3. Trabalhos de campo	48
5.4. Trabalhos de laboratório	51
5.4.1. Análises físicas do solo	51

5.4.2. Análises químicas do solo	55
5.5. Geoprocessamento	55
5.6. Definição das classes de suscetibilidade de cada fator ambiental	56
5.6.1. Propriedades do solo	56
5.6.2. Declividade	58
5.6.3. Precipitação pluvial	59
5.6.4. Solos	66
5.6.5. Geologia	66
5.6.6. Geomorfologia	67
5.6.7. Cobertura vegetal e uso da terra	68
5.7. Análise integrada dos dados e informações	71
6. ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS DADOS	75
7. CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo	2
Figura 2. Mapa geomorfológico com os pontos de estudo	32
Figura 3. Encostas com blocos imersos no solo	33
Figura 4. Mapa geológico com os pontos de estudo	35
Figura 5. Localização da área de estudo no mapa de solos	37
Figura 6. Florestas à margem da RJ-142, em Nova Friburgo	39
Figura 7. Área de pastagem às margens do Rio Macaé, no distrito de Lumiar	41
Figura 8. Área com cultivo de hortaliças no distrito de São Pedro da Serra	41
Figura 9. Mapa de uso da terra com a localização dos pontos de estudo	42
Figura 10. Construções no distrito de Lumiar	43
Figura 11. Rio Macaé na localidade conhecida como “Encontro dos Rios”	44
Figura 12. Perfil longitudinal do Rio Macaé	44
Figura 13. Ponto limite entre o baixo e o médio cursos no Rio Macaé	46
Figura 14. Ponto limite entre o baixo e o médio cursos no Rio Macaé	46
Figura 15. Terracetes de pisoteio de gado no ponto de coleta nº 34	49
Figura 16 a e b. Trado holandês (a) e coletor volumétrico de amostras (b)	50
Figura 17. Mapa hipsométrico com os pontos de estudo e estações pluviométricas	60
Figura 18. Gráficos de pluviosidade padrão média	63
Figura 19. Gráficos de totais pluviométricos do ano 2006	64
Figura 20. Gráficos de totais pluviométricos do ano 2007	65
Figura 21. Terracetes de pisoteio de gado em Rio das Flores	69
Figura 22. Ravina evoluindo para voçoroca na sub-bacia do Rio Bonito	70
Figura 23. Voçoroca em área de pasto, em Galdinópolis	70
Figura 24. Mapa síntese de integração dos dados	81
Figura 25. Área de pastagem abandonada na sub-bacia do Rio Bonito	82
Figura 26. Área voltada para o turismo	83
Figura 27. Área sendo preparada para cultivo, com queimada ao fundo	84
Figura 28. Ponto de coleta em área de cultivo de bananeiras	85
Figura 29. Área de pasto degradada com terracetes de pisoteio de gado	86
Figura 30. Voçoroca provocada por processo de exfiltração	87
Figura 31. Área de plantio de eucalipto	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Frações granulométricas utilizadas	53
Tabela 2. Estações pluviométricas utilizadas na dissertação	61
Tabela 3. Pontos abrangidos por cada estação pluviométrica	62
Tabela 4. Tabela de classificação individual dos pontos	71
Tabela 5. Fatores ambientais analisados e classes propostas para a definição da suscetibilidade à erosão	72
Tabela 6. Faixas de suscetibilidade à erosão	74
Tabela 7. Análise granulométrica e textura dos pontos de coleta	77 e 78
Tabela 8. Resultados de densidade aparente, densidade real e porosidade	79
Tabela 9. Resultados das análises de pH em água e em KCl	80

1. INTRODUÇÃO

O homem tem o poder de transformar as paisagens, visando o atendimento das suas necessidades, tanto de uma forma que preserve o ambiente quanto de uma que seja desfavorável a ele. Pode-se citar, como exemplo, casos em que solos sem características agronômicas adequadas foram transformados em áreas de boa fertilidade pela adição de matéria orgânica, por vários meios, e por práticas de cultivo adaptadas e adequadas a cada tipo de ambiente, como observado no nordeste da Europa, em países como Holanda, Bélgica e Alemanha (Miedama, 1989). Nesta parte da Europa, em uma área de 500 mil hectares, estas práticas resultaram em níveis elevados de fertilidade e teor de matéria orgânica na superfície do solo, em função de modificações promovidas pelos agricultores da região e do continuado período de adição de matéria orgânica e materiais terrosos desde a Idade Média (Palmieri e Larach, 2006).

No entanto, o que se verifica em outros casos é o contrário, quando práticas inadequadas de uso e ocupação da terra, em desacordo com as condições edafo-ambientais de uma dada área, principalmente em relação à agricultura e pecuária, comprometem a sua qualidade ambiental. Na área de estudo desta dissertação, composta pelas sub-bacias que deságuam no médio e alto cursos da bacia do Rio Macaé (Figura 1), localizada na região norte do estado do Rio de Janeiro, verificam-se tais práticas, as quais redundam em processos erosivos nos solos sem qualquer vegetação, destinados à agricultura, ou cobertos por pastagens.

Nesta bacia hidrográfica são visíveis os processos de degradação dos solos produzidos por anos de ocupação desordenada, em várias modalidades. As “modalidades” citadas constituem-se de ocupações mais antigas, voltadas para as atividades agrícolas e pecuárias, e mais recentemente, da construção de moradias nas áreas costeiras, onde está a foz do Rio Macaé, para abrigar o contingente populacional migrante em busca de postos de trabalho na indústria petrolífera, instalada na Bacia de Campos (Ramires, 1991).

No entanto, as intervenções humanas significativas na região em que se localiza a área de estudo ocorreram já no século XVI, quando o rio Macaé passou a constituir a divisa entre as capitânicas hereditárias de São Tomé, pertencente a Pero de Góis de Silveira e a de São Vicente (que ia do Rio Macaé até o estado do Paraná), pertencente a Martin Afonso de Souza, fundadas em 1534 por D. João III, e que dariam origem a uma parte do futuro território fluminense (Linhares, 2007).

Em seguida, foram empreendidas novas mudanças na primeira metade do século XVII, quando predominavam as atividades ligadas à pecuária e, em meados do século XVII, com o cultivo da cana-de-açúcar (Barbosa, 2003), o que demandou o desmatamento destas áreas para a alocação dos campos de criação de gado e de cultivo agrícola. Observando-se os índices pluviométricos da região, que atingem médias acima de 2000 mm/ano (ANA, 2007), com estações localizadas nas partes mais elevadas da bacia atingindo o total anual de 3.350 mm de chuva (ano de 2005) (ANA, 2007), pode-se estimar o impacto a que seus solos descobertos ficaram expostos desde a época em que se iniciaram estes primeiros cultivos.

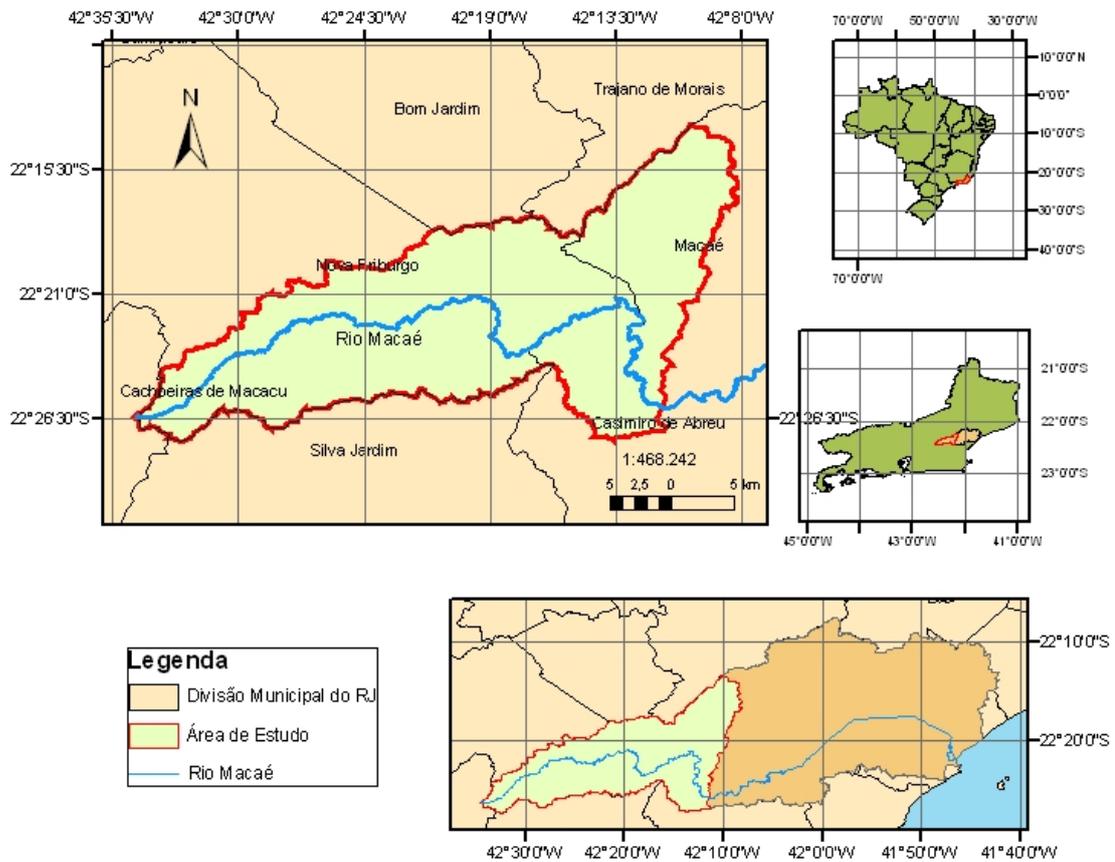


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (Lima, 2008).

Em seguida, foram empreendidas novas mudanças na primeira metade do século XVII, quando predominavam as atividades ligadas à pecuária e, em meados do século XVII, com o cultivo da cana-de-açúcar (Barbosa, 2003), o que demandou o desmatamento destas áreas para a alocação dos campos de criação de gado e de cultivo agrícola. Observando-se os índices pluviométricos da região, que atingem médias acima de 2000 mm/ano (ANA, 2007), com estações localizadas nas partes mais elevadas da bacia atingindo o total anual de 3.350 mm de chuva (ano de 2005) (ANA, 2007), pode-se estimar o impacto a que seus solos descobertos ficaram expostos desde a época em que se iniciaram estes primeiros cultivos.

Dando continuidade ao processo de exploração da região na história mais recente das áreas abrangidas pela bacia, e que sofreram alteração da sua paisagem para instalação da agricultura, estão as suas partes mais elevadas, ocupadas por imigrantes europeus que iniciaram o processo de ocupação oficialmente no ano de 1819 (Natal, 2003). Ali foram desenvolvidas atividades agrícolas destinadas a fornecer alimentos à crescente população da

cidade do Rio de Janeiro, conforme se verifica no município de Nova Friburgo até hoje, onde estão localizados alguns dos distritos componentes das partes média e alta da bacia, e que abrigam estas famílias até os dias atuais. Suas práticas agrícolas, com o constante revolvimento dos solos, visto que suas culturas principais eram de espécies que necessitavam de uma camada superficial bem desagregada para seu melhor desenvolvimento, além de estarem sempre “limpos” (sem cobertura de outras espécies), também propiciaram o avanço da degradação destes solos, que estavam constantemente descobertos e expostos às condições climáticas, principalmente às intensas precipitações pluviais.

Em seguida, em um exemplo de ações ambientalmente inadequadas praticadas por órgãos governamentais, foram executadas na década de 70 (Costa, 1999), pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS, as obras no baixo curso do Rio Macaé para a sua retificação. Estas obras visavam a ampliação das áreas destinadas às atividades pecuárias, o que provavelmente veio a alterar o equilíbrio do perfil longitudinal deste rio, com conseqüências como o aumento de velocidade de fluxo das suas águas e dos processos erosivos nas suas margens e calha, redundando em intensa produção de sedimentos.

Também nos anos 70 a indústria do petróleo instalou-se na Bacia de Campos (Ramires, 1991), causando significativos impactos na parte baixa da bacia do Rio Macaé, tanto positivos quanto negativos. A cidade de Macaé se constituiu na base de apoio às atividades desenvolvidas nas plataformas de exploração de petróleo, o que atraiu um grande contingente humano, difícil de a cidade absorver. Estas pessoas vinham em busca de postos de trabalho diretos e indiretos, e lá se instalaram conforme suas possibilidades, sem que houvesse qualquer planejamento, o que fez com que as áreas marginais do rio fossem ocupadas por moradias. Na época não se atentou para o fato de que muitas daquelas áreas ocupadas se constituíam da planície de inundação do rio, que quando é ocupada pelas águas, nas épocas mais chuvosas, causam grandes enchentes na cidade nos dias atuais (Jornal O Rebate, 2008).

Hoje um dos principais problemas identificados na área da bacia está ligado à conservação dos seus solos e às conseqüências da falta de planejamento das atividades ali desenvolvidas, visto que as evidências dos processos erosivos superficiais em lençol podem ser observadas em muitas de suas áreas. Estas evidências são verificadas principalmente nas encostas do médio e alto cursos do Rio Macaé, dado seu relevo mais movimentado e com grandes amplitudes topográficas. Boa parte destes processos são verificados nas áreas de

agricultura, que em alguns locais já começa a ser feita de uma forma mais racional, mas ainda seguindo modelos ultrapassados de cultivo do solo, e por conta da pecuária, que por meio do desenvolvimento de pastagens em áreas muitas vezes impróprias para esta atividade, ou por conta de um manejo inadequado, com queimadas e excesso de pastoreio, maximizam os danos ao solo da região.

A consequência dos processos citados pode ser observada tanto nos solos, quanto no canal do rio Macaé, que atualmente tem algumas de suas áreas tomadas pelo acúmulo de sedimentos.

Além dos processos erosivos em lençol, constatou-se também uma grande quantidade de deslizamentos, tanto de pequenas proporções (com cicatrizes de até 5m de comprimento no seu eixo longitudinal, localizados nos cortes da encosta para a passagem da estrada), quanto de grandes proporções (com dezenas de metros de comprimento no eixo longitudinal da cicatriz, localizados nas encostas situadas a montante do corte). Estes deslizamentos estão situados ao longo das estradas que ligam os distritos componentes da bacia hidrográfica, sendo que a maior parte deles está nos municípios de Macaé e de Nova Friburgo. Este é mais um fator que parece ter significância no aporte de sedimentos às calhas dos rios contribuintes do Rio Macaé, e que contribui para a degradação ambiental verificada na região.

Em vista do exposto, faz-se necessário o desenvolvimento de conhecimentos da área em questão a fim de se propor, em trabalhos futuros, seu manejo conservacionista, visto que, conforme Rodriguez *et al.* (2004),

“o planejamento ambiental do território converte-se em um elemento, tanto básico como complementar, para a elaboração dos programas de desenvolvimento econômico e social e para a otimização do plano de uso, manejo e gestão de qualquer unidade territorial”.

Esta dissertação aponta nesta direção, sendo um instrumento de informação que poderá auxiliar na construção de um planejamento ambiental para a área estudada.

Além dos citados, mais um fator que torna este estudo relevante é a ocupação de parte da bacia pela Reserva Ecológica de Macaé de Cima, criada em 3 de janeiro de 1990 (Decreto Municipal nº 156), onde está localizada a nascente deste rio, e que se constitui em um importante remanescente florestal da Mata Atlântica na porção central do Estado do Rio de Janeiro (Lima e Guedes-Bruni, 1997).

2. BASE TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1. Abordagem sistêmica

São vários os fatores que têm influência nos processos de evolução do relevo, estando dentre eles a ação humana, que por meio da modificação do ambiente pode acelerar ou retardar tais processos. Um exemplo disso é a erosão dos solos, acelerada devido à retirada, pelo homem, da vegetação que o protege contra a ação dos fatores climáticos, e que ocorrerá a taxas determinadas também por características do ambiente.

Nos estudos sobre a erosão, os processos que a provocam podem ser analisados como um fato restrito ao local em que ocorrem, como por exemplo, o setor de uma encosta e suas características locais, ou como resultado da interconexão de fatores que tornam uma área suscetível a tais transformações.

Na abordagem sistêmica, utilizada nesta dissertação, entende-se que as transformações do relevo verificadas na área de estudo se adaptam melhor à segunda opção citada, onde os fatores naturais estão integrados, ou melhor, são integrados, sendo analisados necessariamente a partir deste ponto de vista. Este fato pode ser observado na afirmação de Bolós (1981), segundo a qual, respondendo a questionamentos sobre a utopia da integração, “*não se trata de integrar, mas sim de estudar e analisar um objeto que é integrado*”.

O conceito de sistema aqui utilizado é aplicado a diversas áreas da ciência, podendo-se entendê-lo como “*componentes interdependentes que interagem regularmente e formam um todo unificado*” (Webster’s Collegiate Dictionary, 1993, in Odum, 1988). As concepções sistêmicas do ambiente terrestre seguem o ponto de vista holístico na análise dos sistemas naturais, ou seja, esta análise deve necessariamente ser feita a partir do entendimento de que a natureza (incluindo aí o homem) constitui um todo indivisível, que não pode ser explicado a partir da interpretação dos seus componentes isoladamente.

Nas análises feitas deste ponto de vista, entendendo os processos de transformação do ambiente como componentes de um sistema, faz-se a análise integrada de todas as informações obtidas, tanto oriundas de coletas de dados em trabalhos de campo quanto de informações contidas em mapas e imagens de satélite, onde avalia-se a influência de cada fator sobre o todo, entendendo-se que o que se propõe não é a elucidação de um problema complicado, mas sim complexo, como exemplificado por D’Agostini (1999), quando afirma que:

“complicado é algo que é intrincado, de difícil descrição e solução, porém tratado em um sistema de relações lógicas já compreendidas, como por exemplo a obtenção da superfície de um corpo irregular. O complexo, por sua vez, trata das relações que não podem ser explicadas objetivamente, como por exemplo o comportamento de uma economia aberta ou a preferência humana frente a objetos semelhantes”.

Nesta pesquisa, em que se entendem as alterações ambientais como resultado de uma integração de fatores resultantes das relações entre a sociedade humana e o seu meio ambiente (Bolós, 1981), a análise destas alterações é feita a partir da abordagem integrada dos fatores que a produziram, ou seja, reconhecendo que o *“ambiente não é um simples somatório de fatores que analisados individualmente, nos levaria à sua compreensão total”* (Guerra e Marçal, 2006).

Em trabalho de Tricart (1977), pode-se observar a discussão sobre a condição sistêmica dos fenômenos que ocorrem na superfície do planeta e que se processam mediante fluxos de matéria e energia, fluxos estes que originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Ainda segundo Tricart (1977), *“o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes”.*

Outros autores, como Bertrand (1971), em estudos sobre a paisagem e a combinação dos elementos físicos, biológicos e antrópicos; Christofolletti (1999), em estudos sobre a paisagem como sistema ambiental, físico e sócio-econômico; e Gondolo (1999, *in* Guerra e Marçal, 2006), analisando o comportamento complexo da natureza, não linear, que ao sofrer alterações dá resultados múltiplos e complexos, também discutem as alterações da paisagem sob este tipo de abordagem.

Ao discutir as alterações ambientais e as transferências de matéria e energia nos sistemas terrestres, o que vai provocar alterações muitas vezes abruptas nos quadros paisagísticos regionais, adentra-se o campo dos sistemas territoriais denominados geossistemas, ou sistemas ambientais físicos (Christofolletti, 1995), onde a atuação do homem veio a se constituir em novos processos modificadores intervenientes nestes sistemas ambientais.

Ainda de acordo com Christofolletti (1995), o estudo das mudanças ambientais, por

meio da análise do estado e funcionamento do sistema no momento atual, deve ser feito sobre a totalidade deste sistema, através de abordagens holísticas, em que a estrutura, o funcionamento interativo e a dinâmica evolutiva dos sistemas ambientais sejam contemplados.

Logo, levando-se em consideração que o estudo dos sistemas ambientais físicos vai ter necessariamente uma abordagem espacial, onde tenta-se compreender também a organização espacial dos elementos que interagem e se integram, o mesmo autor enfatiza que os estudos sob esta abordagem, ou seja, estudos dos geossistemas, constituem o campo de ação da geografia física.

2.2. Estudos Geomorfológicos

A ciência geomorfológica, cada vez, mais tem sua aplicação voltada para os problemas ambientais, que em muitos casos são decorrentes de formas inadequadas de apropriação do espaço pelo homem, ou seja, sem que se procure compreender os processos pretéritos que formaram aquele espaço e os que poderão ser desencadeados, em função desta formação, quando se fizerem transformações do ambiente no presente.

De acordo com Christofolleti (1974), confirmando a importância da geomorfologia nos estudos ambientais, *“a geomorfologia é subsídio para a compreensão racional da forma de apropriação do relevo, considerando a conversão das propriedades geoecológicas (suporte e recurso) em sócio-reprodutoras”*.

Esta compreensão racional é alcançada quando, a partir do conhecimento das potencialidades de dado ambiente, faz-se a apropriação do espaço de uma forma que se promova o mínimo impacto negativo possível, estabelecendo-se nas suas fases iniciais um planejamento e nas fases posteriores um manejo conservacionista da área. Esta “racionalidade” é o que vai garantir que se mantenham para as gerações futuras a mesma qualidade ambiental encontrada no início da apropriação, e em alguns casos, até condições melhores do que as iniciais.

Para que se faça a ocupação do espaço de forma racional, segundo a proposta de Ab’Saber (1969, *in* Casseti, 2006), deve-se conhecer suas potencialidades e limitações, que são estimadas através dos estudos geomorfológicos. Neste tipo de estudo devem ser observados os três níveis de abordagem do relevo, relativos à compartimentação morfológica, à estrutura superficial e à fisiologia da paisagem, destinando-se este último ao entendimento

dos processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais. Aí se estuda a situação do relevo atual frente à interação entre os fatores intrínsecos na sua formação, que dizem respeito ao próprio relevo, e os fatores extrínsecos, ligados à sua ocupação. Nesta dissertação, enfatiza-se este terceiro nível, em que o homem se insere como agente modificador dos processos morfodinâmicos atuais, principalmente em função das alterações causadas pela eliminação da cobertura vegetal, conforme discutido no tópico sobre este fator controlador da erosão.

Na área de estudo, que teve parte das suas encostas desmatadas para a implantação de pastagens e desenvolvimento da agricultura, o processo de evolução do relevo em análise é a erosão provocada pelos fluxos hídricos laminares, que afetam a camada mais superficial dos solos removendo-a e provocando a perda de sua capacidade de fornecer nutrientes aos vegetais. Este processo tem como principal agente o fator água, vistos os altos índices pluviométricos locais, principalmente em determinadas épocas do ano, como os meses de dezembro e janeiro, o que confere a este fator grande importância nos estudos geomorfológicos.

Esta importância é enfatizada, em relação aos processos de evolução da paisagem, por Coelho Netto (1995), quando afirma que:

“a água constitui um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, interligando fenômenos da atmosfera inferior e da litosfera, e interferindo na vida vegetal, animal e humana, a partir da interação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem”.

Em vista do exposto, os estudos geomorfológicos são imprescindíveis à análise do ambiente com vistas à ocupação racional do espaço, evitando-se assim o desencadeamento de processos prejudiciais às atividades humanas.

2.3. Bacias hidrográficas

Nesta dissertação seguiu-se a linha geossistêmica para a abordagem do ambiente, conforme proposto por Sotchava (1977), que compreendeu a natureza por meio das conexões entre seus componentes, buscando sempre a relação entre eles, sua estrutura funcional e sua dinâmica. Sendo assim, para a compreensão dos fenômenos naturais relativos à Geografia Física, a delimitação da área de estudo, ou seja, o domínio em que se reconheceu a inter-relação entre os diversos elementos da paisagem e os elementos que atuam na sua

esculturação, foi o das bacias hidrográficas, sendo este domínio caracterizado como a unidade natural de análise da superfície terrestre (Chorley, 1969).

As bacias são caracterizadas como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (Guerra e Guerra, 2005), ou ainda, uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial (Coelho Netto, 1995). Reconhece-se nesta unidade de análise o caráter de formações territoriais complexas, em que se dá a integração entre a natureza e a sociedade, com seus diferentes tipos de atividades, categorizando a bacia hidrográfica, segundo Aleksandrova e Preobrazhenkii (1982, *in* Rodriguez *et al.*, 2004), como um geossistema integrado.

As delimitações de áreas de estudo podem ser feitas a partir dos limites político-administrativos de determinada área, de quadrículas sobre cartas topográficas formadas por linhas contendo coordenadas cartográficas, por áreas com determinados atributos climáticos ou de vegetação e de algumas outras formas que, segundo Botelho (2005), podem apresentar o traçado dos seus limites bastante imprecisos.

Em contraposição, a delimitação da área de estudos a partir das bacias hidrográficas minimiza os problemas inerentes à definição destes limites, já que estes são definidos pelos divisores de águas, ou linha de cumeada ao redor dos corpos d'água que migram para o rio principal da bacia, o que estabelece limites mais concretos, ou de acordo com Chorley (1969), uma unidade natural de análise.

Apesar de os divisores de águas que delimitam as bacias induzirem à idéia de um sistema em que toda a água que cai ali migra para o seu curso principal, fazendo parte da dinâmica apenas daquela bacia, há que se atentar para estudos como os de Coelho Netto (1995), em que fluxos de água que infiltram em uma bacia acabam alimentando a rede de drenagem de outras bacias limítrofes, quando a influência de formações rochosas subjacentes às camadas mais superficiais do relevo, desviam estes fluxos subsuperficiais.

Embora os estudos por bacias hidrográficas tenham uma série de vantagens em relação a outras formas de delimitação de áreas de estudo, há alguns problemas ainda a contornar, como a necessidade de se promover a integração das esferas de poder da região abrangente das bacias. Há casos em que bacias de grande extensão, que cruzam fronteiras municipais, estaduais e até entre países, carecem de uma boa articulação política entre os grupos humanos que dominam os territórios abrangidos por ela, o que interfere no objetivo final destes

estudos, ou seja, o de se desenvolver um planejamento ambiental para a realização da gestão ambiental daqueles territórios.

2.4. Planejamento ambiental

A observação das formas de ocupação do relevo torna possível a produção de prognósticos que auxiliarão na prevenção dos processos que poderão ser desencadeados ou acelerados em um determinado espaço, alterando sua dinâmica e qualidade ambiental. Desta forma, podem ser propostas medidas que auxiliem na ocupação deste espaço e no seu futuro manejo, contribuindo para a conservação da sua qualidade ambiental. Isto é alcançado quando as formas de ocupação são planejadas, ou seja, quando esta ocupação é feita a partir do conhecimento das potencialidades e limitações da área em questão, “*identificando, concebendo e influenciando decisões sobre a atividade econômica, de forma que esta não reduza a produtividade dos sistemas naturais nem a qualidade ambiental*” (Horberry, 1984). Esta atividade é conhecida atualmente como Planejamento Ambiental, ainda que se saiba que não existe consenso no entendimento deste termo pelas várias áreas do conhecimento que o utilizam, “*existindo várias definições para a expressão planejamento ambiental*” (Botelho, 2005).

Embora haja diversas concepções, todas têm a característica comum, no seu objetivo principal, de dar racionalidade a uma determinada ação (Almeida *et al.*, 1993), neste caso, ações de ocupação do espaço e de exploração dos recursos naturais nela existentes, os quais podem ser seus solos, sua vegetação, suas águas etc. Isto permite a administração da apropriação destes recursos naturais, tornando sua exploração racional, o que é feito a partir do gerenciamento destes recursos por um órgão governamental ou quaisquer entidades dispostas a racionalizar sua utilização. Todo este processo, a partir do momento que é posto em prática, terá se convertido no fim principal do planejamento ambiental, que é a gestão ambiental.

Na realização de um planejamento ambiental, de acordo com Almeida *et al.* (1993), devem ser cumpridas determinadas etapas, compostas pela identificação e descrição do sistema natural, o que permitirá definir as variáveis relevantes ao seu funcionamento, a definição dos objetivos do planejamento, que terão como base os problemas atuais e futuros que poderão ocorrer na área, a geração de soluções adequadas, que permitam que se alcance os objetivos propostos dentro das limitações do sistema, a escolha das melhores soluções para

aquele sistema e por fim, o controle da execução do projeto e seu controle ao longo do tempo.

A identificação e descrição do sistema natural, no caso da ciência geomorfológica, se faz através do conhecimento dos processos de evolução do relevo, o que possibilita ordenar a ocupação do espaço em função das características dos locais escolhidos pelo homem para a instalação de suas atividades sócio-econômicas, principalmente se estes locais forem formados por áreas de maior dinâmica geomorfológica, como as encostas. De acordo com Parsons (1988), discutindo os processos em encostas:

o estudo dos processos de longo prazo auxilia na avaliação da maneira como as encostas evoluíram ao longo do tempo, o que permite a avaliação dos processos atuais. Já os controles de curto prazo demonstram como as encostas respondem a processos particulares e podem ser úteis no planejamento humano de utilização de encostas naturais e no projeto de taludes.

Em vista do exposto, o planejamento ambiental é uma etapa de grande importância nas atividades que, de alguma maneira, possam contribuir para a deterioração da qualidade ambiental das áreas onde são realizadas, e mais do que isso, é um importante instrumento na busca de um dos seus principais fins, que é a construção de processos de gestão ambiental em áreas como as bacias hidrográficas.

2.5. Erosão dos Solos

A erosão é um processo natural na evolução do relevo, podendo ser definida como a retirada de sedimentos (produzidos pelo intemperismo sobre as rochas) das partes mais altas e transportados para as partes mais baixas (Guerra e Guerra, 2005), ou ainda, a remoção do material superficial por vento ou água (Kirkby e Morgan, 1980), fornecendo materiais, por exemplo, para a formação de solos e da plataforma continental, nos casos em que os rios que drenam bacias hidrográficas deságuam nos oceanos, carreando os sedimentos retirados das encostas.

Entretanto, a erosão pode constituir-se em um tipo de processo de degradação a partir do momento em que ocorre a taxas maiores do que as que o ambiente pode suportar, o que absorveria os impactos decorrentes da perda da camada superficial do terreno.

Os estudos acerca deste tema requerem o entendimento tanto das características dos solos, e sua influência na suscetibilidade ao fenômeno, quanto das características do relevo e

de outros fatores ambientais, como o clima, a vegetação, a geologia da área, além da influência das atividades do homem sobre o espaço, fatores estes que devem ser analisados reconhecendo-se a interação existente entre eles.

Pode-se dividir o processo erosivo em duas partes, sendo a primeira o desprendimento (*detachment*) das partículas do solo e a segunda seu arraste pela água (Guerra, 1995), no caso da erosão hídrica. O entendimento destes processos é de suma importância no estudo dos processos erosivos, o que deve ser feito pela investigação de vários fatores indutores, sendo um deles, as propriedades físicas e químicas dos solos.

As propriedades físicas, tais como textura, porosidade, estrutura, rugosidade, quantidade de matéria orgânica e estabilidade de agregados têm grande influência em duas das principais características que tornam um solo mais ou menos suscetível à erosão: a capacidade de infiltração e a estabilidade estrutural (Brady, 1989). Muitos autores (Wischmeier e Mannering, 1969; Evans, 1980; Morgan, 1980; Fullen, 1991; Guerra, 1995; Singer e Bissonais, 1998; Descroix *et al*, 2001; Silva, 2005), puderam comprovar em seus estudos a relevância destas propriedades nos processos citados.

Já as propriedades químicas como pH e teor de matéria orgânica, que refletem a condição atual de conservação, pois são mutáveis na escala de tempo humano, principalmente por conta de práticas inadequadas de manejo, foram abordadas em autores como Kiehl (1979) e Tomé Jr (1997), que fazem um trabalho de interpretação destas análises.

A erosão pode ocorrer de várias maneiras, de acordo com as características ambientais citadas anteriormente, sendo estas maneiras, em alguns casos, estágios de processos erosivos que tendem a evoluir, mas que nem sempre ocorrem em todos os processos.

Uma destas formas é a erosão em lençol ou laminar, que ocorre quando, após chuvas mais prolongadas, o solo torna-se saturado e perde sua capacidade de infiltração, fazendo com que a maior parte da água das chuvas tenha que escoar pela superfície do terreno. Embora os processos erosivos em lençol contribuam significativamente na produção de sedimentos, são pouco enfatizados nas análises do ambiente, pois são processos que não chamam tanto a atenção quanto as outras formas de erosão, como as ravinas e voçorocas, bem mais evidentes na paisagem.

2.5.1. Fatores Controladores da Erosão

Os processos erosivos desenvolvem-se em todos os tipos de solos, sendo mais intensos

em uns do que em outros, onde a erosão é praticamente imperceptível, o que se dá em função de suas características naturais, como suas propriedades físicas e químicas, e também em função de outros fatores que não estão diretamente ligados à sua gênese.

Estes fatores são constituídos pelas características ambientais da região e pelas formas de manejo empreendidas pelo homem, que atualmente é um dos principais fatores indutores dos processos erosivos. Alguns dos fatores ambientais citados também são conhecidos como fatores controladores da erosão, visto que têm grande importância no desenvolvimento dos processos erosivos (Guerra, 1995).

Os fatores controladores da erosão mais utilizados nos estudos deste fenômeno são a erosividade da chuva, as propriedades dos solos (densidade aparente, porosidade, pH, estabilidade de agregados etc), a cobertura vegetal e as características das encostas (Selby, 1985; Morgan, 1986; Goudie, 1995; Guerra, 1995 e 1996; Poesen *et al.*, 2003; Valentin *et al.*, 2005; Legout *et al.*, 2005). De acordo com Salomão (2005), nos processos erosivos laminares, objeto de estudo desta dissertação, os principais fatores determinantes da erosão relacionados às condições naturais dos terrenos são as chuvas, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solos.

2.5.1.1. Chuvas

Nos processos de evolução do relevo e formação dos solos, o clima tem importante papel na determinação das formas que poderão ser esculpidas e nas classes de solos que poderão se formar, tendo este fator íntima relação com a expressão das propriedades dos solos (Palmieri e Larach, 2006).

Um dos principais fatores climáticos indutores destes processos são as chuvas, que além de ter importante papel na formação dos horizontes dos solos, atuam também na produção da erosão hídrica laminar, e que, dependendo de algumas das suas características, terá maior ou menor poder erosivo, ou seja, poderá sofrer um incremento na sua erosividade, que é a habilidade da chuva em causar erosão (Bryan, 2000; Guerra, 2005; Assouline & Ben-Hur, 2006).

A importância das chuvas nos processos erosivos pôde ser observada em trabalhos como os de Gonzáles Hidalgo & Martín de Luis (2007), onde foram medidas na região do Mediterrâneo as taxas de perda de solos em função de eventos pluviais diários. Constatou-se que, em alguns casos, de 50 a 75% das perdas anuais de solos foram produzidas em três

eventos de chuva, com variações destas porcentagens em função dos tipos de solos e da cobertura vegetal. Ainda que a região em que se desenvolve este trabalho não tenha características climáticas como as do Mediterrâneo, que apresenta clima semi-árido, verifica-se nas áreas mais elevadas da bacia altos índices pluviométricos e chuvas de grande intensidade.

Na avaliação da erosividade faz-se necessário o estudo da intensidade da chuva, da sua energia cinética, do total de chuva e do seu momento (produto entre a massa e a velocidade da gota de chuva) (Guerra, 1995), o que vai determinar a sua capacidade para desagregar os sedimentos que compõem a camada mais superficial do solo, provocando os processos de quebra dos agregados e de transporte de sedimentos.

Segundo Goudie (1995), a perda de solo está intimamente relacionada às características das chuvas, não só como fator desagregador dos sedimentos e quebra de agregados, mas também pelo processo de produção de fluxos laminares superficiais que promovem o transporte dos sedimentos.

Selby (1985) destaca o poder das chuvas na desagregação dos sedimentos ao observar que as suas gotas têm o efeito de quebra dos agregados do topo do solo, além de causar turbulência nos fluxos de água que se deslocam sobre as encostas em forma de lençol e carregam as partículas destacadas. Este efeito de ruptura dos agregados, produzido pela energia cinética da chuva, pode ser modificado em função da velocidade e direção dos ventos (Guerra, 1991, Bryan, 2000), tornando tal processo ainda mais destrutivo.

Os agentes erosivos ativos (Bryan, 2000), ou seja, o impacto das gotas de chuva sobre o solo e os fluxos superficiais laminares, representam um dos principais fenômenos responsáveis pela produção de sedimentos e selagem do topo do solo, sendo o primeiro deles o salpicamento (*splash*).

De acordo com Guerra (2005), o *splash* é o estágio inicial do processo erosivo, quando as primeiras gotas de chuva atingem o solo e causam a sua desagregação, deixando as partículas que compõem os agregados livres para serem transportadas pelos fluxos superficiais. Uma parte destas partículas é desagregada também pelo arraste das águas produzidas pelos fluxos superficiais, que dependendo do comprimento e declividade das encostas, poderão ter sua intensidade aumentada.

A ocorrência e intensidade do salpicamento também é determinada pela umidade do solo antecedente ao evento de chuva (Goudie, 1995; Bryan, 2000; Guerra, 2005), assim como

a produção de *runoff*, que pode ocorrer mais rápida em solos que atingiram sua taxa final de infiltração mais rapidamente devido a uma maior umidade antecedente.

Em seguida ao *splash*, além do transporte das partículas carregadas pelos fluxos superficiais, estas também são transportadas através do perfil do solo, pela água que infiltra, o que vai provocar a formação de crostas na superfície. Este processo ocorre logo nos primeiros momentos da precipitação pluvial, impedindo que uma maior quantidade de água possa infiltrar, causando a produção dos fluxos superficiais em menor tempo e provocando o incremento no arraste dos sedimentos.

O escoamento superficial ocorre de forma dispersa, sem se concentrar em canais, e forma uma película de água que recobre boa parte da encosta, na forma de um lençol. Quando este lençol d'água é atingido pelas chuvas, ocorre um aumento da turbulência do seu fluxo, o que aumenta também o seu poder em remover as partículas do solo, ou seja, o destacamento destas partículas (*detachment*) e transporte, efeito que é ainda maximizado pela ocorrência do *splash*, caso a espessura do lençol d'água formado não seja suficiente para impedir sua ação.

Outro fator importante na erodibilidade é a intensidade das chuvas, parâmetro frequentemente reconhecido como a mais importante característica na avaliação da erosão (Morgan, 2005), chegando-se ao ponto de terem sido estabelecidos valores de intensidade considerados críticos para o desencadeamento dos processos erosivos. Ela tem grande importância na formação do escoamento superficial, quando os solos saturados vão perdendo sua capacidade de infiltrar a água através do seu perfil e propiciam a produção dos fluxos superficiais. Em estudos a respeito da intensidade das chuvas, Wischmeyer e Smith (1958), a fim de calcular a energia cinética produzida nos eventos pluviais, estabeleceram o índice I30, que estima esta energia a partir da intensidade máxima da chuva em 30 minutos.

Wischmeyer e Smith utilizaram este índice no cálculo da erosividade através da relação entre ele e a energia cinética da chuva (E), encontrando-se o produto EI , o que possibilitou nos seus trabalhos estimar o efeito da precipitação pluvial no destacamento e transporte das partículas do solo.

2.5.1.2. Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal, que segundo Salomão (2005), “*é a defesa natural do terreno à erosão*”, age protegendo os solos contra a ação dos agentes geomorfológicos que atuam na esculturação do relevo e que podem ter seu efeito maximizado pelos desmatamentos,

principalmente nos países de clima tropical, onde são comuns altos índices pluviométricos concentrados em determinadas épocas do ano.

O desmatamento pode influenciar de diversas formas a quantidade de água que chega ao solo e infiltra nele. A vegetação tem o papel de interceptora da chuva, impedindo a ação direta das suas gotas sobre a superfície e mantendo uma parte dessa água no seu dossel, que é liberada de forma gradativa até que a folhagem seja atravessada por ela. Também atua no sentido de criar caminhos para a água no interior do solo pela penetração de suas raízes, que além disso, auxilia na retirada da água através dos processos fisiológicos do vegetal, jogando-a para a atmosfera na forma de vapor. Outra forma da vegetação agir no combate aos processos erosivos é através da formação de uma camada protetora na superfície, a serrapilheira, através da deposição dos restos vegetais. Esta serrapilheira, além da proteção citada, atua também no aporte de matéria orgânica, melhorando as propriedades químicas e físicas do solo, tornando os agregados mais resistentes aos processos erosivos.

Dependendo da sua extensão, a eliminação da cobertura vegetal poderá provocar também mudanças no clima da região, o que vai redundar em chuvas torrenciais em locais onde esses eventos eram regulares em função da vegetação mais densa (Pereira e Almeida, 2006).

Embora se reconheça que os efeitos positivos da cobertura vegetal sejam muitos, como citado no parágrafo precedente, nem sempre é assim que ocorre, pois um fator que é benéfico em um local ou em uma dada situação pode ser prejudicial em outros casos, em que as características da vegetação, da chuva, dos solos e outras propiciem a ocorrência dos processos erosivos com maior intensidade, ainda que estes fatores estejam de acordo com o que se estabelece como o mais indicado para a diminuição da erosão.

Um exemplo é a comparação entre os efeitos de plantações de banana em encostas, que é considerado ruim na avaliação do IPT (1990), mas que apresentou resultados benéficos na avaliação de Freitas (2003), como a proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva, o incremento de matéria orgânica e a proteção contra a produção de *runoff*.

O efeito da vegetação em áreas de altos índices pluviométricos pôde ser observado em trabalhos como o de Bochet *et al.* (1998), em que foram testadas algumas espécies arbustivas em região de clima Mediterrâneo, quando em determinadas épocas do ano os índices pluviométricos são bastante elevados. Neste trabalho, ainda que as espécies fossem arbustivas e se apresentassem com certo espaçamento em relação às outras, havia uma significativa

proteção do solo contra o *splash* provocado pelo impacto das gotas de chuva.

Ainda demonstrando a importância da vegetação na proteção do solo contra a erosão, Casermeiro *et al.* (2003) afirmam que a geração de *runoff* e a produção de sedimentos são diretamente dependentes da vegetação (Spaan, 2005). Em estudos na região do Mediterrâneo, este autor observou que diferentes plantas arbustivas demonstraram diferentes resultados em experimentos sob chuvas simuladas.

Outros exemplos da importância da vegetação no controle da erosão puderam ser observados em trabalhos como os de Grieve (1980), Coelho Netto (1987) e Morgan (2005), que tratam da cobertura vegetal e do seu efeito nos processos erosivos, principalmente em trabalhos com gramíneas (Poesen *et al.*, 2003), que são muito encontradas na área de estudos, na forma de pastagens.

2.5.1.3. Propriedades do solo

É um dos principais fatores controladores da erosão, visto que estas propriedades determinam a capacidade dos solos de resistir à ação mecânica dos agentes erosivos e de permitir uma maior infiltração da água, no seu perfil, o que retarda, caso seja eficiente, o escoamento superficial da água da chuva.

2.5.1.3.1. Propriedades Físicas

Nesta dissertação foram analisadas como propriedades físicas a textura e a porosidade, obtidas em amostragens da camada superficial do solo. Como propriedade química, foi determinado o pH das amostras, visto que este tem influência na formação e estabilidade dos agregados. A partir da densidade aparente e da densidade real obteve-se a porosidade das amostras volumétricas.

As propriedades físicas dos solos são o resultado das características do seu material de origem e dos processos naturais que, por meio do intemperismo sobre as rochas, alteraram este material ao longo de milhares de anos e que se manifestam ainda no presente, sendo muitas vezes indicativas da qualidade ambiental de uma determinada área.

O estudo e a compreensão destas propriedades torna possível a análise do comportamento destes solos frente à ação da água no seu perfil, da atividade dos organismos que nele se desenvolvem e atuam e das práticas realizadas pelo homem sobre ele, possibilitando que se façam diagnósticos e prognósticos a respeito da sua reação frente às modificações que lhe são impostas.

Uma primeira abordagem, com o objetivo de se estudar os processos físicos atuantes, pode ser dirigida à textura, ou seja, “*a proporção relativa dos diferentes grupos de partículas primárias*” (Kiehl, 1979), visto que a forma como este solo irá interagir com a atmosfera terrestre inferior depende muito deste fator.

A distribuição das frações granulométricas, diferentemente das propriedades químicas, não pode ser alterada facilmente por práticas humanas, sendo por isso um bom indicador, em um longo prazo, de como os processos ambientais se darão em relação a ela.

A quantidade relativa de cada fração granulométrica pode fornecer informações importantes para o manejo. Quantidades grandes de argila, por exemplo, proporcionam boa capacidade para reter nutrientes e para disponibilizá-los aos vegetais (dependendo do tipo de argila), mas ao mesmo tempo podem oferecer impedimentos ao cultivo mecanizado em épocas mais chuvosas. Em oposição aos anteriores, maiores quantidades de areia proporcionam maior facilidade nas operações de aração, por exemplo, mas diminuem a capacidade de retenção e fornecimento de nutrientes aos vegetais, dada a ausência de cargas nesta fração.

A textura, além de outras propriedades, determina a quantidade de água e de ar que poderá penetrar no perfil, o tempo que estes elementos levarão para percorrê-los, e o tempo que eles ficarão retidos nos espaços existentes entre as partículas, o que por sua vez, determina os processos que ocorrerão nas camadas mais superficiais possibilitando a formação dos solos propriamente ditos, com seus horizontes pedogenéticos e todas as suas características.

Além do citado anteriormente, por meio da análise da textura é possível identificar que fração granulométrica predomina, o que vai permitir a avaliação da erodibilidade em relação a este fator, visto que determinadas frações são mais facilmente destacadas do que outras, conforme apontado por Guerra (2005), segundo o qual, os solos com maior erodibilidade são os que possuem maiores teores de silte.

No entanto, outras frações também podem tornar um solo suscetível ao fenômeno, como a areia média, que de acordo com os estudos de Poesen (1981) e Morgan (2005), é uma das mais importantes frações no desencadeamento dos processos erosivos.

Na determinação da textura, deve-se inicialmente estabelecer uma escala de tamanho, ou seja, uma escala granulométrica, onde as partículas serão classificadas em função deste fator. Existem algumas escalas para esta classificação, como as de Kopeck, de Shöene e de

Atterberg (Kiehl, 1979).

A textura do solo, considerada uma das propriedades físicas de grande importância na análise dos processos erosivos, deve ser estudada juntamente com todos os outros fatores indutores destes processos, visto que isoladamente, apenas por meio desta propriedade, não se podem fazer inferências a respeito dos condicionantes que levam um solo a apresentar tal fenômeno natural. Outros fatores, como os teores de matéria orgânica, podem modificar muito o comportamento do solo frente aos processos erosivos, independentemente da textura que ele apresenta.

Outra relevante propriedade, que está intimamente ligada à qualidade ambiental, é a densidade aparente, fator que, diferentemente da textura, pode ser alterado pelo homem por meio de práticas inadequadas de manejo, mas que também pode ser melhorada por práticas conservacionistas.

Os valores que expressam esta propriedade são obtidos, de acordo com EMBRAPA (1997), dividindo-se o peso de uma amostra de solo seca em estufa a 105°C pelo seu volume.

A partir desta propriedade pode-se inferir a respeito das condições de conservação do solo, como seu nível de compactação e quantidade de matéria orgânica, sendo que para se conhecer esta última deve-se saber qual é o seu material de origem.

A compactação pode ser promovida pelo tráfego intenso de máquinas, pelo pisoteio constante de animais ou pelo impacto das gotas de chuva, que ao provocar o salpicamento ou *splash*, libera sedimentos que provocam a obstrução dos poros do solo. Isto vai impedir que a infiltração da água das chuvas ocorra, propiciando o desenvolvimento mais rápido dos fluxos superficiais em lençol (*runoff*), com o conseqüente arraste das partículas que formam a camada superficial, dando origem à erosão laminar.

Os valores de densidade aparente variam muito em função do tipo de solo e do local onde ele foi formado, sofrendo grande influência da cobertura vegetal e das práticas de manejo empreendidas. Em florestas verificam-se valores mais baixos de densidade aparente, entre 0,6 e 0,8 g/cm³, devido à maior quantidade de raízes e constantes aportes de matéria orgânica, oriunda da queda de folhas da vegetação. Já onde há a predominância das frações minerais, encontram-se valores de densidade aparente que variam de 1,1 a 1,6 g/cm³ (Kiehl, 1979), o que ocorre em função dos constituintes minerais e das práticas de manejo citadas.

Na avaliação da densidade aparente deve-se atentar para os fatores dimensão das partículas e organização delas, que diz respeito à estrutura do solo, assim como da quantidade

de água contida nele, pois o líquido altera a densidade devido ao aumento de volume causado por sua entrada nos espaços vazios existentes entre as partículas.

A análise da densidade aparente também pode ser utilizada para a estimativa dos valores de outras propriedades, desde que sejam conhecidas algumas características do solo, o que permite que se construam tabelas relacionando a densidade aparente a estas propriedades, conforme feito no Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (Kiehl, 1979).

Outro valor de densidade importante na determinação das condições ambientais são os de densidade real, ou densidade de partículas, que é definido como a relação entre uma amostra de solo e o volume ocupado por suas partículas sólidas (Kiehl, 1979).

A densidade real pode auxiliar neste estudo quando informa, indiretamente, o material de origem, possibilitando a leitura do passado do ambiente e das influências que este material poderá ter sobre quaisquer atividades que sejam desenvolvidas no futuro. Os valores de densidade real também serão úteis no cálculo da porosidade, pois são necessários para o cálculo desta propriedade.

Sabe-se que a densidade das partículas depende da constituição mineralógica, sendo estas mais pesadas quanto mais densos forem os minerais que as compõem. Conhecendo-se as densidades de cada mineral, pode-se avaliar, por meio da densidade real obtida em uma amostra de solo, a quantidade deste ou daquele mineral presente na sua constituição. Por exemplo, solos com quartzo, feldspato e silicatos na sua composição mineralógica, muito comuns no Brasil, possuem valores de densidade real entre 2,60 a 2,75 Mg.m^{-3} , pois estes valores são próximos dos valores de densidade dos minerais citados. Se estes valores estiverem acima de 2,75 Mg.m^{-3} , significa que pode haver minerais pesados na sua constituição, o que vai interferir na translocação de partículas através do seu perfil. Com este conhecimento é possível avaliar a constituição do solo sobre o qual se está estudando, o que possibilitará fazer uma análise integrada com os outros fatores determinantes do seu comportamento frente às atividades nele desenvolvidas.

Com os dados de densidade aparente e densidade real, discutidos nos parágrafos precedentes, torna-se possível calcular a porosidade. Esta propriedade fornece informações a respeito da capacidade de armazenagem das fases água e gás presentes na atmosfera e está intimamente relacionada aos processos erosivos laminares.

A porosidade é a quantidade de espaços ocupados por gases ou líquidos, ou seja,

espaços não preenchidos pelas fases mineral e orgânica, que podem ter diversas formas e tamanhos, o que vai ter íntima relação com a capacidade de armazenar líquidos e gases, assim como de promover o movimento destes elementos. Esta porosidade pode ser classificada em macroporosidade e microporosidade, em relação ao seu tamanho e forma de reter líquidos, e em porosidade tubular e cavitária, porosidade fissural e porosidade de empilhamento (Ruelan e Dosso, 1993, *in* Silva, 2005), em relação à sua formação.

Com relação à porosidade tubular e cavitária, um dos fatores que auxiliam no desenvolvimento dos solos são os microorganismos, principalmente a sua fauna, que são os organismos que têm grande participação na decomposição da matéria orgânica depositada. Estes organismos contribuem na formação da bioestrutura do solo, que se caracteriza pela grumosidade, que é a porosidade (Pereira e Almeida, 2006). Juntamente com as porosidades de alteração, formada pela dissolução de minerais no interior e superfície dos grãos dos minerais do solo, e a porosidade textural, presente entre as partículas minerais que o compõem, a porosidade estrutural será muito importante nos processos de percolação das águas e penetração de ar e raízes, os quais se forem interrompidos, poderão promover os processos erosivos laminares.

Conforme afirmado anteriormente, as práticas inadequadas de manejo alteram a estrutura por meio da compactação, o que vai interferir na porosidade. Os agregados destruídos por tais práticas de manejo, fornecerão as partículas que entupirão os poros do solo, impedindo a livre circulação da água.

As práticas que mais contribuem para a diminuição da porosidade são as ligadas aos cultivos agrícolas e pecuária, quando grandes áreas são desmatadas para a implantação dos empreendimentos. Durante os cultivos, ocorre o excessivo revolvimento da camada superficial a fim de se criar condições ideais para o desenvolvimento das raízes das culturas. Isto promove a quebra dos agregados, a mineralização mais rápida da matéria orgânica e a total exposição do topo do solo aos agentes intempéricos. As partículas que ficam livres com estas práticas são as que, durante os eventos de chuva, irão percolar junto com a infiltração das águas e entupir os poros que restam das práticas inadequadas de cultivo.

De acordo com o exposto, a preservação das qualidades físicas está intimamente ligada às práticas de manejo empreendidas, que são imprescindíveis à manutenção da qualidade ambiental.

2.5.1.3.2. Propriedades Químicas

Dentre as características que um solo deve ter para manter sua estabilidade frente aos processos erosivos, a quantidade de matéria orgânica é uma das mais importantes. Solos com teores de matéria orgânica mais altos têm agregados mais estáveis, mais resistentes ao impacto das gotas de chuva e com melhor desempenho em relação à infiltração, o que vai diminuir indiretamente a ocorrência do salpicamento (*splash*) e do escoamento superficial (*runoff*) e arraste das partículas (Fullen, 1991; Guerra, 1994, 1995, 1996 e 2005; Morgan, 2005).

Segundo Guerra (1994 e 2005), embora o teor de matéria orgânica tenha influência sobre a erodibilidade dos solos, esta depende também da textura, principalmente em solos com altas porcentagens de silte, que sofrem grande influência destes teores na sua estabilidade frente aos processos erosivos.

A matéria orgânica é representada pelos restos orgânicos depositados sobre o solo, constituídos pela serrapilheira, e que se apresentam em decomposição, principalmente restos vegetais como folhas, caules, frutos, flores, oriundos da cobertura vegetal, e resíduos de animais e material fecal em diferentes estágios de decomposição (Castro Junior, 2004). De acordo com a conceituação da EMBRAPA (2006), incluem-se aí fragmentos de carvão finamente divididos, substâncias húmicas e “*outros compostos orgânicos naturalmente presentes no solo, os quais podem estar associados a material mineral em proporções variáveis*”.

Ao se depositarem, estes restos orgânicos iniciam o processo de decomposição, tanto pelo ataque dos microorganismos, que começam a agir imediatamente, quanto pelos organismos maiores, ou seja, a macrofauna, que tem o papel de fragmentá-los, diminuindo-os de tamanho para a ação dos microorganismos, principais decompositores. No entanto, alguns estudos indicam que a macrofauna, ou seja, os invertebrados, atuam mais como controladores das populações de microorganismos, dos quais se alimentam, do que como indivíduos ativos da decomposição da matéria orgânica, o que indiretamente vai afetar as taxas de decomposição (Castro Junior, 2004).

O material orgânico depositado, que proporciona ao solo as características benéficas da matéria orgânica, é formado em parte pelo que se conhece como *húmus em sentido estrito* e *húmus em sentido amplo*.

O primeiro caso abrange os restos orgânicos que foram totalmente decompostos, ou

seja, que já passaram por todos os processos físicos e químicos de decomposição da matéria orgânica e têm coloração escura e aspecto coloidal. Esta fração é a que se liga, de forma mais ou menos estável, aos constituintes minerais do solo, como as argilas, óxidos de ferro e alumínio (Castro Junior, 2004), e que conferem a estabilidade aos agregados.

O segundo caso, o *húmus em sentido amplo*, é a fração que foi depositada mas ainda não atingiu os estágios mais adiantados de decomposição, apresentando ainda restos identificáveis dos materiais depositados, como partes de folhas e caules, mas formada também por fragmentos celulares vegetais, microorganismos e fezes de invertebrados, constituindo-se em uma matéria orgânica imobilizada.

O papel da matéria orgânica na estabilidade contra os processos erosivos é reconhecido por autores como Cooke e Doornkamp (1977), Evans (1980), Fullen (1991), Guerra (1995 e 2005), Morgan (2005) e outros.

Cooke e Doornkamp (1977), discutindo os efeitos benéficos da vegetação, afirmam que em plantações de milho, os restos das culturas que foram recentemente colhidas, como as suas hastes, têm o efeito tanto de proteção contra as gotas de chuva, quanto o de fornecer matéria orgânica, após a sua decomposição e incorporação ao solo.

Evans (1980), baseado em estudos com chuvas simuladas, afirma que elevados teores de argila e matéria orgânica proporcionam maior estabilidade de agregados, devido à maior força de coesão entre os colóides contidos nestas frações.

Guerra (1995), aponta a estabilidade dos agregados proporcionada pelo conteúdo de matéria orgânica em função dos efeitos químicos do húmus, que reage com as substâncias minerais, formando o complexo húmus-argila. Guerra (2005) também afirma a importância da matéria orgânica na presença de altos teores de silte, principalmente onde se praticam atividades agrícolas, atividade que, ao longo do tempo, promove a diminuição da matéria orgânica, propiciando a intensificação dos processos erosivos.

Morgan (2005), que associa a erodibilidade aos teores de areia e silte, afirma que teores de carbono abaixo de 2%, o que representa 3,5% de matéria orgânica, aumentam a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos.

Em função do exposto, o fator matéria orgânica mostra-se de extrema importância nos estudos relacionados à erosão hídrica dos solos, sendo um parâmetro que deve ser avaliado de acordo com a situação abordada, o que é feito pela escolha mais adequada do método laboratorial de análise desta fração.

A matéria orgânica presente no solo tem propriedades químicas que atuam na estabilidade dos agregados frente aos processos erosivos (Janeau *et al.* 2003; Legout *et al.*, 2005), além de fornecer nutrientes aos vegetais e servir de fonte de energia para os microorganismos. No entanto, outros fatores interferem na química do solo, como o tipo de argila predominante na sua constituição, o clima da região e práticas de manejo agrícola. Todos estes fatores vão interferir em uma característica que é extremamente importante no desenvolvimento de organismos e na sua estabilidade frente aos processos erosivos. Este fator é o pH, que pode dar muitas informações a respeito das suas condições de conservação e do que precisa ser feito para evitar problemas decorrentes de práticas inadequadas de uso da terra.

O pH do solo tem origem nos elementos químicos que são liberados durante os processos de intemperismo sobre as rochas e que se associam formando íons básicos e ácidos, promovendo os processos de troca de íons que ocorrem na solução do solo, assim como da ação dos ácidos húmicos formados pela decomposição da matéria orgânica.

Nas análises químicas dos solos têm-se como principais íons positivos, ou cátions, o Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e NH_4^+ , conhecidos como as bases do solo e que representam sua capacidade de troca de cátions (CTC) (Kiehl, 1979), e como íons negativos, responsáveis pela acidez, o H^+ e o Al^{3+} , representando o que se chama de acidez titulável, sem citar os componentes químicos da matéria orgânica. De acordo com EMBRAPA (2006), a CTC é calculada pela soma das bases trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ .

Um dos fatores determinantes da acidez titulável é o clima da região onde este solo se formou, visto que altos índices de precipitação têm o poder de provocar a “lavagem” das bases trocáveis do complexo coloidal dos horizontes superiores do solo, que são facilmente lixiviadas pela água de percolação através do seu perfil, que por troca iônica, deixa no complexo coloidal do solo os íons H^+ e os elementos de mais difícil translocação, como o Al^{3+} , que tem grande influência na produção da acidez.

Nos estudos de erosão dos solos, a avaliação da acidez titulável fornece informações ligadas à estabilidade dos agregados, que são formados de acordo com as interações químicas existentes entre as partículas, assim como ocorre com a matéria orgânica, quando com suas propriedades químicas auxiliam na estabilidade das ligações entre as partículas (Morgan, 2005).

De acordo com Morgan (2005), outro fator ligado às propriedades químicas, que

aumenta a erodibilidade, é o conteúdo de sódio trocável, visto que este elemento atua na deterioração da estrutura do solo úmido, destruindo seus agregados e produzindo sedimentos que irão se translocar pelo seu perfil e reduzirão sua porosidade.

Ainda em relação aos íons básicos, de acordo com Evans (1980), solos com teores mais altos em cátions divalentes (cálcio) têm agregados mais estáveis do que solos com cátions monovalentes (sódio), pois estes cátions dão maior firmeza às ligações existentes nos colóides.

Outros autores também reconhecem a influência destes íons na erodibilidade, conforme observado em (Barahona *et al.*, 1990 e Mezouk & Blake, 1991, *in* Morgan, 2005), onde afirmam que excessos de carbonato de cálcio dentro das frações argila e silte do solo podem levar a uma alta erodibilidade.

As análises químicas de pH atuam como um indicador indireto da estabilidade dos agregados, visto que, valores baixos de pH, indicativos de solos ácidos, indicam também que o complexo coloidal do solo está deficiente destes elementos.

2.6 Características das encostas

Ainda que se reconheça que nem sempre é nas encostas mais íngremes onde ocorrem os processos geomórficos mais intensos, o fator característica da encostas é um dos quatro reconhecidamente importantes no desenvolvimento dos processos de evolução do relevo, principalmente quando há a intervenção do homem modificando suas formas naturais.

Na análise dos processos erosivos é necessário que sejam observadas três características principais do relevo, que irão afetar significativamente a erodibilidade, representadas pela declividade, o comprimento e a forma das encostas, que poderão apresentar-se côncavas, convexas ou retilíneas.

Embora o fator características das encostas tenha grande importância na determinação dos processos erosivos, os autores que o estudam (Cooke & Doornkamp, 1977; Thornes, 1980; Evans, 1980; Poesen, 1986; Guerra, 2005; Morgan, 2005; Assouline & Ben-Hur, 2006) não deixam de fazer a ressalva, em seus trabalhos, de que ele nunca deve ser analisado separadamente de outros que também têm influência, como as propriedades do solo e a cobertura vegetal, pois estes podem promover comportamentos bem diferentes em relação à erosão em encostas com semelhantes características topográficas.

De acordo com Thornes (1980), o gradiente das encostas é de grande importância no

controle do processo de lavagem do solo (*wash*) pelas águas do escoamento superficial (*runoff*), tanto concentradas quanto não concentradas, podendo ter estas águas um incremento na sua velocidade e potencial de destacamento das partículas e transporte em função do aumento da declividade.

Evans (1980) aponta a maior eficácia do processo de *splash* em função da maior angulação das encostas, embora também afirme que a relação entre este fator e a formação de ravinas e erosão em lençol seja equivocada. No entanto, ele reconhece a importância deste fator controlador na intensidade dos processos erosivos.

Poesen (1986) e Marçal (2000) procuram explicar a influência da declividade através do estudo da formação das crostas causada pelo processo de *splash*, que ao longo da chuva, vai selando a superfície do solo e mudando o comportamento do *runoff* em função da deste fator.

Selby (1985) ressalta a influência do fator declividade nos processos erosivos ao demonstrar que os sedimentos removidos pelo *splash* incrementam o movimento de sedimentos encosta abaixo, sendo este incremento proporcional ao ângulo da encosta.

Em relação ao comprimento, este também é um fator controverso, visto que os resultados de pesquisa em relação a ele têm grande variação. Isto se deve aos outros fatores intervenientes nos processos erosivos, como as propriedades químicas e físicas, por exemplo. No entanto, autores como Cooke & Doornkamp (1977) reconhecem a variação das perdas de solos em função deste fator.

Existem estudos em que estas perdas são avaliadas pela relação entre o comprimento (L) e a inclinação (θ) das encostas, o que é expresso por uma equação onde estas variáveis têm expoentes (m e n), que variam de acordo com outros fatores, como a precipitação pluvial, granulometria das partículas e cobertura vegetal, conforme apresentado em seguida:

$$E = \tan^m \theta L^n$$

A forma das encostas é mais um fator de grande importância nos processos erosivos, pois em função dele será determinado o comportamento dos fluxos hídricos nas encostas, ou seja, quais são os caminhos preferenciais da água e seus locais de acúmulo, o que pode desencadear processos erosivos mais drásticos.

A forma da encosta determinará também as áreas em que a vegetação irá se

desenvolver melhor, as áreas que têm maior insolação, as que ficam mais tempo úmidas ou secas, mais quentes ou mais frias e outras características que poderão influenciar na fertilidade dos solos e em outras propriedades que têm relevância nos processos erosivos (Wilkinson & Humphreys, 2006).

De acordo com Hodges e Arden-Clarke (1986, *in* Guerra e Cunha, 1995), nas áreas em que a água é armazenada nas partes altas do relevo, a sua liberação repentina pode causar processos erosivos em forma de ravinas e voçorocas. Na região estudada nesta dissertação podem ser identificadas algumas áreas como estas, em que foram feitos cortes nas encostas para a instalação de propriedades agrícolas e de moradias, e onde verifica-se este armazenamento de água, o que pode propiciar a ocorrência dos processos citados.

Verifica-se, então, que as características das encostas têm grande participação na atuação dos processos erosivos, embora nem sempre estes ocorram seguindo um comportamento comum, ou seja, nem sempre as encostas mais declivosas ou longas sofrerão os processos mais intensos, tendo que, para analisar tais processos em função deste fator, atentar para todos os outros que têm influência na erosão.

3. OBJETIVOS

3.5. Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é a análise da suscetibilidade dos solos das partes média e alta da bacia hidrográfica do Rio Macaé aos processos erosivos em lençol.

3.6. Objetivos específicos

- Analisar os fatores de influência nos processos erosivos da área de estudo;
- Determinar as propriedades dos solos das partes média e alta da bacia do Rio Macaé;
- Mapeamentos dos pontos de coleta e reconhecimento da área de estudo para a realização desta dissertação e para posteriores trabalhos no local.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. Localização

A área de estudo, é formada pelas sub-bacias componentes das partes média e alta da bacia do Rio Macaé, e tem extensão de aproximadamente 462 km² (46.200 ha), situando-se nos territórios dos municípios de Macaé, Casimiro de Abreu, e Nova Friburgo, onde se localiza sua maior parte.

A bacia hidrográfica do Rio Macaé, na sua totalidade, tem área de 1.765km², sendo formada por partes dos territórios dos municípios de Macaé, Rio das Ostras, Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu e Nova Friburgo, onde está localizada a nascente do seu rio principal, no povoado conhecido como Macaé de Cima.

A área de estudos está localizada entre as coordenadas geográficas 42°08'13" e 42°34'36"W e 22°13'29" e 22°22'27"S. Estas áreas são ocupadas predominantemente por produtores rurais, e em algumas partes por empreendimentos voltados para o turismo, no município de Nova Friburgo, principalmente nos distritos de Lumiar, São Pedro da Serra e Boa Esperança.

4.2. Geomorfologia

As feições geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro foram mapeadas pelo projeto RADAMBRASIL (1983) (Folha SF-23) na escala 1:1.000.000, a partir da interpretação de imagens de radar em 1:250.000; pelo Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (CIDE, 2004), que apresentou mapa síntese na escala 1:1.500.000; e pela CPRM, onde este mapeamento foi feito por interpretação de imagens do satélite LANDSAT TM (Banda 4), apresentando o mapa geomorfológico em 2001 na escala 1:250.000, de autoria de Dantas (2001).

De acordo com o projeto RADAMBRASIL (1983), o relevo do Rio de Janeiro reflete importantes eventos tectônico-estruturais, que exerceram o rifteamento continental do bordo sudeste brasileiro, com maior intensidade entre o Cretáceo e o Terciário Inferior (Almeida, 1976, *in* Projeto Rio de Janeiro, 2001), e mantém relação direta com as condicionantes litológicas e os fatores paleoclimáticos, sendo a maior parte da área do estado composta por litologias Pré-Cambrianas. No projeto Rio de Janeiro (2001) esta influência estrutural e climática também é reconhecida como responsável pela ampla gama do cenário geomorfológico do estado.

Estes fatores e formas são expressos, segundo o Projeto RADAMBRASIL (1983), na região norte fluminense, onde se localiza a área de estudo, pela existência de tabuleiros dissecados em rochas sedimentares terciárias, acusando efeitos de flutuações paleoclimáticas e variações eustáticas.

Ainda segundo este projeto, cita-se que setores de todos os domínios identificados são recobertos por formações superficiais do Quaternário, o que é amplamente verificado na área de estudo pela significativa presença de depósitos de tálus, principalmente nas partes mais elevadas.

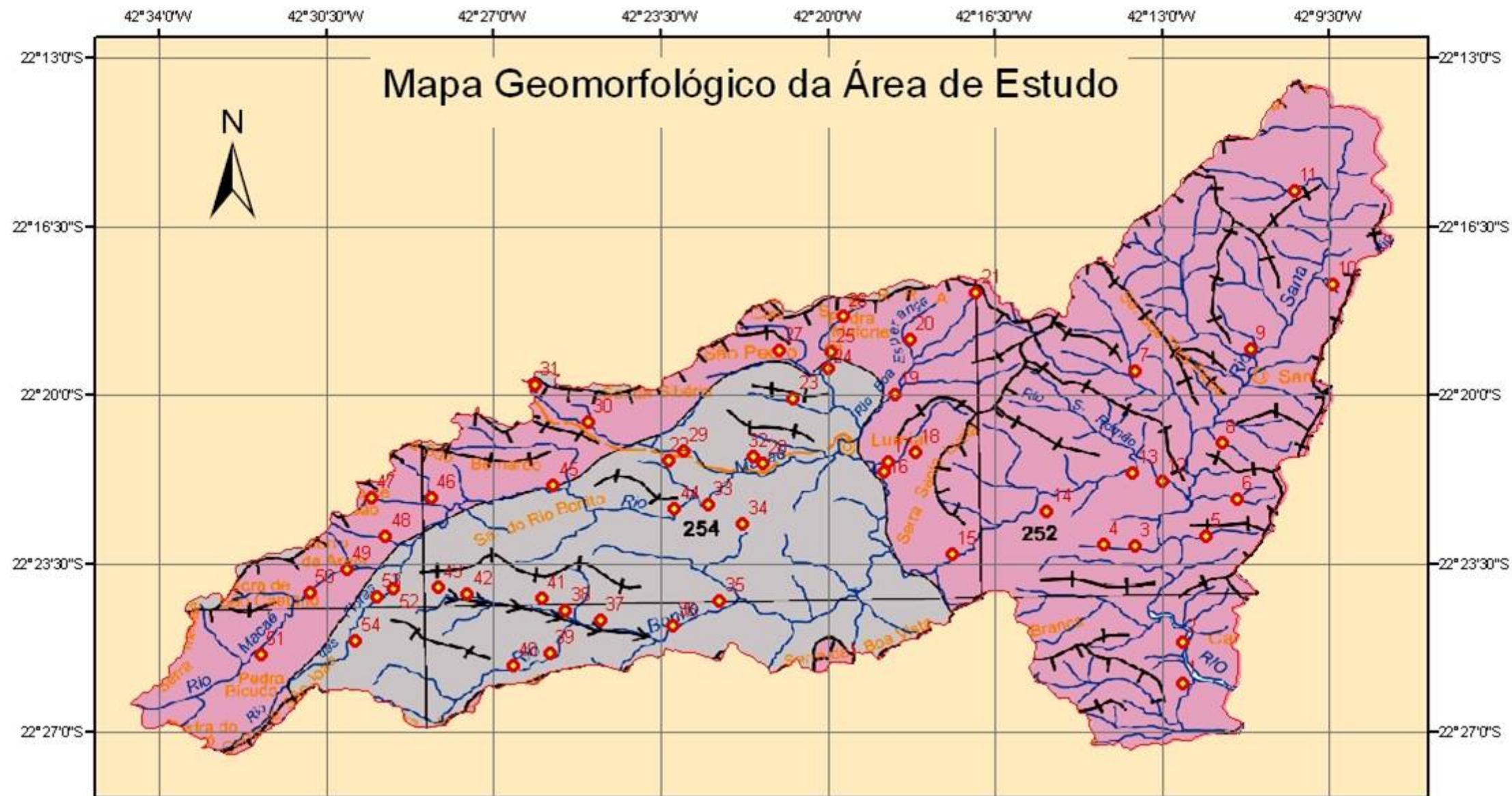
De acordo com Dantas (2000), que seguiu a metodologia de Ross (1990, *in* Dantas, 2000) para a definição e mapeamento das unidades geomorfológicas do estado do Rio de Janeiro, foram utilizados apenas os dois primeiros *táxons* propostos por Ross, que são as unidades morfoesculturais e morfoestruturais.

As partes da bacia abrangidas pela área de estudo estão localizadas no domínio morfoescultural Escarpas Serranas, na qual são identificadas as unidades de relevo Escarpa Serrana e Escarpa Serrana Degradada (Figura 2). Este domínio está inserido na unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, que é uma das duas unidades morfoestruturais em que se divide o estado do Rio de Janeiro, sendo este o maior nível taxonômico da classificação.

Na unidade morfoescultural Escarpas Serranas, no nível taxonômico unidades de relevo, está incluída a Serra de Macaé (Dantas, 2000), que delimita o divisor norte da bacia hidrográfica do Rio Macaé, e que vai até a parte alta da bacia, onde é denominada Serra de Macaé de Cima, conforme o nome da localidade.

A área de estudo, formada pelas sub-bacias que deságuam a montante do ponto em que a cota 20m cruza o Rio Macaé, tem como um de seus pontos mais altos a nascente do Rio Macaé, inserida na localidade conhecida como Macaé de Cima, a 1.560 m de altitude.

Nesta área, conforme observado no trabalho de Dantas (2000) e verificado em trabalhos de campo na região, a montante da cota 20 m no Rio Macaé (o que é definido como médio e alto cursos), o relevo já começa a ficar extremamente acidentado. Seguindo em direção à nascente, ao longo do curso do rio, verifica-se a acentuação desta característica do relevo conforme se atinge as cotas mais elevadas, onde observam-se vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e com topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados.



Legenda

Sistemas de Relevo

- Escarpas Serranas
- Domínio Montanhoso

- Área de Estudo
- Pontos Utilizados no Estudo



Base Cartográfica 1:250.000 CPRM
 Sistema de Projeção Lambert
 Datum: SAD69 Zona 23 S



Figura 2. Mapa geomorfológico com os pontos de estudo (Lima, 2008, adaptado de Dantas, 1:250.000, 2001).

As amplitudes topográficas são superiores a 500 m, mormente nas partes mais elevadas, com gradientes altos, verificando-se em muitos locais a ocorrência de depósitos de tálus e afloramentos rochosos em solos rasos. Verifica-se também, em muitas encostas, a presença de blocos soltos, principalmente no sopé de vertentes de gradiente mais elevado, sendo estes com tamanhos que vão de matacões a blocos menores (Figura 3).



Figura 3. Encostas com blocos imersos no solo no distrito de São Pedro da Serra, Nova Friburgo (Foto. Lagesolos, 2006).

4.3. Geologia

A área de estudos está inserida no que se chama informalmente de “Faixa Costeira”, área composta pelas rochas gnáissicas, migmatíticas e granulíticas que se estendem pela costa sudeste brasileira entre os estados do Espírito Santo e São Paulo (RADAMBRASIL, 1983).

A unidade litoestratigráfica, que também é uma unidade tectônica, em que esta área de estudos se localiza, é denominada Complexo Paraíba do Sul, e se estende desde o bordo meridional nos limites dos estados de Minas Gerais e Bahia até o litoral sul paulista,

estendendo-se pelos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro (RADAMBRASIL, 1983).

O principal mecanismo de estruturação deste complexo foi a compressão e deformação das grandes zonas de falhamento da área, e de possíveis movimento tangenciais sobre as falhas principais (RADAMBRASIL, 1983).

Na área de estudo, conforme verificado no mapa geológico em 1:400.000 do Projeto Rio de Janeiro (2001) (Figura 4), predominam os granitóides pós-tectônicos, sendo o mais representativo deles o Granito Sana e a unidade meso/neoproterozóica Complexo Paraíba do Sul. Este Complexo abrange as litologias das séries “Paraíba-Desengano” e Juiz de Fora, e nele se verificam gnaisses e quartizitos, além de horizontes de xistos grafitosos. São verificados em raros domínios estruturas turbidíticas preservadas (RADAMBRASIL, 1983).

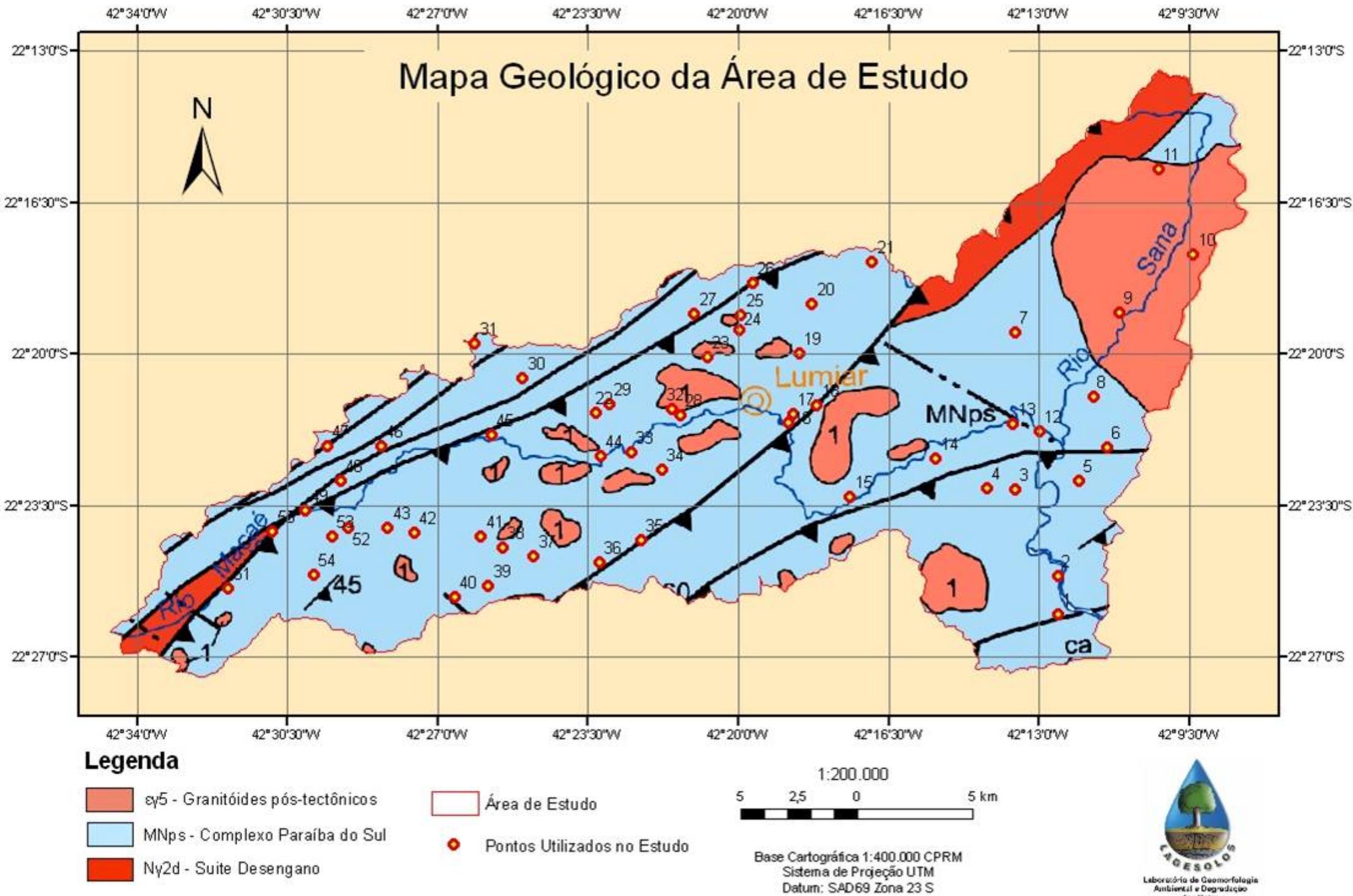
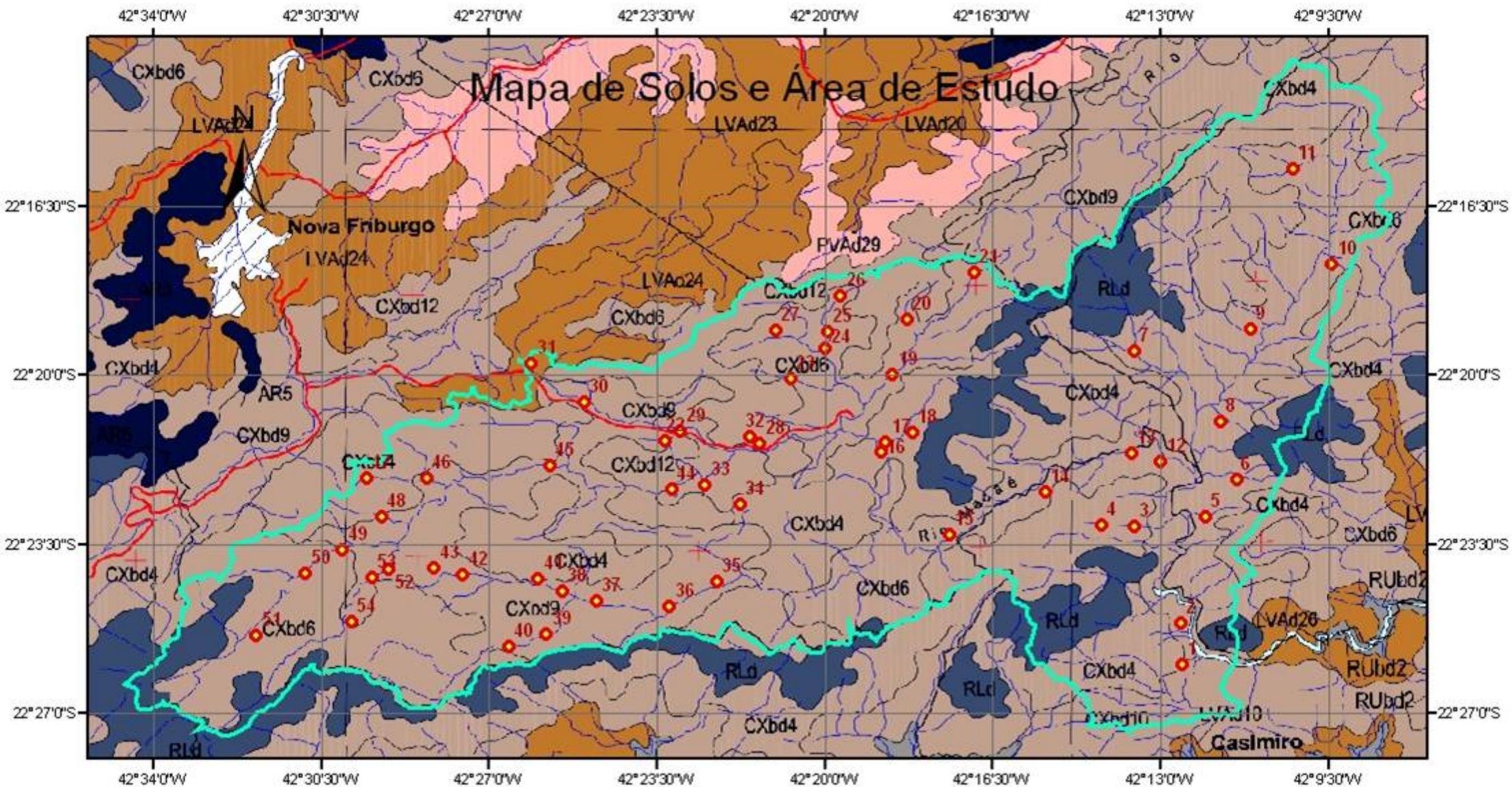


Figura 4. Mapa geológico com os pontos de estudo (Lima, 2008, adaptado de CPRM, 1:400.000, 2001).

4.4. Solos

Nas partes média e alta da bacia hidrográfica do Rio Macaé, de acordo com o mapa de reconhecimento de solos de baixa intensidade (EMBRAPA, 2003), na escala de 1:250.000, encontram-se os Cambissolos, na sua maior parte, descritos na antiga classificação da EMBRAPA como Cambissolos álicos, e algumas ocorrências de Neossolos, anteriormente conhecidos como Solos Litólicos álicos (Figura 5).

No entanto, pode-se perceber que na região, dada a grande variação do seu relevo, foram formados outros tipos de solos, conforme aponta Carvalho Filho *et al.*, (2000), no mesmo projeto citado anteriormente. Este autor cita estes outros tipos no mapa de solos de baixa intensidade, na escala de 1:250.000, onde foram descritas as classes dos Latossolos e Argissolos na área de estudo (predominando nas partes mais elevadas da bacia) e Gleissolos, Espodossolos, Neossolos Flúvicos, Organossolos e Neossolos Quartzarênicos (partes mais baixas), de acordo com a classificação observada em EMBRAPA (2006).



Legenda

Classes de Solos

- RLd - NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos
- CXbd1 a CXbd12 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos
- LVA d1 a LVA d27 - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos

1:200.000

5 25 0 5 km

Base Cartográfica: 1:250.000 EMBRAPA
Sistema de Projeção Cônica Conforme de Lambert
Datum: SAD69 Zona 23 S

- Área de Estudo
- Pontos Analisados



Figura 5. Localização da área de estudo no mapa de solos (Lima, 2008, adaptado de Embrapa, 1:250.000, 2003).

4.5. Clima

Embora a tropicalidade seja o fator de maior influência na caracterização do clima do Rio de Janeiro (Brandão *et al.*, 2000), este estado, devido à heterogeneidade do seu relevo, apresenta variações climáticas significativas entre determinadas porções do seu território.

Bernardes (1952) cita a ocorrência de chuvas de relevo abundantes durante todo o ano, tanto na serra quanto na baixada, assim como grandes variações de temperatura, que na baixada é elevada, diferindo das áreas mais elevadas, que apresentam temperatura amena.

Pode-se encontrar no litoral norte do estado climas do tipo úmido, subúmido e seco, desde a capital do Rio de Janeiro até Cabo Frio, na Região dos Lagos (Brandão *et al.*, 2000). Essa variação, associada às mudanças do relevo, provoca uma diversidade ainda maior dos fatores climáticos, como a precipitação pluvial e a temperatura que podem se manifestar de formas bem contrastantes, principalmente quando a unidade de análise é uma bacia hidrográfica como a do Rio Macaé.

Conforme cita Bernardes (1952), o relevo influencia nos totais e no regime pluviométrico, e o fator altitude na ocorrência, em grandes áreas do estado, de climas mesotérmicos com invernos frescos e verões quentes ou brandos. Este fator é verificado na região abrangida pela bacia hidrográfica em estudo, que se estende desde o litoral do município de Macaé, até a nascente do seu rio principal, a aproximadamente 1.600 m de altitude, no município de Nova Friburgo.

Localizado no topo da Serra do Mar, o município de Nova Friburgo, onde nasce o rio Macaé, é juntamente com Teresópolis um dos que apresentam os mais elevados totais de precipitação durante os meses de verão, sendo verificados valores médios anuais superiores a 2.000 mm (ANA, 2007).

Isto ocorre também no sopé, ou encosta inferior da Serra do Mar, onde está a foz do rio Macaé, na cidade de mesmo nome (Meis, 1976, *in* Silva, 2002).

4.6. Cobertura vegetal

O primeiro aspecto que chama a atenção na descrição da cobertura vegetal da área de estudo é o fato dela fazer parte da vegetação que compõe uma faixa da Costa Atlântica do estado do Rio de Janeiro e de grande parte da costa brasileira, conhecida como Mata Atlântica, atualmente com apenas 6% de sua cobertura original (Lima e Guedes Bruni, 1997), dado o intenso desmatamento que esta área vem sofrendo há séculos, iniciado com a

exploração do pau-brasil no séc XVI (Fundação SOS Mata Atlântica, 2008).

Entretanto, na região de Nova Friburgo pode-se encontrar uma das áreas em que esta cobertura vegetal está mais conservada, existindo ainda 45% da vegetação original de Mata Atlântica do município, sendo este o quinto município do Rio de Janeiro com a maior área desta formação vegetal preservada (Fundação SOS Mata Atlântica, 2008). Um fator que contribuiu para esta preservação, como foi citado na introdução desta dissertação, foi a criação da Reserva Ecológica de Macaé de Cima, auxiliando no impedimento à supressão dos remanescentes da Mata Atlântica presentes na área (Figura 6).

Nesta parte da bacia, segundo Velloso *et al.* (1991), as formações vegetais encontradas são classificadas fitogeograficamente como Floresta Ombrófila Densa Montana ou, de acordo com Rizzini (1979), como Floresta Pluvial Atlântica Montana.

De acordo com Bohrer *et al.* (2005), a vegetação da bacia é composta pelas formações florestais classificadas como Floresta Ombrófila Densa Montana e Alto-Montana, com florestas secundárias nas encostas baixas a médias, havendo uma estreita relação entre as espécies e a altitude, o que sugere a influência de um gradiente de umidade.

Bohrer *et al.* (2005) citam também que a composição florestal da área, além da altitude, sofre a influência da posição da vegetação nas encostas e da declividade dos terrenos, podendo-se encontrar a floresta montana de encosta, ripária e secundária, de transição e floresta alto-montana.

Esta formação, conforme diminuem as cotas altimétricas ao longo do rio, vai ocorrendo de forma mais espaçada, verificando-se na maior parte as florestas secundárias, algumas formadas em áreas remanescentes de pastagens e, principalmente ao longo do Rio Macaé, encostas cobertas por pastagens.



Figura 6. Florestas à margem da RJ-142, em Nova Friburgo (Foto. Lagesolos, 2007).

4.7. Uso atual da terra

Verifica-se na região que boa parte das suas áreas estão ocupadas por pastagens (Figura 7), sendo esta a atividade agrária predominante nas encostas, embora haja, em certos locais, atividades agrícolas voltadas para o cultivo de hortaliças (Figura 8).

No mapa de uso da terra da bacia hidrográfica, elaborado por Moté *et al.* (2006) a partir de imagens do satélite Landsat, são predominantes as formações florestais secundárias e vegetação nativa da Mata Atlântica, com as atividades agrícolas e pecuárias presentes em setores espalhados da área de estudo em pequenas manchas ao longo da parte média e alta da bacia (Figura 9).

Nesta área também podem ser verificadas evidências de especulação imobiliária, dada a valorização da terra por suas belezas naturais que atraem visitantes de diversas partes do município e de outros estados, e as atividades turísticas decorrentes desta atração, que em alguns casos, são realizadas sem um planejamento que possa evitar os impactos decorrentes da ocupação da cidade por turistas em determinadas épocas do ano (Figura 10). As principais localidades da bacia envolvidas neste processo fazem parte dos distritos de São Pedro da Serra, Lumiar e Boa Esperança, que pertencem ao município de Nova Friburgo.

Um fator que também chama a atenção na área de estudo é a ocupação das partes mais elevadas da bacia, onde, ainda que haja a reserva ecológica Macaé de Cima, foram verificadas, em trabalho de campo, áreas de cultivo agrícola significativo, assim como pastagens.

4.8. Hidrografia

Observando-se o mapa geológico da bacia (Figura 4), pode-se perceber que os canais de drenagem que entalham o relevo da área sofrem um forte controle estrutural do seu curso, possuindo um padrão de drenagem condicionado pelas linhas de fraturas e falhas amplamente distribuídas na região (Figura 11). A bacia de drenagem do Rio Macaé pode ser classificada com exorréica, de acordo com Cunha (1995), visto que seu fluxo escoar para o mar.

Embora, em função da grande área da bacia, ser difícil identificar um padrão de drenagem bem definido e homogêneo, observa-se que predomina o padrão dendrítico pinado, conhecido também como arborescente pinado. Este padrão é característico de áreas em que a drenagem desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou estratificadas horizontais (Cunha, 1995), conforme observado na área da bacia.



Figura 7. Área de pastagem às margens do Rio Macaé, no distrito de Lumiar (Foto. Lagesolos, 2007).



Figura 8. Área com cultivo de hortaliças no distrito de São Pedro da Serra (Foto. Lagesolos, 2007).

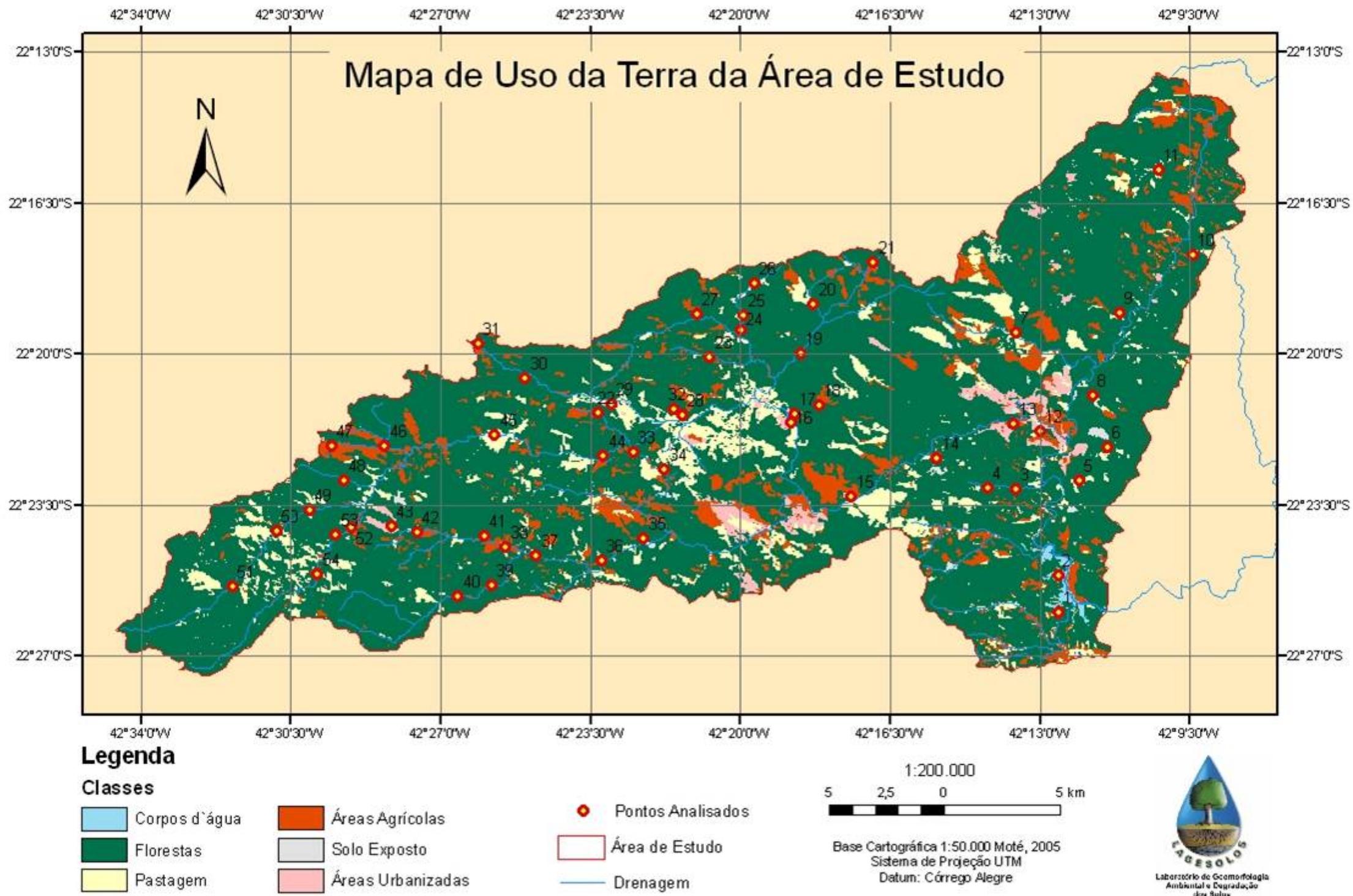


Figura 9. Mapa de uso da terra com a localização dos pontos de estudo (Lima, 2008. Adaptado de Moté, 2006 - 1:50.000).



Figura 10. Construções no distrito de Lumiar (Foto. Lagesolos, 2006).

Um fator verificado em estudos realizados em sub-bacias formadoras da bacia do Macaé, como a bacia do Rio Sana (Assumpção e Marçal, 2006), indica a ocorrência de anomalias de drenagem ligadas aos processos de formação do relevo, referentes à evolução da Serra do Mar, quando da abertura do Oceano Atlântico e a separação dos continentes no mesozóico-cenozóico, conforme verificado em Hasui (1998).

Ainda no trabalho de Assumpção e Marçal (2006), que abordou o fator Simetria Topográfica Transversa para a análise da morfologia da bacia de drenagem do Rio Sana, verificou-se que esta bacia apresenta índice de assimetria próximo de 1, indicando uma movimentação recente da área, o que se traduz em desequilíbrio na rede de drenagem, demonstrando que este rio atualmente pode estar buscando o equilíbrio por meio de mudanças na sua morfologia. Este pode ser um fator de influência nos processos de produção de sedimentos que contribuem para o assoreamento da foz do Rio Macaé, onde o Rio Sana deságua.

Passando para o Rio Macaé, o principal rio de drenagem da área estudada, verifica-se uma mudança no seu perfil longitudinal (Figura 12), conforme as cotas altimétricas diminuem, onde nas partes mais elevadas este perfil é côncavo, tornando-se convexo à medida que as cotas diminuem. Isto indica a busca pelo rio do seu perfil de equilíbrio, o que é

dificultado na região em função do forte controle estrutural da drenagem, onde se verifica a presença de descontinuidades, em decorrência do afloramento de corpos rochosos do embasamento geológico da área.

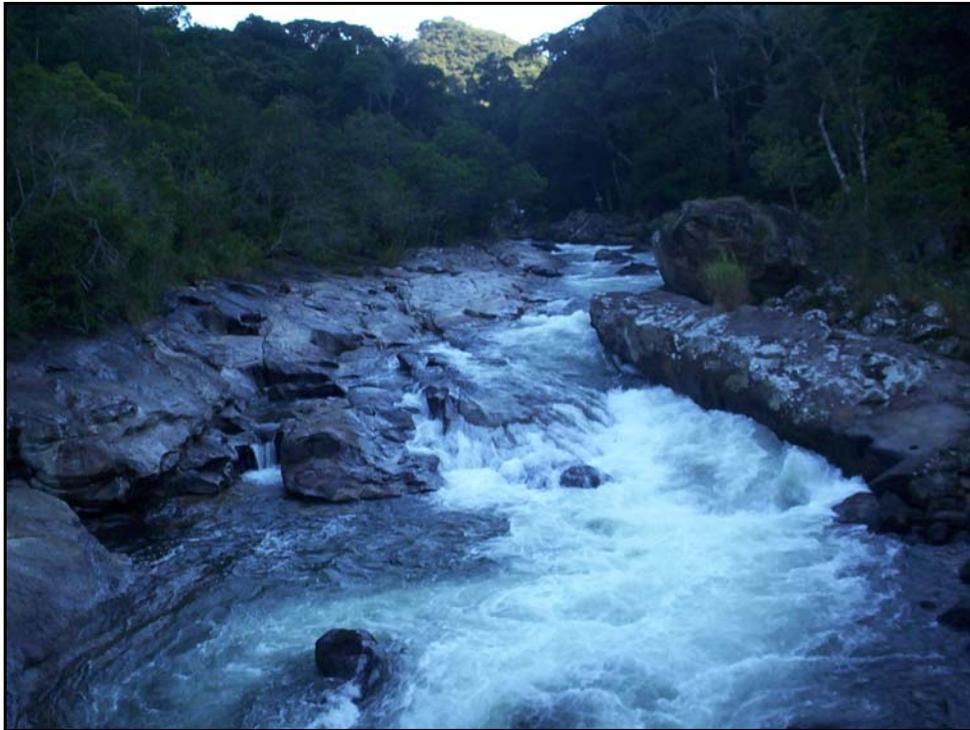


Figura 11. Rio Macaé na localidade conhecida como “Encontro dos Rios”, distrito de Lumiar (Foto. Lagesolos, 2007).

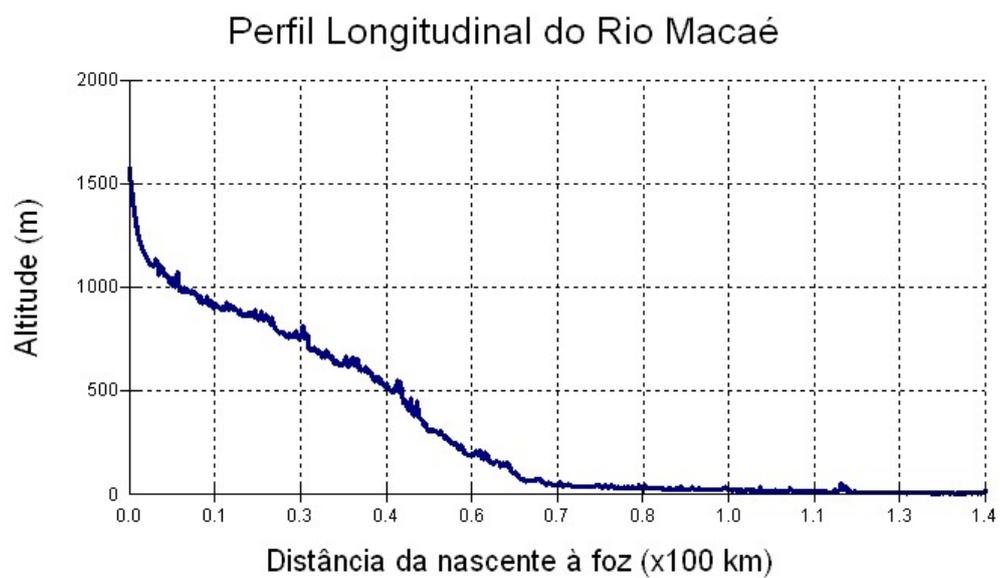


Figura 12. Perfil longitudinal do Rio Macaé (Lima, 2007).

5. METODOLOGIA

Entendendo que a análise isolada dos componentes geo-ambientais não tem a capacidade de exprimir toda a complexidade envolvida na sua expressão no ambiente, adotou-se nesta dissertação a idéia de integração destes componentes a fim de se alcançar o entendimento das interações entre eles e as condicionantes que levam a tal expressão em uma bacia hidrográfica.

Logo, para o entendimento da erosão dos solos nas encostas da bacia, foram consultados mapas com informações da área de estudo, observações de imagens de satélite e coleta de amostras de dados de campo. Estas informações foram dispostas em uma tabela, ponto a ponto, para sua posterior análise integrada em função de cada característica ambiental verificada, a partir da qual chegou-se à conclusão a respeito da suscetibilidade de cada ponto e, em função dos pontos, da suscetibilidade geral da área aos processos erosivos.

As informações citadas referem-se aos processos erosivos que podem ser desencadeados pela ocupação desordenada e foram obtidas por meio de: trabalhos de campo na região, onde foram coletadas amostras dos solos em diversas partes da bacia; análise de cartas topográficas, onde foram identificadas as formas das encostas, suas declividades e amplitudes altimétricas assim como imagens de satélite para a confecção do modelo digital de elevação (MDE), que teve esta mesma função; mapas temáticos obtidos ou elaborados; e imagens de satélite da região, que auxiliaram na localização das áreas que apresentavam características indicativas de processos de degradação em curso.

5.1. Delimitação da área de estudo

A delimitação da área de estudo foi feita a partir da compartimentação da bacia em três partes, compreendidas pelo baixo curso, médio curso e alto curso do seu rio principal, ou seja, o Rio Macaé.

Para isto, foi necessário o estabelecimento dos limites entre estas três áreas, o que foi feito de acordo com as seguintes observações: verificação do perfil longitudinal do rio, feito em escala 1:50.000 sobre as cartas topográficas componentes da bacia, em escala 1:50.000, do IBGE, onde foram observadas as descontinuidades (*knickpoints*) ao longo do seu curso; observação de imagens do satélite *Quick bird*, obtidas no site *Google Earth* (Figura 13), onde pôde-se ver os pontos em que o rio começava a apresentar mudança no seu comportamento ao atingir as áreas mais baixas da bacia, apresentando declínio de energia e verificando-se o

aparecimento de meandros logo abaixo deste trecho, o que ocorre aproximadamente na cota 20 m da carta topográfica (folha Casimiro de Abreu - SF 23-Z-B-III-4) do IBGE; observações feitas a campo.



Figura 13. Ponto limite entre o baixo e o médio cursos no Rio Macaé, coordenadas $42^{\circ}11'26''$ / $22^{\circ}25'58''$.



Figura 14. Ponto limite entre o baixo e o médio cursos no Rio Macaé coordenadas $42^{\circ}11'26''$ / $22^{\circ}25'58''$ (Folha SF.23-Z-B-III-4, Casimiro de Abreu, esc. 1:50.000).

Definido o limite entre o baixo e o médio cursos do rio, localizado na cota 20 m, a área de estudo foi formada pelo conjunto das sub-bacias que desaguavam a montante deste ponto no Rio Macaé. Como seria desnecessária e complicada a definição do limite entre o médio e o alto cursos do rio, este não foi feito.

Em seguida, a partir do ponto no rio, traçou-se a linha limite da área de estudo, indo do Rio Macaé até os interflúvios da bacia. O traçado ao sul deste ponto seguiu contornando e dividindo as drenagens citadas, e a delimitação ao norte seguiu até o ponto em que o Rio Sana encontra o Rio Macaé, continuando então pelo limite da bacia do Sana, que termina no interflúvio da bacia do Macaé.

5.2. Trabalhos de gabinete

5.2.1. Base Cartográfica

Nesta dissertação foi utilizada como base cartográfica as cartas topográficas do IBGE em escala 1:50.000, referentes às folhas Nova Friburgo SF 23-Z-B-II-4, Trajano de Moraes SF 23-Z-B-III-2, Quartéis SF 23-Z-B-III-3 e Casimiro de Abreu SF 23-Z-B-III-4.

A partir desta base foi feita a delimitação sobre os outros mapas utilizados e necessários ao cruzamento de informações pretendido.

A obtenção das informações a respeito das outras características naturais da região utilizadas na avaliação da suscetibilidade da área de estudo aos processos erosivos foram obtidas a partir das cartas de geomorfologia (esc. 1:250.000 – Dantas, 2001), geologia (esc. 1:400.000 - CPRM) publicadas no Projeto Rio de Janeiro (2001) e solos (esc. 1:250.000 – EMBRAPA, 2003).

A utilização da carta geomorfológica visou a obtenção de auxílio para a identificação das unidades de relevo e sua relação com a erosão, possibilitando extrapolar as análises de um local para os outros da bacia.

A carta de solos auxiliou na localização dos solos no relevo, visto que, sabendo-se que determinados solos são mais suscetíveis à erosão do que outros (Pereira *et al.*, 1994; Botelho, 2005; Guerra, 2005; e Silva, 2005), pode-se inferir, quanto a este critério, quais são as áreas mais suscetíveis ao fenômeno em estudo.

A carta geológica foi utilizada na identificação da constituição estrutural das camadas subsuperficiais e de suas características, as quais podem ter influência nos processos erosivos por meio de fraturas e falhas que direcionam e concentram os fluxos hídricos, aumentando o

risco de erosão em determinadas partes do relevo. Também auxiliou na identificação do material de origem dos solos e da influência deste fator nos processos erosivos, visto que, solos formados por rochas ácidas, com maiores conteúdos de quartzo, após os processos intempéricos e em locais de alta pluviosidade, darão solos com maiores quantidades deste mineral, que dependendo da granulometria, proporcionarão um aumento da erodibilidade.

Para a representação tridimensional da área, utilizada na análise das encostas, utilizou-se as imagens do projeto SRTM (ano 2007) para a construção de um modelo digital de elevação (MDE), que auxiliou na identificação das amplitudes topográficas, declividades, forma e orientação das encostas, visto que estes fatores têm grande influência na ocorrência dos processos erosivos.

Utilizou-se também o mapa de cobertura e uso da terra, na escala 1:50.000, da bacia do Rio Macaé, elaborado por Moté, *et al.* (2006), que foi utilizado no cruzamento desta informação com todos os outros fatores que tornam o solo predisposto a apresentar os processos erosivos em estudo.

5.3. Trabalhos de campo

Foram feitas coletas de amostras de solo para avaliar suas propriedades físicas, representadas pela textura, densidade real, densidade aparente e porosidade, e química, representada pelo pH. Estas coletas foram feitas de acordo com alguns critérios, como a localização dos pontos a partir de imagens de satélite, o acesso a tais pontos de coleta, ou seja, se seria possível atingi-los, e a distribuição destes pontos na área de estudo, buscando a maior abrangência possível desta área.

O primeiro passo para a escolha das áreas a serem amostradas foi a observação das cartas citadas, onde a partir dos aspectos ilustrados em cada uma delas, procurou-se estabelecer pontos de coleta em locais em que as características ilustradas fossem diferentes entre eles, a fim de se obter a maior representatividade possível no trabalho. Este tipo de procedimento mostrou-se difícil de ser realizado a partir das cartas citadas, visto que, pela escala de apresentação não foi possível, em algumas delas, diferenciar muitas características, como no caso da carta de solos, que na escala 1:250.000 não apresentou solos muito diferentes das ordens Cambissolos e Neossolos, ainda que em outras pesquisas na região, outras ordens tenham sido identificadas.

Em seguida partiu-se para a escolha dos pontos no terreno a partir das imagens de

satélite do *site Google Earth*, onde verificou-se que, em grande parte da área de estudo, podia-se ver a cobertura do solo e as estradas que davam acesso a tais locais. Foram escolhidos pontos nas encostas em função da cobertura e de suas características morfológicas.

Na escolha dos pontos de coleta por meio das imagens, a cobertura vegetal foi o primeiro fator verificado, partindo-se então para a forma das encostas, o seu comprimento e alguns processos de degradação mais próximos, como pequenos movimentos de massa. A escolha em função da vegetação se fez nas áreas cobertas por pastagens e cultivos agrícolas próximos, visto que, em trabalhos de campo anteriores na região, verificou-se que estas áreas eram as que apresentavam os processos erosivos em estudo.

Ao se chegar aos locais escolhidos, foi feita a confirmação do que se via nas imagens e também foram observadas as características da vegetação local e cobertura do solo, o que auxiliou na coleta, onde foram escolhidos pontos que apresentavam aspectos de degradação dos solos, como a presença de terracetes de pisoteio de gado ou evidências de processos erosivos laminares (Figura 15), assim como áreas que, ainda que não apresentassem tais processos, eram remanescentes de pastos.



Figura 15. Terracetes de pisoteio de gado no ponto de coleta n° 34, coordenadas 22° 22' 43,4''S / 42° 21' 47,9''W (Foto. Lagesolos, 2008).

Em relação ao comprimento, tentou-se fazer as coletas à meia encosta, visando pontos em que a velocidade dos fluxos superficiais, em relação a este fator, tivesse potencial para

provocar o destacamento das partículas do solo, e que também não estivessem tão baixos a ponto de acumular sedimentos das partes mais altas. Nos pontos escolhidos foram feitas ainda, por meio do clinômetro de uma bússola *Brunton*, a medida da declividade da encosta, tomando-se um ponto representativo da declividade do seu perfil longitudinal.

Para chegar aos locais escolhidos nas imagens, foram anotadas as coordenadas dos pontos no próprio *site*, onde verificou-se as estradas que davam acesso a eles, anotando-se as coordenadas dos locais em que estas estradas encontravam a estrada principal da bacia, a RJ-142, conhecida como estrada Serra Mar. Desta forma fez-se um roteiro de trabalho de campo, que foi seguido com o auxílio do GPS, obtendo-se êxito na maior parte das coletas por este meio. Nos casos de pontos mais difíceis de se atingir, foram feitas coletas em locais próximos das coordenadas, e que contivessem características de cobertura de solo parecidas com as procuradas nos outros pontos.

As coletas constaram de amostras deformadas, feitas com um trado holandês (Figura 16a) na profundidade de 0 a 20 cm, independentemente da verificação de decapitação do topo do solo, e de amostras volumétricas, destinadas à verificação da densidade aparente desta camada superficial, coletadas com o coletor volumétrico de bordas cortantes e com 100 cm³ (Figura 16b), na mesma profundidade das deformadas. Estas amostras foram postas em sacos plásticos e numeradas de acordo com o ponto previsto, sendo em seguida acondicionadas em caixas e enviadas para o laboratório.



Figura 16 a e b. Trado holandês (a) e coletor volumétrico de amostras (b), respectivamente (Lagesolos, 2007).

5.4. Trabalhos de laboratório

5.4.1. Análises Físicas do Solo

Foram feitas as análises de densidade aparente, densidade real e textura de acordo com as regras do manual da EMBRAPA (1997), em função da verificação de indícios de compactação do topo do solo por pisoteio de gado em muitos dos pontos de coleta.

Inicialmente as amostras de terra foram postas para secarem ao ar, tanto as destinadas às análises físicas quanto químicas, no Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia da UFRJ. As amostras indeformadas foram igualmente secadas ao ar para uniformização dos procedimentos.

Para a determinação da densidade aparente, as amostras volumétricas foram postas em latas de alumínio previamente pesadas e levadas à estufa a 105° C por 24 horas, sendo em seguida postas no dessecador, a fim de não absorverem umidade do ambiente, até esfriar.

Após retirar-se as amostras do dessecador, fez-se a pesagem em balança de três casas decimais e anotaram-se os valores para posterior cálculo da densidade aparente.

Por meio da relação entre o peso das amostras secas em estufa e o volume ocupado por elas, correspondente ao volume de 100 cm³ do anel, calculou-se a densidade aparente aplicando estes valores à fórmula seguinte:

Densidade aparente (g/cm ³) = a/b a = peso (g) da amostra seca a 105° b = volume da proveta

Em seguida à pesagem para a determinação da densidade aparente, uma fração de 20 g desta mesma amostra foi utilizada na determinação da densidade de partículas, ou real do solo pelo método do álcool e balão volumétrico.

Seguindo os procedimentos do manual da EMBRAPA (1997), esta fração de 20 g foi levada à estufa a 105° C em lata de alumínio, permanecendo aí por 12 horas e sendo posta em seguida no dessecador, onde ficou até esfriar, sendo então pesada em balança de precisão de três casas decimais.

Posteriormente esta amostra foi destorroada em *graal*, para que se eliminasse ao máximo os agregados da amostra, e em seguida depositada no balão volumétrico de 50 ml, ao qual foi adicionado álcool etílico, por meio de uma bureta, até que o volume de aferição do

balão fosse atingido. Eram feitas paradas na adição de álcool para que o balão fosse agitado, eliminando-se todas as bolhas de ar, para então continuar o procedimento, alternando estas duas ações até que o volume do balão fosse completado.

Com os valores anotados de álcool que saiu da bureta, calculou-se a densidade de partículas das amostras por meio da fórmula:

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

a = peso (g) da amostra seca a 105°
b = volume de álcool gasto

Tendo os valores de densidade aparente e de densidade de partículas foi possível obter os valores de porosidade dos solos em cada ponto amostrado, o que foi feito através da fórmula seguinte:

$$\text{Porosidade total (\%)} = 100 (a - b) / a$$

a = densidade de partículas, ou real
b = densidade aparente

A porosidade total, calculada acima, refere-se à soma da microporosidade com a macroporosidade.

Em seguida às análises volumétricas, foram realizadas as análises texturais, nas quais foram utilizadas as amostras secas ao ar.

Estas amostras foram, após a secagem, destorroadas com um rolo de madeira sobre uma base de borracha, procurando-se não quebrar concreções ou qualquer mineral que estivesse na amostra, tendo este procedimento apenas a função de diminuir os torrões e desfazer ao máximo os agregados contidos na amostra.

Feito este destorroamento, uma fração desta amostra foi levada a um conjunto de duas peneiras sobrepostas de diâmetro 20 cm, postas sobre um recipiente metálico de mesmo diâmetro para coleta das frações desejadas para as análises, sendo a primeira de malha 20 mm e a de baixo de malha 2 mm, de acordo com as frações granulométricas estabelecidas para este trabalho (Tabela 1).

Tabela 1. Frações granulométricas utilizadas (EMBRAPA, 1997).

Fração granulométrica	Tamanho
Areia grossa	2,0 mm a 0,2 mm
Areia fina	0,2 mm a 0,05 mm
Limo (Silte)	0,05 mm a 0,002 mm
Argila	menor que 0,002 mm

Estabelecido que o tamanho de partículas menor ou igual a 2 mm é composto por areia e suas duas subdivisões, silte e argila, no recipiente metálico abaixo da peneira de malha 2 mm ficou apenas as frações que seriam analisadas, compondo a amostra de terra fina seca ao ar (TFSA).

Para a determinação das frações areia, silte e argila, seguiu-se o seguinte procedimento: retirou-se uma fração do material que ficou retido no recipiente metálico abaixo da peneira de 2 mm e fez-se a sua pesagem em balança de três casas decimais, obtendo-se uma amostra de 20 g. Em seguida este material foi posto em copo de alumínio de um agitador elétrico e adicionou-se a ele 100 ml de água destilada e 10 ml da solução dispersante calgon (hexametáfosfato de sódio), deixando-se esta solução durante 12 horas descansando, com vidro de relógio sobre a boca do copo.

Passadas as 12 horas em que a solução ficou sob a ação do calgon, o conteúdo do copo foi levado ao agitador elétrico durante 15 minutos, e após esse tempo, a solução foi despejada sobre uma peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 mm (nº 270), a fim de se coletar a fração areia. Abaixo da peneira foi posto um funil de vidro tendo logo abaixo uma proveta de 1.000 ml, para coletar as frações contidas na solução de tamanho abaixo do considerado para a areia. A amostra foi totalmente coletada com o auxílio de um pissete, por meio do qual espirrava-se água destilada dentro do copo, a fim de se coletar toda a amostra.

Após toda a solução ter sido removida do copo de alumínio, procedeu-se à lavagem da fração areia que ficou retida na peneira de malha 0,053 mm, para que toda a fração silte e argila, que poderia ter uma parte ainda agregada à areia, fosse acrescentada à parte da solução que passou pela peneira e se depositou na proveta, posta sob a peneira. Esta lavagem foi feita com fricção manual da areia sob a água destilada, sendo esta água de lavagem coletada pela proveta. Como o volume da proveta, ao final do procedimento, deveria ser completado, a água de lavagem teve a função tanto de lavar a areia quanto de completar o volume. Ao final da lavagem, o volume de 1.000 ml foi completado até a aferição com auxílio de pissete.

Em seguida a este procedimento, a areia da peneira foi transferida para um *béquer* de 100 ml, que foi levado à estufa durante 6 horas para eliminação total da água, sendo posteriormente posta em lata de alumínio e pesada em balança de três casas decimais, encontrando-se então o peso da areia contida nas 20 g de amostra utilizada.

Após a secagem total da areia, foi determinada a fração areia fina e areia grossa contida nesta amostra por tamisação, passando-se a amostra total de areia por uma peneira de 20 cm de diâmetro e malha 0,20 mm (nº 70), posta sobre recipiente metálico de mesmo diâmetro. A areia que passou pela peneira, ou seja, a areia fina, foi pesada ao final do procedimento na mesma lata de alumínio utilizada para a pesagem da areia total. Os cálculos das porcentagens de areia fina e areia grossa foram feitos em relação à amostra total, de 20 gramas.

Findo o processo de separação da areia, passou-se para a determinação da argila contida na solução pelo processo de sedimentação, segundo o qual, partículas de tamanhos diferentes têm velocidade de sedimentação em uma coluna líquida também diferentes.

Para isto, utilizou-se a amostra contida nas provetas de 1000 ml, contendo água destilada, silte e argila. Com o nível da solução nas provetas completo, procedeu-se à agitação desta solução com vareta contendo na ponta um círculo de metal com furos, a fim de se obter melhor resultado neste procedimento. Esta agitação durou vinte segundos em cada proveta, ao final da qual foi anotada a hora do fim da agitação.

Preparou-se em seguida uma proveta contendo apenas água destilada e calgon, que se constituiu em um controle, ou prova em branco. O líquido desta proveta passou pelo mesmo procedimento de agitação e em seguida foi medida com termômetro a temperatura do líquido e, consultando-se a tabela de tempos de sedimentação em função da temperatura do líquido, definiu-se o tempo de sedimentação necessário para que só a argila permanecesse a uma altura de 5 cm abaixo da superfície da suspensão.

Ao final do tempo tabelado, procedeu-se à pipetagem da suspensão, que foi feita à altura de 5 cm com pipeta de 50 ml na qual havia acoplada uma pêra de borracha para sucção. Foi coletado a esta altura um volume de 50 ml de amostra, que foi depositada em *béquer* de 50 ml, previamente pesado.

O *béquer* contendo a amostra foi levado à estufa a 60°C para eliminação da água durante uma noite e, depois deste tempo, esta amostra foi levada ao dessecador para esfriar e em seguida foi pesada, a fim de se determinar a quantidade de argila contida nos 50 mL da

suspensão, fazendo-se o mesmo para a prova em branco.

Com os valores das pesagens, foi possível o cálculo, por regra de três, da quantidade de argila nas provetas de 1.000 ml, relativa à quantidade de argila nas amostras de 20 g.

5.4.2. Análises Químicas do Solo

A análise química realizada nesta dissertação foi a de pH, utilizada na avaliação da condição de conservação do solo, visto que este parâmetro tem íntima relação com sua fertilidade, principalmente em relação aos teores dos íons divalentes e monovalentes, que conferem estabilidade aos agregados.

A medição do pH foi feita com os sedimentos postos em suspensão em água destilada e em solução de KCl, sendo utilizado para obter estes valores um aparelho do tipo medidor de pH *Analyser* microprocessado.

Antes de se proceder às medições, o medidor de pH foi ligado com antecedência, em média, de duas horas, a fim de se evitar oscilações nos valores obtidos, sendo após esse tempo aferido com as soluções padrão de pH 4,00 e 7,00.

Para a medição em água pesou-se, em balança de três casas decimais, 10 g de amostra de solo seca ao ar, que em seguida foi posta em *béquer* de vidro adicionando-se 25 ml de água destilada. A suspensão obtida foi misturada com bastão de vidro lavado com água destilada e deixada em repouso por uma hora, ao final da qual mergulhou-se o eletrodo, obtendo-se os valores de pH. Entre duas amostras sucessivas, o eletrodo foi lavado com pissete contendo água destilada.

Na determinação do pH em KCl o procedimento foi o mesmo, mudando-se apenas a solução em que foi feita a suspensão com o solo. O preparo do KCl foi executado pela dissolução de 74,5 g de KCl P.A. em água destilada, obtendo-se um volume de solução de 1L com concentração 1N.

5.5. Geoprocessamento

Os procedimentos de geoprocessamento se resumiram à delimitação da área de estudo nos mapas temáticos obtidos, de geomorfologia, geologia, solos e cobertura e uso, à representação da localização dos pontos amostrais no terreno, visto que a escala de trabalho e metodologia de cruzamento de informações não requeria maiores processamentos nos programas de mapeamento.

Para a elaboração do MDE foram utilizadas as imagens do Projeto SRTM – *Shuttle*

Radar Topography Mission – obtidas a partir de dados de radar de sensores a bordo do ônibus espacial *Endeavour*. Estes dados espaciais são compatíveis com as imagens do satélite Landsat 7 de 2000/2001, disponível desde 2001 para consultas via Internet (Miranda, 2005). Nas imagens do SRTM, trabalhadas pela EMBRAPA a fim de eliminar sombras e distorções nas imagens do território brasileiro, cada pixel tem uma cor correspondente a um valor altimétrico real. Cada *pixel* citado tem uma resolução de 30 m no solo, tendo uma acurácia vertical de altura de 16 m (90% de confiança).

No *site* da EMBRAPA cita-se que as imperfeições contidas nas imagens constituem-se de depressões espúrias, picos anômalos e pontos ou áreas com ausência de dados.

A elaboração do MDE foi feita por meio do *software ArcGis 9.1*.

5.6. Definição das classes de suscetibilidade de cada fator ambiental

Para a análise integrada dos fatores ambientais da região foram escolhidos 54 pontos localizados na área de estudo, considerados representativos da sua dinâmica ambiental, ou seja, pontos onde se podiam identificar vestígios da ocorrência dos processos erosivos no terreno. Alguns destes, embora não apresentassem tais vestígios, estavam tendo usos que propiciavam a ocorrência da erosão, como áreas de cultivos agrícolas e pastagens abandonadas.

Para a classificação dos fatores ambientais da área de estudo, foi feita uma pesquisa bibliográfica, a partir da qual definiu-se o que poderia ser considerado como de baixa (B), média (M) ou alta suscetibilidade, sendo estabelecida uma faixa de valores que incluiriam o fator analisado em uma destas classificações.

A seguir serão apresentados os fatores analisados e as classes de suscetibilidade estabelecidas para este estudo.

5.6.1. Propriedades do solo

As propriedades foram divididas de acordo com sua relevância para os processos erosivos, sendo atribuídas as seguintes classes:

Textura: por ser um dos fatores que mais influenciam na suscetibilidade, e dadas as diversas formas como ele pode exercer tal influência, foi estabelecido pelo autor desta dissertação um maior número de classes para a sua avaliação, tendo sido a escolha destas embasada em trabalhos como os de Guerra (1995), Tomé Jr. (1997), Embrapa (2003a) e

Medeiros (2006).

Além disso, este é um fator que praticamente não pode ser alterado, independentemente das práticas empreendidas no solo, sendo por isso um ótimo indicador da dinâmica ambiental dos pontos avaliados. Sua avaliação deve ser feita não só em relação à distribuição granulométrica entre as frações areia, silte e argila, mas também em função dos diferentes tamanhos dentro da fração areia, como foi feito em relação à divisão da granulometria areia em areia grossa (2,0 mm a 0,2 mm) e areia fina (0,2 mm a 0,05 mm) (EMBRAPA, 1997).

Levando-se em consideração as texturas encontradas, classificadas como franca (*loam*), franco-argilosa (*clay loam*), franco-argilo-arenosa (*sandy clay loam*), franco-arenosa (*sandy loam*), argilo-arenosa (*sandy clay*) e areia franca (*loamy sand*), foram estabelecidas as classes de suscetibilidade.

As classes ficaram então como: baixa suscetibilidade – franca e franco-argilosa; média suscetibilidade – argilo-arenosa e franco-argilo-arenosa; e alta suscetibilidade – franco-arenosa e areia franca (Tabela 5).

Densidade aparente: este fator foi utilizado na avaliação da compactação da camada superficial do solo, na profundidade de aproximadamente 5 cm, principalmente a causada por práticas de manejo inadequadas, como o pastoreio em excesso.

A classificação estabelecida embasou-se em trabalhos de Kiehl (1979), Hamblin e Davies (1977, *in* Guerra, 1995), Morgan (1984, *in* Guerra, 1995) e Tomé Jr. (1997). Foram então atribuídas a este fator as seguintes classes e respectivas faixas de valores: baixa – valores abaixo de 1,50 g/cm³; e alta – valores iguais ou maiores que 1,50 g/cm³ (Tabela 5).

Reconhece-se que estes valores não variam apenas com o uso da terra, mas também com sua composição e cobertura vegetal, o que foi levado em consideração na atribuição das classes.

Porosidade total: este é um fator que dependente muito, dentre outras coisas, do material predominante na constituição do solo. A sua variação, conforme a predominância de argilas ou areia, é bem conhecida, sendo difícil estabelecer classes em função apenas da presença destes constituintes. Logo, a sua classificação será sempre acompanhada de uma avaliação crítica, pautada na observação do material predominante na constituição do solo que se está avaliando. Considera-se, de acordo com Kiehl (1979), que a variação para os solos

arenosos é de 35 a 50% e para os argilosos de 40 a 60%. Em função destes valores, foram estabelecidos os valores de porosidade, e em função destes valores, as classes de suscetibilidade: porosidade baixa (35 a 40%) – alta suscetibilidade; porosidade média (40 a 55%) (Tabela 5) – média suscetibilidade; e porosidade alta (acima de 55%) – baixa suscetibilidade.

pH: o fator pH, como discutido anteriormente, tem íntima relação com a presença dos íons básicos que dão estabilidade aos agregados, promovendo a estabilidade do solo aos processos erosivos, sendo assim, um fator que indica indiretamente a erodibilidade. Embora o pH possa variar também em função da presença de sais, como ocorre em regiões de clima semi-árido, este não é o caso da área de estudo, que tem altos índices de precipitação pluvial, o que indica que os valores encontrados seguem a relação apontada anteriormente, ou seja, com os íons básicos citados. Em função disso, e com base em trabalhos de Wischmeier e Mannering (1969, *in* Guerra, 1995) e Allison (1973, *in* Guerra, 1995) este fator, embora não seja um dos mais importantes na determinação dos processos erosivos, será dividido nas classes de suscetibilidade nula – $\text{pH}_{(\text{água})}$ acima de 6,5; baixa - $\text{pH}_{(\text{água})}$ entre 6,5 e 5,0; e alta- $\text{pH}_{(\text{água})}$ abaixo de 5,0 (Tabela 5).

5.6.2. Declividade

Este fator é determinante para a execução de diversas atividades no campo, sendo inclusive previsto no Código Florestal, lei 4.771/65, que estabelece os limites para o uso das terras em função dela. Estas limitações expressam a capacidade do solo para suportar a realização destas atividades, de modo que se interfira o mínimo possível na sua qualidade ambiental.

Nesta dissertação, manter a qualidade ambiental dos solos significa impedir que se desenvolvam processos erosivos, ou minimizá-los ao máximo, a fim de conter perdas de solo que comprometam a sua fertilidade ou manutenção da camada superficial.

Com base em trabalhos como os de Luk (1979 *in* Guerra, 1995), Poesen e Govers (1986 *in* Guerra, 1995), Lima *et al.* (2002), Ribeiro e Salomão (2003) e Bezerra *et al.* (2007), que relacionam a erodibilidade ao fator declividade da encosta, ainda que sejam encontrados resultados controversos, foram atribuídas as classes de suscetibilidade dos solos da área de estudo.

Para a definição da classe muito alta de suscetibilidade, em relação a este fator,

baseou-se neste estudo em trabalhos de Luk (1979) e Morgan (2005), que apontam a maior erodibilidade do solo em encostas com declividade em torno de 30°. Sendo assim, estabeleceu-se a faixa de 25 a 35° como o intervalo em que a erosão se manifesta de forma mais intensa.

Sabendo-se que nesta área predominam as encostas com maior declividade, visto que a área de estudo abrange as partes mais elevadas da bacia, estabeleceram-se as classes de suscetibilidade à erosão em função desta característica do relevo, obtendo-se as classes média (15 a 25°), alta (10 a 15° e acima de 35°) e muito alta (entre 25 e 35°) aos valores obtidos nas encostas estudadas, que apresentaram declividades entre 10° e 51° (Tabela 5).

5.6.3. Precipitação pluvial

Para a avaliação deste fator foram utilizados dados de chuva obtidos no *site* da ANA – Agência Nacional de Águas, de quatro estações pluviométricas localizadas na bacia hidrográfica, representadas no mapa hipsométrico (Figura 17), sendo três na área de estudo e uma fora dela, mas dentro da bacia do Rio Macaé, em funcionamento desde os anos 60. Estabeleceu-se uma série de dez anos de dados de chuva para a observação da exposição da região a este fator climático (Tabela 2).

Embora a estação Fazenda Oratório esteja fora da área de estudo, alguns dos pontos analisados estão localizados a altitudes semelhantes à que ela está. Conhecendo-se a influência da altitude na manifestação dos eventos pluviométricos, decidiu-se utilizar este critério para a atribuição de classes a estes pontos, considerando-os sob a área de influência desta estação em função da semelhança a este fator, em detrimento da proximidade às outras, conforme descrito na tabela 3.

As áreas abrangidas pelos registros foram definidas também a partir do relevo, que além de influenciar na produção dos eventos pluviais, determina também a sua espacialização. Desta forma estabeleceu-se mais este critério para a classificação dos pontos em função dos valores pluviais anuais de cada estação à qual ele estava associado.

Com os dados de chuva, expressos em gráficos de pluviosidade padrão média ao longo de dez anos (Figura 18) e totais mensais dos dois anos do desenvolvimento da dissertação – 2006 e 2007 – (Figuras 19 e 20), determinaram-se as seguintes classes de suscetibilidade: estação Piller – suscetibilidade muito alta; estações Galdinópolis e Fazenda São João – suscetibilidade alta; e estação Fazenda Oratório – suscetibilidade média.

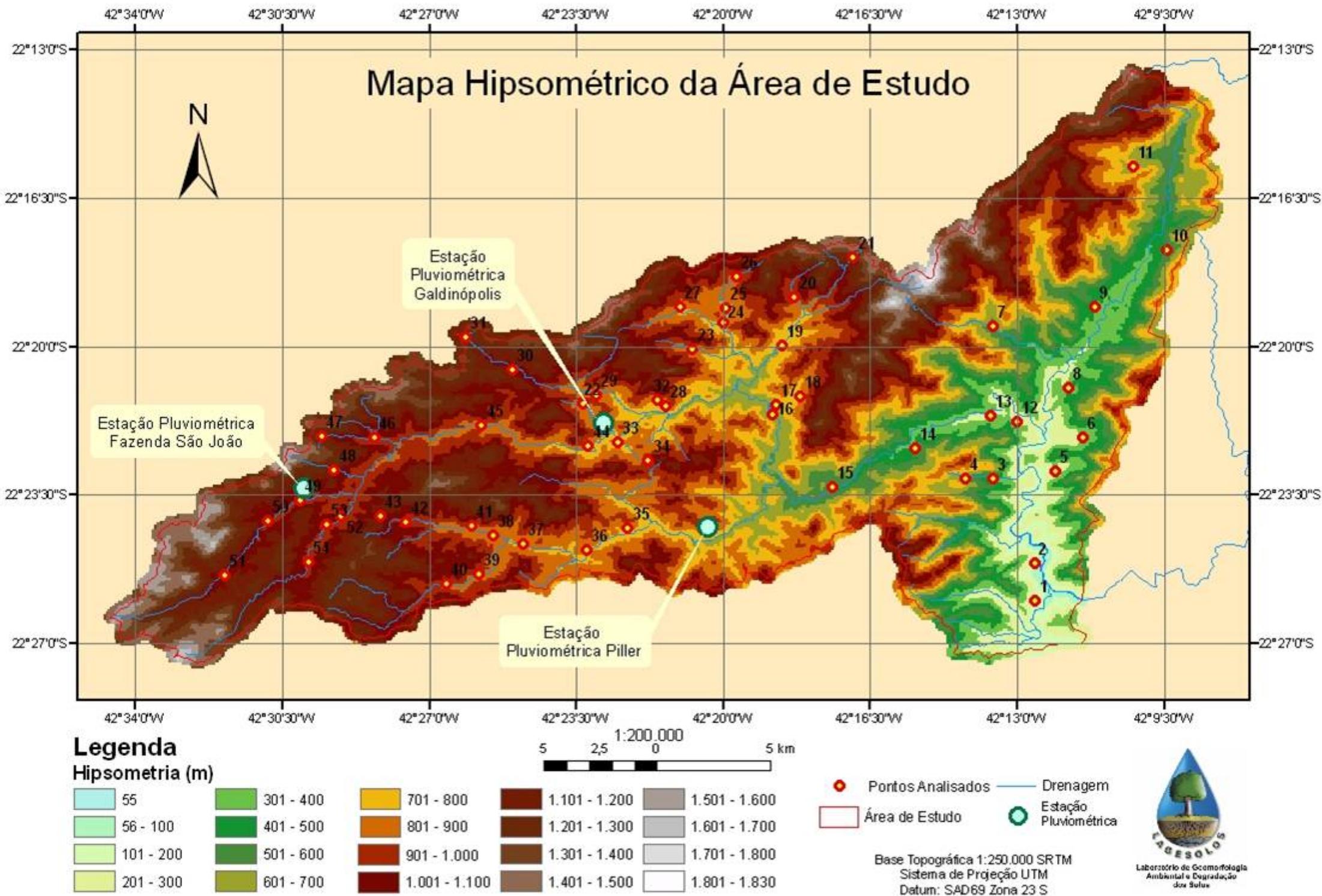


Figura 17. Mapa hipsométrico com a localização dos pontos de estudo e estações pluviométricas (Lima, 2008).

Tabela 2. Estações pluviométricas utilizadas na dissertação (Dados: ANA, 2007).

Estações pluviométricas e totais pluviais anuais (em mm)				
	<u>Fazenda São João</u>	<u>Galdinópolis</u>	<u>Piller</u>	<u>Fazenda Oratório</u>
Ano	Coordenadas Latit. 22°23'22"S Long. 42°30'00"W Altitude - 1.010 m	Coordenadas Latit. -22°21'49"S Long. 42°22'51"W Altitude - 740 m	Coordenadas Latit. 22°24'17"S Long. 42°20'21"W Altitude - 670 m	Coordenadas Latit. 22°15'33"S Long. 41°59'03"W Altitude - 50 m
1998	2.436,10	2.096,80	1.782,00	2.250,60
1999	1.936,50	1.744,60	1.809,90	1.529,50
2000	2.070,20	1.779,50	2.095,20	1.276,10
2001	1.408,60	1.573,70	1.899,20	1.377,90
2002	2.332,70	2.024,70	2.337,60	1.380,70
2003	1.538,60	1.528,30	2.343,90	1.588,50
2004	2.457,80	2.218,00	2.567,70	1.875,90
2005	2.417,50	2.391,80	3.350,00	1.724,40
2006	1.980,80	1.978,60	2.589,40	1.372,60
2007	1.439,5*	1.191,2*	1.476,8*	1.587,0*

Obs₁. * três últimos meses sem registro.

Obs₂. a estação Fazenda Oratório está fora da área de estudo, mas dentro da bacia do Rio Macaé.

Tabela 3. Pontos abrangidos por cada estação pluviométrica.

Fazenda São João		Galdinópolis		Piller		Fazenda Oratório	
Coordenadas		Coordenadas		Coordenadas		Coordenadas	
Latit. 22°23'22"S		Latit. 22°21'49"S		Latit. 22°24'17"S		Latit. 22°15'33"S	
Long. 42°30'00"W		Long. 42°22'51"W		Long. 42°20'21"W		Long. 41°59'03"W	
Altitude 1.010 m		Altitude 740 m		Altitude 670 m		Altitude 50 m	
Ponto e localização	Ponto e localização	Ponto e localização	Ponto e localização	Ponto e localização	Ponto e localização	Ponto e localização	Ponto e localização
31 22°19'48,9"S 42°26'09,3"W	16 22°21'38,4"S 42°18'50,9"W	14 22°22'27,3"S 42°15'25,9"W	1 22°26'02,2"S 42°12'34,3"W				
40 22°25'39,5"S 42°26'37,1"W	17 22°21'25,4"S 42°18'45,3"W	15 22°23'17,6"S 42°17'22,4"W	2 22°25'10,0"S 42°12'35,5"W				
41 22°24'15,8"S 42°26'00,6"W	18 22°21'13,5"S 42°18'11,5"W	35 22°24'19,5"S 42°22'17,0"W	3 22°23'09,9"S 42°13'34,3"W				
42 22°24'10,4"S 42°27'34,4"W	19 22°19'58,2"S 42°18'33,5"W	36 22°24'50,3"S 42°23'16,0"W	4 22°23'08,9"S 42°14'14,1"W				
43 22°24'02,3"S 42°28'11,0"W	20 22°18'52,7"S 42°18'18,6"W	37 22°24'42,4"S 42°24'47,4"W	5 22°22'58,6"S 42°12'05,1"W				
46 22°22'10,5"S 42°28'20,0"W	21 22°17'55,1"S 42°16'54,9"W	38 22°24'30,5"S 42°25'30,5"W	6 22°22'11,4"S 42°11'26,3"W				
47 22°22'09,9"S 42°29'35,2"W	22 22°21'23,9"S 42°23'21,1"W	39 22°25'24,2"S 42°25'50,2"W	7 22°19'33,5"S 42°13'34,4"W				
48 22°22'57,8"S 42°29'17,1"W	23 22°20'06,7"S 42°20'44,5"W		8 22°21'00,9"S 42°11'46,2"W				
49 22°23'39,6"S 42°30'05,5"W	24 22°19'29,1"S 42°20'00,5"W		9 22°19'05,4"S 42°11'08,7"W				
50 22°24'09,0"S 42°30'51,9"W	25 22°19'08,1"S 42°19'57,7"W		10 22°17'45,5"S 42°09'26,5"W				
51 22°25'26,3"S 42°31'53,6"W	26 22°18'23,7"S 42°19'41,7"W		11 22°15'47,3"S 42°10'14,6"W				
52 22°24'03,4"S 42°29'06,9"W	27 22°19'06,5"S 42°21'02,8"W		12 22°21'49,3"S 42°13'00,7"W				
53 22°24'14,3"S 42°29'28,6"W	28 22°21'27,1"S 42°21'22,8"W		13 22°21'40,1"S 42°13'37,9"W				
54 22°25'08,0"S 42°29'54,5"W	29 22°21'11,5"S 42°23'02,2"W						
	30 22°20'35,3"S 42°25'02,9"W						
	32 22°21'18,5"S 42°21'34,7"W						
	33 22°22'18,6"S 42°22'31,3"W						
	34 22°22'43,4"S 42°21'47,9"W						
	44 22°22'23,2"S 42°23'12,6"W						
	45 22°21'54,7"S 42°25'46,2"W						
14 pontos	20 pontos	7 pontos	13 pontos				

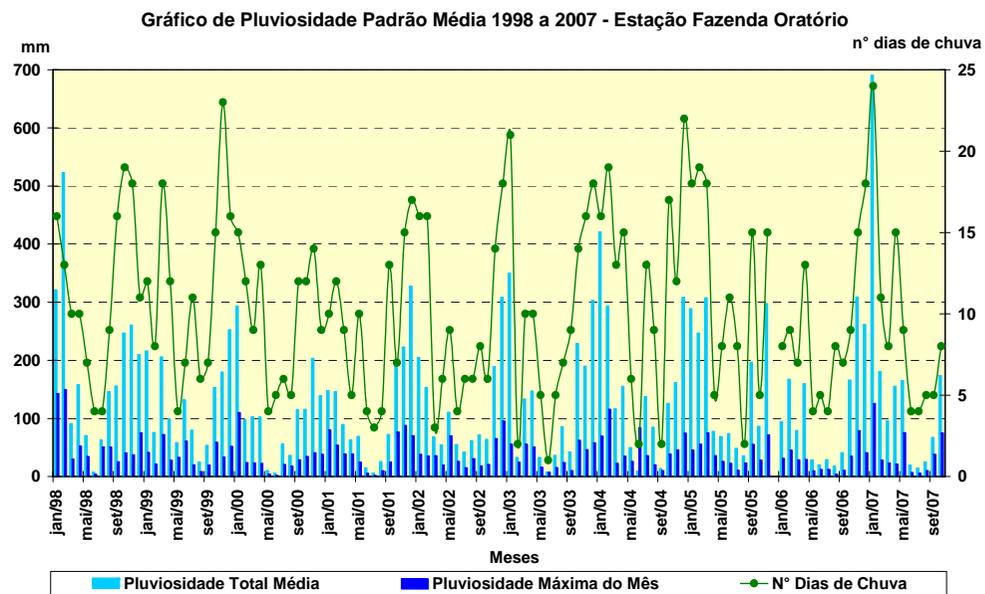
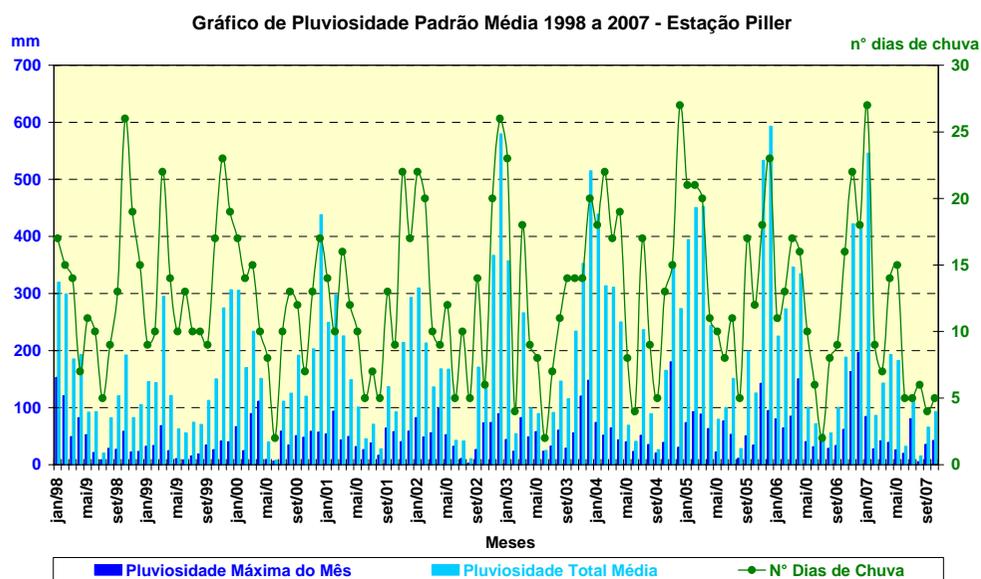
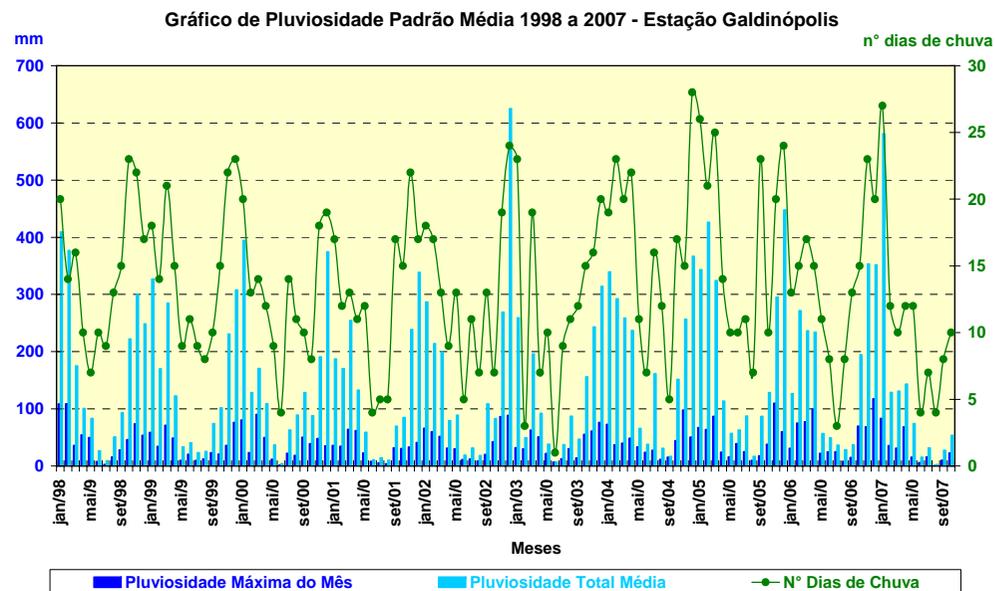
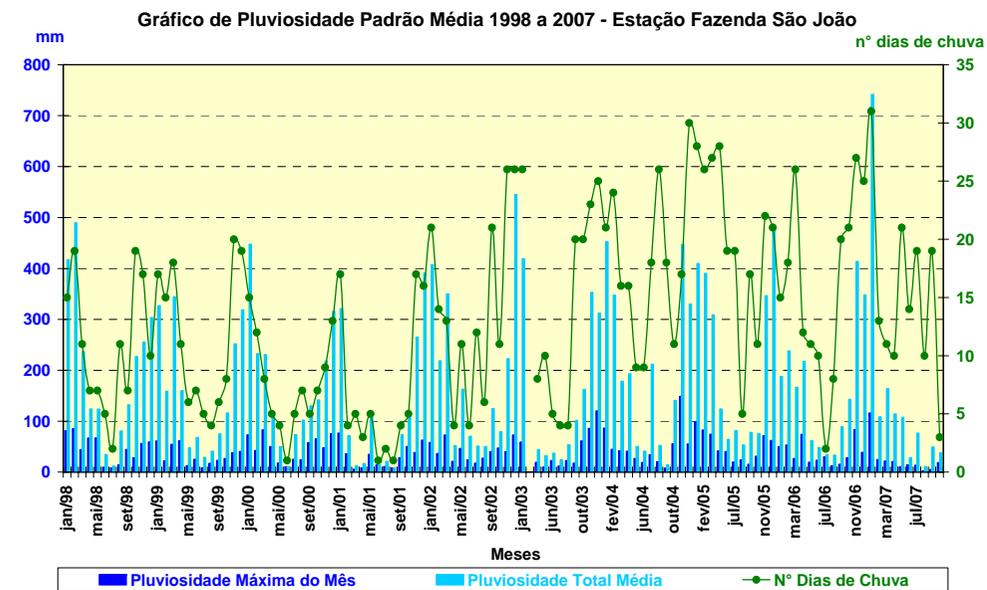


Figura 18. Gráficos de Pluviosidade Padrão Média de dez anos de registros (Dados: Agência Nacional de Águas – ANA, 2007).

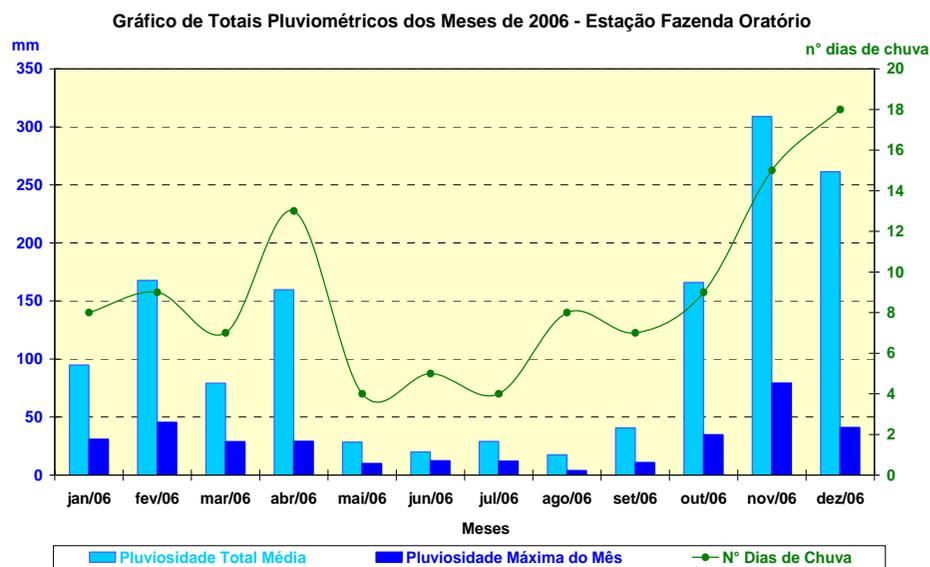
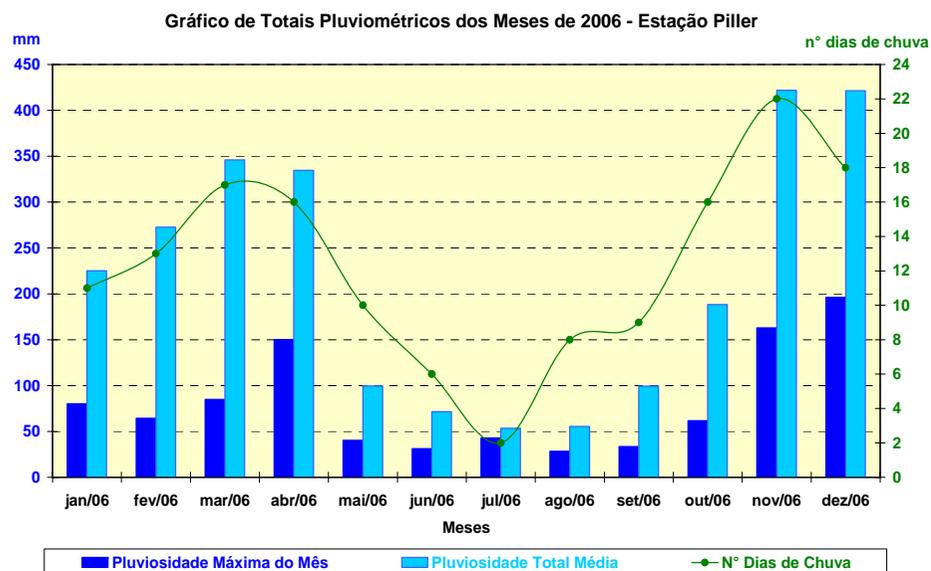
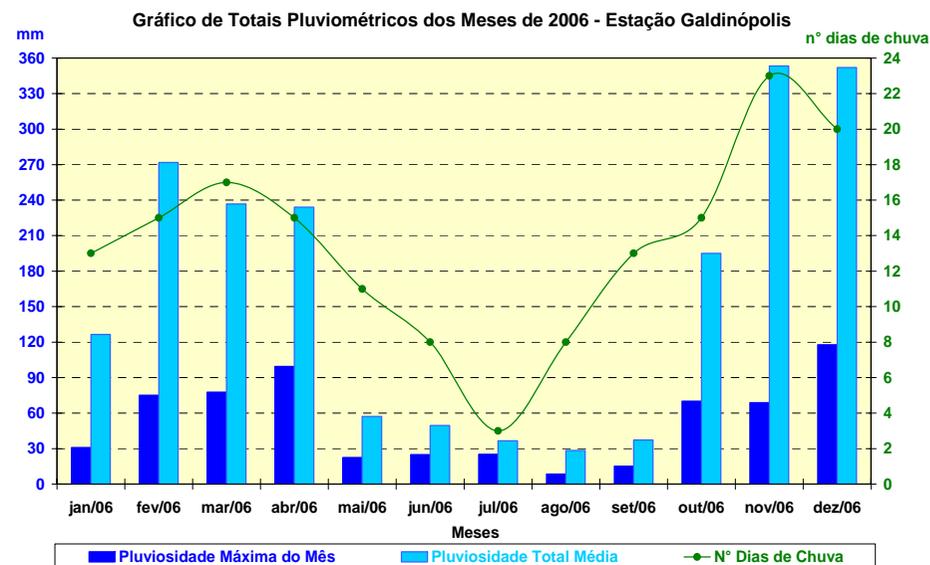
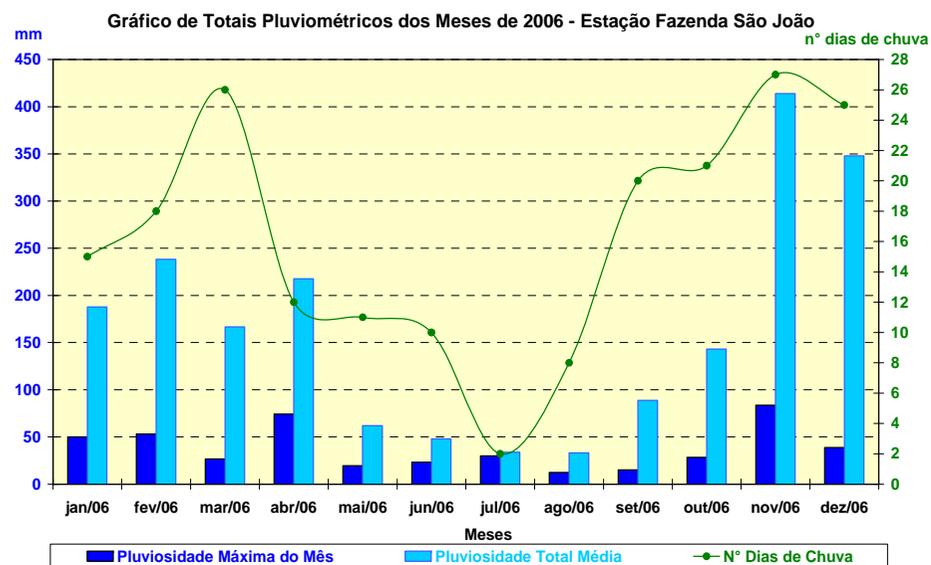


Figura 19. Gráficos de totais pluviométricos – ano 2006 – das estações selecionadas para a análise (Fonte: ANA, 2007).

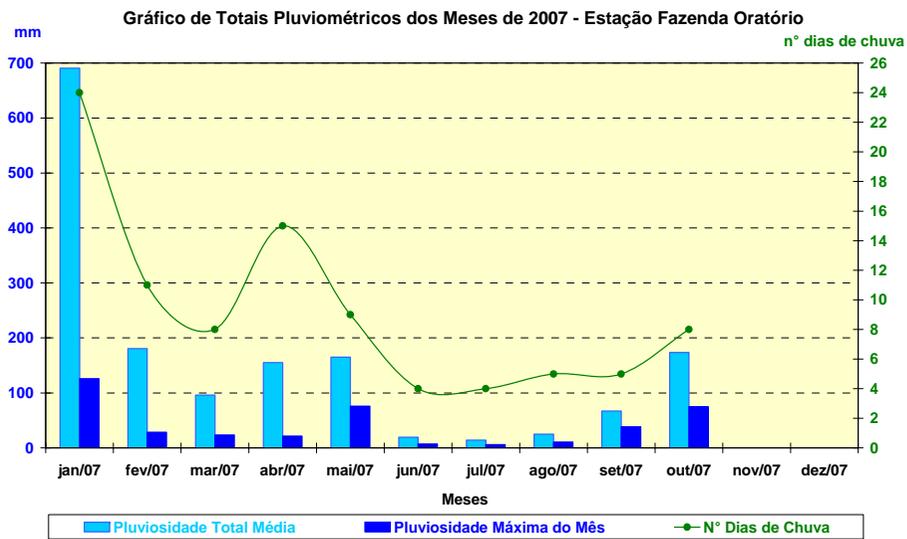
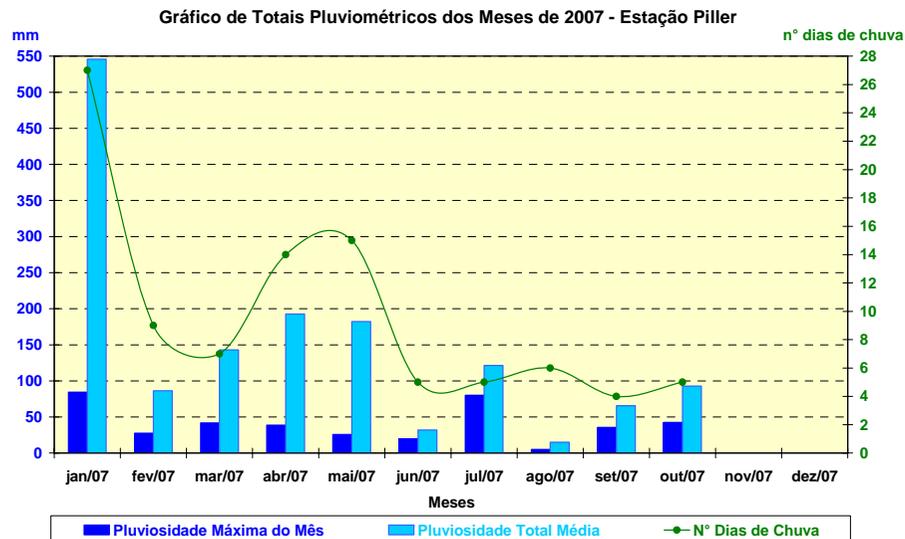
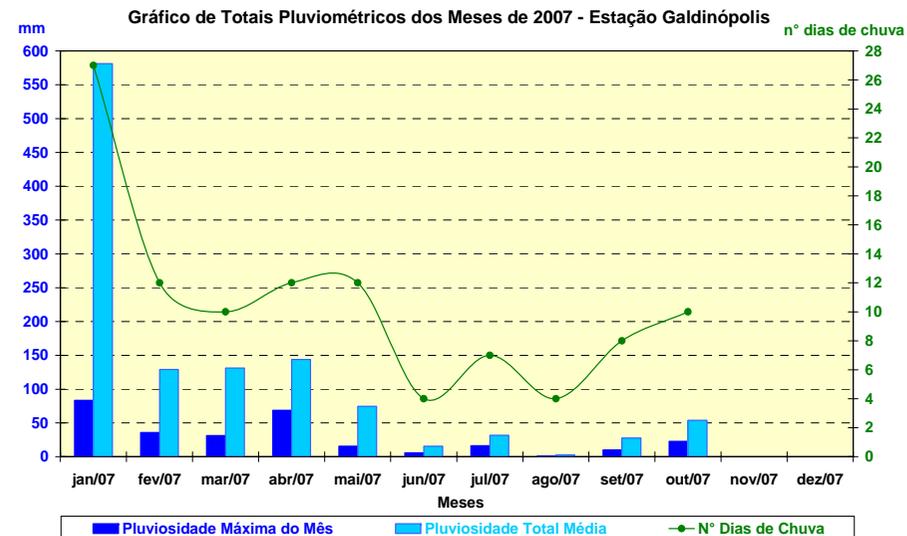
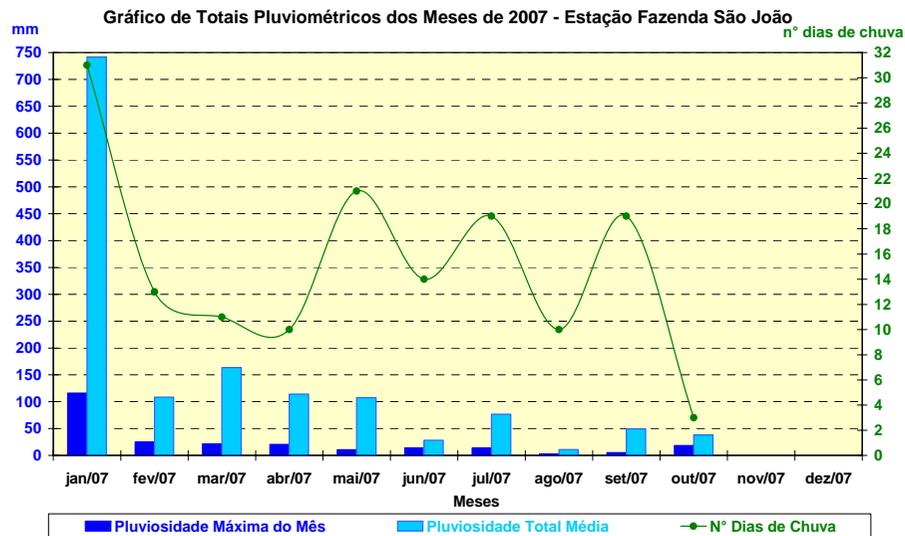


Figura 20. Gráficos de totais pluviométricos – ano 2007 – das estações selecionadas para a análise (Fonte: ANA, 2007).

5.6.4. Solos

Os solos da área de estudo, classificados na sua maior parte como Cambissolos, em mapa da Embrapa (2003), na escala 1:250.000, são naturalmente suscetíveis aos processos erosivos aqui discutidos, podendo-se fazer a classificação dos pontos estudados, em relação a este fator, como muito suscetíveis, conforme trabalhos de Pereira *et al.* (1994) e Santos *et al.* (2006), referências que auxiliaram na classificação proposta nesta dissertação.

Embora nesta escala, para a área de estudo, conste quase que exclusivamente os Cambissolos, como descrito anteriormente, nos trabalhos de campo constatou-se que, ao se fazer as coletas, foram verificadas características que os excluía desta classe, ainda que estas observações tenham sido feitas de forma expedita.

Por conta disso, estabeleceu-se que os pontos de coleta localizados em solos com características mais próximas de outras classificações, reconhecidas por Carvalho Filho *et al.* (2000) na bacia, teriam sua localização considerada naquele tipo de solo, e não apenas nos Cambissolos, levando-os a terem sua classe de suscetibilidade em função dessa classificação.

Assim, foram estabelecidas as classes: Cambissolos e Neossolos – alta suscetibilidade; Latossolos – média suscetibilidade; e Argissolos – baixa suscetibilidade (Tabela 5).

5.6.5. Geologia

As características geológicas de uma área poderão ter influência nos processos erosivos através de alguns fatores, sendo alguns deles: a presença de falhas e fraturas no embasamento rochoso; a distribuição das rochas; e sua constituição, que irá influenciar na composição mineralógica dos solos, tendo esta, por sua vez, influência em várias características, que podem ser benéficas ou não na maior ou menor suscetibilidade destes solos aos processos erosivos.

A geologia da área de estudo, apresentada em escala 1:400.000, tem papel importante na conformação desta parte da bacia, visto que suas falhas e fraturas são significativas no condicionamento das drenagens e forma da água se distribuir pelo relevo. Esta característica tem grande relevância na determinação dos locais mais suscetíveis aos processos de evolução do relevo determinados pelos fluxos hídricos, como no caso da erosão hídrica dos solos.

Identificou-se, nas partes do mapa geológico que abrangem a área (Figura 4), a presença das unidades Granitóides pós-tectônicas (representada na legenda do mapa – por **εγ5**), Complexo Paraíba do Sul (representada na legenda do mapa – por **MNps**), na maior

parte, e a unidade Suíte Desengano (representada na legenda do mapa – por **N γ 2d**).

Em relação à influência na composição dos solos, pode-se inferir a respeito até da sua textura a partir do conhecimento das características geológicas de uma área, visto que maiores quantidades de determinada fração podem estar ligadas à composição das rochas predominantes, como é o caso de áreas onde ocorrem os granitos, por exemplo, que apresentam bastante quartzo e minerais ferro-magnesianos. É claro que, na avaliação da constituição dos solos em função da constituição das rochas, é de fundamental importância a avaliação do clima da região, tanto o páleo-clima quanto o atual, que têm um dos principais papéis na determinação do que ficará no ambiente e o que será carreado para outros locais através do intemperismo e das chuvas, principalmente.

Ao fator geologia foi atribuído menor peso na determinação da suscetibilidade, visto que ele foi utilizado de forma a contribuir com informações que pudessem esclarecer aspectos ligados aos outros fatores, dada a forma de análise aqui proposta, ou seja, feita de forma integrada, reconhecendo-se a influência de cada componente ambiental sobre todos os outros.

Em vista desta observação, o estabelecimento das classes foi feito em função da maior ou menor suscetibilidade das rochas ao intemperismo e em relação à sua constituição, que terão influência nas características do solo.

Sendo assim, as classes de suscetibilidade foram propostas de acordo com as unidades apresentadas na legenda do mapa geológico e da observação dos tipos de rochas presentes na sua constituição. De acordo com a localização dos pontos de estudo neste mapa, obteve-se a classificação: Complexo Paraíba do Sul – suscetível; Suíte Desengano e Granitóides pós-tectônicos – pouco suscetível (Tabela 5).

5.6.6. Geomorfologia

A avaliação dos aspectos geomorfológicos da área foi feita de acordo com o trabalho de Dantas (2000), na escala 1:250.000, em que se faz a descrição das características de cada sistema de relevo, descrevendo suas propriedades morfológicas e morfométricas. Nele, são descritos os itens amplitude topográfica, gradiente das vertentes, geometria das vertentes, geometria dos topos, coberturas inconsolidadas, densidade de drenagem e padrão de drenagem. Alguns destes fatores foram observados nos trabalhos de campo e nos mapas, e auxiliaram na definição das classes de suscetibilidade aqui propostas.

No mapa geomorfológico, do mesmo autor, foram identificados os sistemas de relevo

Escarpas Serranas e Domínio Montanhoso, a partir dos quais foram propostas as classes de suscetibilidade.

Em relação às Escarpas Serranas, os pontos localizados nesta unidade foram classificados como altamente suscetíveis, pois de acordo com Dantas (2000), este sistema está incluído na unidade morfoescultural Escarpas Serranas. De acordo com este autor, a unidade citada apresenta alta vulnerabilidade aos processos de movimentos de massa e erosão, sendo que geralmente estes não são expressivos devido à presença da cobertura vegetal. Como os pontos analisados nesta dissertação estão, em sua grande maioria, localizados em áreas sem a cobertura vegetal original, decidiu-se incluí-los na classe aqui proposta.

O outro sistema de relevo presente no mapa geomorfológico da área é o denominado Domínio Montanhoso, onde se podem encontrar também alguns compartimentos colinosos e/ou de morros, em seções alveolares nos vales principais, com ocorrência pontual de relevo suave ondulado (Dantas, 2000), conforme verificado na área de estudo em trabalho de campo. Nos dois casos citados puderam-se encontrar as coberturas inconsolidadas, compostas por depósitos de tálus e colúvios, sobre os quais, provavelmente, se desenvolveu boa parte dos solos da área.

Em função destes fatores, os pontos localizados neste sistema também foram descritos como suscetíveis aos processos erosivos, sendo, no entanto, classificados como suscetíveis, e não “altamente suscetíveis” (Tabela 5).

5.6.7. Cobertura vegetal e Uso da terra

Para a definição das classes relativas a este fator foram utilizados os dados de campo, ou seja, o que se observou na área. As coletas foram feitas, na sua maioria, em áreas utilizadas como pastagens, sendo algumas em pastagens abandonadas, onde havia uma vegetação arbustiva já se desenvolvendo (Figura 21) e outras poucas em áreas de agricultura, tanto para comercialização quanto para subsistência.

As áreas em que o solo se apresentou mais exposto foram as ocupadas por cultivos agrícolas, pois na região adota-se o manejo de aração, desagregando sua camada superficial e tornando-o exposto à ação erosiva da chuva.

Nas áreas de pastagem, ainda que tenham sido observados indícios de processos erosivos superficiais laminares, verificou-se uma maior proteção do solo pelas gramíneas, que se constituíam em obstáculo ao carreamento das partículas encosta abaixo. Embora houvesse

este tipo de proteção, o estado de conservação das pastagens era bem diferente de uma para outra, podendo-se observar a presença de terracetes de pisoteio de gado em algumas (Figura 21), ravinas (Figura 22), voçorocas (Figura 23), queimadas e também pastagens em bom nível de conservação. Estas condições foram levadas em consideração na classificação dos locais avaliados.

As áreas em que se verificou a maior proteção do solo foram as cobertas pela vegetação arbustiva, que em alguns casos era utilizada como bosque para o desenvolvimento de apicultura. No entanto, todas as áreas em que se verificaram tais formações vegetais eram remanescentes de pastagens.

Levando-se em conta estas características, a atribuição das classes foi feita da seguinte forma: alta suscetibilidade – áreas de agricultura com solo nu ou pastagem apresentando terracetes de pisoteio de gado; média suscetibilidade – áreas de pastagem sem indícios de processos de degradação do solo; baixa suscetibilidade – áreas remanescentes de pastagens com vegetação se desenvolvendo e pastagens bem conservadas (Tabela 5).



Figura 21. Terracetes de pisoteio de gado em encosta localizada em Rio das Flores, ponto 54 deste estudo (Foto. Lagesolos, 2007).



Figura 22. Ravina evoluindo para voçoroca, no ponto 42, na sub-bacia do Rio Bonito (Foto. Lagesolos, 2007).

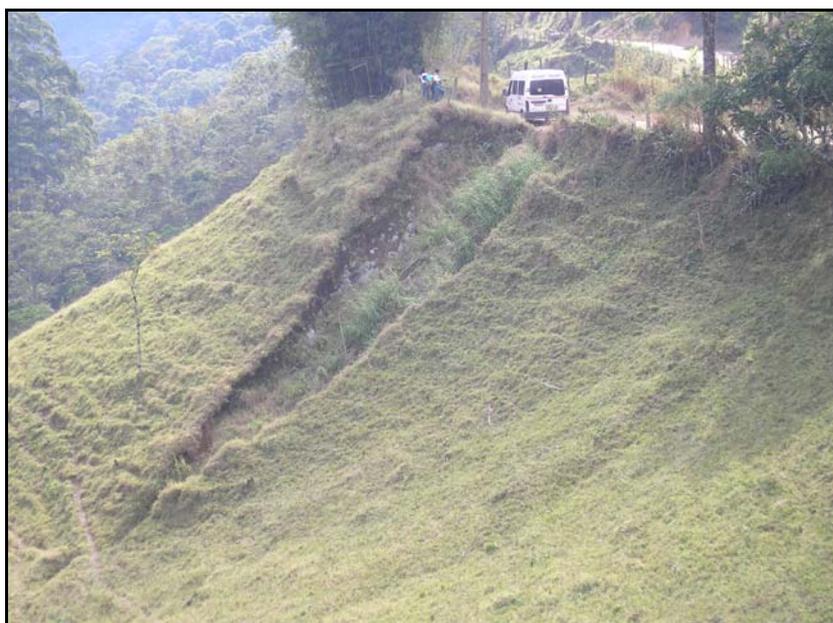


Figura 23. Voçoroca em área de pasto, em Galdinópolis, ponto 37 deste estudo (Foto. Lagesolos, 2007).

5.7. Análise integrada dos dados e informações

A análise integrada foi feita por meio da atribuição de uma nota a cada classe de suscetibilidade, sendo o valor 1 para as classes de baixa suscetibilidade (B), 2 para as de média suscetibilidade (M) e 3 para as de alta suscetibilidade (A), o que foi feito com o auxílio da tabela 4 (ver Anexos). Alguns fatores ambientais, que podiam ser classificados apenas de duas formas, tiveram as opções de notas 1 e 2 (Tabela 5).

Na tabela 4, junto à atribuição das classes de suscetibilidade, foi feita uma pequena descrição do local em que se localizava o ponto de coleta (*Comentários*), de acordo com o relatório do trabalho de campo, onde constavam informações que auxiliaram na atribuição das classes de cobertura e uso do solo.

Tabela 4. Tabela de classificação individual dos pontos (Lima, 2007).

Ponto (<i>nº do ponto</i>) - Localização (<i>coordenadas</i>)		Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura		
		Densidade aparente		
		Porosidade		
	Propriedades químicas	pH		
Declividade				
Precipitação Pluvial				
Solo				
Geologia				
Geomorfologia				
Cobertura vegetal e Uso da Terra				
Comentários:				
Classificação do ponto				

Além das notas, foi atribuído um peso a cada fator ambiental (Tabela 5), de acordo com sua maior ou menor influência na erosão, ou em função da precisão do dado obtido para este estudo. Um exemplo foi o mapa de solos, que, embora seja um dado relevante na determinação da erodibilidade, não possuía grande detalhamento em função da sua escala de apresentação (1:250.000), sendo por isso, considerado de menor peso em relação a algumas variáveis obtidas com maior precisão, como as análises de laboratório.

Tabela 5. Fatores ambientais analisados e classes propostas para a definição da suscetibilidade à erosão (Lima, 2007).

Avaliação dos fatores ambientais							
Fatores Analisados		Classes Propostas	Abreviatura	CrITÉrios	Notas	Pesos	
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	Baixa suscetibilidade	B	franca e franco-argilosa	1	20%
			Média suscetibilidade	M	argilo-arenosa e franco-argilo-arenosa	2	
			Alta suscetibilidade	A	franco-arenosa e areia franca	3	
		Densidade aparente	Baixa suscetibilidade	B	< 1,50 g/cm ³	1	10%
			Alta suscetibilidade	A	= 1,50 g/cm ³	2	
			Porosidade	Baixa suscetibilidade	B	acima de 55%	
	Média suscetibilidade	M		35 a 55%	2		
	Alta suscetibilidade	A		< 35%	3		
	Propriedades químicas	pH	Suscetibilidade nula	N	= 6,5	1	5%
			Baixa suscetibilidade	B	6,5 a 5,0	2	
Alta suscetibilidade			A	< 5	3		
Declividade	Média suscetibilidade	M	15° a 25°	1	15%		
	Alta suscetibilidade	A	10° a 15° e acima de 35°	2			
	Suscetibilidade muito alta	MA	25° a 35°	3			
Precipitação Pluvial	Média suscetibilidade	M	estação Fazenda Oratório	1	10%		
	Alta suscetibilidade	A	estações Galdinópolis e Fazenda São João	2			
	Suscetibilidade muito alta	MA	estação Piller	3			
Solo	Baixa suscetibilidade	B	Argissolos	1	5%		
	Média suscetibilidade	M	Latossolos	2			
	Alta suscetibilidade	A	Cambissolos e Neossolos	3			
Geologia	Pouco suscetível	PS	Suíte Desengano e Granitóides pós-tectônicos	1	5%		
	Suscetível	S	Complexo Paraíba do Sul	2			
Geomorfologia	Suscetível	S	Domínio Montanhoso	1	5%		
	Altamente suscetível	AS	Escarpas Serranas	2			
Cobertura vegetal e Uso da Terra	Baixa suscetibilidade	B	áreas remanescentes de pastagens com vegetação se desenvolvendo e pastagens bem conservadas	1	15%		
	Média suscetibilidade	M	áreas de pastagem sem indícios de processos de degradação do solo	2			
	Alta suscetibilidade	A	áreas de agricultura com solo nu ou pastagem apresentando terracetes de pisoteio de gado	3			

Em seguida, a nota obtida para cada fator foi adicionada a uma equação (Quadro 1), que se constituía de uma média ponderada, a partir da qual definiram-se as faixas de valores que incluiriam um ponto na classificação final como de alta, média ou baixa suscetibilidade.

Esta é a mesma equação utilizada no programa Arc View para o cruzamento de mapas e definição de classes.

Quadro 1. Equação utilizada no cálculo da classe de suscetibilidade à erosão.

$$\text{Grau de suscetibilidade} = (\text{nota p/ textura}) \times 0,15 + (\text{nota p/ densidade aparente}) \times 0,10 + (\text{nota p/ porosidade}) \times 0,10 + (\text{nota p/ pH}) \times 0,05 + (\text{nota p/ declividade}) \times 0,15 + (\text{nota p/ precipitação pluvial}) \times 0,10 + (\text{nota p/ solo}) \times 0,05 + (\text{nota p/ geologia}) \times 0,05 + (\text{nota p/ geomorfologia}) \times 0,05 + (\text{nota p/ cobertura e uso}) \times 0,15$$

Para a definição das notas finais da integração, que definiram as faixas de alta, média e baixa suscetibilidade em que um ponto poderia ser incluído, fez-se o seguinte:

- Alta suscetibilidade (A) – atribuição das notas que definem o fator como de alta suscetibilidade a todos os fatores ambientais, obtendo-se a nota final 2,80, ou seja, o ponto com a maior suscetibilidade possível nesta classificação (Quadro 2);

Quadro 2. Valores utilizados para a definição do nível mais alto de suscetibilidade à erosão.

$$\text{Suscetibilidade alta} = (3) \times 0,15 + (2) \times 0,10 + (3) \times 0,10 + (3) \times 0,05 + (3) \times 0,15 + (3) \times 0,10 + (3) \times 0,05 + (2) \times 0,05 + (2) \times 0,05 + (3) \times 0,15 = 2,8$$

- Média suscetibilidade (M) – atribuição da nota 2 (média suscetibilidade) a todos os fatores ambientais, sendo que, para os fatores que tinham apenas duas notas possíveis (1 ou 2), atribuiu-se a nota mais baixa (1), à equação que definiria o limite entre o que seria considerado como de baixa para média suscetibilidade (Quadro 3 – limite baixa/média), e a nota mais alta (2), a uma equação semelhante à primeira, para definir o limite entre o que seria considerado como de média para alta suscetibilidade (Quadro 4 – limite média/alta). Além disso, escolheu-se também o fator textura para a definição destes limites, sendo atribuída a nota 1 (baixa suscetibilidade) para a definição

do limite baixa/média suscetibilidade e a nota 3 (alta suscetibilidade) para a definição do limite média/alta suscetibilidade. Assim obteve-se a faixa 1,60 a 2,20.

Quadro 3. Valores utilizados para a definição do limite entre o nível baixo e o médio de suscetibilidade à erosão.

$$\text{Limite entre a Suscetibilidade baixa para média} = (1) \times 0,15 + (1) \times 0,10 + (2) \times 0,10 + (2) \times 0,05 + (2) \times 0,15 + (2) \times 0,10 + (2) \times 0,05 + (1) \times 0,05 + (1) \times 0,05 + (2) \times 0,15 = 1,6$$

Quadro 4. Valores utilizados para a definição do limite entre o nível médio e o alto de suscetibilidade à erosão.

$$\text{Limite entre a Suscetibilidade média para alta} = (3) \times 0,15 + (2) \times 0,10 + (2) \times 0,10 + (2) \times 0,05 + (2) \times 0,15 + (2) \times 0,10 + (2) \times 0,05 + (2) \times 0,05 + (2) \times 0,05 + (2) \times 0,15 = 2,2$$

- Baixa suscetibilidade (B) – atribuição das notas que definem o fator como de baixa suscetibilidade a todos os fatores ambientais, obtendo-se a nota final 1,00, ou seja, o ponto com a menor suscetibilidade possível nesta classificação (Quadro 5);

Quadro 5. Valores utilizados para a definição do nível mais baixo de suscetibilidade à erosão.

$$\text{Suscetibilidade baixa} = (1) \times 0,15 + (1) \times 0,10 + (1) \times 0,10 + (1) \times 0,05 + (1) \times 0,15 + (1) \times 0,10 + (1) \times 0,05 + (1) \times 0,05 + (1) \times 0,05 + (1) \times 0,15 = 1,00$$

Ao final da atribuição das notas, obteve-se as faixas de suscetibilidade à erosão constantes na tabela 6:

Tabela 6. Faixas de suscetibilidade à erosão (Lima, 2007).

Classificação	Faixa
Alta suscetibilidade (A)	> ou = 2,20
Média suscetibilidade (M)	1,60 a 2,20
Baixa suscetibilidade (B)	< ou = 1,60

6. ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Neste tópico são apresentados, além do resultado final da integração, os resultados obtidos nas análises de laboratório, que foram utilizados para o cálculo da suscetibilidade à erosão, e que, em geral, foram coerentes com a classificação dos pontos dentro de cada classe de suscetibilidade.

Na tabela 7 são apresentados os resultados de granulometria e textura dos solos da área de estudo, onde se constatou que, das 54 amostras analisadas, 38 (~70%) apresentaram predominância da fração areia, indicando uma alta permeabilidade dos solos, quanto a este fator isoladamente, à infiltração da água, o que diminui a probabilidade de produção de fluxos superficiais, que atuam no arraste das partículas da camada superficial do solo.

Verificou-se também que predominou a areia grossa (2,0 a 0,2 mm) na fração areia, havendo 41 amostras (~76%) com níveis de areia grossa em torno de 70% da areia total (ou maiores) em cada amostra, o que dificulta o transporte de partículas encosta abaixo, diminuindo a erodibilidade dos solos. Vale lembrar que, embora esta fração seja menos suscetível ao arraste, em função do seu tamanho de grão, ela não possui as propriedades da fração argila que promovem a agregação do solo, fazendo com que suas partículas soltas sejam mais suscetíveis ao arraste.

Citando o transporte de partículas, dentre as frações que aumentam a chance disto ocorrer está o silte, que apresentou pouca expressão neste estudo, com bastante variação nos valores obtidos, o que se deu por conta também da variação dos valores da fração argila.

Aproximadamente 13% das amostras analisadas apresentaram porcentagens de silte em torno de 35%, o que indica a inexpressiva presença desta fração nos solos da bacia, sendo que, dos 7 pontos que apresentaram este teor de silte (pontos 7, 22, 25, 27, 34, 36 e 40), 4 foram classificados como de média suscetibilidade, e os outros três como de alta suscetibilidade à erosão.

A fração argila, assim como o silte, apresentou grande variação, sendo obtidos desde teores muito baixos (amostras 21 e 27), a altos (amostra 9 e 12), em relação ao que se encontrou com mais frequência.

Em relação à textura, verificou-se que 38 amostras (~70%) apresentaram alguma influência da fração areia, tendo a fração argila sido o fator de diferenciação na determinação da textura.

Outro fator analisado, de extrema importância no estudo da erosão dos solos, foi a densidade aparente (Dap), que propiciou, com a obtenção dos valores de densidade real, o cálculo da porosidade.

A densidade aparente dos solos da região, tendo a maior parte deles apresentado indícios de compactação da sua camada superficial, como os terracetes de pisoteio de gado, apresentou valores em torno de $1,4 \text{ g/cm}^3$, classificando os solos em que foram coletadas estas amostras, em relação a este fator, como de baixa suscetibilidade, de acordo com o estabelecido neste estudo. Das 23 amostras que tiveram esta característica, ou seja, de ter este valor médio de Dap, 11 foram coletadas em pontos que tiveram como classificação final (após integração com os outros fatores) alta suscetibilidade à erosão, indicando que esta propriedade pode ter tido uma participação de relevância mediana nos resultados finais de cada ponto.

Quanto à porosidade, verificou-se que 11 amostras (20%) apresentaram valores acima do nível que definia um ponto como de baixa suscetibilidade (acima de 55% de porosidade), em relação a este fator, e 43 amostras (~80%) apresentaram valores incluídos na classe de média suscetibilidade, o que foi coerente com os 33 pontos definidos como de média suscetibilidade no mapa síntese de suscetibilidade à erosão por pontos (Figura 24).

Em relação às análises de $\text{pH}_{(\text{água})}$, embora este seja um fator de pouca expressão em estudos sobre erosão, pôde-se utilizá-las como um indicador da qualidade ambiental dos solos analisados. A qualidade ambiental se relaciona, em parte, com a quantidade de bases trocáveis no complexo sortivo do solo, o qual vai apresentar níveis equilibrados de pH quando estes estiverem entre 5,5 e 7,0, que é uma faixa em que as plantas se desenvolvem adequadamente (com algumas exceções).

Dos 21 pontos classificados como de alta suscetibilidade na integração, 10 tiveram resultados de pH também incluídos nesta classe, o que pode significar que este fator, ainda que tenha tido pouco peso neste estudo (5%), contribuiu com o resultado final do ponto.

Tabela 7. Análise granulométrica e textura dos pontos de coleta (Lima, 2007).

Granulometria e Textura						
Ponto de coleta	Frações granulométricas (g/kg)					Textura
	Areia Total	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	
1	662,00	315,56	684,44	234,90	103,00	Franco-arenosa
2	619,00	190,63	809,37	230,00	151,00	Franco-arenosa
3	632,00	159,02	840,98	126,00	242,00	Franco-argilo-arenosa
4	558,00	252,96	747,04	67,00	375,00	Argilo-arenosa
5	563,00	170,60	829,40	272,00	165,00	Franco-arenosa
6	583,50	264,27	735,73	216,50	200,00	Franco-argilo-arenosa
7	581,00	407,14	592,86	332,00	87,00	Franco-arenosa
8	656,00	325,00	675,00	155,00	189,00	Franco-arenosa
9	423,00	143,62	856,38	188,00	389,00	Franco-argilosa
10	520,00	211,63	788,37	220,00	260,00	Franco-argilo-arenosa
11	736,50	141,82	858,18	188,50	75,00	Franco-arenosa
12	420,40	174,36	825,64	252,60	327,00	Franco-argilosa
13	655,00	278,47	721,53	154,00	221,00	Franco-argilo-arenosa
14	517,00	232,79	767,21	320,00	163,00	Franca
15	489,00	242,43	757,57	234,00	277,00	Franco-argilo-arenosa
16	453,50	307,72	692,28	260,50	286,00	Franco-argilosa
17	487,50	188,21	811,79	206,50	306,00	Franco-argilo-arenosa
18	466,00	307,73	692,27	258,00	276,00	Franco-argilo-arenosa
19	608,20	225,75	774,25	199,70	192,00	Franco-arenosa
20	497,50	297,69	702,31	291,50	211,00	Franca
21	776,50	553,51	446,49	200,50	23,00	Areia-franca
22	560,00	165,00	835,00	363,00	77,00	Franco-arenosa
23	463,95	290,47	709,53	350,05	186,00	Franca
24	479,00	244,68	755,32	245,00	276,00	Franco-argilo-arenosa
25	435,50	413,43	586,57	344,50	220,00	Franca
26	553,15	286,30	713,70	272,85	174,00	Franco-arenosa
27	588,20	292,76	707,24	356,80	55,00	Franco-arenosa

Tabela 7. Análise granulométrica e textura dos pontos de coleta (Lima, 2007) - continuação.

Granulometria e Textura						
Ponto de coleta	Frações granulométricas (g/kg)					Textura
	Areia Total	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	
28	610,00	252,05	747,95	289,00	101,00	Franco-arenosa
29	638,50	370,79	629,21	254,50	107,00	Franco-arenosa
30	600,50	239,38	760,62	197,50	202,00	Franco-argilo-arenosa
31	546,50	458,01	541,99	295,50	158,00	Franco-arenosa
32	528,00	234,09	765,91	296,00	176,00	Franca
33	498,50	197,39	802,61	219,50	282,10	Franco-argilo-arenosa
34	491,50	464,90	535,10	337,60	171,00	Franca
35	606,00	301,82	698,18	225,00	169,00	Franco-arenosa
36	446,00	359,98	640,02	346,00	208,00	Franca
37	555,20	371,22	628,78	322,80	122,00	Franco-arenosa
38	522,40	260,24	739,76	218,60	259,00	Franco-argilo-arenosa
39	618,00	258,50	741,50	244,00	48,80	Franco-arenosa
40	406,00	408,13	591,87	365,00	229,00	Franca
41	568,00	344,01	655,99	196,00	236,00	Franco-argilo-arenosa
42	518,00	371,43	628,57	267,00	215,00	Franca
43	582,00	353,95	646,05	313,00	105,00	Franco-arenosa
44	617,50	220,73	779,27	202,50	180,00	Franco-arenosa
45	558,00	282,53	717,47	272,00	170,00	Franco-arenosa
46	730,00	297,60	702,40	189,00	81,00	Franco-arenosa
47	600,50	277,10	722,90	215,00	168,00	Franco-arenosa
48	531,20	396,27	603,73	340,80	128,00	Franco-arenosa
49	571,00	274,34	725,66	197,00	232,00	Franco-argilo-arenosa
50	554,00	365,43	634,57	313,00	133,00	Franco-arenosa
51	705,00	381,35	618,65	219,00	76,00	Franco-arenosa
52	625,00	213,68	786,32	280,00	95,00	Franco-argilosa
53	430,50	322,18	677,82	278,50	291,00	Franco-argilosa
54	463,50	309,39	690,61	281,50	255,00	Franca

Tabela 8. Resultados de densidade aparente, densidade real e porosidade (Lima, 2007).

Densidade e Porosidade				Densidade e Porosidade			
Ponto de coleta	Dens. Aparente (g/cm ³)	Dens. Real (g/cm ³)	Porosidade (%)	Ponto de coleta	Dens. Aparente (g/cm ³)	Dens. Real (g/cm ³)	Porosidade (%)
1	1,40	2,45	42,86	28	1,13	2,38	52,52
2	1,44	2,46	41,46	29	1,08	2,36	54,20
3	1,26	2,46	48,78	30	0,98	2,14	54,21
4	1,18	2,35	49,79	31	1,19	2,50	52,40
5	1,59	2,50	36,40	32	1,31	2,48	47,18
6	1,23	2,40	48,75	33	1,01	2,41	58,09
7	1,30	2,43	46,50	34	1,21	2,35	48,51
8	1,62	2,50	35,20	35	1,33	2,50	46,80
9	1,42	2,45	42,04	36	1,15	2,40	52,08
10	1,52	2,52	39,68	37	1,29	2,40	46,25
11	1,54	2,50	38,40	38	1,34	2,44	45,08
12	1,44	2,46	41,40	39	0,99	2,41	58,92
13	1,19	2,43	51,02	40	1,03	2,29	55,02
14	1,36	2,53	46,24	41	1,12	2,38	52,94
15	1,36	2,44	44,26	42	1,29	2,38	45,80
16	1,41	2,44	42,20	43	1,07	2,30	53,48
17	1,26	2,38	47,00	44	1,05	2,44	55,96
18	1,34	2,47	45,70	45	1,23	2,41	48,96
19	1,45	2,50	42,00	46	0,91	2,38	61,76
20	1,16	2,55	54,51	47	0,96	2,44	60,66
21	0,97	2,44	60,25	48	0,90	2,41	62,25
22	1,34	2,44	45,08	49	1,20	2,47	51,41
23	1,21	2,47	51,02	50	1,18	2,5,0	52,80
24	1,32	2,54	48,03	51	0,73	2,39	69,46
25	1,41	2,43	41,98	52	1,24	2,45	49,38
26	1,06	2,41	56,00	53	1,08	2,42	55,37
27	1,13	2,41	53,11	54	1,23	2,40	48,75

Tabela 9. Resultados das análises de pH em água e em KCl (Lima, 2007).

Análises de pH.					
Ponto de coleta	pH (água)	pH (KCl)	Ponto de coleta	pH (água)	pH (KCl)
1	5,29	4,11	28	4,73	4,04
2	5,51	4,39	29	5,21	4,16
3	4,76	3,88	30	4,39	3,81
4	5,21	4,25	31	5,27	3,98
5	5,46	4,17	32	5,45	4,12
6	4,92	4,03	33	4,95	4,10
7	4,66	4,04	34	4,36	3,86
8	4,46	3,93	35	5,11	4,03
9	4,63	3,93	36	5,02	4,13
10	4,85	4,08	37	5,03	4,40
11	5,54	4,39	38	5,14	4,21
12	5,01	4,00	39	4,59	3,93
13	4,88	4,02	40	3,96	3,86
14	5,34	4,43	41	4,09	3,87
15	4,74	4,00	42	5,15	3,97
16	4,46	3,98	43	5,07	4,00
17	4,30	3,86	44	4,70	4,00
18	4,95	3,94	45	5,13	4,08
19	5,57	4,28	46	4,61	4,04
20	5,08	4,09	47	5,11	4,06
21	4,68	4,15	48	4,02	3,68
22	5,19	4,16	49	4,53	4,10
23	4,59	4,07	50	3,74	3,77
24	4,75	3,92	51	4,45	3,96
25	5,16	3,96	52	4,74	3,96
26	4,48	4,13	53	4,01	3,95
27	4,83	3,93	54	4,56	3,99

Após a integração dos resultados anteriores com os mapas e dados de precipitação da área de estudo, conforme apresentado nas tabelas do anexo 1, obteve-se a classificação de cada ponto de estudo quanto ao seu nível de suscetibilidade, os quais foram dispostos no mapa síntese da integração dos fatores ambientais (Figura 24), onde pôde-se ter uma idéia da distribuição destas classes na área de estudo.



Legenda

Classes de Suscetibilidade Identificadas

- Alta Suscetibilidade
- ▲ Média Suscetibilidade



Base Cartográfica 1:50.000 Moté, 2005
Sistema de Projeção UTM
Datum: Córrego Alegre

Área de Estudo
Drenagem



Figura 24. Mapa síntese da integração dos dados com as classes de suscetibilidade identificadas (Lima, 2008).

O resultado final do estudo, quanto ao número de pontos incluídos em cada classificação, foi: dos 54 pontos analisados, 21 pontos (~39%) foram classificados como de alta suscetibilidade à erosão, 33 (~61%) pontos como de média suscetibilidade e nenhum ponto como de baixa suscetibilidade.

Discutindo inicialmente os pontos incluídos na classificação média suscetibilidade, 36% deles estavam localizados em áreas cobertas por pastagens remanescentes, ou seja, áreas de pasto que foram abandonadas, e onde se desenvolvia uma vegetação arbustiva, resultante do seu abandono, o que pode ter contribuído para a melhora das condições do solo no local, levando o ponto a ser classificado como de média suscetibilidade à erosão (Figura 25).



Figura 25. Área de pastagem abandonada, ponto 39, sub-bacia do Rio Bonito (Foto. Lagesolos, 2007).

Também verificou-se que alguns pontos desta classe se situavam em locais aparentemente utilizados como áreas paisagísticas, com cobertura de gramíneas, principalmente na sub-bacia do rio das Flores (ponto 53), onde as atividades voltadas para o turismo parecem ter induzido à utilização do solo desta forma (Figura 26).



Figura 26. Área voltada para o turismo, ponto 53, sub-bacia do Rio das Flores (Foto. Lagesolos, 2007).

Nestas áreas, a sua inclusão nesta classe pode ter ocorrido por conta da ausência do pastoreio de animais e pela malha de raízes das gramíneas, que estabilizam o topo do solo impedindo a sua desagregação pelas chuvas intensas que atingem a região em certas épocas do ano.

Verificou-se que na área de estudo não é praticado um manejo adequado das pastagens, o que fez com que algumas áreas, ainda que tivessem alguns fatores benéficos, como uma densidade aparente baixa e uma porosidade relativamente alta, fossem classificados como de alta suscetibilidade. Nestes locais, além do excesso do pastoreio, pratica-se a queimada das gramíneas, a fim de se promover a sua rebrota logo após as primeiras chuvas da época das águas na região (Figura 27).



Figura 27. Área sendo preparada para cultivo, com queimada ao fundo (Foto. Lagesolos, 2007).

As implicações ambientais desta forma de manejo decorrem da rápida mineralização da matéria orgânica, que ao invés de fazer parte das diversas formas de decomposição que ocorrem na serrapilheira, sendo degradada lentamente pelos microorganismos do solo e produzindo todos os componentes necessários à sua qualidade ambiental, são transformados em cinzas, sendo perdidos nas primeiras chuvas que atingem a área queimada.

Outro meio pelo qual alguns pontos obtiveram a classificação média, foi pelo uso praticado na área associado às suas características naturais, como por exemplo, nas áreas ocupadas por plantio de bananeiras. Foram estabelecidos pontos de coleta em algumas destas áreas, onde a cobertura do solo se compunha de espécies invasoras ou restos das próprias bananeiras, o que melhorou as condições de densidade aparente e porosidade, que foram classificadas como de média ou baixa suscetibilidade, conforme pôde ser verificado nos

pontos 4 e 18 (Figura 28).

A melhoria das condições do solo em locais com este tipo de cultivo foi observado no trabalho de Freitas (2003), que em trabalho sobre este tema encontrou resultados favoráveis em relação à estabilidade do solo frente aos processos erosivos. Na avaliação aqui empreendida, ainda que nem todos os fatores possivelmente influenciados pelo cultivo tenham sido favoráveis, como o pH, as condições do solo mostraram-se satisfatórias em relação à estabilidade à erosão.



Figura 28. Ponto de coleta n° 4, em área de cultivo de bananeiras, no município de Casimiro de Abreu (Foto. Lagesolos, 2007).

Quanto aos pontos classificados como de alta suscetibilidade, que foram 21, verificou-se que os principais fatores influentes nesta classificação foram a textura e o uso e cobertura dos seus solos, que em geral se mostraram bem arenosos, com porcentagens da fração areia acima de 55%, e com o uso pastagem, em geral, apresentando indícios de degradação, como os terracetes de pisoteio de gado.

Estes terracetes, que indicam o sobre-pastoreio e a compactação da camada superficial do solo foram observados em quase todos os pontos desta classe cobertos pelas pastagens

(Figura 29), embora esta característica pareça não ter influenciado nos resultados de densidade aparente e porosidade.

A importância do fator “textura” na integração dos dados se mostrou, principalmente, em relação ao manejo das áreas classificadas como de alta suscetibilidade, que não era diferente do que era feito nas áreas classificadas como de média. Nas de média, ainda que se desenvolvesse uma atividade que deixava o solo menos protegido contra a ação das chuvas, uma textura um pouco mais argilosa fez com que alguns pontos obtivessem esta classificação, ocorrendo o inverso com os pontos que tinham uma textura mais arenosa, o que leva a crer que, ainda que não tenham sido encontrados altos teores de argila nos solos da região, com algumas exceções, o pouco que se encontrou foi suficiente para agregar o solo, tornando-o mais resistente à ação da chuva.



Figura 29. Área de pasto degradada com terracetes de pisoteio de gado, na sub-bacia do Rio Sana (Foto. Lagesolos, 2007).

Outro fator também verificado foi a presença de blocos de rocha no solo em muitas áreas, o que se constitui em linhas concentradoras dos fluxos superficiais, e que são comuns

em muitos locais, principalmente nas áreas mais compactadas pelo manejo inadequado do pastoreio. Este, embora não tenha sido um fator incluído nas tabelas e seja comum na área de estudo, em função da evolução do seu relevo, também auxiliou na determinação da suscetibilidade.

Em um local da bacia estes blocos de rocha influenciaram no desenvolvimento de voçorocas, onde verificou-se que um deles desviou um lençol freático, provocando sua exfiltração e a concentração de suas águas em uma linha de convergência de fluxos, desenvolvendo esta feição erosiva (Figura 30), ainda que este tipo de feição não tenha sido visto com frequência na área de estudo.



Figura 30. Voçoroca provocada por processo de exfiltração, na sub-bacia do Rio Sana (Foto. Lagesolos, 2007).

Foi feita coleta também em uma área de plantio de eucalipto, onde em mais um exemplo da ausência de um manejo adequado à conservação do solo verificou-se a formação de uma ravina, que expôs o tipo de substrato em que este plantio era desenvolvido, com bastante pedregosidade e em uma área de declive acentuado .

Esta área foi classificada como de alta suscetibilidade, embora os fatores Dap e porosidade tenham sido classificados como de baixa, o que demonstrou a influência da cobertura do solo na erosão nesta área (Figura 31).



Figura 31. Área de plantio de eucalipto, ponto 48
(Foto. Lagesolos, 2007).

Discutidos estes pontos, a primeira observação que se pode fazer, em relação à distribuição das classes de suscetibilidade na área de estudo, é a de que não houve um padrão, estando os pontos dispostos aleatoriamente, independentemente da sua classificação (Figura 24).

Um dos aspectos que podem esclarecer este tipo de distribuição é o tipo de uso empreendido, feito sem a observação de um manejo conservacionista em toda a área de estudo que, tendo solos em que predominam as areias, e em função do clima, propiciam que os processos erosivos se desenvolvam amplamente na região.

Outro fator de importância mas que não teve dados muito precisos sobre ele foram as

chuvas que atingem a região. Os dados obtidos, de certa forma, apresentaram certa uniformidade, o que pode ter influenciado também nesta distribuição aleatória dos pontos de coleta, não produzindo uma distribuição mais concentrada das classes de suscetibilidade.

Em relação às características da área, verificadas nos mapas de solos, geologia e geomorfologia, também não foi possível atribuir este tipo de distribuição à espacialização das classes apresentadas nos mesmos, o que provavelmente ocorreu pelas suas escalas pouco detalhadas. Nestes mapas as classes de solos, unidades geológicas e geomorfológicas estão bastante generalizadas e concentradas em certas áreas, o que não foi acompanhado pela distribuição das classes de suscetibilidade.

Por fim, observando-se a proporção de pontos classificados como de média suscetibilidade, em torno de 61%, e não tendo havido pontos de baixa suscetibilidade, pode-se inferir que a área de estudo tanto pode estar aumentando sua suscetibilidade à erosão, o que estaria ocorrendo pela ausência de um manejo conservacionista, representado pelas queimadas e sobre-pastoreio, quanto pode estar rumando para uma diminuição dela, em função da instituição das APAs, do incremento das atividades turísticas e retrocesso das atividades agropecuárias na bacia, o que poderia produzir outros efeitos adversos, discutidos em estudos posteriores.

7. CONCLUSÕES

A região estudada, ainda que não tenha apresentado predominância de processos erosivos lineares, como ravinas e voçorocas, tem clara suscetibilidade à erosão, conclusão esta à qual poderia não se chegar por ser a erosão em lençol, ou laminar, menos evidente no relevo.

Um dos problemas da área de estudo, mais do que a cobertura do solo por pastagens, é o manejo que é praticado nela, ou melhor, a falta dele, que provavelmente poderia evitar muitos dos fatores que contribuem para a erosão, caso fossem implementadas medidas conservacionistas na sua utilização.

As atividades turísticas, que em alguns locais da própria bacia podem estar contribuindo para a degradação da qualidade ambiental, principalmente nas épocas de alta temporada, quando a quantidade de turistas aumenta de forma brusca (observação do autor), podem estar contribuindo de forma positiva na melhoria das condições do solo em alguns locais, que se converteram de pastos para áreas voltadas a atividade menos impactantes do que algumas praticadas na agro-pecuária.

Os resultados das análises de textura se mostraram um bom indicador da suscetibilidade dos solos da região à erosão, visto que, nas áreas classificadas como de alta suscetibilidade, predominaram as texturas com mais areia.

A aleatoriedade na distribuição das classes de suscetibilidade enseja maiores estudos, com vistas a esclarecer se há algum fator provocando este tipo de distribuição ou se esta é uma característica da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. Sistema de informações hidrológicas. In <http://hidroweb.ana.gov.br/>, acesso em 10 de julho de 2007.
- ALMEIDA, J.R.; ORSOLON, A.M.; MALHEIROS, T.M. *et al.* Planejamento Ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1993. 176p.
- ASSOULINE, S.; BEN-HUR, M. *Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing*. *Catena*, v.66, 2006. pp.211-220.
- ASSUMPÇÃO, A.P.; MARCAL, M.S. Anomalias de Drenagem na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Sana (RJ). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2006. v.2. p.1-10.
- BARBOSA, P.P.B.C. A constituição de uma periferia em face da modernização: A produção de açúcar e álcool no Brasil e as transformações na região norte fluminense. In Marafon, G.J. e Ribeiro, M.A. (orgs). *Revisitando o Norte Fluminense*, Rio de Janeiro, NEGEF, 2003, pp.111-148.
- BERNARDES, L.M.C. Tipos de clima do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, n.14, v.1, 1952, pp.57-80.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global – esboço metodológico. *Caderno de Ciências da Terra*. São Paulo: USP/IG, 1971. n.13.
- BEZERRA, S.A.; INÁCIO E. S.B.; CANTALICE, J.R.B.; ARAÚJO, Q.R. de; NACIF, P.G.S. Erosão hídrica em pastagem sob diferentes declives da microbacia do Ribeirão Salomea, sul da Bahia. In <http://www.ceplac.gov.br/radar/Sandro%20Augusto%20Bezerra.pdf>. Acesso em Jan/2007.
- BOCHET, E.; RUBIO, J.L.; POESEN, J. *Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valencia, Spain)*. *Geomorphology*, v.23, 1998, pp.139-150.
- BOLÓS, M. de I. CAPDEVILA. *Problemática actual de los estudios de paisage integrado*. *Revista de Geografia*. Barcelona: v.15, n. 1-2, enero-diciembre, 1981. p.45-68.
- BOHRER, C.B. de A.; FREITAS, S.R. de; FARIA, C. de P.; DANTAS, H.G.R.; SOUZA, P.A.V.; BARROS, F.A. de; MATA, A. da; MELLO, M.C.S. de. Unidades de paisagem e fragmentação florestal: aplicação de conceitos e métodos na análise da estrutura e dinâmica de

paisagens (Mata Atlântica, Amazônia Legal). In: VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, 2005.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da e BOTELHO, R.F.M. (org). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.269-300.

BRADY, N.C. Natureza e Propriedades dos Solos. 7. ed. São Paulo. Freitas Bastos. 1989.

BRANDÃO, A.M.P.M.; GOULART, D.R.; ARAÚJO De, L.M.N. Particularidades do clima do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Novembro, 2000.

BRYAN, R.B. *Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. Geomorphology* v.32, 2000, pp.385-415.

CARVALHO FILHO, A. *et al.* Os Solos do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2000.

CASERMEIRO, M.A., MOLINA, J.A., DE LA CRUZ CARAVACA, M.T. *et al.* *Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena*, v.57, 2003. pp.91-107.

CASSETI, V. Geomorfologia. In: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/index.php>. Acesso em janeiro de 2007.

CASTRO JUNIOR, E. Notas de aula: Introdução à temática do curso de Ecologia do Solo Aplicada à Geografia Física. Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG/UFRJ, 2004. CIDE. Anuário anual do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Planejamento, Desenvolvimento Econômico e Turismo - SEPDET, 2004.

CHORLEY, R.J. The drainage basin as a fundamental geomorphic unit. In *Water, Earth and Man*. Ed. R.J. Chorley. Londdon, Methuen, 1969, p. 77-79.

COELHO NETTO, A.L. Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover. *Catena*, vol.14, 1987, p. 213-231.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia, In Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B., *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995, pp. 93-148.

COSTA, H. Subsídios para a gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Macacu, São João, Macaé e Macabu. Rio de Janeiro: SEMA, 1999. 280p.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 1999, 236 p.

- CHRISTOFOLLETTI, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. *In* Geografia e Meio Ambiente no Brasil. São Paulo-Rio de Janeiro. Hucitec, 1995.
- CHRISTOFOLLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 1974. 150 p.
- COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. *Geomorphology in environmental management: an introduction*. Oxford. Clarendon Press, 1977. 413p.
- CUNHA, S.B. Geomorfologia fluvial. *In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha (Orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. pp.211-252.
- DANTAS, M.E. Mapa geomorfológico de Macaé. Brasília: CPRM. Escala 1:250.000. 2001a, CD-ROM.
- DANTAS, M.E. Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro. Projeto Rio de Janeiro, Brasília, CPRM, 2000.
- D'AGOSTINI, L.R. Erosão: o problema mais que o processo. Florianópolis, Ed. da UFSC, 1999, 131p.
- DESCROIX, L; VIRAMONTES, D.; VAUCLIN, M.; GONZALEZ BARRIOS, J.L.; ESTEVES, M.; Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion in the Western Sierra Madre (Durango, Northwest Mexico). *Catena*, n.43, 2001, pp. 115-135.
- EMBRAPA. CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.
- EMBRAPA. Solos. Revista Embrapa algodão / Sistemas de Produção, 3. Versão Eletrônica, Jan/2003a. *In* <http://www.ceset.unicamp.br/~sandro/st571/Solos%20-%20EMBRAPA%20ALGOD%C3O.doc>. Acesso em Jan/2007.
- EMBRAPA. CNPS. Carta de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro, 2003b.
- EMBRAPA. CNPS. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.
- EVANS, R. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint. *In* Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. (Editors), *Soil Erosion*, 1980, pp. 109-128.
- FREITAS, M.M. Funcionalidade hidrológica dos cultivos de banana e territorialidades na paisagem do Parque Municipal de Grumari – Maciço da Pedra Branca – RJ. Tese de Doutorado, UFRJ/PPGG/IGEO, 2003, 247p.
- FULLEN, M.A. Soil organic matter and erosion processes on arable loamy sand soils in the west midlands of England. *Soil Technology*, v.4, p.19-31, 1991.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. *In*

<http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=info&action=flora>. Acesso em 28 de janeiro de 2008.

GONZÁLES-HIDALGO, J.C.; PEÑA-MONNÉ, J.L.; LUIS, M.de. *A review of daily soil erosion in Western Mediterranean areas*. Catena, v.71, 2007. pp.193-199.

GOUDIE, A. *The changing Earth: rates of geomorphological processes*. Oxford: Blackwell, 1995, 302p.

GRIEVE, I.C. Some contrasts in soil development between grassland and deciduous woodland sites. *Journal of Soil Sciences*, 1980, p. 137-145.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2006, 129p.

GUERRA, A.T. e GUERRA, A.J.T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 4ªed. 2005, 648p.

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. *In Erosão e conservação do solo: conceitos, temas e aplicações*. A.J.T. Guerra, A.S. da Silva e R.G.M. Botelho (Orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. pp.17-56.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. *In Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha (Orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. pp.139-155.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas, *In Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B., Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995, pp.149-209.

GUERRA, A.J.T. *The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, UK*. *Soil use and management*, 1994, v.10, pp.60-64.

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

HASUI, Y.; COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; MORALES, N.; RUEDA, J.R.J. Evolução Morfotectônica do Sudeste do Brasil. IN: SBG/ MINAS GERAIS, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Belo Horizonte, 1998, Anais, p.78.

HORBERRY, J. *Status and application of EIA for development*. Gland, Conservation for Development Centre, 1984. 86p.

IPT. Ocupação de Encostas. Publicação IPT N° 1831, 1991, 216p.

JANEAU, J.L.; BRICQUET, J.P.; PLANCHON, O.; VALENTIN, C. *Soil crusting and*

infiltration on steep slopes in northern Thailand. European Journal of Science. v.54, 2003, pp.543-553.

JORNAL O REBATE. Cidade marcada pelas enchentes. In http://www.jornalrebate.com.br/site/index.php/index.php?option=com_content&task=view&id=1977&Itemid=58. Acesso em maio de 2008.

KIEHL, E.J. Manual de Edafologia: relações solo-planta. São Paulo, Agronômica Ceres, LTDA, 1979, 262p.

KIRKBY, M.J. *The problem*. In: KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. (org.) Erosion de solos. México: Limusa, 1980. p.15-30.

LEGOUT, C.; LEGUÉDOIS, S.; BISSONAI, Le. *Aggregate breakdown dynamics under rainfall compared with aggregate stability measurements. European Journal of Soil Science, April, v.56, 2005, pp.225-237.*

LINHARES, S. Histórico da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. CIDE. In www.cide.rj.gov.br/cidinho. Acesso em 10 de maio de 2007.

LIMA, H.C.; GUEDES-BRUNI, R.R. Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1997. 346p.

LUK, S.H. *Effect of soil properties on erosion by wash and splash. Earth Surface Processes, n.4, 1979, pp.241-255.*

MARÇAL, M.S. Suscetibilidade à erosão dos solos no alto curso da bacia do Rio Açailândia – Maranhão. Rio de Janeiro / RJ: UFRJ/PPGG, 2000 (Tese de Doutorado).

MEDEIROS, J.C. Cultivo do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar. Embrapa Algodão, Sistemas de Produção 2a. edição. Versão Eletrônica, Set/2006. In. http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/solos.html. Acesso em Setembro de 2007.

MIEDAMA, R. *Mineral Soils conditioned by Man: Anthrossols (AT)*. In *Lecture notes on geography, formation, properties and use of the major soils of the world*. P.M. Driessen & R. Dudal (Eds). Agriculture University. Wageningen. The Netherlands Catholic University Leyen, Belgium, 1989, p.35-40.

MIRANDA, E.E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

MORGAN, R.P.C. *Crop and vegetation management. In Soil Erosion and Conservation, 3rd*

ed. 2005, pp. 175-199.

MORGAN, R.P.C. *Soil Erosion & Conservation*. New York. Longman, Inc., 1986, 298p.

MORGAN, R.P.C. *Implications*. In: KIRKBY, M.J. e MORGAN, R.P.C. (org.) *Erosion de suelos*. México: Limusa, 1980. p.253-301.

MOTÉ, F.O.; MARÇAL, M.S.; BONATTO, G. Uso e Cobertura da Terra Associado às Unidades de Relevo e Problemas Ambientais na Bacia do Rio Macaé (RJ). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. Anais / Resumos do VI SINAGEO / RCG, 2006. v. 1. p. 232-232.

NATAL, C.B. O turismo rural na região serrana Fluminense: um estudo de caso – São Pedro da Serra. In Marafon, G.J. e Ribeiro, M.A. (orgs). *Revisitando o Norte Fluminense*, Rio de Janeiro, NEGEF, 2003, pp.169-186.

ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Kroogan S.A., 1988.

PALMIERI, F., LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. (Orgs.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ª ed., 2006. p.59-122.

PARSONS, A.J. *Hillslope form*. Great Britain: Biddles Ltd, 1988. 212p.

PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Solos altamente suscetíveis à erosão. IX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Jaboticabal – SP. 1994.

PEREIRA, J.B.S.; ALMEIDA, J.R. Biogeografia e geomorfologia. In: *Geomorfologia e Meio Ambiente*, GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. Ed. Bertrand Brasil, 6.ed. pp.195-247, 2006.

POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G.; VALENTIN, C. *Gully erosion and environmental change: importance and research needs*. *Catena*, v.50, 2003, pp.91-133

POESEN, J. *Surface sealing as influenced by slope angle and position of simulated stones in the top layer of loose sediments*. *Earth Surfaces Processes and Landforms* 11, 1986. pp.1– 10.

POESEN, J. *Rainwash experiments on the erodibility of loose sediments*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6, 1981. pp.285-307.

PROJETO RADAMBRASIL. Programa de Desenvolvimento Nacional. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SF-23, 1983.

PROJETO RIO DE JANEIRO. Caracterização e descrição analítica do mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. Geomorfologia no estado do Rio de Janeiro, 2001. CD-ROM.

RAMIRES, J.C.L. As grandes corporações e a dinâmica sócio-espacial: a ação da Petrobrás

- em Macaé. Rio de Janeiro / RJ: UFRJ/PPGG, 1991 (Dissertação de Mestrado).
- RIBEIRO, J.C.; SALOMÃO, F.X.T. Abordagem Morfopedológica aplicada ao diagnóstico e prevenção de processos erosivos na bacia hidrográfica do Alto Rio da Casca, MT. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 22, n. 1, p. 83-95, 2003.
- RIZZINI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979. v. 2. 374p.
- RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza, Editora UFC, 2004.
- SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In Guerra, A.J.T.; Silva, A.S. da.; Botelho, R.F.M. (org). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.229-267.
- SANTOS, H.G.; FIDALGO, E.C.C.; COELHO, M.R.; ÁGLIO, M.L.D. Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso. Embrapa Arroz e Feijão, Sistemas de Produção, No. 7, Versão eletrônica, Setembro/2006. In. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/solos.htm>. Acesso em Junho/2007.
- SELBY, M.J. *Earth's changing surface*. Clarendon Press, 1985.
- SILVA, T.M.da. A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro / RJ: UFRJ/PPGG, 2002 (Tese de Doutorado).
- SILVA, A.S. Análise morfológica dos solos e erosão. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da E BOTELHO, R.F.M. (org). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.269-300.
- SINGER, M.J.; LE BISSONNAIS, Y. *Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a mediterranean climate*. *Geomorphology*, n.24, 1998, pp. 79-85.
- SOTCHAVA, V.B. O Estudo de Geossistemas. Métodos em Questão, 16. IG-USP. São Paulo, 1977, pp.1-52.
- SPAAN, W.P.; SIKKING, A.F.S.; HOOGMOED, W.B. *Vegetation barrier and tillage effects on runoff and sediment in an alley crop system on a Luvisol in Burkina Faso*. *Soil & Tillage Research*, v.83, 2005, pp.194-203.
- THORNES, J.B. *Erosional processes of running water and their spatial and temporal controls: a theoretical viewpoint*. In Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. (Editors), *Soil Erosion*, 1980, pp. 129-172.
- TOMÉ Jr., J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997.

- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro. FIBGE, Diretoria Técnica. 1977, 91p.
- VALENTIN, C.; POESEN, J.; YOUNG LI; *Gully erosion: impacts, factors and control*. *Catena*, v.63, 2005, pp.132-153.
- VELLOSO, H.P.; RAGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.
- WILKINSON, M.T.; HUMPHREYS, G.S. *Slope aspect, slope length and slope inclination controls of shallow soils vegetated by sclerophyllous heath – links to long term landscape evolution*. *Geomorphology*, v.76, 2006. pp.347-362.
- WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. *Relation of soil properties to its erodibility*. *Proc. Soil Science Society American*, n.33, 1969, p. 131-136.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Rainfall energy and its relationship to soil loss*. *Transactions of the American Geophysical Union*, v.39, 1958, pp.285-291.

ANEXOS

Tabelas utilizadas para auxiliar na atribuição das classes e notas aos fatores ambientais.

Ponto 1 - Localização 22° 26' 02,25"S / 42° 12' 34,31"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,40	1
		Porosidade	M	42,86	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,29	2
Declividade			MA	32	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Área de convergência de fluxos. Pisoteio de gado (terracetes) e feições erosivas verificadas. Na encosta oposta, no outro lado do rio, floresta secundária. Movimento de massa ao lado. Esta coleta foi feita em um sítio de criação de gado (poucas cabeças).					
Classificação do ponto			A		2,35

Ponto 2 - Localização 22° 25' 10,0"S / 42° 12' 35,5"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,44	1
		Porosidade	M	41,46	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,51	2
Declividade			MA	25	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em pequena propriedade agrícola. Área de pasto com muitos blocos soltos na encosta, de tamanhos bem variados, de 20 cm até matacão. Aparentemente boa quantidade de matéria orgânica. Parte superior da encosta vegetada. Solo bem marrom. Coleta em área de convergência de fluxos. Parte baixa da encosta. Presença de terracetes de pisoteio de gado. Verificação de feições erosivas lineares (ravinas) de dimensões aproximadas de 50 cm x 30 cm na média encosta.					
Classificação do ponto			A		2,35

Ponto 3 - Localização 22° 23' 09,9"S / 42° 13' 34,3"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,26	1
		Porosidade	M	48,78	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,76	3
Declividade			MA	31	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de plantio de bananeiras. Solo abaixo do cultivo descoberto (quase não há serrapilheira). Coleta na média encosta. Blocos diversos, provavelmente alterados in situ. Interflúvio – motivo da coleta – localização do bananal. Uma parte da porção superior da encosta vegetada com floresta. Troncos colocados ao longo da encosta, em alguns pontos, para, provavelmente, conter perda de solo.					
Classificação do ponto			A		2,20

Ponto 4 - Localização 22° 23' 08,9"S / 42° 14' 14,1"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,18	1
		Porosidade	M	49,79	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,21	2
Declividade			M	20	1
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Bananal na média encosta. Área de convergência de fluxos. Recentemente foi roçada. Serrapilheira com muitos caules de bananeira. Presença de processos erosivos. Corte de estrada abandonada sobre ponto de coleta, longe dele. Blocos de diferentes tamanhos soltos a montante; afloramento rochoso. A montante ainda, presença de pasto sujo e topo da encosta parcialmente vegetado. Deixaram as árvores maiores, os indivíduos de menor porte foram cortados. Próximo ao afloramento, vegetação mais densa.					
Classificação do ponto			M		1,80

Ponto 5 - Localização 22° 22' 58,6"S / 42° 12' 05,1"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	A	1,59	2
		Porosidade	A	36,40	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,46	2
Declividade			MA	34	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: ponto ao lado de uma cicatriz de deslizamento. Presença de terracetes de pisoteio de gado. Coleta na média encosta. Cobertura de pasto. Limiar da convergência de fluxos. Não foi coletado na parte mais côncava, por que era uma área de material muito misturado. Topo da encosta descoberto (pasto). Muito poucas árvores próximas. Poucos blocos visíveis.					
Classificação do ponto			A		2,45

Ponto 6 - Localização 22° 22' 11,4"S / 42° 11' 26,3"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,23	1
		Porosidade	M	48,75	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,92	3
Declividade			A	42	2
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Coleta feita na média para a alta encosta. Área de pastagem, solo bastante erodido, terracetes de pisoteio de gado. Muitos blocos ao longo da encosta (na parte inferior apresentam maior tamanho), chegando a matações. Concavidade gerada pela erosão. Em alguns pontos tem solo exposto. Topo da encosta descoberto. Presença de vegetação arbórea-arbustiva na área marginal do rio, o que deve segurar parte dos sedimentos que chegam.					
Classificação do ponto			M		2,05

Ponto 7 - Localização 22° 19' 33,5"S / 42° 13' 34,4"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,30	1
		Porosidade	M	46,50	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,66	3
Declividade			MA	33	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: média encosta. Convergência de fluxos. Pastagem recentemente queimada. Muitos blocos, pouca matéria orgânica. Verificação de erosão laminar e pisoteio de gado. Topo da encosta praticamente descoberto.					
Classificação do ponto			A		2,40

Ponto 8 - Localização 22° 21' 00,9"S / 42° 11' 46,2"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	A	1,62	2
		Porosidade	B	35,20	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,46	3
Declividade			MA	28	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: cobertura de pasto, rara presença de blocos. Convergência de fluxos. Presença de ravinas na parte côncava. Parte superior da encosta descoberta. Terracetes de pisoteio de gado. Pequeno corte da encosta um pouco acima do ponto de coleta. Esses mini-cortes estão presentes por toda a encosta. Servem como trilha. Feições erosivas lineares.					
Classificação do ponto			A		2,50

Ponto 9 - Localização 22° 19' 05,4"S / 42° 11' 08,7"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franco-argilosa	1
		Densidade aparente	B	1,42	1
		Porosidade	M	42,04	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,63	3
Declividade			MA	32	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			B	Argissolo	1
Geologia			PS	Granitóides pós-tectônicos	1
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Pasto sujo. Coleta na parte alta e convexa da encosta. Apresenta alguns processos erosivos superficiais escondidos pela pastagem. Topo da encosta com pouca cobertura vegetal.					
Classificação do ponto			M		1,85

Ponto 10 - Localização 22° 17' 45,5" / 42° 09' 26,5" W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	A	1,52	2
		Porosidade	B	39,68	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,85	3
Declividade			M	20	1
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			PS	Granitóides pós-tectônicos	1
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: pasto. Coleta na média encosta, porém há uma depressão relativa, um pouco acima do ponto de coleta e que força uma diminuição da velocidade do escoamento superior. Perfil retilíneo. Topo da encosta com floresta secundária tardia. Feições erosivas lineares. Trilhas, sulcos e ravinas. Blocos de diferentes tamanhos.					
Classificação do ponto			M		1,90

Ponto 11 - Localização 22° 15' 47,3" S / 42° 10' 14,6" W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	A	1,54	2
		Porosidade	B	38,40	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,54	2
Declividade			M	20	1
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			PS	Granitóides pós-tectônicos	1
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média encosta, área de convergência de fluxos. Muitos blocos de diferentes tamanhos expostos (possivelmente alterados in situ). Presença de voçoroca de cerca de 20 m de comprimento e de 3 a 5 m de profundidade. Pouco acima do ponto de coleta tem-se uma fonte de água (cerca de 50 m). Pisoteio de gado no entorno. Floresta já bem desenvolvida na parte superior da encosta. As paredes da voçoroca apresentam pedestais. Verificam-se dutos nas paredes das voçorocas.					
Classificação do ponto			M		2,10

Ponto 12 - Localização 22° 21' 49,3" S / 42° 13' 00,7" W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franco-argilosa	1
		Densidade aparente	B	1,44	1
		Porosidade	M	41,4	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,01	2
Declividade			MA	29	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Encosta apresenta processos erosivos superficiais. Coleta em área convexa, entre duas "grotas", na meia encosta. Vegetação na gruta apresenta embaúbas e bananeiras. É uma área de pasto, com curral no sopé da encosta. É uma pequena propriedade rural.					
Classificação do ponto			M		1,90

Ponto 13 - Localização 22° 21' 40,1''S / 42° 13' 37,9''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,19	1
		Porosidade	M	51,02	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,88	3
Declividade			MA	30	3
Precipitação Pluvial			M	Estação Fazenda Oratório	1
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: grande deslizamento na estrada Serramar. No entorno área com processos erosivos superficiais, com pastagem ainda utilizada.					
Classificação do ponto			A		2,20

Ponto 14 - Localização 22° 22' 27,3''S / 42° 15' 25,9''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,36	1
		Porosidade	M	46,24	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,34	2
Declividade			A	37	2
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média para a alta encosta, que foi cortada para a passagem da Serramar, em área de convergência de fluxos, côncava, com muitos blocos de diferentes tamanhos ao longo da encosta, incluindo matacões (provavelmente alteradas in situ). Terracetes de pisoteio de gado. Processos erosivos superficiais laminares e algumas ravinas. Algumas espécies arbóreas pioneiras. Parte superior sem cobertura vegetal (pasto).					
Classificação do ponto			M		2,00

Ponto 15 - Localização 22° 23' 17,6''S / 42° 17' 22,4''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,36	1
		Porosidade	M	44,26	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,74	3
Declividade			MA	29	3
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Feições erosivas superficiais laminares. Pasto sujo. Coleta na alta encosta, área levemente convexa. Topo da encosta com pasto. Observam-se terracetes de pisoteio de gado. Pontos de coleta em trecho retilíneo.					
Classificação do ponto			A		2,35

Ponto 16 - Localização 22° 21' 38,4''S / 42° 18' 50,9''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franco-argilosa	1
		Densidade aparente	B	1,41	1
		Porosidade	M	42,2	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,46	3
Declividade			A	37	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: uso como pasto. Coleta em encosta convexa. Topo da encosta com pasto. Feições erosivas superficiais. Terracetes de pisoteio de gado. Coleta na média-alta encosta. Trechos com solo exposto. Extração de areia no Rio Macaé, logo abaixo da encosta.					
Classificação do ponto			M		1,90

Ponto 17 - Localização 22° 21' 25,4''S / 42° 18' 45,3''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,26	1
		Porosidade	M	47	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,30	3
Declividade			M	24	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Coleta na média para a alta encosta. Uso do solo como pastagem. Topo da encosta sem vegetação. Encosta retilínea. Corte desestabilizando a encosta logo abaixo do ponto de coleta, com casa construída. Feições erosivas aparentes com processo laminar.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 18 - Localização 22° 21' 13,5''S / 42° 18' 11,5''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,34	1
		Porosidade	M	45,7	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,95	3
Declividade			A	10	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: presença de blocos muito grandes, chegando a matacões. Corte para construção de pousada abaixo do ponto de coleta. Ponto de coleta na média para a baixa encosta. Encosta retilínea. Uso do solo com bananal. Parte superior da encosta vegetada.					
Classificação do ponto			M		2,15

Ponto 19 - Localização 22° 19' 58,2''S / 42° 18' 33,5''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,45	1
		Porosidade	M	42	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,57	2
Declividade			A	39	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média encosta, em linha de convergência de fluxos, área côncava, uso como pasto. Feições erosivas superficiais laminares. Topo da encosta sem espécies arbóreas. Formação de crostas na parede dos terracetes. Poucos blocos e raros matacões. Local de difícil coleta com trado, solo duro.					
Classificação do ponto			A		2,30

Ponto 20 - Localização 22° 18' 52,7''S / 42° 18' 18,6''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,16	1
		Porosidade	M	54,51	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,08	2
Declividade			MA	32	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área de pasto sujo. Espécies arbustivas e arbóreas jovens. Pioneiras ao longo da encosta. Coleta em área côncava, porém fora da principal linha de convergência de fluxo. Ausência de blocos. Feições erosivas lineares superficiais ao longo da encosta. Coleta na parte média-alta da encosta.					
Classificação do ponto			M		2,05

Ponto 21 - Localização 22° 17' 55,1''S / 42° 16' 54,9''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Areia-franca	3
		Densidade aparente	B	0,97	1
		Porosidade	B	60,25	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,68	3
Declividade			A	51	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Neossolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média encosta. Pasto sujo. Encosta ligeiramente côncava, com linha de convergência de fluxos próxima. Presença de musgos, muita umidade. Área de cabeceira de drenagem pode estar próxima do lençol. Presença de blocos no solo. Muita raiz espalhada. Feições erosivas lineares superficiais. Terracetes de pisoteio de gado.					
Classificação do ponto			A		2,25

Ponto 22 - Localização 22° 21' 23,9"S / 42° 23' 21,1"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,34	1
		Porosidade	M	45,08	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,19	2
Declividade			MA	30	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta feita na média encosta, em área côncava. Verificação de crostas no solo. Presença de formigueiros e terracetes de pisoteio de gado. Pasto até o topo da encosta. Solo exposto em alguns locais.					
Classificação do ponto			A		2,40

Ponto 23 - Localização 22° 20' 06,7"S / 42° 20' 44,5"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,21	1
		Porosidade	M	51,02	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,59	3
Declividade			MA	27	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			PS	Granitóides pós-tectônicos	1
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto sujo, em área levemente côncava. Topo da encosta florestado. Solo próximo sendo preparado para cultivo. Predomina pasto, mas também tem agricultura. Samambaias no pasto, ausência de blocos. Verificam-se também feições erosivas superficiais lineares.					
Classificação do ponto			M		2,00

Ponto 24 - Localização 22° 19' 29,1"S / 42° 20' 00,5"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,32	1
		Porosidade	M	48,03	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,75	3
Declividade			M	15	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área de pasto sujo, não utilizado, com capim já alto. Área perto de corte de encosta com paleosolo a 50 cm da superfície. Área convexa. Apresenta samambaias. Também utilizada para pequena agricultura. Coleta feita na parte alta da encosta.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 25 - Localização 22° 19' 08,1''S / 42° 19' 57,7''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,41	1
		Porosidade	M	41,98	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,16	2
Declividade			A	36	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em encosta côncava com pasto baixo. Apresenta processos erosivos superficiais. Alguns terracetes. Pequenos blocos na encosta (bem poucos). Coleta feita à meia encosta.					
Classificação do ponto			M		1,90

Ponto 26 - Localização 22° 18' 23,7''S / 42° 19' 41,7''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,06	1
		Porosidade	B	56	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,48	3
Declividade			M	18	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área de pasto sujo. Área de depósito de talus, verificando-se em corte de estrada a presença de blocos já bem intemperizados no interior do solo, que apresenta horizontes formados. A montante há um paredão rochoso, além de se verificar em corte de estrada os blocos no solo. Já foi área de cultivo, que sofreu queimada. Presença de arbustos. Área côncava.					
Classificação do ponto			M		2,10

Ponto 27 - Localização 22° 19' 06,5''S / 42° 21' 02,8''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,13	1
		Porosidade	M	53,11	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,83	3
Declividade			MA	25	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Neossolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: encosta retilínea, com cultivo agrícola. Pasto sujo no entorno, indicando área remanescente de pasto. Coleta na meia encosta. Área agrícola. Não tem blocos.					
Classificação do ponto			A		2,50

Ponto 28 - Localização 22° 21' 27,1''S / 42° 21' 22,8''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,13	1
		Porosidade	M	52,52	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,73	3
Declividade			MA	35	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			PS	Granitóides pós-tectônicos	1
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto, na média encosta, próximo a áreas preparadas para o cultivo. Encosta no ponto de coleta. Ausência de blocos, solo úmido e escuro. Solo exposto em alguns pontos. Topo da encosta florestado.					
Classificação do ponto			A		2,40

Ponto 29 - Localização 22° 21' 11,5''S / 42° 23' 02,2''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,08	1
		Porosidade	M	54,2	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,21	2
Declividade			A	39	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: presença de blocos aparentemente alterados in situ. Coleta na média-alta encosta, na linha de convergência de fluxos, parte côncava. Solo parece estar compactado (maior dificuldade de tradagem). Topo da encosta pouco vegetado (algumas espécies arbustivas). Terracetes, feições erosivas lineares superficiais. Área de pasto.					
Classificação do ponto			A		2,25

Ponto 30 - Localização 22° 20' 35,3''S / 42° 25' 02,9''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	0,98	1
		Porosidade	M	54,21	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,39	3
Declividade			M	17	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			B		2
Comentários: ponto de coleta em pasto abandonado, com capim gordura. Abaixo do ponto, corte para passagem da Serramar. Acima tem-se floresta secundária. Ponto de coleta na média encosta. Área com muitos formigueiros. Solo com pouca coesão, aparentando ter certa quantidade de matéria orgânica, bem duro. Remanescente de pasto bem degradado, porém já coberto por pequena mata.					
Classificação do ponto			M		1,85

Ponto 31 - Localização 22° 19' 48,9"S / 42° 26' 09,3"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,19	1
		Porosidade	M	52,4	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,27	2
Declividade			M	21	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			M	Latosolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			B		2
Comentários: coleta em área de pasto abandonado, com vegetação se regenerando. Área de difícil tráfego, com solo bem duro.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 32 - Localização 22° 21' 18,5"S / 42° 21' 34,7"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,31	1
		Porosidade	M	47,18	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,45	2
Declividade			A	44	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			PS	Granitóides pós-tectônicos	1
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Coleta em área côncava, de convergência de fluxos. Encosta cortada para a passagem de estrada. Coleta na média-alta encosta. Pasto com terracetes e feições erosivas laminares. Topo da encosta com cobertura de pasto. Poucos blocos soltos.					
Classificação do ponto			M		1,80

Ponto 33 - Localização 22° 22' 18,6"S / 42° 22' 31,3"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,01	1
		Porosidade	B	58,09	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,95	3
Declividade			MA	30	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			M	Latosolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto sujo, com capim gordura, encosta retilínea. Camada bem espessa (50cm) de capim derrubado, provavelmente roçado. Na tráfego verificou-se uma camada escura no topo do solo e amarelada na parte de baixo, na mesma tráfego. Presença de samambaias. Topo da encosta coberto por pasto sujo com algumas espécies arbóreas.					
Classificação do ponto			M		2,10

Ponto 34 - Localização 22° 22' 43,4"S / 42° 21' 47,9"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,21	1
		Porosidade	M	48,51	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,36	3
Declividade			A	40	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em encosta côncava, úmida, presença de musgo, coberta por pastagem. Blocos soltos, provável alteração in situ. Muitos terracetes de pisoteio de gado e voçoroca à direita do ponto de coleta. Drenagem da estrada direcionada para a voçoroca. Vegetação se desenvolve dentro da voçoroca. Encosta cortada para passar a estrada, com vegetação de floresta no topo.					
Classificação do ponto			M		1,90

Ponto 35 - Localização 22° 24' 19,5"S / 42° 22' 17,0"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,33	1
		Porosidade	M	46,8	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,11	2
Declividade			M	23	1
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Área de pasto, coberta por capim gordura, parte côncava da encosta. Pasto sujo com algumas espécies arbustivas e arbóreas jovens. Topo florestado. Parte côncava utilizada para cultivo, com queimada. Presença de terracetes de pisoteio de gado e algumas ravinas. Pequeno córrego na linha de convergência de fluxos, com presença de plantas típicas de áreas de margem de rio (tipo de lírios).					
Classificação do ponto			A		2,20

Ponto 36 - Localização 22° 24' 50,3"S / 42° 23' 16,0"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,15	1
		Porosidade	M	52,08	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,02	2
Declividade			A	43	2
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Coleta em área de pasto de ovinos, na média encosta, parte côncava. Verificou-se solo bem úmido, com presença de musgos na "parede" dos terracetes de pisoteio. Presença de matações na parte baixa da encosta (próximo ao corte de estrada, que na verdade, fica na meia encosta em relação ao rio). Topo da encosta com cobertura de pasto, mas algumas espécies pioneiras arbóreas se desenvolvendo.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 37 - Localização 22° 24' 42,4"S / 42° 24' 47,4"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,29	1
		Porosidade	M	46,25	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,03	2
Declividade			A	42	2
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: Coleta em área côncava da encosta, em linha de convergência de fluxos. Muitos blocos soltos. Tradagem fácil. Verificação de terracetes de pisoteio de gado. Feições erosivas lineares superficiais. Coleta na média encosta. Topo é florestado. Vegetação de grama, mas usado como pasto. Blocos de 10m de diâmetro no solo.					
Classificação do ponto			A		2,35

Ponto 38 - Localização 22° 24' 30,5"S / 42° 25' 30,5"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,34	1
		Porosidade	M	45,08	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,14	2
Declividade			A	41	2
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área de coleta na média encosta, côncava, vegetação grama, servindo ainda como pasto. Verifica-se terracetes de pisoteio de gado. Blocos de diferentes tamanhos ao longo da encosta. Presença de grande formigueiro em uma parte côncava da encosta. Topo da encosta com mesmo uso, com casa no topo de uma encosta mais próxima. A área é a de um sítio.					
Classificação do ponto			M		2,15

Ponto 39 - Localização 22° 25' 24,2"S / 42° 25' 50,2"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	0,99	1
		Porosidade	B	58,92	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,59	3
Declividade			A	45	2
Precipitação Pluvial			MA	Estação Piller	3
Solo			A	Neossolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			B		2
Comentários: área de pasto abandonado com capim alto, espécies arbóreas e arbustivas. Coleta em média encosta em parte retilínea. Blocos ao longo da encosta. Presença de terracetes de pisoteio de gado. Pasto abandonado para servir de área de criação de abelhas, atividade que também já não está sendo desenvolvida.					
Classificação do ponto			M		2,15

Ponto 40 - Localização 22° 25' 39,5"S / 42° 26' 37,1"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,03	1
		Porosidade	B	55,02	1
	Propriedades químicas	pH	A	3,96	3
Declividade			MA	30	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área convexa, na média encosta. Vegetação de grama, topo da encosta florestado. Fácil de fazer a tradagem. Verificação de blocos soltos de diferentes tamanhos. Encosta cortada para a passagem de estrada. Acima tem um pasto remanescente com vegetação se desenvolvendo. Área aparentemente turística, com pastos abandonados e vegetação colonizando-os. Ainda se verificam algumas clareiras de pasto no local, mais acima da floresta.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 41 - Localização 22° 24' 15,8"S / 42° 26' 00,6"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,12	1
		Porosidade	M	52,94	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,09	3
Declividade			M	19	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área remanescente de pasto, utilizada atualmente para cultivo, na parte convexa da encosta. Muito solo exposto. A tradagem foi fácil.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 42 - Localização 22° 24' 10,4"S / 42° 27' 34,4"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,29	1
		Porosidade	M	45,8	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,15	2
Declividade			MA	35	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média encosta, em área de convergência de fluxos. Muitos blocos e matações. Difícil de fazer a tradagem. Pasto com terracetes de pisoteio de gado. Árvores cortadas ao longo da encosta (restos de formação de pastagem). Formação de crostas, erosão por ravinas próximas aos terracetes.					
Classificação do ponto			M		2,00

Ponto 43 - Localização 22° 24' 02,3"S / 42° 28' 11,0"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,07	1
		Porosidade	M	53,48	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,07	2
Declividade			A	38	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			M	Latossolo	2
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto sujo, desde a base da encosta até seu topo, com espécies arbustivas. Coleta na média-alta encosta. Blocos de diferentes tamanhos soltos na encosta. Área convexa.					
Classificação do ponto			A		2

Ponto 44 - Localização 22° 22' 23,2"S / 42° 23' 12,6"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,05	1
		Porosidade	B	55,96	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,70	3
Declividade			M	16	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média encosta. Abaixo do ponto de coleta há uma área sendo cultivada e outra parte dela, preparada para o cultivo. Encosta retilínea. Antiga área de pasto, que parece estar sendo regenerada no ponto de coleta, que fica logo acima desta área cultivada. Já apresenta algumas espécies arbóreas, com uma sucessão vegetal, mas ainda com muito pasto sob estas arvoretas. Tipo da encosta florestado. Ausência de blocos. Matações no sopé da encosta e blocos que podem ter sido alterados in situ.					
Classificação do ponto			M		2,05

Ponto 45 - Localização 22° 21' 54,7"S / 42° 25' 46,2"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,23	1
		Porosidade	M	48,96	2
	Propriedades químicas	pH	B	5,13	2
Declividade			A	43	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Galdinópolis	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta na média encosta. Solo compactado. Blocos de tamanhos diferentes. Área de pasto, coleta na concavidade. Presença de terracetes. Feições erosivas laminares.					
Classificação do ponto			A		2,25

Ponto 46 - Localização 22° 22' 10,5''S / 42° 28' 20,0''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	0,91	1
		Porosidade	B	61,76	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,61	3
Declividade			A	12	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Neossolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área de coleta côncava. Antiga área de pasto em processo de recuperação. Resquícios de capim colônio. Espécies arbustivas e arbóreas de diferentes idades (pioneiras jovens e adultas). No topo da encosta, floresta mais madura. Presença de deslizamentos do lado da estrada.					
Classificação do ponto			M		2,10

Ponto 47 - Localização 22° 22' 09,9''S / 42° 29' 35,2''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	0,96	1
		Porosidade	B	60,66	1
	Propriedades químicas	pH	B	5,11	2
Declividade			MA	35	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			B		2
Comentários: área remanescente de pasto, já bem tomada por arbustos. Topo da encosta florestado.					
Classificação do ponto			A		2,20

Ponto 48 - Localização 22° 22' 57,8''S / 42° 29' 17,1''W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	0,90	1
		Porosidade	B	62,25	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,02	3
Declividade			MA	28	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área de convergência de fluxos, côncava. Eucaliptal com mata circundante e abaixo dos eucaliptos, algumas espécies arbóreas adultas. Muitos blocos pequenos soltos na encosta (em torno de 20 a 40 cm) e angulosos. Serrapilheira considerável (muitas folhas e galhos). Alguns blocos maiores (matações), mas menor número.					
Classificação do ponto			A		2,40

Ponto 49 - Localização 22° 23' 39,6"S / 42° 30' 05,5"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	M	Franco-argilo-arenosa	2
		Densidade aparente	B	1,20	1
		Porosidade	M	51,41	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,53	3
Declividade			A	45	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto, na média-baixa encosta, em ponto com muito solo exposto na concavidade. Um pouco acima do ponto de coleta tem um pequeno anfiteatro. Poucos indivíduos arbustivos e arbóreas no topo da encosta. Presença de terracetes de pisoteio e feições erosivas lineares superficiais. A coleta foi fácil de ser feita, com solo mais macio.					
Classificação do ponto			M		2,15

Ponto 50 - Localização 22° 24' 09,0"S / 42° 30' 51,9"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	1,18	1
		Porosidade	M	52,8	2
	Propriedades químicas	pH	A	3,74	3
Declividade			MA	32	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			PS	Suíte Desengano	1
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de convergência de fluxos, em encosta côncava. Pasto baixo apresentando terracetes. Topo da encosta coberta com vegetação de floresta. A coleta foi feita na baixa encosta, próximo ao Rio Macaé, com floresta preservada. A encosta apresenta blocos que podem ter sido alterados in situ.					
Classificação do ponto			A		2,45

Ponto 51 - Localização 22° 25' 26,3"S / 42° 31' 53,6"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	A	Franco-arenosa	3
		Densidade aparente	B	0,73	1
		Porosidade	B	69,46	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,45	3
Declividade			A	36	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Neossolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			AS	Escarpas Serranas	2
Cobertura vegetal e Uso da Terra			B		2
Comentários: Coleta em área de floresta secundária, com algumas espécies aparentemente nativas, como palmito. Solo facilmente coletado, macio. Área côncava, de convergência de fluxos. Presença de processos erosivos superficiais laminares. Solo úmido.					
Classificação do ponto			M		2,10

Ponto 52 - Localização 22° 24' 03,4"S / 42° 29' 06,9"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franco-argilosa	1
		Densidade aparente	B	1,24	1
		Porosidade	M	49,38	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,74	3
Declividade			M	17	1
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Neossolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto abandonado, na média encosta. Abaixo há uma área preparada para o cultivo.					
Classificação do ponto			M		1,75

Ponto 53 - Localização 22° 24' 14,3"S / 42° 29' 28,6"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franco-argilosa	1
		Densidade aparente	B	1,08	1
		Porosidade	B	55,37	1
	Propriedades químicas	pH	A	4,01	3
Declividade			MA	26	3
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: área remanescente de pasto, atualmente com gramado, em ponto convexo da encosta, parte baixa para média. Verificação de feições laminares. Área passou por queimada. Tradagem fácil.					
Classificação do ponto			M		1,95

Ponto 54 - Localização 22° 25' 08,0"S / 42° 29' 54,5"W			Classe	Característica	Notas
Amostras de solo	Propriedades físicas	Textura	B	Franca	1
		Densidade aparente	B	1,23	1
		Porosidade	M	48,75	2
	Propriedades químicas	pH	A	4,56	3
Declividade			A	42	2
Precipitação Pluvial			A	Estação Fazenda São João	2
Solo			A	Cambissolo	3
Geologia			S	Complexo Paraíba do Sul	2
Geomorfologia			S	Domínio Montanhoso	1
Cobertura vegetal e Uso da Terra			A		3
Comentários: coleta em área de pasto em descanso, roçado recentemente, na média encosta, com algumas espécies arbóreas. Ao longo do pasto tem-se algumas espécies arbóreas. Área côncava no ponto de coleta. Presença de terracetes de pisoteio. Feições erosivas laminares.					
Classificação do ponto			M		1,90