



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA MATEMÁTICA E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GESTÃO E PLANEJAMENTO
AMBIENTAL**

Luana Balbino dos Santos

Influência da estrutura da floresta nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira em remanescentes florestais da área de proteção ambiental de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ.

Rio de Janeiro

2011

Luana Balbino dos Santos

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Influência da estrutura da floresta nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira em remanescentes florestais da área de proteção ambiental de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ

Dissertação de mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências (Ms.Sc.).

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro
2011

LUANA BALBINO DOS SANTOS

Influência da estrutura da floresta nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira em remanescentes florestais da área de proteção ambiental de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ

Dissertação de mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências (Ms.Sc.).

Aprovada por:

Antônio José Teixeira Guerra, PhD. (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Prof. Dr. Mônica dos Santos Marçal, D.Sc. (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Prof. Dr. Antônio Soares da Silva, D.Sc. (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)

*Uma mente que se abre a uma nova ideia
jamais volta ao seu tamanho original.*
Albert Einstein

FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Luana Balbino

S237i

Influência da estrutura da floresta nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira em remanescentes florestais da área de proteção ambiental de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ

90p. 29,7 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Geociências/PPGG, 2011.

1. Fragmentação Florestal 2. Erosão dos Solos 3. Matéria orgânica 4. Serrapilheira 5. Estrutura da Vegetação

CDD: 631.45

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente a minha mãe Cristina Maria Balbino e minha irmã Giselle Glória, por me apoiarem e incentivarem sempre, em todos os momentos com muito carinho.

Ao meu anjo e grande amor Rodrigo Oliveira Borges, pelo carinho, incentivo e apoio em todos os momentos, além de muita paciência, principalmente nos últimos meses do mestrado.

Ao meu orientador acadêmico Professor Dr. Antônio José Teixeira Guerra, pelos ensinamentos, pelo incentivo e contribuição inestimável durante esta minha formação acadêmica, através de conversas, sugestões, orientações e aulas.

À Sara Regina, ao Hugo Loureiro, ao Luis Fernando e ao Rafael Rodrigues um agradecimento muito especial por terem participado das idas a campo desta pesquisa, com muita dedicação, boa vontade e principalmente bom humor, o que tornou os campos muito mais agradáveis. Sem a ajuda de vocês este trabalho seria impossível. Obrigada.

À Stella Peres Mendes, que sempre esteve muito disposta a me ajudar, desde a iniciação científica até o final do mestrado, me auxiliando nos campos, no laboratório, nos trabalhos e mapas, além de me presentear com a sua amizade.

Ao amigo Fernando Bezerra, que com muita paciência e seu jeito maranhense, me ajudou nas análises estatísticas, tornando tudo muito mais simples e claro.

Ao Leonardo, Luis Fernando, Urubatan, Rafael, Sara e Isabel pela ajuda e dedicação na realização das muitas análises de laboratório.

Aos Luis Lima e Fábio Lima, agradeço por terem tirado minhas dúvidas, pela atenção, sugestões valiosas e pela amizade desde que passei a fazer parte da equipe do LAGESOLOS.

À Tatiana Guerra e a toda a equipe do Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos pelas conversas, apoio e tardes agradáveis de trabalho.

Ao CNPq, pelo financiamento desta pesquisa através da concessão de minha bolsa de mestrado e pelo financiamento dos materiais e trabalhos de campo necessários para o desenvolvimento deste estudo.

A FAPERJ, que possibilitou a realização de trabalhos de campo para esta pesquisa de dissertação.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
SUMÁRIO.....	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE SIGLAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ÁREA DE ESTUDO.....	3
2.1 Localização.....	3
2.2 Caracterização.....	5
2.2.1 Solos, Geologia e Geomorfologia.....	6
2.2.2 Clima.....	8
2.2.3 Cobertura Vegetal.....	9
3.OBJETIVOS.....	12
3.1 Objetivo Geral.....	12
3.2 Objetivos Específicos.....	12
4. EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL.....	13
4.1 Impactos ambientais, conceitos e abordagens	15
4.2 Fragmentação florestal e mosaico de paisagens.....	19
4.3 Erosão dos solos.....	23
4.4 Estrutura da vegetação e serrapilheira.....	32
5. METODOLOGIA.....	36
5.1 Levantamento da área de estudo.....	36
5.2 Trabalhos de Campo.....	37

5.2.1 Coletas de Dados.....	39
5.2.2 Caracterização da Vegetação	40
5.2.3 Coleta de Serrapilheira.....	41
5.2.4 Coletas de amostras de solo.....	42
5.3 Análises das amostras.....	44
5.3.1 Amostras de solo.....	44
5.3.2 Amostras de serrapilheira.....	47
5.4 Análises Estatísticas.....	48
6. RESULTADOS.....	49
6.1 Características da vegetação.....	49
6.2 Características do solo.....	54
6.2.1 Textura.....	54
6.2.2 Acidez do Solo.....	61
6.2.3 Porosidade.....	63
6.2.4 Matéria Orgânica	65
6.3 Serrapilheira.....	69
6.4 Características das encostas dos fragmentos.....	74
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	76
8. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

RESUMO

Para explorar os recursos naturais respeitando as fragilidades ambientais, é necessário compreender os processos dinâmicos que envolvem as relações dos diversos elementos da natureza. As diferentes formas de manejo, que ocasionam graus de impactos ambientais diversos como a fragmentação florestal, provocam mudanças na estrutura e composição dos remanescentes florestais ameaçando sua funcionalidade. Remanescentes florestais constantemente ameaçados por ação antrópica apresentam como resultado da fragmentação, estágios sucessionais diversos, que refletem em diferenças na sua estrutura e composição florística, nos processos de ciclagem de nutrientes e nas propriedades físico-químicas do solo, sendo estes bons indicadores do grau de interferência no sistema. Esta dissertação tem como objeto de estudo fragmentos florestais de Mata Atlântica inseridos na bacia hidrográfica do rio Boa Esperança (Nova Friburgo – RJ) e têm como objetivo caracterizar a dinâmica das relações existentes entre a estrutura da vegetação, as características do solo e o estoque de serrapilheira, buscando-se responder como alterações nessas características, resultantes da fragmentação florestal e de atividades antrópicas, ameaçam tais sistemas florestais. Para observar se tais sistemas florestais apresentam sua funcionalidade ameaçada, foram feitas coletas de solo, de serrapilheira e de dados sobre a estrutura da vegetação em três remanescentes florestais com diferentes características: um fragmento de aproximadamente 176 hectares, um fragmento florestal de aproximadamente 64 hectares, e um remanescente florestal, que não configura um fragmento isolado, pois sua vegetação se conecta com a Mata Atlântica local. As coletas de amostras e de dados foram feitas ao longo de um *transect* estabelecido a partir de 15 metros da borda do fragmento, e as coletas foram feitas a cada 10 metros de comprimento. Foram analisadas as características físico-químicas do solo, tais como densidade real e aparente, porosidade, textura, matéria orgânica e pH, e a serrapilheira foi pesada e separada em camadas L, F e H. Após as análises de laboratório foram feitas análises estatísticas. Como resultado, foi observado que o remanescente florestal que não está isolado apresentou características menos suscetíveis a erosão e uma melhor integridade do sistema florestal. Conclui-se assim que apesar de estarem próximos e localizados em uma mesma bacia hidrográfica, os fragmentos florestais estão sujeitos a diferentes impactos, em função da matriz a qual estão inseridos, do grau de isolamento em que se encontram e do quanto estão sujeitos a atividades antrópicas.

Palavras-Chave: Fragmentação Florestal, Erosão dos Solos, Matéria orgânica, Serrapilheira, Estrutura da Vegetação.

ABSTRACT

To explore natural resources respecting the environmental weaknesses, it is necessary to understand the dynamic processes that involve the relationships of the various elements of nature. The different forms of management, which cause various degrees of environmental impacts, as forest fragmentation, cause changes in the structure and composition of forest remnants threatening its functionality. Forest remnants constantly threatened by human action have as a result of fragmentation, different successional stages that reflect differences in their structure and floristic composition, nutrient cycling processes and soil physical and chemical properties that are good indicators of the degree of interference in the system, providing information about the integrity of these ecosystems. This dissertation has as object of study the Atlantic Forest fragments, inserted into the Boa Esperança river basin (Nova Friburgo-RJ) and the objective of this study is to characterize the dynamics of the relationship between the structure of vegetation, soil characteristics and the amount of litter, to understand how changes in these characteristics, resulting from forest fragmentation and human activities can threaten those ecosystems. To identify if the functionality of the forest systems were threatened, soil physical and chemical properties, such as bulk density, porosity, texture, organic matter and pH, and the litter layers have been examined. In each fragment samples were collected along a transect. The transect was established from 15 meters from the edge of the fragment, to avoid a possible edge effect, and soil sampling was made every 10 meters. Soils and litter were collected in three forest remnants with different characteristics: a fragment of approximately 176 hectares, a fragment of approximately 64 hectares, and a forest remnant that does not configure an isolated fragment, because its vegetation connects with the Atlantic Forest. After laboratory analyses statistical analysis were carried out. As a result, it was observed that the forest remnant that is not isolated presents features less susceptible to erosion and a better integrity of forest system. It was concluded that even though they are located in the same area, the forest fragments are subject to different impacts, depending where the fragment is inserted, the degree of isolation and how much they are subject to anthropogenic activities.

Keywords: Forest Fragmentation, Soil Erosion, Organic Matter, Litter, Vegetation Structure

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudos.....	3
Figura 2 – Mapa indicando a localização dos fragmentos florestais e os pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Boa Esperança - Nova Friburgo (RJ).....	4
Figura 3 - Mapa das unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança. Adaptado de Silva (2002).....	7
Figura 4 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança, Nova Friburgo (RJ).....	8
Figura 5 - Precipitação média mensal no município de Nova Friburgo no ano de 2010 (Estação Galdinópolis).....	9
Figura 6 - Fragmentos florestais e áreas de pasto na bacia hidrográfica do rio Macaé.....	10
Figura 7 - Evidência de processos erosivos em área de pasto próximo a remanescente florestal.....	11
Figura 8 - Área agrícola e área florestal em encosta íngreme na bacia do rio Boa Esperança.....	11
Figura 9 - Fluxograma sobre metodologia.....	36
Figura 10 - Esquema representativo do <i>transect</i> que foi estabelecido no interior de cada fragmento	38
Figura 11 - Foto do interior do fragmento com destaque para a trena utilizada no estabelecimento do <i>transect</i>	39
Figura 12 - Bússula de Bruton sendo usada para obtenção da declividade da encosta.....	40
Figura 13 - Estimativa da altura do fuste da árvore.....	41

Figura 14 - Medição do diâmetro a altura do peito (DAP) com auxílio de uma fita métrica.....	41
Figura 15 - Coleta das camadas de serrapilheira de dentro da superfície amostral de 50 cm X 50 cm.....	42
Figura 16 - Coleta de amostra deformada de solo através de trado mecânico. Amostra sendo retirada do mesmo local onde foi coletada a serrapilheira.....	43
Figura 17 - Anel volumétrico contendo amostra indeformada de solo.....	43
Figura 18 - Coleta de amostras de solo em superfície, no interior da superfície amostral onde foi retirada a serrapilheira.....	43
Figura 19 - Lavagem da areia em peneira de malha após defloculação.....	45
Figura 20 - Determinação da fração silte e argila através do método da pipetagem.....	45
Figura 21 - Análise de densidade real através do método do balão volumétrico.....	46
Figura 22 - Determinação do pH do solo com uso de pHgâmetro e eletrodo mergulhado em solução de água e de KCl	47
Figura 23 - Gráfico representando a média dos valores de DAP para cada fragmento.....	50
Figura 24 - Gráfico representando a média dos valores de altura para cada fragmento.....	50
Figura 25 - Boxplot para os valores médios de DAP dos três fragmentos e quadro com resultado do teste <i>t-student</i>	52
Figura 26 – Legenda para interpretação do boxplot.....	52

Figura 27 - Boxplot para os valores médios de altura dos três fragmentos e quadro com resultado do teste <i>t-student</i>	53
Figura 28 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 1 – Inverno).....	56
Figura 29 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 1 – Verão).....	56
Figura 30 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 2 – Inverno).....	58
Figura 31 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 2 – Verão).....	58
Figura 32 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 3 – Inverno).....	60
Figura 33 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 3 – Verão).....	60
Figura 34 - Boxplot para os valores de matéria orgânica dos três fragmentos no verão e quadro com resultado do teste de Tukey.....	68
Figura 35 - Boxplot para os valores de matéria orgânica dos três fragmentos no inverno e quadro com resultado do teste de Tukey.....	68
Figura 36 - Estoque de serrapilheira (soma de serrapilheira coletada em todos os pontos) no inverno para os três fragmentos.....	70
Figura 37 - Estoque de serrapilheira (soma de serrapilheira coletada em todos os pontos) no verão para os três fragmentos.....	70
Figura 38 - Porcentagem de cada camada de serrapilheira no Fragmento 1, para as duas estações do ano analisadas.....	71
Figura 39 - Porcentagem de cada camada de serrapilheira no Fragmento 2, para as duas estações do ano analisadas.....	72
Figura 40 - Porcentagem de cada camada de serrapilheira no Fragmento 3, para as duas estações do ano analisadas.....	73
Figura 41 - Declividade acentuada no interior do Fragmento 2	76
Figura 42 -. Interior do Fragmento 1, ambiente seco e com evidência de cortes de árvores.....	78

Figura 43 - Resto de armadilha deixada no interior do fragmento, indícios de interferência humana.....	78
Figura 44 - Grande quantidade de fungos no interior do Fragmento 3, indícios de uma maior umidade.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela explicativa das camadas de serrapilheira de acordo com bibliografia.....	48
Tabela 2 – Dados sobre estrutura da vegetação para os três fragmentos.....	51
Tabela 3 – Dados granulométricos – Fragmento 1 – Inverno e Verão.....	55
Tabela 4 – Legenda para interpretação do triângulo textural (USDA)	55
Tabela 5 - Dados Granulométricos – Fragmento 2 – Inverno e Verão	57
Tabela 6 - Dados Granulométricos – Fragmento 3 – Inverno e Verão	59
Tabela 7 – Valores de pH para todos os pontos analisados nos três fragmentos, nos dois períodos (inverno e verão).....	62
Tabela 8 - Valores de porosidade calculados a partir dos valores de densidade real e densidade aparente, para todos os fragmentos, no inverno e no verão.....	64
Tabela 9 – Valores de densidade aparente e densidade real para os três fragmentos, no período do inverno.....	64
Tabela 10 – Valores de densidade aparente e de densidade real para os três fragmentos, no período do verão.....	65
Tabela 11 – Valores de matéria orgânica para os três fragmentos, no inverno e no verão.....	67
Tabela 12 – Estoque de serrapilheira em cada ponto do Fragmento 1 no inverno e verão.....	72
Tabela 13 – Estoque de serrapilheira em cada ponto do Fragmento 2 no inverno e verão.....	73
Tabela 14- Estoque de serrapilheira em cada ponto do Fragmento 3 no inverno e verão.....	74
Tabela 15 – Valores de altitude referente a cada ponto de coleta nos três fragmentos.....	75
Tabela 16- Valores de declividade obtidos com bússola de Bruton para todos os pontos de coleta nos três fragmentos.	75

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APA - Área de Proteção Ambiental

DAP – Diâmetro à altura do peito

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LAGESOLOS - Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos/UFRJ

MMA - Ministério do Meio Ambiente

1. Introdução

Para explorar os recursos naturais de forma sustentável é importante compreender os processos dinâmicos que envolvem as relações dos diversos elementos da natureza. Sabe-se que ao longo dos anos, as diversas formas de manejo ocasionaram mudanças na composição dos recursos florestais, além de alterações nas propriedades do solo e, conseqüentemente, mudanças na estrutura da floresta, o que ameaça sua funcionalidade.

De acordo com o relatório da Fundação SOS Mata Atlântica de 2010, somente no estado do Rio de Janeiro estão 19,59% dos remanescentes florestais de Mata Atlântica. Atualmente, o bioma Mata Atlântica conta com 7% de sua área original, incluindo suas diferentes fitofisionomias. Porém, a maior parte deste remanescente é composta por fragmentos florestais relativamente pequenos e de diferentes formas, inseridos inclusive em áreas legalmente protegidas (AGAREZ, 2002). A fragmentação da Mata Atlântica, que pode ser entendida como o grau de ruptura de uma unidade da paisagem, inicialmente contínua (METZGER, 2003), é resultado da transformação da paisagem, e torna mais difícil a conservação da rica biodiversidade desse bioma, caracterizado por remanescentes florestais com diferentes formas, tamanhos, estruturas, composição e graus de isolamento, distribuído em meio a atividades antrópicas (ZAÚ, 1998; PÁDUA, 2002).

Viana (1990) define fragmento florestal como qualquer área de vegetação natural contínua, interrompido por barreiras antrópicas capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes.

A fragmentação florestal desencadeia uma série de mudanças na paisagem, incluindo distúrbios no regime hídrico e modificações na dinâmica interna dos ecossistemas. Assim, remanescentes florestais constantemente ameaçados por ação antrópica apresentam como resultado da fragmentação estágios sucessionais diversos, que refletem em diferenças na sua estrutura, composição florística, nos processos de ciclagem de nutrientes e nas propriedades

físico-químicas do solo, sendo estes bons indicadores do grau de interferência na floresta, fornecendo dados sobre a integridade dos ecossistemas. Por isso, torna-se importante compreender o impacto das diferentes formas de manejo sobre tal ecossistema, para que seja possível traçar medidas de conservação e/ou recuperação do mesmo.

Um exemplo do que foi citado pode ser visto na bacia hidrográfica do rio Macaé, no litoral norte fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Nesta região, a cobertura vegetal original, caracterizada por Mata Atlântica, foi intensamente degradada pela exploração da madeira e pelo cultivo da cana-de-açúcar a partir do século XVIII (MARÇAL *et al.*, 2002; LIMA *et al.*, 2008). Além disso, de acordo com estudos anteriores realizados pelo Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS – UFRJ) tais como em Lima (2008a), Lima (2010) e Mendes (2010) foram observados através de mapas de uso e cobertura do solo e trabalhos de campo, que esta região representa um mosaico de paisagens, com diversos fragmentos florestais inseridos numa matriz de áreas agrícolas e pastagens, e em encostas íngremes, o que suscita dúvidas quanto à conservação de tal ecossistema.

Nesse sentido, esta dissertação, que tem como objeto de estudo fragmentos florestais de Mata Atlântica inseridos na bacia hidrográfica do rio Boa Esperança, busca-se compreender até que ponto, a fragmentação florestal na Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima ameaça a integridade dos sistemas florestais, afetando sua funcionalidade.

2. Área de Estudo

2.1 Localização

A área de estudo compreende remanescentes florestais em diferentes estágios de regeneração e graus de isolamento, inseridos na Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima. Os remanescentes encontram-se na bacia hidrográfica do rio Boa Esperança que está localizada no município de Nova Friburgo, região serrana do estado do Rio de Janeiro e inserida na bacia hidrográfica do rio Macaé (Figura 1). A bacia do rio Boa Esperança, possui uma área de aproximadamente 52,7 km² e tem como principais cursos d'água os rios Boa Esperança e o São Pedro.

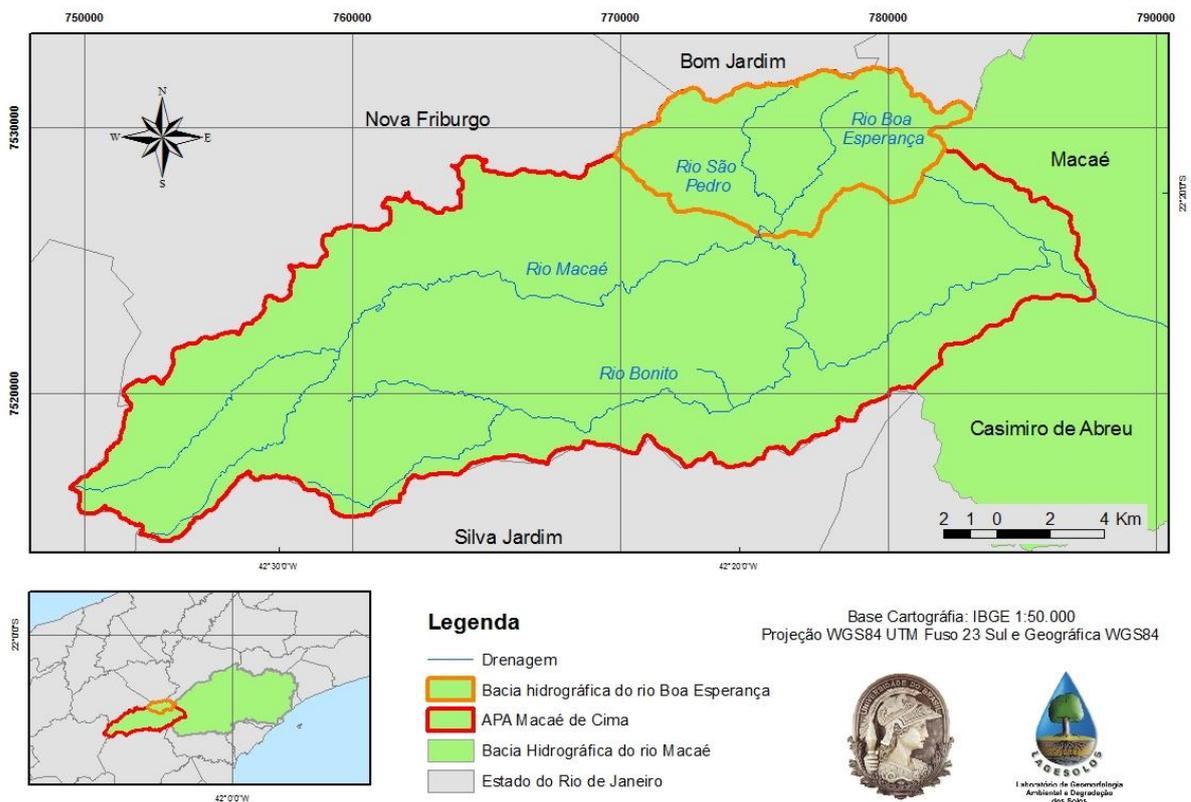


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudos.

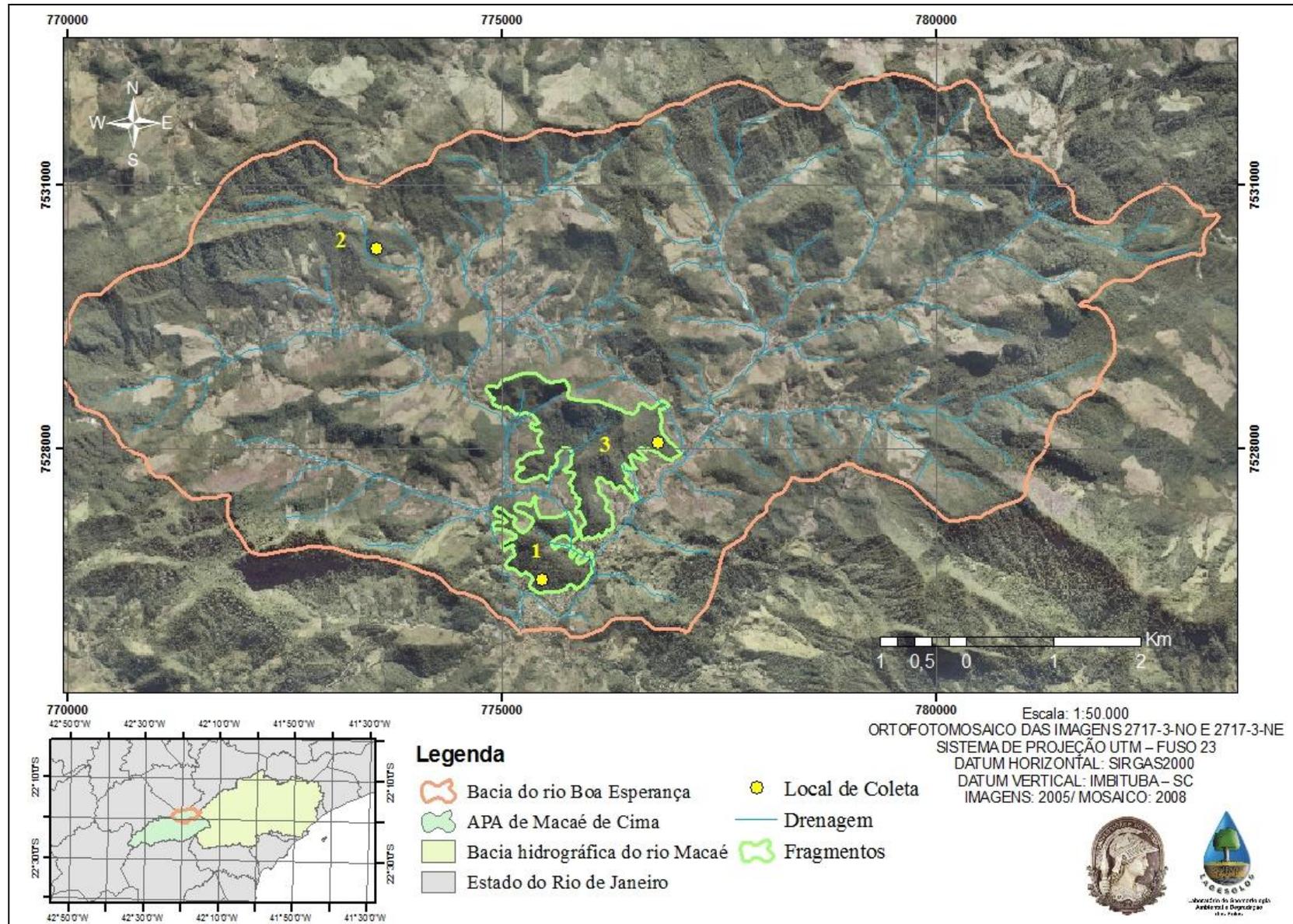


Figura 2 - Mapa indicando a localização dos fragmentos florestais e dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Boa Esperança - Nova Friburgo (RJ).

2.2 Caracterização

A bacia do rio Boa Esperança tem seus solos ocupados predominantemente por produtores rurais e, em algumas partes, por empreendimentos voltados para o turismo.

A bacia hidrográfica do rio Boa Esperança abrange dois distritos de Nova Friburgo: São Pedro da Serra e Lumiar. Este município é considerado uma área estratégica de conservação, por conter uma grande área de fragmentos inseridos no Parque Estadual dos Três Picos (PETP), criado pelo Decreto nº 31.343 de 05 de junho de 2002, na Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima, criada pelo Decreto nº 38.183, de 05 de setembro de 2005, além de diversas RPPNs (Reserva Particular de Proteção Nacional) inseridas em sua área (FUNDAÇÃO MATA ATLÂNTICA, 2000; RAMBALDI, 2003; INPE, 2008).

Além disso, esta paisagem insere-se nos limites da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, que é uma rede mundial de implantação de áreas protegidas, estabelecida através do Decreto Estadual 26.057 em 14 de março de 2000 e que objetiva a manutenção da conservação desse bioma através da implementação de um corredor ecológico contínuo de Mata Atlântica no Estado, unindo os fragmentos florestais existentes. Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica – INPE (2010), o município de Nova Friburgo conta com 44% de sua área com remanescentes florestais da Mata Atlântica.

Entretanto, esta região apresenta alguns de seus remanescentes florestais ameaçados pelo aumento das pastagens, pela crescente pressão antrópica, decorrente do aumento populacional das últimas décadas, pela ampliação de áreas voltadas para a agricultura e/ou extrativismo de recursos vegetais, sem manejo adequado em encostas íngremes e topos de morro, o que leva ao aumento do desmatamento e intensificação de processos erosivos na região (RAMBALDI, 2003; BOHRER & BARROS, 2006).

Nas partes mais elevadas da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança é possível verificar a presença de cultivo agrícola intenso e processos de degradação dos solos, que hoje representam problemas à sua população e às atividades econômicas aí desenvolvidas.

2.2.1 Solos, Geologia e Geomorfologia

De acordo com o mapeamento realizado pela EMBRAPA Solos, numa escala de 1:250.000 (2003), verificou-se um predomínio de solos do tipo Cambissolos, que segundo Lepsch (2002), são solos mais susceptíveis à erosão e são constituídos predominantemente por materiais minerais com um ou mais horizontes superficiais (A,O ou H) que se assenta diretamente sob um horizonte subsuperficial designado pela FAO/UNESCO como “B câmbico”.

Segundo Guerra (2005) os cambissolos possuem horizonte B incipiente (Bi) caracterizado pela presença de minerais primários de fácil intemperização, textura que varia de franco-arenosa a muito argilosa, teor de silte elevado e estrutura comumente fraca. Para o autor, o grau de suscetibilidade desses solos à erosão é variável, dependendo de outras características como sua gradiente textural, sua profundidade e declividade do terreno.

O substrato rochoso da região é formado basicamente por rochas intrusivas e metamórficas Pré-Cambrianas, que afloram extensamente em grande parte da área, pertencentes à unidade litoestratigráfica denominada Complexo Paraíba do Sul (Figura 3), que se estruturou a partir da compressão e deformação das grandes zonas de falhamento da área juntamente com possíveis movimentos tangenciais sobre as falhas principais (SILVA, 2002).

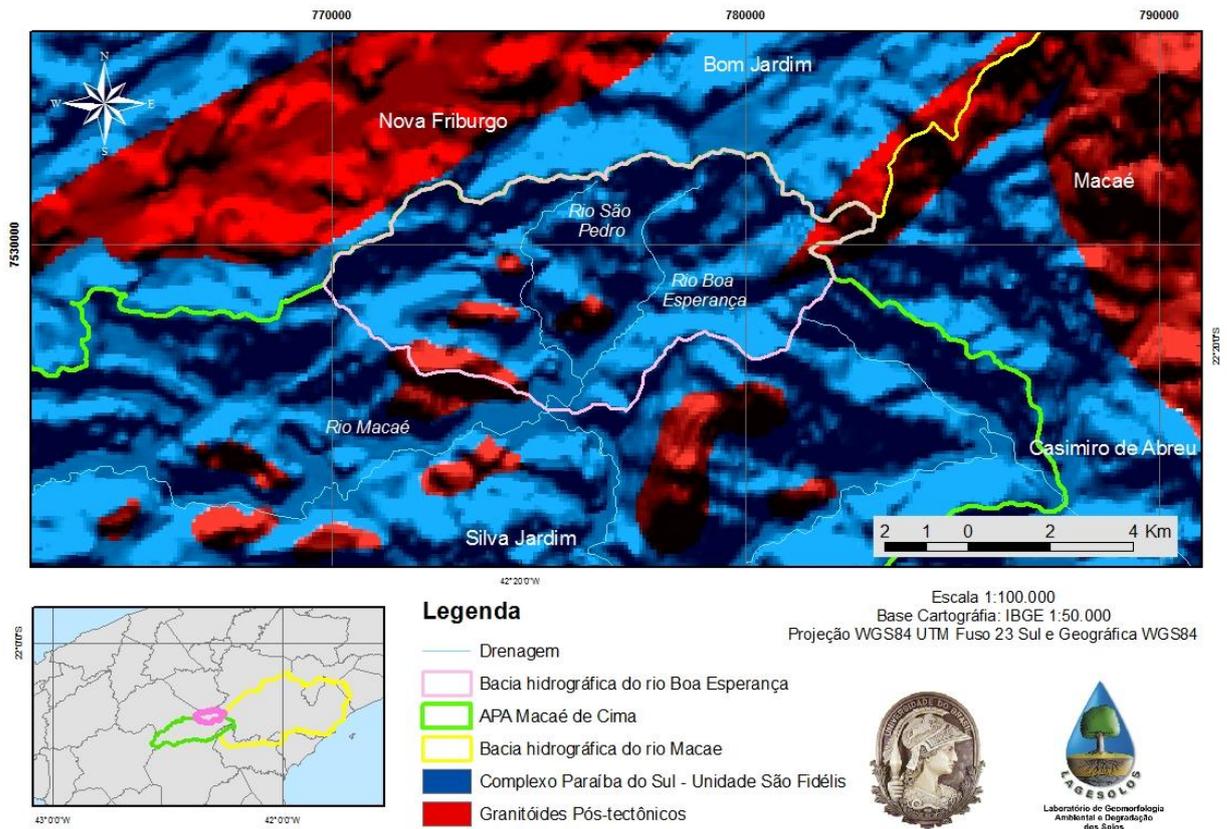


Figura 3 - Mapa das unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança. Adaptado de Silva (2002).

Os aspectos geomorfológicos resultantes da evolução geológica da região foram responsáveis por um relevo local bastante movimentado, com predomínio de escarpas serranas na área da bacia. Segundo Dantas (2000) esse relevo apresenta vertentes de retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, onde podem ocorrer colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha.

Dantas (2001) descreve a unidade morfoescultural presente na bacia como Unidade Morfoescultural Escarpas Serranas (Figura 4). Segundo o autor, a área apresenta relevo bastante movimentado, oriundo dos falhamentos e dobramentos da morfoestrutura geológica, que resultaram num embasamento complexo, dotado de diversidade estrutural, tectônica e litológica.

Segundo Lima & Guedes-Bruni (1997), a bacia apresenta topografia ondulada, com escarpas e pequenos vales, além de áreas com altitudes elevadas, acima de 1500 m e encostas

íngremes. Os aspectos geomorfológicos resultantes da evolução geológica na área da bacia resultaram em um relevo movimentado, com destaque para as escarpas serranas, alto gradiente topográfico, ocorrência de colúvios, depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos rochosos no sopé das elevações (DANTAS, 2000). De acordo com Mendes (2010), apesar da pouca variação de domínios geomorfológicos, há uma elevada amplitude hipsométrica, com variações que chegam até 1.600 metros.

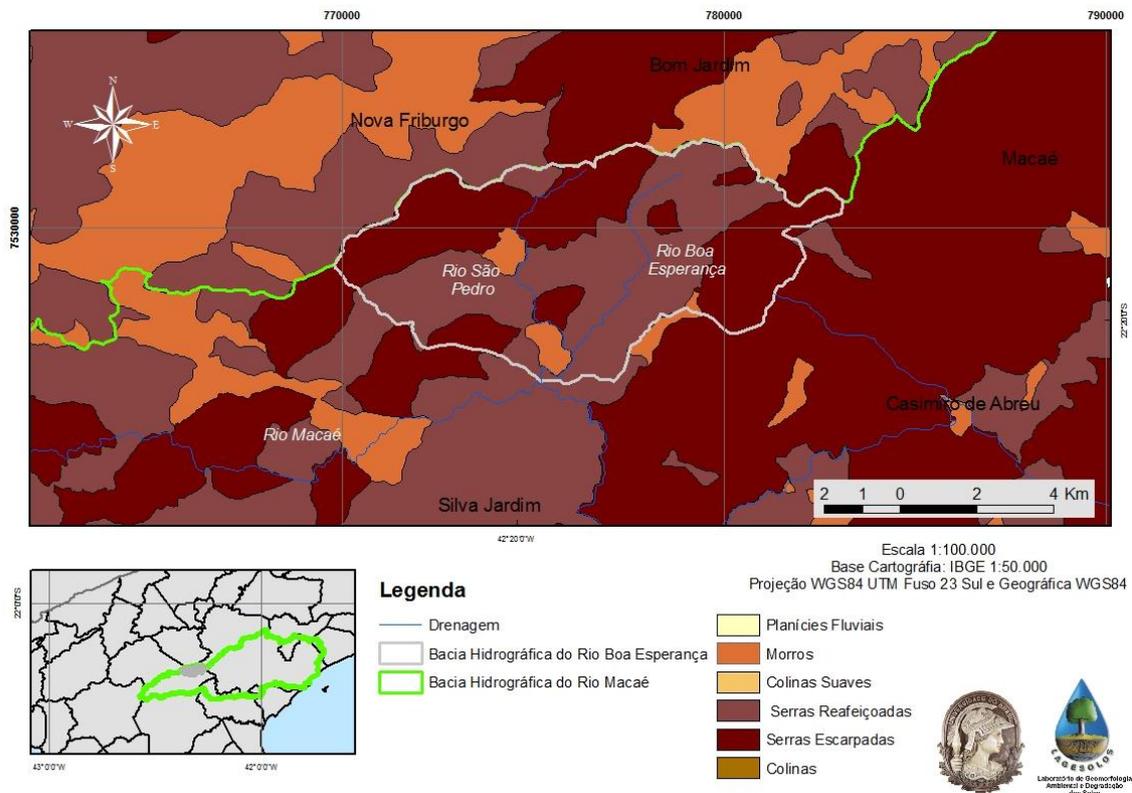


Figura 4 - Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança, Nova Friburgo (RJ). Adaptado de Silva (2002).

2.2.2 Clima

Na região da área de estudo o clima é classificado como tropical de altitude, com médias que variam de 18°C no inverno e 24°C no verão. Este clima é caracterizado por um período mais quente e chuvoso (verão) e outro menos quente e mais seco (inverno). Nas partes mais elevadas da bacia hidrográfica são altos os índices de precipitação anual, podendo chegar a 2000 mm por ano e acima de 500 mm por mês, como registrado no ano de

2010, pela Agência Nacional das Águas na estação pluviométrica de Galdinópolis – Nova Friburgo (Figura 5).

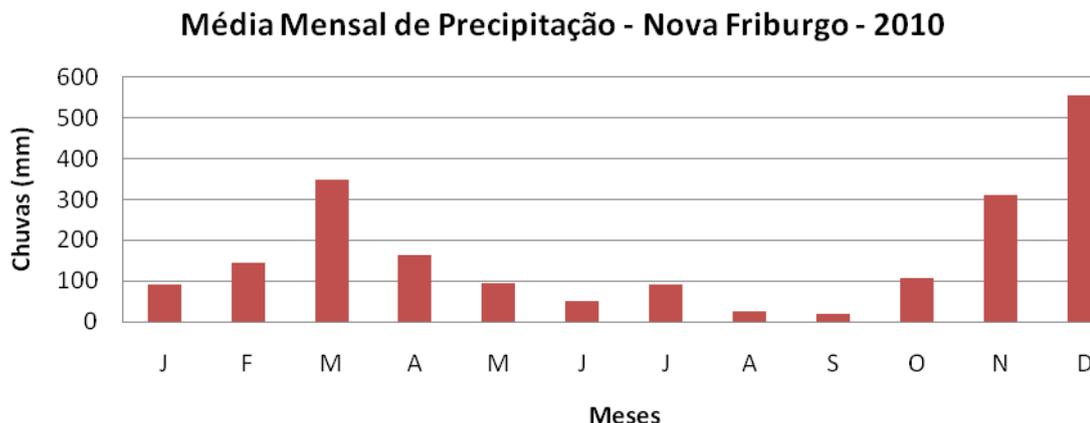


Figura 5 - Precipitação média mensal no município de Nova Friburgo no ano de 2010 (Estação Galdinópolis) . Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA), 2010.

2.2.3 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal é classificada por Rizzini (1979) como predominantemente do tipo Floresta Pluvial Atlântica Montana, vegetação típica de áreas com altitudes elevadas, acima de 1.500 metros, formações de mata nebulosa e de campos de altitude.

De acordo com Lima & Guedes-Bruni (1997), esta região apresenta um alto nível de preservação da vegetação, onde é possível encontrar, nas partes mais altas florestas nativas. Porém, no interior da mata são visíveis diversos estágios sucessionais, que acentuam a dinâmica interior, resultado de mudanças naturais e também antrópicas. Segundo os autores, a vegetação tem fisionomia predominantemente florestal com campos de altitude, floresta com dossel de até 20 m de altura e sub-bosque denso com arbustos e ervas bem diversificados, recobrendo quase todo o solo, além de riqueza de espécies, principalmente epífitas.

Ao estudar a vegetação da Reserva Ecológica de Macaé de Cima, os autores Quinet e Adreata (2002) verificaram a presença de um estrato dominante com altura de 12 a 20 metros, com indivíduos arbóreos emergentes que podem atingir até 40 metros. É importante ressaltar que

o município de Nova Friburgo possui 44% de sua área territorial coberta com vegetação de Mata Atlântica nativa, de acordo com o INPE (2010).

De acordo com o IBGE (1991 e 2004), devido ao histórico de ocupação da área, é possível encontrar na região trechos de vegetação secundária, com forte intervenção humana, que acarretou na descaracterização da vegetação primária. Assim, na área de estudo, a vegetação secundária está relacionada principalmente ao abandono de áreas destinadas a agropecuária, devido à perda da produtividade, que como o passar do tempo sofre uma sucessão natural (Figuras 6, 7 e 8).



Figura 6 – Fragmentos florestais e áreas de pasto na bacia hidrográfica do rio Macaé (Foto: Luana Balbino, 2009)



Figura 7 – Evidência de processos erosivos em área de pasto próximo a remanescente florestal (Foto: Luana Balbino, 2008)



Figura 8 – Área agrícola e área florestal em encosta íngreme na bacia do rio Boa Esperança (Foto: Luana Balbino, 2009)

3. Objetivos

Busca-se neste trabalho, a partir de uma abordagem integrada dos dados e de uma análise intra e intersistêmica dos fragmentos analisados:

3.1 Objetivo Geral

- Caracterizar a dinâmica das relações existentes entre a estrutura da vegetação, as características do solo e o estoque de serrapilheira, buscando-se responder como alterações nessas características, resultantes da fragmentação florestal e das atividades antrópicas, ameaçam tais sistemas florestais.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as propriedades físicas e químicas do solo, o estoque de serrapilheira e a estrutura da vegetação;
- Identificar as relações existentes entre a estrutura da vegetação, as características erosivas do solo e o estoque de serrapilheira;
- Identificar como essas relações dinâmicas são afetadas pelas mudanças ambientais ao longo do tempo e do espaço;
- Contribuir com subsídios para a conservação e recuperação dos remanescentes de Mata Atlântica da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima.

4. Embasamento Teórico-Conceitual

A degradação ambiental e os impactos resultantes da atividade humana apresentam causas e conseqüências físicas e sociais que levam a alterações na dinâmica da paisagem. Entre essas causas podemos citar alguns problemas ambientais atuais que o homem vem enfrentando, tais como perda de potencial agrícola, perda dos recursos florestais e o comprometimento dos recursos hídricos.

Bertrand (1972) define paisagem como *“uma unidade heterogênea cujo espaço é definido pela combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem dela um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”*.

Em relação à dinâmica da paisagem, Ab`Saber (2003) afirma que *as paisagens têm o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente*. Assim, entendendo-se a relação do homem com a paisagem é possível compreender suas transformações ao longo do tempo e do espaço.

Nesta mesma perspectiva, Sauer (2004), em seu artigo “A morfologia da paisagem” define paisagem como uma associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais, e que tem sua identidade baseada na constituição reconhecível, nos limites e nas relações genéricas com outras paisagens que constituem um sistema geral. O autor afirma que não podemos compreender a paisagem sem considerar as suas relações com o tempo e ao espaço, e a ideia de uma paisagem dinâmica, e em constante desenvolvimento e/ou substituição. Assim, uma das conseqüências visíveis da dinâmica da paisagem, e que se enquadra bem neste estudo é a substituição de áreas de florestas por áreas de pasto, ou agricultura, que levam à fragmentação florestal.

Segundo Tricart (1977), *“o sistema apresenta propriedades que lhes são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes”*. Desta forma, se faz necessário o

estudo dos diversos fatores ambientais de forma integrada, pois é a interação dos elementos do sistema que modificam seu comportamento.

De acordo com Christofolletti (1999), a abordagem sistêmica serve de embasamento para uma das formas mais eficientes de investigação da dinâmica do meio ambiente. O autor aponta a importância da relação entre fenômenos de diferentes áreas do conhecimento humano, que se materializam no espaço, abrangendo a estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos e sociais.

Leff (2000) confirma esta ideia ao afirmar que os paradigmas estabelecidos têm sido continuamente desconstruídos na busca por um novo saber ambiental, que exige uma visão sistêmica e um pensamento holístico, possibilitando assim o desenvolvimento com base na sustentabilidade ecológica.

A definição de sistema proposta por Miller (1965) se enquadra bem neste contexto e revela outra característica fundamental dos elementos que constitui o sistema - a sua interdependência. O autor define sistema como um conjunto de unidades com relações entre si, com propriedades comuns e onde o estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades.

Para Guerra e Cunha (2001), é a falta de uma visão integrada dos elementos que compõe o sistema que acarretam o desequilíbrio ambiental. Assim, a bacia hidrográfica, vista como *“uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”* por Coelho Netto (1994), funcionaria como unidade integradora entre o setor social e natural sendo de grande importância nos estudos de recuperação de áreas degradadas. Portanto, o conhecimento de suas relações e propriedades permite minimizar os impactos ao meio ambiente.

Segundo Freitas (1998), o regime hidrológico das bacias hidrográficas, ou seja, as respostas emitidas na saída do canal principal, frente à entrada de energia pelos eventos de precipitação, são resultantes da interação de todos os elementos e fatores que compõe o sistema. Freitas (2003) afirma que dentro de um ciclo hidrológico, as entradas de precipitação em uma determinada bacia de drenagem são retrabalhadas de acordo com os elementos componentes da estrutura interior das paisagens, assim a funcionalidade na entrada dos fluxos hidrológicos depende do tipo de cobertura sobre os solos ou da ausência dela. Esta dinâmica ganha ainda mais relevância quando se trata de ambientes tropicais, onde a cobertura vegetal tem um papel fundamental.

Desta forma, o estudo das bacias sob uma abordagem sistêmica, permite integrar os fenômenos com os processos, pois mudanças na cobertura vegetal e nas condições de produção de sedimento nas encostas interferem no seu comportamento hidrológico. Através da bacia é possível o estudo em diversas escalas temporais e espaciais, além da possibilidade de se extrapolar os resultados e tomar decisões para minimizar os impactos em outras áreas da bacia.

Baseado na discussão acima, nesta pesquisa para compreender os fenômenos naturais através de uma visão integradora dos fatores ambientais, adota-se como área de estudos as bacias hidrográficas, e a paisagem como unidade de análise, por ser o espaço geográfico que engloba as mais diversas formas de ambientes e suas alterações ao longo do tempo e do espaço.

4.1 Impactos ambientais, conceitos e abordagens

O crescimento e desenvolvimento econômico produzem mudanças nos sistemas ambientais e nenhum ecossistema fica intacto, por isso a atual busca por procedimentos e

indicadores para se adequar o desenvolvimento econômico com o uso dos recursos naturais, reduzindo assim os danos ao meio ambiente.

Christofolletti (2003) considera como sendo impactos ambientais todos os efeitos e transformações provocadas pela ação humana nos aspectos do meio ambiente físico e que refletem, por interação, nas condições ambientais que envolvem a vida humana.

Assim, os impactos possuem componentes espaciais e temporais, podendo ser descritos através das modificações no meio ambiente, durante um período específico, numa determinada área. O autor destaca ainda a necessidade de se distinguir os impactos ou efeitos da ação humana, das condições do meio ambiente natural, ou seja, os impactos antropogênicos daqueles impactos e efeitos provocados pelas mudanças do ambiente em circunstâncias que não envolvem atividades antrópicas.

Segundo a Resolução CONAMA 001/1986 são impactos ambientais:

Qualquer alteração do meio ambiente causada por atividades humanas, e que afetam direta ou indiretamente o bem-estar da população, suas atividades, a biota, as condições estéticas, sanitárias, e a qualidade dos recursos ambientais. Menos frequentemente usado, para alterações causadas pela natureza no meio ambiente.

O Dicionário de Língua Portuguesa - Aurélio (1999) define impacto ambiental como:

Qualquer alteração no ambiente causada por atividades antrópicas. Pode ser negativo, quando destruidor ou degradador dos recursos naturais, ou positivo, quando regenerador de áreas e/ou funções naturais anteriormente destruídas. Um impacto ambiental potencial é aquele que ainda não aconteceu, mas cuja possibilidade foi criada em decorrência do funcionamento, normal ou acidental, de uma determinada atividade.

Para o Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais (SOUZA, 2002), impacto ambiental é definido como:

Qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam: I – a saúde, a segurança e o bem estar da população; II- as atividades sociais e econômicas; III- a biota. IV- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais.

A definição legal de impacto ambiental pela Resolução CONAMA 001/1986 considera como impacto ambiental as alterações ambientais causadas pelo homem, deixando de considerar as modificações adversas do meio ambiente.

Nas demais articulações apresentadas ficam evidentes a relação de impacto ambiental com atividades causadas pelo homem, e que podem gerar resultados positivos ou negativos ao meio.

São considerados impactos positivos, as modificações que trazem benefícios não só para a biota e os componentes físicos do meio, como também aqueles que trazem benefícios à saúde pública.

Para Guerra e Cunha (2001), o estudo da degradação ambiental não deve ser feito apenas sob o ponto de vista físico, devendo ser levando em consideração as relações existentes entre a degradação e a sociedade causadora desta degradação. Ainda, segundo os autores, os problemas ambientais são de caráter mundial e afetam todos os espaços da Terra, gerando uma crise ecológica onde as atividades humanas têm grande responsabilidade neste processo.

Segundo Guerra e Mendonça (2004), a ação antrópica sobre os solos pode resultar em impactos ambientais *onsite* e *offsite*. Os impactos *onsite* são aqueles no próprio local e incluem, por exemplo, a diminuição da fertilidade, a diminuição da capacidade de infiltração e a perda de produtividade. Os impactos *offsite* são aqueles que ocorrem fora do local, em geral em decorrência do escoamento superficial, e incluem danos em áreas afastadas, tais como assoreamento, contaminação de corpos líquidos, entre outros. No caso da erosão dos

solos em áreas rurais, os impactos atingem maior amplitude, devido às grandes extensões de terras desmatadas.

Diante desta mesma perspectiva, Lima-e-Silva (2003) destaca que na concepção original de impacto ambiental há implícita a noção dos efeitos provocados por atividades humanas nos sistemas naturais, no qual o ser humano é sempre o agressor e o agredido, pois sofre os danos de suas próprias gestões, sendo comum a associação dos impactos com consequências negativas das atividades humanas no meio natural.

Lima-e-Silva (2003) não considera os fenômenos naturais como impactos ambientais, por não considerar estes como uma ameaça à sustentabilidade do planeta. O autor usa os termos impactos ambientais primários, secundários e terciários, para diferenciar as diversas fases do impacto no ambiente. O impacto primário seria o primeiro evento que sucede um evento iniciador, e ocorre prontamente após a exposição, como por exemplo, uma emissão de poluente que passou a atingir o ambiente externo. Enquanto, os impactos secundários e terciários seriam as consequências seguintes que o agente do impacto provoca em outros compartimentos do sistema, ou nos outros seres vivos, geralmente após certo tempo, como por exemplo, a morte de organismos por intoxicação causada por poluentes.

Para Sánchez (2006), o impacto ambiental está relacionado a alterações da qualidade ambiental, que resultam em modificações de processos naturais ou sociais, causados por ações humanas, e a possibilidade de ter uma conotação positiva ou negativa é uma das características que diferencia este conceito do conceito de poluição, que é sempre negativo.

Ainda para Sánchez (2006) é importante que o impacto ambiental seja entendido como o resultado de uma ação e não confundido com a ação. Em relação à escala espacial do conceito, o autor destaca que várias são as escalas possíveis de alterações no meio ambiente, e que dependendo da escala de espaço atingido pela alteração o impacto vai ter relevância ambiental, ou não. Entretanto, é válido ressaltar que além da escala de espaço

atingido, vai ser a capacidade de suporte do meio, que definirá a proporção daquele impacto, ou seja, o quanto o meio será alterado.

Portanto, o impacto ambiental precisa ser visto como dinâmico e relacionado a mudanças sociais e ecológicas sempre em movimento. Assim, somente estudos voltados para a compreensão das estruturas e dos processos podem explicar os impactos ambientais.

Para Christofolletti (2004), devido a sua expressividade espacial, além do diagnóstico e da análise, se faz necessária a predição e avaliação dos impactos de atividades humana sobre o meio ambiente, fornecendo indicadores para as tomadas de decisão, evitando assim a perda de alguma potencialidade do meio.

Diante deste contexto e das articulações anteriores podemos considerar como impacto ambiental as alterações negativas nos processos naturais e sociais, causadas por atividades humanas no meio ambiente, que afete como resultado o próprio homem, e que pode ser trabalhado em diversas escalas espaciais.

Podemos perceber que toda atividade humana que depende do meio gera impactos, e sua magnitude vai depender da capacidade do meio em assimilar certa atividade. Os impactos ambientais são determinados ao longo do tempo e incidem diferentemente alterando as estruturas sociais e reestruturando o espaço, desta forma, as tomadas de decisões devem fazer parte de um processo racional com propostas que levem em consideração os fatores físico-naturais e sócio-econômicos. Assim, a manutenção do equilíbrio se reverte em qualidade ambiental, que contribui para a manutenção da qualidade de vida das sociedades e a redução dos impactos ambientais negativos.

4.2 Fragmentação florestal e mosaico de paisagens

Podemos definir Mata Atlântica como o conjunto de formações florestais que se estende por toda a região litorânea do país, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande

do Sul, adentrando algumas centenas de quilômetros para o interior do Brasil, atingindo a Argentina e o Uruguai, com uma área original de aproximadamente 1.300.000 km². Além de formações florestais, o bioma Mata Atlântica inclui formações de campos naturais, restingas, manguezais, campos salinos e uma riqueza de ecossistemas que juntos abrangem 17 estados brasileiros (SOS-INPE, 2008; PROBIO/MMA, 2007; MMA, 2010a; MMA, 2010b).

Atualmente, este bioma encontra-se reduzido e o percentual de Mata Atlântica original preservada corresponde a aproximadamente 7%, se levarmos em consideração apenas os fragmentos maiores que três hectares (PROBIO/MMA, 2007; SOS-INPE, 2010).

O processo de degradação da Mata Atlântica é histórico e ocorre desde o início da colonização portuguesa, tendo sido objeto das principais ações humanas que viabilizaram o processo de ocupação do Brasil. A primeira ocupação do território brasileiro se deu próximo à região costeira, tendo início com a primeira atividade econômica desempenhada na época, que era a exploração do pau-brasil. Mais tarde no século XVI, com a intensificação dos processos de ocupação, ocorre a primeira expansão agrícola, acompanhada de derrubadas e queimadas. Posteriormente, com a inserção do gado bovino, o mesmo sistema motivou um avanço espacial e a pecuária bovina na região do Rio de Janeiro se expandiu para leste, ao longo da costa, chegando até a foz do rio Paraíba do Sul. Ao longo do século XVII esta expansão se intensificou, acompanhada da exploração dos recursos florestais e das terras destinadas à agricultura e pecuária. Mais tarde, no século XVIII, com a descoberta do ouro, este processo de degradação se intensificou ainda mais (DEAN, 2007, MMA, 2010a).

De acordo com Turner (1989), o mosaico de paisagens, como resultante dos processos espaciais ocorridos ao longo do tempo, do ponto de vista da conservação, serve de base à análise dinâmica da fragmentação, uma vez que possibilita a identificação dos padrões espaciais, bem como dos processos que ocorrem ao nível da paisagem.

Para Zaú (1998), a Mata Atlântica de hoje se apresenta como um mosaico composto por poucas áreas relativamente extensas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, no qual os fragmentos florestais resultantes, de diversos tamanhos e formas, assumem fundamental importância para a perenidade do bioma.

A fragmentação ocorre quando um ecossistema é subdividido pela ação humana, ou mesmo por perturbações naturais, que resulta em uma paisagem na qual permanecem alguns fragmentos de cobertura original inseridos em uma matriz com características totalmente diferentes. O que pode resultar, por exemplo, em áreas de floresta imersas em uma matriz de agricultura, de vegetação secundária, ou de área urbanizada, como pode ser visto, por exemplo, na área de estudo em questão. Essas matrizes funcionam na maioria das vezes, como barreiras para a dispersão de espécies, pois o tempo de isolamento, a distância entre fragmentos vizinhos, as características do ambiente entre os fragmentos e o grau de conectividade são determinantes na resposta da biota a fragmentação (KINDEL, 2001; CASTRO JR, 2002).

De acordo com Agarez (2002), o ser humano é o principal componente na estruturação da paisagem e a fragmentação do habitat reflete a atividade humana que o originou. Ainda segundo o autor, como consequência da ruptura abrupta entre os ecossistemas, há a configuração de um ecótono induzido, gerando efeito de borda - um conjunto de alterações bióticas e abióticas, decorrentes da criação de uma ruptura abrupta do ecossistema - forçando uma proximidade com outro ecossistema, ou ambiente estranho a ele, sendo tão mais intenso quanto mais próximo se chega da fronteira do ecossistema.

Assim, a fragmentação florestal, que resulta na perda da área original e no consequente isolamento da floresta em manchas, promove alterações diversas na paisagem, afetando também espécies, comunidades e populações (KINDEL, 2001, CASTRO JR, 2002).

Características como grau de isolamento, forma e tamanho do fragmento, resultantes dos diferentes processos de transformações, vão ser determinantes na dinâmica do

fragmento florestal. O grau de isolamento pode determinar a capacidade de recolonização daquele habitat enquanto a forma do fragmento vai influenciar a amplitude do efeito de borda, pois fragmentos mais “recortados”, ou seja, com mais borda estará mais sujeito as alterações abióticas e bióticas do ecótono (AGAREZ, 2002). Em relação ao tamanho do fragmento, de acordo com Rizzini (2000), Gascon *et al* (2001) e Kageyama *et al* (2001) quanto menor o tamanho do fragmento, menor a diversidade de espécies, o que pode tornar mais crítico as condições genéticas para a manutenção ou restabelecimento da biodiversidade.

Ainda para Kageyama (2001), a fragmentação do hábitat interfere em quase todos os modelos e processos ecológicos, seja pelo fator genético, seja devido ao funcionamento dos ecossistemas.

Laurence & Vasconcelos (2009) evidenciam esta interferência em seu trabalho sobre as conseqüências ecológicas da fragmentação na Amazônia. Segundo os autores, a fragmentação da floresta tem múltiplos efeitos sobre a biota amazônica, podendo alterar a diversidade e a composição das comunidades nos fragmentos e mudar processos ecológicos como a polinização, a ciclagem de nutrientes e o estoque de carbono. Laurence & Vasconcelos (2009) destacam ainda, que as mudanças ecológicas que ocorrem em função do isolamento estão, na maioria das vezes, relacionadas ao tamanho do fragmento, pois fragmentos menores tendem a ter uma menor riqueza e densidade de espécies por unidade de área, quando comparado a fragmentos grandes.

Desta forma, a fragmentação florestal, além de causar alterações microclimáticas, principalmente nas bordas dos fragmentos e em áreas de clareiras, tais como maior luminosidade, maior exposição à radiação solar e ao vento e menor umidade, resultam também em alterações na disponibilidade de espécies, na estrutura da vegetação e na

composição florística (MURCIA, 1995; LAURENCE *et al.*, 1998; LAURENCE *et al.*, 2001; LAURANCE & VASCONCELOS, 2009).

4.3 Erosão dos solos

No processo de conversão de terra para o uso humano, os ecossistemas nativos foram transformados em áreas de agricultura, pastagens e áreas urbanas. A mudança do uso do solo comprometeu seriamente a integridade destes sistemas ecológicos através da perda de espécies nativas, invasão por espécies exóticas, erosão do solo e perda da qualidade da água (COLLINGE, 1996).

Os processos erosivos são fenômenos naturais que ocorrem mesmo sem a intervenção humana. Segundo Ross (1990), o grande problema é que com a intervenção humana estes processos ganham frequência, magnitude e em alguns casos consequências catastróficas.

Para Lepsch (2002), em muitos casos o homem se empenha em acelerar o empobrecimento das terras, como acontece historicamente, na Mata Atlântica, através da derrubada da floresta, das queimadas desordenadas, da utilização de encostas íngremes para agricultura, muitas vezes aradas na direção de maior declividade, superpastoreio e terras cultivadas submetidas à monocultura.

Assim, a ação humana, principalmente sobre as encostas, resulta em alterações nos solos e nas características da vegetação, o que requer cada vez mais estudos que viabilizem a manutenção do equilíbrio ambiental.

Segundo Fernandes *et al* (2001), a erosão dos solos na sua forma mais ampla, embora seja um dos fenômenos naturais mais estudados, ainda é pouco compreendida, principalmente no que diz respeito à sua previsão, tanto no tempo quanto no espaço. Tal dificuldade resulta principalmente das complexas interações entre os diversos fatores condicionantes, dos vários mecanismos de ruptura do solo, das características de transporte, além das intervenções antrópicas, cada vez mais frequentes.

Segundo Gonçalves *et al.* (2000), as causas de degradação dos solos brasileiros estão estreitamente associadas aos métodos de desmatamento e de cultivo. Entre as principais causas de degradação está à queima da floresta e dos resíduos vegetais, por expor o solo à erosão hídrica, erosão eólica, às perdas de nutrientes e aos fluxos de massa.

Para Gonçalves *et al.* (2003), solo degradado será todo aquele que sofreu perda parcial ou total de sua capacidade de sustentar o crescimento das plantas e de outros organismos, devido à degradação de seus atributos físicos, químicos e biológicos, por meio da atividade humana. Para o autor, a degradação física se manifesta principalmente pela redução da profundidade e pela perda da qualidade da estrutura dos solos, que leva à formação de crostas na superfície, compactação da camada arável, menor taxa de infiltração e como consequência maior escoamento superficial e erosão. Enquanto que, a degradação química vai se manifestar principalmente pela queda na fertilidade, resultado da redução dos teores de matéria orgânica e de nutrientes.

A erosão se caracteriza pelo desprendimento e arraste de partículas do solo, sobre ação da água e/ou do vento. Sabe-se que as propriedades do solo que o tornam mais ou menos suscetível a erosão são variáveis ao longo do tempo.

De acordo com Bryan (2000), algumas propriedades como a textura mudam lentamente ao longo do tempo, enquanto propriedades como a resistência ao cisalhamento e o grau de agregação das partículas são altamente dinâmicas. Em seus estudos sobre a erosão hídrica em solos de áreas de encostas no Canadá, o autor encontrou que as propriedades que determinam a erodibilidade do solo, tais como a agregação e resistência ao cisalhamento são fortemente afetadas por fatores climáticos, como a distribuição das chuvas, mostrando uma variação sazonal. Segundo os resultados do estudo, características como disponibilidade de água, composição orgânica, atividade microbológica e estrutura do solo podem variar ao longo do tempo, acompanhando as mudanças climáticas, o que afeta a dinâmica erosiva.

Lepsch (2002) e Guerra (2007) reforçam a idéia de que a suscetibilidade do solo à erosão hídrica depende de uma série de fatores, dentre os quais destacam: o clima da região, o tipo de solo, o grau de declividade do terreno e o uso e manejo do solo. Diante destes fatores, a aceleração no ritmo da erosão pode levar a formação de ravinas, voçorocas, pequenos movimentos de massa em estradas e erosão laminar, que como conseqüências levam ao assoreamento de rios, inundação de cidades ribeirinhas e a perda gradual da fertilidade do solo (SELBY, 1990; LEPSCH, 2002, VALENTIN *et al*, 2005; GUERRA, 2007)

Ainda neste contexto, Araujo *et al* (2005) afirmam que são cinco fatores principais que controlam a erosão: o clima, o tipo de solo, a topografia, a cobertura vegetal e o uso e manejo do solo. Os parâmetros climáticos mais importantes são a intensidade e a duração da precipitação. Para os autores, a energia cinética da chuva é que vai determinar sua erosividade, ou seja, sua habilidade em causar erosão.

Bryan (2000) e Guerra (2007) destacam ainda que a análise das propriedades físicas do solo em estudos sobre erosão é de fundamental importância, pois a partir desta análise, é possível inferir sobre a suscetibilidade dos solos, o que torna importante o estudo das propriedades físicas e químicas, junto com a análise das características da encosta, cobertura vegetal e erosividade da chuva.

As propriedades físicas do solo, como textura, porosidade, estrutura e a estabilidade dos agregados têm grande influência na capacidade de infiltração e na estabilidade estrutural do solo, características que tornam um solo mais ou menos suscetível à erosão. Enquanto, as propriedades químicas como pH e teor de matéria orgânica refletem a condição atual de conservação, pois são mutáveis na escala de tempo humano, principalmente por conta de práticas inadequadas de manejo (BRADY, 1989; TOMÉ JR, 1997; POESEN *et al*, 2003; SILVA, 2005; GUERRA, 2007).

A textura é caracterizada pelo tamanho dos grãos do solo, sendo responsável por determinar a maior ou menor facilidade de destacamento e transporte das partículas do solo. De acordo com a fração de solo predominante (argila, silte ou areia) é possível estabelecer o grau de suscetibilidade do solo à erosão. Em relação a argila, em quantidade suficiente, estas partículas possibilitam uma melhor capacidade de retenção de nutrientes, enquanto a areia proporciona melhor aeração ao solo (EMBRAPA, 1997; LEPSCH 2002, GUERRA, 2007).

Ainda em relação à textura, algumas frações são mais facilmente destacáveis do solo, determinando sua erodibilidade. De acordo com Guerra (2005), solos com maior erodibilidade são os que possuem maiores teores de silte. Para Morgan (2005) a fração areia média é uma das mais influentes no desencadeamento dos processos erosivos. É importante ressaltar, que as frações granulométricas não podem ser alteradas facilmente por práticas humanas, sendo, portanto, um bom indicador dos processos ambientais em longo prazo, desde que seja levada em consideração junto com outros fatores como o teor de matéria orgânica por exemplo.

A densidade aparente tem relação com a compactação do solo e pode ser correlacionada com os valores de matéria orgânica, pois à medida que diminui o teor de matéria orgânica, menor a estabilidade dos agregados, que com a maior ruptura facilitam a formação de crostas na superfície e subsuperfície, aumentando a compactação.

A densidade real ou densidade de partículas tem relação com a mineralogia do solo, sendo, portanto uma característica que varia com a composição das partículas, não sendo afetada por variação no seu tamanho (FULLEN E CATT, 2004; MORGAN, 2005). A matéria orgânica é um constituinte do solo que exerce grande influência na densidade de partícula, dotando os horizontes superficiais de densidades de partículas mais baixas que os horizontes subjacentes. Em relação à porosidade, este é um fator que depende dos valores de densidade real e aparente, sendo inversamente proporcional à densidade aparente.

Quanto às propriedades químicas, a perda da matéria orgânica pode causar sérias alterações na estrutura do solo, tais como a redução da estabilidade dos agregados, deixando o solo mais vulnerável à erosão, devido à redução da taxa de infiltração pela formação de crostas e ao conseqüente aumento do escoamento superficial.

A estabilidade dos agregados é proporcionada pelo conteúdo de matéria orgânica, em função dos efeitos químicos do húmus. Neste âmbito, considera-se o húmus no sentido estrito, ou seja, a matéria orgânica coloidal, de coloração escura, resultante das neofomações microbianas e processos químicos. Esta matéria orgânica tem a capacidade de ligar-se, de forma estável, aos componentes minerais do solo formando o complexo húmus-argila (GARAY E SILVA, 1995; GUERRA, 2007).

O teor de matéria orgânica é um fator responsável pela estabilidade dos agregados, ou seja, solos com teores maiores que 3% associados com argila formam agregados estáveis, que tornam os solos menos suscetíveis a erosão. Enquanto, solos com teores de matéria orgânica inferiores a 2% e altos valores de silte e areia fina formam agregados instáveis, aumentando a erodibilidade do solo. Assim, os solos com maiores teores de matéria orgânica têm agregados mais estáveis, mais resistentes ao impacto das gotas de chuva e possuem melhor desempenho em relação à infiltração (SELBY, 1993; LEPSCH, 2002; MORGAN, 2005).

Para Berg & McLaugherty (2003) a decomposição da matéria orgânica é responsável pelo retorno de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) para a atmosfera, e é responsável pela formação das substâncias húmicas que contribuem para a fertilidade do solo assim como para o armazenamento de carbono em longo prazo. Logo, a decomposição, processo que inclui mecanismos químicos, físicos e biológicos, está intimamente ligada à ciclagem de nutrientes, sendo, portanto, essencial para a regeneração das cadeias de nutrientes orgânicos.

Ainda para os autores, a disponibilidade de nutrientes no solo vai depender da dinâmica de matéria orgânica, ou seja, se há acúmulo de matéria orgânica no solo, maior será a capacidade de cátions trocáveis, maior a capacidade de retenção de nutrientes no solo e, portanto maior a fertilidade. Solos mais férteis e equilibrados vão apresentar maior estabilidade, o que afeta a comunidade biológica, pois aumenta a reserva de nutrientes disponíveis para as plantas na forma de húmus.

Desta forma, a matéria orgânica caracteriza-se como fator chave para a manutenção dos sistemas florestais e controle dos processos erosivos, determinando uma estrutura mais estável e fértil. A fertilidade do solo é um bom indicador do seu estado de conservação, a partir do qual se pode inferir a respeito de diversos processos que tenham ocorrido e esteja relacionado à perda de sedimentos, matéria orgânica e componentes da cobertura pedológica (FACELLI E PICKETT, 1991; FULLEN, 1991; GUERRA, 2005; MORGAN, 2005).

Em relação ao pH, sua determinação é importante devido a sua influência na formação e estabilidade dos agregados, além de ter íntima relação com a fertilidade. O pH do solo apresenta íntima relação com a conservação, pois a acidificação pode ser tanto um indício de práticas de manejo inadequadas como de características ambientais. Allison (1973, apud Guerra e Cunha, 1996) afirma que solos ácidos são deficientes em cálcio, e este elemento é importante, pois contribui na retenção do carbono, favorecendo a formação dos agregados que combinam húmus e cálcio.

De acordo com Brady (1989), os microorganismos e os vegetais são sensíveis aos seus ambientes químicos e por isso se concede grande atenção à reação do solo e aos fatores a ela associados. A acidez no solo é comum em todas as regiões onde a precipitação é elevada o suficiente para lixiviar quantidades apreciáveis de bases permutáveis (cálcio e o magnésio) na água de drenagem.

Lopes (1989) confirma esta ideia afirmando que quando saturado com H^+ , um solo comporta-se como um ácido fraco. Quanto mais H^+ for retido no complexo de troca, maior será a acidez do solo. O alumínio age como elemento acidificante e ativando o H^+ . Os íons básicos, tais como Ca^{+2} e Mg^{+2} , tornam o solo menos ácido, ou seja, mais básico.

A declividade, o comprimento e a forma da encosta também afetam a erodibilidade do solo. De acordo com Poesen (1984) quanto maior a declividade menor a taxa de erosão, pois a declividade exerce um efeito positivo nas taxas de infiltração, afetando a taxa de geração de escoamento superficial.

Quanto à cobertura vegetal, para Coelho Netto (1994) solos expostos pela remoção total da cobertura vegetal são ambientes de grande geração de fluxos superficiais, uma vez que não são encontrados os elementos e mecanismos que definem a condição de infiltração da água para a subsuperfície, assim a capacidade de infiltração diminui e o excedente de precipitação escoar pela superfície, iniciando um fluxo superficial.

Sabe-se que o vento e a água são os principais agentes da erosão. De acordo com Guerra (2007) a água que chega ao solo, diretamente pelo impacto das gotas de chuvas, ou indiretamente após ser interceptada pela cobertura vegetal, é que vai participar da erosão. Assim, a água pode tomar diversos caminhos, provocar a erosão por *splash*, se infiltrar, aumentando o teor de umidade, podendo saturar o solo, e a partir daí se armazenar nas irregularidades formando poças que eventualmente podem transbordar dando início ao escoamento superficial. Desta forma, as superfícies do solo expostas ou desprotegidas são as mais vulneráveis a este tipo de erosão superficial. As gotas de chuva, ao encontrar os solos desprotegidos não somente causam erosão, como tendem a compactar o solo e conseqüentemente diminuir sua capacidade de infiltração.

Ainda segundo Guerra (2007) a erosão por salpicamento, causada pelo impacto das gotas de chuva diretamente sobre o solo, também chamada de erosão por *splash*, é um

estágio inicial do processo erosivo, por deixar as partículas do solo suscetíveis a serem transportadas pelo escoamento superficial, devido a ruptura dos agregados. Portanto, a ruptura dos agregados diminui a porosidade do solo, provoca a selagem e afeta a taxa de infiltração, aumentando o escoamento superficial. Assim, áreas de solos expostas apresentam potencial para geração de fluxos superficiais, que carregando sedimentos, atingem os sistemas de drenagem podendo causar assoreamento. Além disso, a continuidade do processo de escoamento superficial pode levar a sua concentração e à formação de ravinas que podem evoluir para voçorocas.

Segundo Botelho (1999) o solo, material dinâmico, é o mais afetado diretamente pela ação humana, sendo erodido, transportado e depositado em curto período de tempo. Em relação à cobertura vegetal, a autora afirma que apesar da dificuldade de avaliar sua influência devido à grande modificação sofrida na vegetação natural, esta também se configura como um importante fator ambiental a ser estudado, por representar o nível de proteção do solo.

Para Morgan (2005) as plantas vão diferir na proteção do solo a erosão, de acordo com a diferença na densidade e na morfologia da cobertura vegetal. O autor destaca que as florestas, dependendo da altura e continuidade das copas, da densidade de sua cobertura e de suas raízes, exercem uma eficaz proteção do solo contra a erosão. Isto fica claro, quando se observa a menor taxa de perda de solo em florestas, devido ao menor escoamento superficial e às maiores taxas de infiltração, em função da maior interceptação das gotas de chuva e da melhor agregação dos solos, devido à alta densidade de raízes.

Segundo Lepsch (2002), a ausência da cobertura vegetal em regiões de encostas íngremes e a presença de chuvas torrenciais levam à remoção das partículas mais finas do solo, deixando as mais grosseiras, e conseqüentemente mais suscetíveis à erosão.

Gonçalves *et al.* (2003) destacam ainda a importância das copas das árvores e das camadas de resíduos vegetais acumulados sobre os solos, no amortecimento do impacto das gotas de chuva, evitando a desagregação das partículas e o desencadeamento do processo erosivo. Além disso, as plantas e resíduos acumulados na superfície do solo funcionam como obstáculos ao caminho da água, aumentando o tempo de escoamento sobre o terreno e, conseqüentemente, as taxas de infiltração. Essas camadas de resíduos, dependendo da biomassa, também protegem o solo de receber diretamente a radiação solar, reduzindo a perda de água por evaporação e as amplitudes de variação térmica.

Assim, a vegetação pode influenciar na estabilidade superficial das encostas de diversas maneiras. Segundo Araujo *et al* (2005), os benefícios protetores ou estabilizadores da vegetação dependem do tipo de vegetação e do tipo de processos de degradação na encosta. Assim, a perda ou remoção da vegetação da encosta pode resultar no aumento das taxas de erosão. Os autores chamam a atenção para a os efeitos benéficos da manutenção de uma vegetação herbácea e de gramíneas na prevenção da erosão pluvial. Entre os benefícios para o solo está a interceptação da água da chuva, que reduz o impacto das gotas, a contenção das partículas dos solos por meio do sistema radicular, o retardamento do fluxo superficial, por meio das rugosidades geradas pelos caules e folhas na superfície do solo, e a maior taxa de infiltração, devido a melhor porosidade e permeabilidade do solo, que impede ou atrasa a formação do escoamento superficial.

Desta forma, à medida que grandes extensões de terra são desmatadas para a agricultura, ou pecuária, nos países com altos índices pluviométricos, além da perda da funcionalidade florestal, as taxas de erosão começam a aumentar quase que imediatamente. Em relação à produtividade, nas áreas agrícolas, a erosão implica em sua diminuição, cessando a atividade de agricultura que dá lugar á pecuária extensiva (GUERRA E MENDONÇA, 2004; GARCÍA-RUIZ, 2010).

4.4 Estrutura da vegetação e serrapilheira

Podemos considerar como serrapilheira, o material que chega ao solo, oriundo da biota e que fornece anualmente grandes quantidades de resíduos orgânicos, sendo composta por folhas, caules, frutos, sementes, raízes, arbustos, gramíneas e outras plantas nativas, além de resíduos animais, representando uma forma de entrada e posterior incremento da matéria orgânica no solo (BRADY, 1983; LOPES *et al.*, 1990; GARAY *et al.*, 1995; GARAY E SILVA, 1995; DIAS & OLIVEIRA, 1997).

Assim, a serrapilheira acumulada sobre o solo, além de proteção física do solo, tem um importante papel no equilíbrio dos ecossistemas florestais, pois reflete o subsistema de decomposição e a estrutura da floresta, sendo essencial para a ciclagem de nutrientes. Logo, padrões de produção e acúmulo de serrapilheira refletem a estrutura e dinâmica da comunidade vegetal, sendo fundamental ao entendimento e monitoramento do ecossistema, pois a mesma pode ser afetada pelo clima, fertilidade, composição e estrutura da vegetação, estágio sucessional, além de perturbações no seu entorno (FACELLI E PICKETT, 1991; DELITTI, 1995; MORAES, 2002, CAMPOS *et al.*, 2008).

Vidal *et al.* (2007), estudando a produção de serrapilheira em floresta secundária numa paisagem fragmentada na localidade de Ibiúma (SP), não encontraram relação entre a produção de serrapilheira no interior e na borda dos fragmentos, porém foi encontrado para o maior fragmento uma produção de serrapilheira mais expressiva, havendo também relação entre a produção de serrapilheira e as estações do ano. A maior produção total de serrapilheira foi encontrada na estação seca e a menor produção foi no início da estação chuvosa. Para os autores não há um padrão, e a diferença entre borda e fragmento vai depender do tamanho do fragmento, do histórico de fragmentação, do grau de isolamento e do tipo de floresta. Assim, em florestas tropicais, que são mosaicos dinâmicos, a produção e o acúmulo vão depender da característica e dinâmica de cada floresta.

Para Vidal *et al* (2007), a estrutura da floresta apresenta forte relação com a produção de serrapilheira, pois o maior porte das árvores, com dossel mais desenvolvido, pode ser mais importante do que a abundância de espécies pioneiras. Isso ocorre por que as espécies de estágios sucessionais iniciais, com maior densidade de árvores finas e dossel mais aberto são mais sujeitas ao vento e a menor umidade, levando a uma maior queda dos galhos, mais finos e a uma maior produção de serrapilheira.

Além disso, modificações na estrutura da vegetação podem significar alterações na diversidade vegetal. Para Swift *et al* (1997) indivíduos diferentes e em distintas fases de desenvolvimento vão apresentar diferenciações na quantidade de biomassa, no aporte foliar e nas características e composição dos compostos fenólicos, o que representa diferenciações no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Cianciaruso *et al.* (2006) em estudos na Estação Ecológica de Jataí, em São Paulo, encontraram que a fração formada por folhas corresponde a maior parte do estoque de serrapilheira, podendo alcançar até 70% do estoque total. Os autores também identificaram que estágios sucessionais iniciais em expansão respondem mais à precipitação, enquanto os estágios mais avançados possuem respostas mais intensas à mudança de temperatura, o que aponta para uma forte relação entre o aporte foliar que chega ao solo, a disponibilidade de água e o clima. Notou-se que nos meses onde é menor a disponibilidade de água é maior o aporte foliar, o que seria uma estratégia da planta, pois quanto menor a quantidade de folhas, menor será a perda de água por evapotranspiração.

Para Araújo *et al.* (2002) e Martins e Rodrigues (1999), a quantidade de serrapilheira depositada, além de variar acompanhando os processos de sucessão, também pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação, dependendo do grau de perturbação da área. Áreas com elevado grau de perturbação, por possuírem maior quantidade de espécies pioneiras de crescimento rápido, investem mais em produção de biomassa, produzindo maior quantidade

de serrapilheira. Enquanto, em áreas menos perturbadas a situação é diferente, devido à menor presença de espécies secundárias tardias, que produzem menos biomassa, por possuírem maior longevidade. Assim, o estoque de serrapilheira em áreas submetidas a distúrbios pode ser empregado como indicador visando avaliar o processo de recuperação da vegetação.

Vallejo e Vallejo (1982) descrevem a importância da serrapilheira na proteção dos solos, destacando o seu papel no amortecimento da água da chuva e na retenção das águas pluviais com gradativa liberação para o solo. Neste mesmo contexto, Guerra (2005) destaca a importância desta camada de materiais vegetais, que recobre a superfície do solo, na proteção contra a erosão por salpicamento.

Segundo Facelli e Pickett (1991), o acúmulo de serrapilheira age na proteção do solo, interceptando a luz, sombreando sementes e reduzindo a amplitude térmica. Ao reduzir a temperatura e criar uma barreira à difusão do vapor d'água, a serrapilheira reduz a evaporação do solo. Pode agir também reduzindo a disponibilidade de água, retendo parte da água da chuva que chegaria até o solo, além de impedir a chegada de algumas sementes e dificultar o crescimento de plântulas. Segundo os autores, fatores de microsítio como luz, temperatura, umidade do solo e disponibilidade de nutrientes estão sujeitos a alterações em decorrência da quantidade de serrapilheira depositada, afetando, conseqüentemente, a determinação e o estabelecimento da vegetação inicial.

As diferenças no estoque e nas características da serrapilheira têm íntima relação com a velocidade de decomposição e conseqüente liberação dos nutrientes para o solo e para as plantas. Para Begon *et al.* (1996), a taxa de decomposição de matéria orgânica é influenciada pela composição bioquímica da planta e pelos nutrientes minerais, especialmente o nitrogênio disponível no meio ambiente. Se o nitrogênio não estiver disponível o processo de decomposição torna-se mais lento, e por isso a serrapilheira não

decomposta se acumula. Neste caso, as características físicas do solo como aeração, disponibilidade de água e o pH são de grande importância, pois influenciam nas taxas de decomposição por afetarem a atividade dos decompositores. O nível de atividade dos organismos decompositores tende a ser menor quando as temperaturas são baixas, a aeração do solo é pobre, a água é escassa e o pH é ácido.

Um exemplo da influência da decomposição nas características do solo pode ser visto no tipo de húmus formado sobre o solo. Neste caso, trata-se do húmus no sentido amplo, ou seja, conjunto de horizontes orgânicos de superfície (A_0) superpostas ao primeiro horizonte orgânico-mineral (A_1), que pode se apresentar do tipo *mull*, *moder* e *dysmoder*. O húmus do tipo *mull* está associado a uma grande produtividade vegetal, solos ricos e aerados, sendo evidente a presença de uma descontinuidade morfológica entre a matéria orgânica figurada (restos florestais) e o horizonte A_1 . O húmus do tipo *moder* está ligado a solos florestais pobres e com sinais de acúmulo de matéria orgânica superficial, devido a uma decomposição mais lenta. Entre suas características principais está a presença de um horizonte de matéria orgânica amorfa sob os restos foliares, rico em raízes finas (horizonte H) que se dilui até o horizonte A_1 . O húmus do tipo *dysmoder* pode ser considerado uma forma acentuada do húmus tipo *moder*, com intenso acúmulo de matéria orgânica amorfa sobre o horizonte A_1 resultante de uma atividade biológica deficiente (Garay & Silva, 1995).

Assim, evidenciamos a relação existente entre a serrapilheira a cobertura vegetal e as propriedades físicas e químicas do solo. É possível notar como a serrapilheira é um compartimento vital ao ecossistema, funcionando como reservatório de nutrientes, que afeta diretamente a funcionalidade dos sistemas ambientais e tem sua produção e acúmulo também afetado por mudanças nesses sistemas. Portanto, compreendendo os mecanismos de transferência que ocorrem nesse compartimento é possível compreender a dinâmica dos ecossistemas. Da mesma maneira, a estrutura da vegetação interfere na disponibilidade dos

recursos tais como umidade, luminosidade, características erosivas do solo e produção de serrapilheira, sendo fator determinante na manutenção do equilíbrio dos sistemas florestais.

Desta forma, tais indicadores, ao serem analisados permitem um diagnóstico da integridade do ecossistema e, por ter relação direta com a biodiversidade, podem ser usados como indicadores de sistemas alterados.

5. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos no trabalho, seguiram-se uma série de procedimentos que envolvem quatro etapas principais: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, análises de laboratório e análises estatísticas (Figura 9). Todos os procedimentos a serem realizados e seus respectivos métodos encontram-se descritos a seguir:

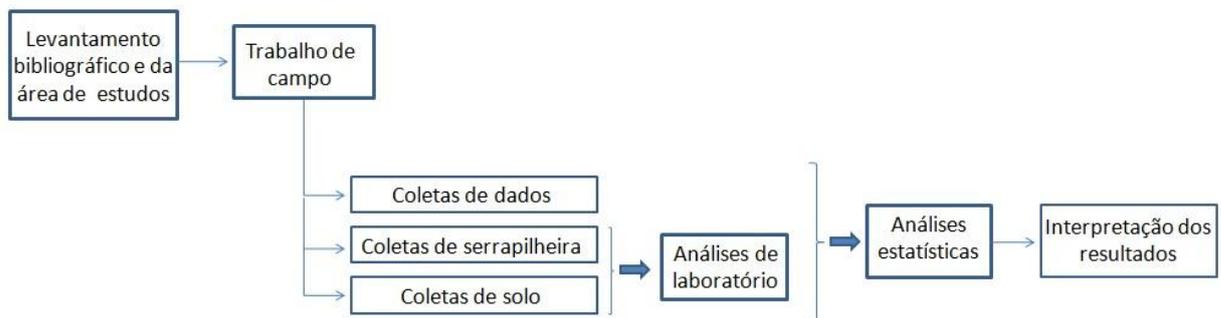


Figura 9 – Fluxograma sobre metodologia.

5.1 Levantamento da área de estudo

Foi realizado o levantamento bibliográfico e análise da sub-bacia, através do uso de mapas temáticos de uso e cobertura do solo, na escala de 1:50.000, imagens de satélites e trabalhos de campo para localização, reconhecimento e escolha dos fragmentos florestais a serem estudados. Para fins de estudo, no presente trabalho foram considerados como fragmentos, os remanescentes florestais de Mata Atlântica, inseridos em um mosaico de paisagens, ou seja, inseridos numa matriz de plantio, pastagens, áreas agrícolas, moradias e

áreas destinadas ao turismo, como pousadas. Para maior representatividade e possível comparação o estudo foi realizado em remanescentes florestais que se encontram em diferentes estágios sucessionais e graus de isolamento, e sob a influência de diferentes atividades antrópicas.

Ao todo, serão três fragmentos florestais, sendo dois fragmentos isolados, um maior (Fragmento 3) e outro menor (Fragmento 1). O fragmento maior (Fragmento 3) tem aproximadamente 167 hectares, e por estar ao longo da estrada que liga o distrito de São Pedro da Serra ao de Boa Esperança, aparentemente é mais degradado e possui mais evidências de atividade antrópica no seu anterior. Enquanto, o fragmento menor (Fragmento 1), com aproximadamente 64 hectares, possui um formato mais regular, menos recortado e portanto com menor área de borda, e fica no centro de Lumiar (5º distrito do município de Nova Friburgo). Será usado também um remanescente florestal mais ao norte da bacia (Fragmento 2), que não é caracterizado por uma área de vegetação isolada das outras por um ambiente diferente do original, sendo, portanto um remanescente de Mata Atlântica conectado a outros remanescentes locais, o que sugere um melhor estado de preservação. Na figura 9, onde se identifica os fragmentos, é possível notar que o Fragmento 2 tem sua área extrapolando os limites da área da bacia, e portanto não foi delimitado como os demais fragmentos, por fazer parte de um corredor de Mata Atlântica e não de um remanescente isolado.

Após a escolha dos fragmentos e da caracterização da área de estudo, seguiu-se para a segunda etapa da pesquisa, que consiste nos trabalhos de campo para obtenção de dados e coletas das amostras.

5.2 Trabalhos de Campo

Foram realizadas idas a campo em dois períodos distintos ao longo do ano para coleta de amostras de solo, coleta de serrapilheira e obtenção de dados sobre o remanescente,

abrangendo assim um período mais seco (inverno) e outro mais úmido (verão) do ano. Os meses escolhidos para as idas a campo foram agosto de 2010 e fevereiro de 2011, respectivamente, inverno e verão. As coletas de dados e de amostras foram feitas nos interior dos três remanescentes florestais, ao longo de um *transect* de 60 metros de comprimento e 5 m de largura, distante 15 metros da borda do fragmento para se evitar possíveis efeitos de borda (Figura 10). Considerou-se com área pertencente ao *transect*, 2,5 metros para o lado direito e 2,5 metros para o lado esquerdo da fita que marca os 60 metros, formando assim uma área no formato de um retângulo. Para estabelecer o início do *transect* entrou-se no fragmento e após aproximadamente 15 metros de borda iniciaram-se as coletas que foram realizadas a cada 10 metros, para o lado esquerdo do *transect* (Ponto A na Figura 10) e para o lado direito (Ponto B na Figura 10). No total, para cada fragmento, foram 14 pontos de coleta (Na figura 10: P1A até P7A e P1B até P7B), totalizando 42 pontos de coleta no final do estudo. Para todos os fragmentos buscou-se seguir um padrão do local de estabelecimento do *transect*, porém a localização do mesmo no fragmento florestal foi condicionada à possibilidade de acesso e entrada na floresta (Figura 11).

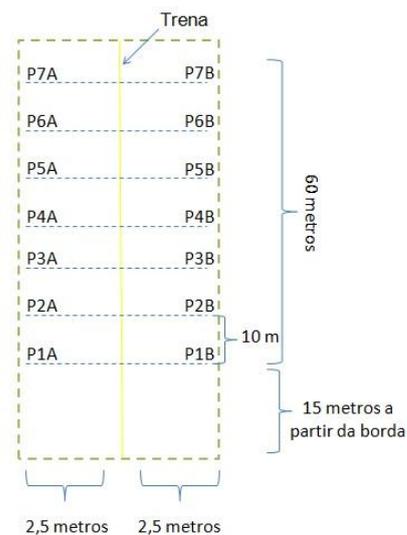


Figura 10 – Esquema representativo do *transect* que foi estabelecido no interior de cada fragmento. Destaque para os pontos de coleta que começam a partir de 15 metros da borda do fragmento.



Figura 11 – Foto do interior do fragmento com destaque para a trena utilizada no estabelecimento do *transect* (Luana Balbino, 2011).

5.2.1 Coletas de Dados

A obtenção de dados sobre a área de estudo foi feita no local de coleta das amostras e ao longo de todo o *transect*. Os dados coletados foram:

- Declividade da encosta, através da bússula de Bruton (Figura 12);
- Estimativa da altitude através de GPS;
- Dados de precipitação através da estação pluviométrica da Agência Nacional das Águas (ANA) de Nova Friburgo.



Figura 12 – Bússula de Bruton sendo usada para obtenção da declividade da encosta (Foto: Luana Balbino, 2011).

5.2.2 Caracterização da Vegetação

A caracterização da vegetação foi feita através de indicadores dos estágios sucessionais e/ ou grau de integridade da floresta, no qual foram obtidos os dados da altura média das árvores e altura do fuste (parte principal do tronco da árvore, localizada entre o solo e a copa). A altura do fuste foi estimada usando-se uma régua (Figura 13). O diâmetro a altura do peito (DAP), foi medido a 1,30 metros do solo com o auxílio de uma fita métrica (Figura 14) medindo-se apenas árvores com DAP maior que 5,0 centímetros. Essas medidas foram obtidas por amostragem, nos dois campos realizados, e mediu-se o maior número de árvores possível dentro da área do *transect*. No total foram medidas oitenta e quatro árvores no fragmento 1, oitenta e quatro árvores no fragmento 2 e setenta e nove árvores no fragmento 3.

Ao longo do trabalho de campo foram feitas observações quanto à abertura do dossel, a presença de estrato arbustivo, presença de epífitas, de árvores mortas, de bambuzais, evidência de corte e presença de trilhas no interior dos fragmentos, permitindo assim, uma melhor caracterização do fragmento estudado. Além disso, buscaram-se junto a moradores locais, informações sobre o histórico de uso da floresta, a fim de se obter maiores informações sobre o estágio sucessional da vegetação.



Figura 13 – Estimativa da altura do fuste da árvore (Foto: Luana Balbino, 2011).



Figura 14 - Medição do diâmetro a altura do peito (DAP) com auxílio de um fita métrica (Foto: Luana Balbino, 2011)

5.2.3 Coleta de Serrapilheira

Foi coletado o horizonte holorgânico, o qual possui estreita relação com o funcionamento dos remanescentes florestais, através de uma superfície amostral conhecida (50 cm x 50 cm) para descrição em laboratório das camadas presentes (Figura 15). A coleta de serrapilheira foi feita em cada ponto de coleta do fragmento nos dois lados do *transect*. Para a coleta, a superfície amostral foi colocada sobre as camadas de serrapilheira e coletaram-se todas as camadas que estavam no interior do quadrado, descartando-se apenas

pedaços grandes de troncos e frutas inteiras. Estas coletas foram feitas nos dois períodos em estudo, no inverno e no verão.



Figura 15 – Coleta das camadas de serrapilheira de dentro da superfície amostral de 50 cm X 50 cm (Foto: Luana Albino, 2011).

5.2.4 Coletas de amostras de solo

Foram realizadas coletas de amostras de solo deformadas e indeformadas, através de trado mecânico (Figura 16) e anel volumétrico (Figura 17) respectivamente. Todas as coletas foram em superfície (0 - 20 cm) e a cada 10 metros ao longo do *transect*, para o lado esquerdo e o lado direito, totalizando 14 amostras deformadas e 14 amostras indeformadas em cada fragmento, o que totalizou 42 deformadas e 42 indeformadas (84 amostras de solo). As coletas de amostras de solo foram realizadas exatamente no mesmo local onde foi retirada a serrapilheira e dentro da superfície amostral (Figura 18), as coletas de solo também foram feitas nos dois períodos do estudo.



Figura 16 – Coleta de amostra deformada de solo através de trado mecânico. Amostra sendo retirada do mesmo local onde foi coletada a serrapilheira (Foto: Luana Balbino, 2011).



Figura 17 – Anel volumétrico contendo amostra indeformada de solo (Foto: Luana Balbino, 2011).



Figura 18 – Coleta de amostras de solo em superfície, no interior da superfície amostral onde foi retirada a serrapilheira (Foto: Luana Balbino, 2011).

5.3 - Análises das amostras

Todas as amostras seguiram para análise no Laboratório de Geomorfologia (UFRJ) onde foram analisadas segundo o critério abaixo:

5.3.1 - Amostras de solo

Em relação às amostras de solo, foram realizadas as seguintes análises das propriedades físicas e químicas dos solos da área de estudo:

- Textura, segundo o método da pipetagem proposta pela Embrapa (1997);
- Densidade real, aparente e porosidade segundo a metodologia da Embrapa (1997);
- Matéria orgânica através da oxidação por via úmida segundo a Embrapa (1997);
- Determinação do pH segundo a metodologia proposta pela Embrapa (1997);

Para a determinação da textura, as amostras de solos obtidas passaram por tamizamento em peneira de 2 mm, separando-se as frações cascalho e areia grossa, sendo ainda retirada uma amostra de 20g para a determinação das frações mais finas, compostas por areia fina, silte e argila. A areia fina foi determinada por tamizamento em peneira de malha de 0,053 mm, após a amostra passar por desfloculação em água destilada e Calgon (Figura 19).

A determinação das frações silte e argila foi obtida pelo método da pipetagem de uma suspensão destas frações em proveta de 1000 ml (Figura 20), sendo utilizado o NaOH como desfloculante, para a completa separação destas frações, a fim de se obter a quantidade relativa de cada uma delas nas amostragens realizadas, segundo a Lei de Stokes.



Figura 19 – Lavagem da areia em peneira de malha após defloculação (Foto: Luana Balbino, 2011).



Figura 20 – Determinação da fração silte a argila através do método da pipetagem (Foto: Luana Balbino, 2011).

Para determinar a densidade aparente foram analisadas as amostras indeformadas retiradas com o coletor volumétrico, possibilitando uma análise mais pormenorizada do ambiente que se está pesquisando. A densidade aparente pode ser definida como a relação entre a massa de uma amostra de solo seca à 110°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e poros.

A densidade real foi calculada pelo método do balão volumétrico, que consiste em utilizar uma bureta com álcool etílico e 20 g de solo em um balão volumétrico de capacidade de 50 ml. Durante o método, completa-se o volume do balão com o álcool absoluto e anota-se o volume gasto da bureta. O líquido mais empregado nesta determinação é o álcool,

devido ao seu elevado poder de penetração, ele deve penetrar todos os poros, envolvendo todas as partículas, inclusive dentro dos microagregados do solo. O cálculo da densidade real foi feito a partir da diferença no volume ocupado pela amostra de solo (Figura 21).

A partir dos dados de densidade real e aparente é possível calcular a porosidade do solo. A porosidade de um solo pode ser definida como sendo o volume de vazios, ou o espaço do solo não ocupado pelos componentes sólidos. Veja:

$$\text{Porosidade} = (1 - \text{DA}/\text{DR}) \times 100$$

Onde:

DA = Densidade Aparente

DR = Densidade Real



Figura 21 – Análise de densidade real através do método do balão volumétrico (Foto: Luana Balbino, 2011)

O pH foi determinado através da leitura do pH em água e KCl. Nesse método foi feita a medição eletroquímica da concentração efetiva de íons H^+ na solução, eletronicamente, por meio de um eletrodo combinado imerso em suspensão de água e KCl na proporção de 1: 2,5 ml (Figura 22). Nessa metodologia a leitura é feita direta no aparelho e não há necessidade de cálculo, sendo o resultado diretamente associado ao nível de acidez do solo. Em geral a escala de pH varia de 0 a 14, porém em solos podem ser encontrados valores de

3 a 10, com variações mais comuns em solos brasileiros entre 4,0 a 7,5. Solos com pH abaixo de 7 são considerados ácidos, enquanto solo com pH acima de 7 são alcalinos (KIEHL, 1979; BRADY, 1989; LOPES, 1989).



Figura 22 – Determinação do pH do solo com uso de pHgâmetro e eletrodo mergulhado em solução de água e de KCl (Foto: Luana Balbino, 2011).

O método proposto para a determinação da matéria orgânica do solo foi o da estimativa do carbono orgânico do solo, através da oxidação da matéria orgânica por via úmida, descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997). A metodologia consiste na oxidação do carbono orgânico do solo pelo Cr^{+6} na presença de H_2SO_4 concentrado, na qual o excesso de Cr^{+6} é titulado com Fe^{+2} . As análises de matéria orgânica foram realizadas no Laboratório de Fertilidade de Solo e Rotina (LabFer – UFRRJ).

5.3.2 - Amostras de serrapilheira

Para a separação dos horizontes holorgânicos, as amostras de serrapilheira de cada ponto foram secas em estufa a uma temperatura de 60°C , e separada em diferentes frações, quando posteriormente foram pesadas, a fim de se obter para cada ponto de coleta a quantidade das camadas de serrapilheira presentes no solo de forma mais significativa.

A serrapilheira coletada em cada ponto dos três fragmentos foram separadas de acordo com Babel (1975), Malagon *et al* (1989) e Garay & Silva (1995), assim como representado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Tabela explicativa das camadas de serrapilheira de acordo com bibliografia.

<i>Camada L₁</i> :	Folhas recém caída, não fragmentada e com ausência de sinais de alteração;
<i>Camada L₂</i> :	Folhiço não fragmentado, porém levemente alterado, com descolorações;
<i>Camada F₁</i> :	Folhiço composto de fragmento de fácil identificação, camada com pequenas quantidades de material orgânico fino (< 2 mm);
<i>Camada F₂</i> :	Composto de quantidades iguais de folhas mais ou menos fragmentadas e material orgânico fino (< 2 mm), entremeado por raízes finas;
<i>Camada H</i> :	Maior parte do material composto por material orgânico fino (< 2 mm), ausência de restos foliares.

No total foram 14 amostras de serrapilheira em cada fragmento, totalizando 42 amostras. Para fins deste estudo e para tornar o processo de separação mais ágil, evitando que as amostras de serrapilheira entrassem em decomposição, as amostras foram separadas apenas em três camadas: *camada L* (inclui a *camada L₁* e *L₂*), *camada F* (inclui a *camada F₁* e *F₂*) e *camada H*.

5.4. Análise Estatística

No presente estudo, busca-se uma relação entre os dados da vegetação com os dados da serrapilheira e das características físico-químicas dos solos. Portanto, os resultados das análises em laboratório foram relacionados com os dados obtidos em campo, de acordo com a bibliografia, através de gráficos e análises estatísticas. Para os dados das características da vegetação foi feita uma média para cada fragmento. Primeiro foram relacionados os dados obtidos em cada local de coleta, a fim de se obter uma análise das relações intra-sistêmicas em cada remanescente. Em um segundo momento relacionou-se os dados de um

remanescente com o outro, buscando-se uma análise intersistêmico dos fragmentos florestais estudados.

As análises estatísticas objetivam organizar os dados levantados ao longo do estudo permitindo a compreensão das relações existentes entre as características levantadas. Os dados da pesquisa foram organizados em tabelas no software Excel 2007 e analisados estatisticamente através do software estatístico *R Project*, versão 2.12.0 para o cálculo da estatística descritiva e inferencial. Para a verificação sobre a distribuição normal dos dados, foi adotado o teste de normalidade de Anderson-Darling. Os dados obtidos foram submetidos a testes de comparação das médias: Teste de Tukey, *t-student*, ou Mann-Whitney, dependendo dos resultados do teste de normalidade. O teste *t-student* é um teste paramétrico usado quando o valor do teste de normalidade indica uma distribuição normal das médias, ou seja, os resultados das amostras seguem uma função de probabilidades normal e a variâncias das amostras são homogêneas. O teste de Mann-Whitney é um teste não paramétrico, ou seja, usado quando os dados não seguem uma normalidade. E o teste de Tukey, é um teste de comparação múltiplas das médias.

6. Resultados

6.1 – Características da vegetação

Em relação à estrutura da vegetação foram considerados os dados de DAP (diâmetro à altura do peito) e os dados de altura estimada das árvores. No gráfico seguinte (Figura 23) é possível notar que o fragmento com o maior valor de DAP médio é o Fragmento 1, que é o menor e mais recortado. Neste fragmento o DAP médio foi de 40,4 cm, com uma diferença significativa para os valores do Fragmento 2 e Fragmento 3 que foram de 34,3 cm e 28,1 cm respectivamente.

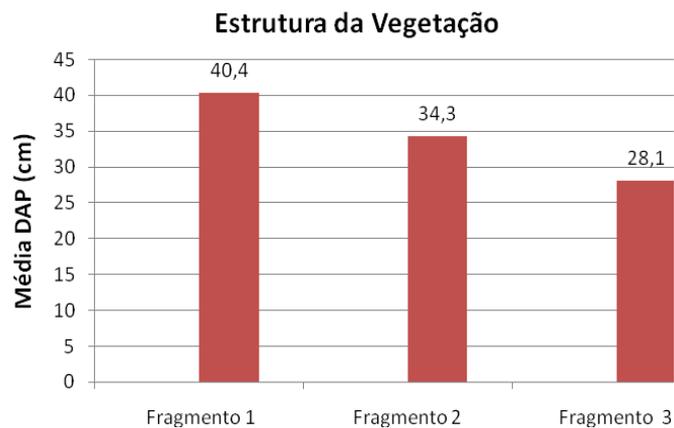


Figura 23 – Gráfico representando a média dos valores de DAP para cada fragmento.

Em relação à altura das árvores nos fragmentos estudados, o maior valor foi atribuído ao Fragmento 2 que teve um altura média de suas árvores de 6,12 metros, enquanto os Fragmentos 1 e 3 tiveram valores muito próximos entre si, que correspondem a 4,85 metros e 4,72 metros respectivamente (Figura 24).

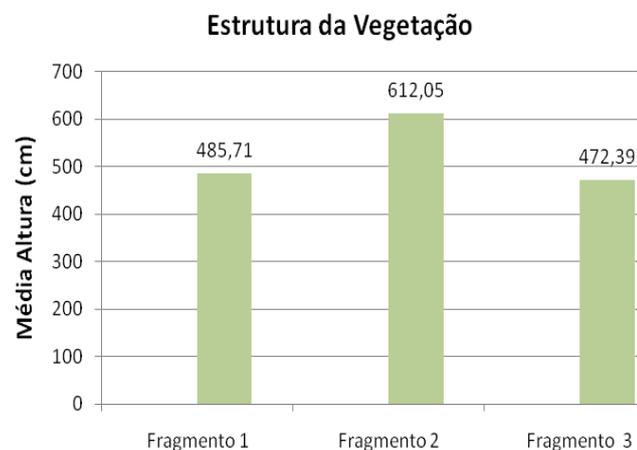


Figura 24 - Gráfico representando a média dos valores de altura (cm) para cada fragmento.

Ao todo foram medidas 84 árvores no Fragmento 1, 84 árvores no Fragmento 2 e 79 árvores no Fragmento 3. Este fragmento teve um menor número de árvores analisadas por conter uma área em seu interior onde a vegetação estava em regeneração e não havia árvores. A análise revela que o valor máximo de DAP foi 89,17 cm encontrado no Fragmento 1 enquanto o menor valor de DAP foi encontrado no Fragmento 3 e foi de 15,57

cm. Após a o teste de normalidade revelar uma distribuição normal tanto para os valores de DAP como para os valores de altura, foi realizado o teste de comparação das médias (*t-student*) para a comparação entre os fragmentos.

Tabela 2 – Dados sobre a estrutura da vegetação para os três fragmentos, onde n= número de amostras.

*** A variável tem distribuição normal a nível de 5% de significância ($P > 0.05$), ou seja, 95% de confiança. **A variável tem distribuição normal, a nível de 1% de confiança ($P > 0.001$), ou seja, 99,9% de confiança.**

	Fragmento 1		Fragmento 2		Fragmento 3	
	DAP (cm)	Altura (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)
Média	40.39	485.71	34.27	612.05	28.08	472.39
Desvio Padrão	18.51	159.40	11.28	148.72	8.75	117.02
Máximo	89.17	966.67	55.83	933.33	51.43	690.00
Mínimo	19.17	291.67	17.25	433.33	15.57	360.00
n	84	84	84	84	79	79
Teste de Anderson-Darling (p-valor)	0.1105*	0.006846**	0.3344*	0.1012*	0.09417*	0.004643**

Em relação ao DAP, a análise estatística revelou que as diferenças são significativas apenas entre o Fragmento 1 e o Fragmento 3, onde p-valor < 0.05 (Figura 25). Ao comparar as médias de DAP do Fragmento 2 como o Fragmento 1 e com o Fragmento 3, o p-valor é > 0.05 indicando que não há uma diferença significativa estatisticamente entre esses dados. Isto fica claro ao analisar o boxplot para DAP da Figura 25, onde o Fragmento 2 não se diferencia tanto dos valores dos demais fragmentos, porém os valores médios do Fragmento 3 ficam bem abaixo dos valores médios de DAP do Fragmento 1, que possuem 50 % de seus dados entre 25 cm e 45 cm de DAP, enquanto os Fragmento 3 possui 50% de seus valores de DAP entre 20 cm e 30 cm.

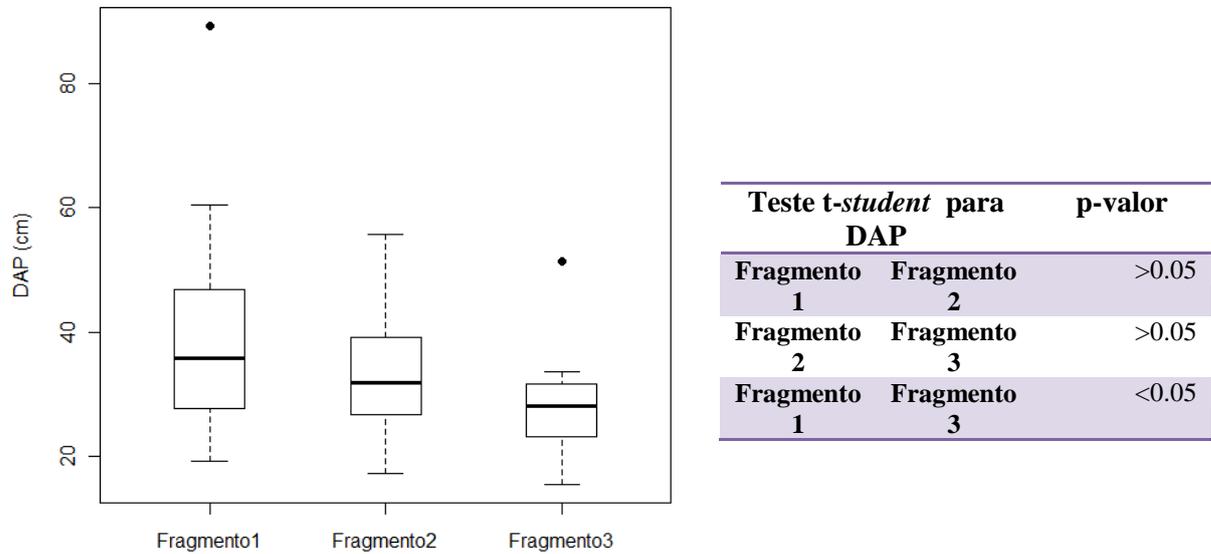


Figura 25 – Boxplot para os valores médios de DAP dos três fragmentos e ao lado quadro com resultado do teste *t-student*.

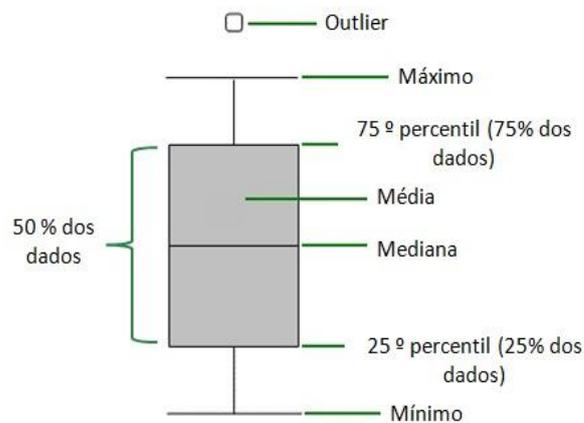


Figura 26 – Legenda para interpretação do boxplot.

Em relação à altura, as diferenças foram significativas ao comparar as alturas do Fragmento 2 com as alturas dos Fragmento 1 e 3, pois $p\text{-valor} < 0.05$ nesta análise. Enquanto as diferenças entre os fragmentos 1 e 3 não foram significativas pois $p\text{-valor} > 0.05$. Estas diferenças ficam bem visíveis no boxplot abaixo (Figura 27) que reafirma o que já foi demonstrado na Tabela 2. Ou seja, o Fragmento 2 apresentou a maior média de

altura em suas árvores e teve diferenças significativas estatisticamente quando comparado ao Fragmento 1 e ao Fragmento 3, quanto à altura.

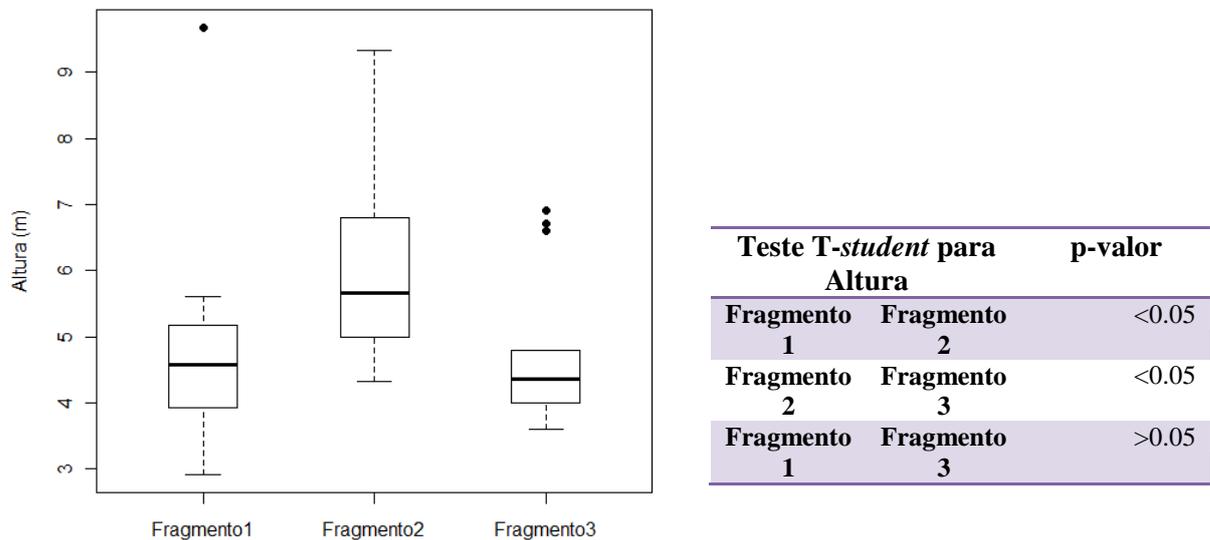


Figura 27 - Boxplot para os valores médios de altura dos três fragmentos e ao lado, quadro com resultado do teste t-student.

Estes valores de DAP e de altura revelam informações sobre o estágio sucessional a qual se encontra a floresta, além de indicar a possibilidade de alterações recentes em sua estrutura, como a retirada de árvores, por razões naturais ou antrópicas. Como exemplo, podemos observar o Fragmento 2, ao qual era esperado a maior média de DAP e a maior média de altura, por ser uma remanescente florestal mais protegido da interferência humana e aparentemente mais preservado. Neste fragmento, a média de altura realmente foi a maior, diferindo de forma bem expressiva dos demais fragmentos, porém o maior valor de DAP médio foi encontrado para o Fragmento 1. O valor de DAP encontrado no Fragmento 3 pode estar relacionado a presença de palmeiras em grande quantidade nesta floresta e ao fato desta vegetação, apesar de mais protegida, se encontrar em estágios sucessionais mais recentes.

6.2 - Características do solo

6.2.1 - Textura

Em relação à textura dos solos, os fragmentos apresentaram variações entre si e variações dentro do próprio fragmento. O Fragmento 1 apresentou nos dois períodos (inverno e verão) solos com textura franca, franco arenosa e franco argilo arenosa (Figuras 28 e 29). A textura franca corresponde a solos mais equilibrados e com proporções mais uniformes de areia, silte e argila (40%, 40% e 20%), geralmente apresentam mais nutrientes, mais húmus, uma melhor drenagem da água e melhores condições para o cultivo (LEPSCH 2002; MORGAN, 2005; GUERRA, 2007). Os solos com textura franco arenosa possuem um pouco menos de areia e maior proporção de silte e argila, tornando este solo menos estável. Enquanto os solos com textura franco argilo arenosa apresentam maiores quantidade de areia e argila (EMBRAPA, 1997). No Fragmento 1, é possível observar que a fração areia é predominante em quase todos os pontos, chegando a 68,62 % na coleta de inverno no ponto 1B (Tabela 3). Cabe salientar, que valores baixos de argila somados a valores altos de silte tornam um solo mais suscetível à erosão, principalmente em solos expostos (GUERRA, 2005).

Tabela 3 – Dados granulométricos – Fragmento 1 – Inverno e Verão.

Fragmento 1	Granulometria (%) - Inverno			Granulometria (%) - Verão		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
1A	52.63	22.07	25.30	57.12	23.88	19.00
1B	68.62	14.18	17.20	49.84	23.86	26.30
2A	56.31	21.29	22.40	61.28	20.32	18.40
2B	50.51	27.19	22.30	44.63	27.07	28.30
3A	55.99	20.62	23.40	60.23	21.98	17.80
3B	59.11	20.59	20.30	54.94	23.76	21.30
4A	55.34	24.96	19.70	48.13	34.87	17.00
4B	58.99	19.71	21.30	55.03	25.87	19.10
5A	63.87	17.44	18.70	54.45	27.65	17.90
5B	60.36	17.35	22.30	43.79	27.81	28.40
6A	55.35	22.66	22.00	53.75	28.95	17.30
6B	61.62	18.68	19.70	55.55	24.56	19.90
7A	60.74	21.76	17.50	48.84	30.26	20.90
7B	62.24	16.96	20.80	46.39	32.91	20.70
Média	57.26	21.82	20.92	51.71	27.41	20.88
Desvio Padrão	6.69	6.66	2.26	6.59	5.42	3.93
Máximo	68.62	41.76	25.30	61.28	40.26	28.40
Mínimo	40.74	14.18	17.20	38.84	20.32	17.00
n	14	14	14	14	14	14

Tabela 4 – Legenda para interpretação do triângulo textural (Fonte: Departamento de agricultura dos Estados Unidos - USDA).

Abreviação	Textura do Solo	Abreviação	Textura do Solo
Cl	Argila	Lo	Franca
SiCl	Argilo-siltoso	SiLo	Franco siltosa
SaCl	Areno-argilosa	SaLo	Franco arenosa
ClLo	Franco argiloso	Si	Silte
SiClLo	Franco argilo-siltoso	LoSa	Areia Franca
SaClLo	Franco argilo-arenoso	Sa	Areia

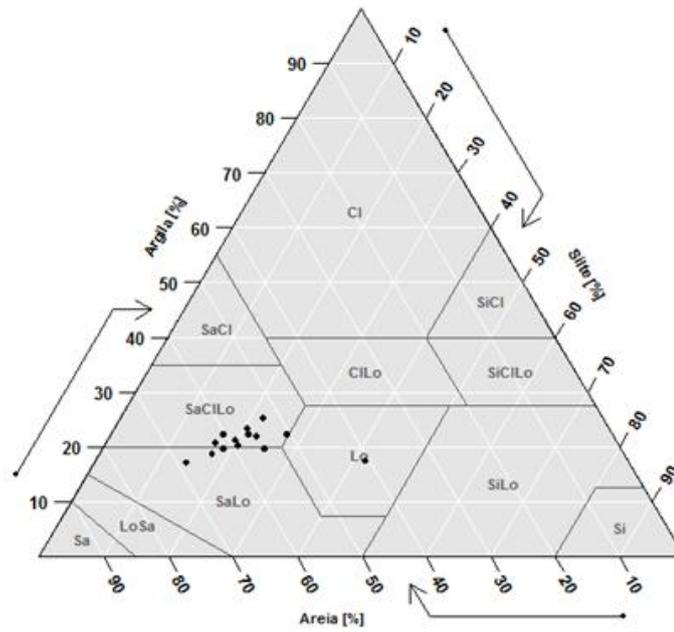


Figura 28 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 1- Inverno).

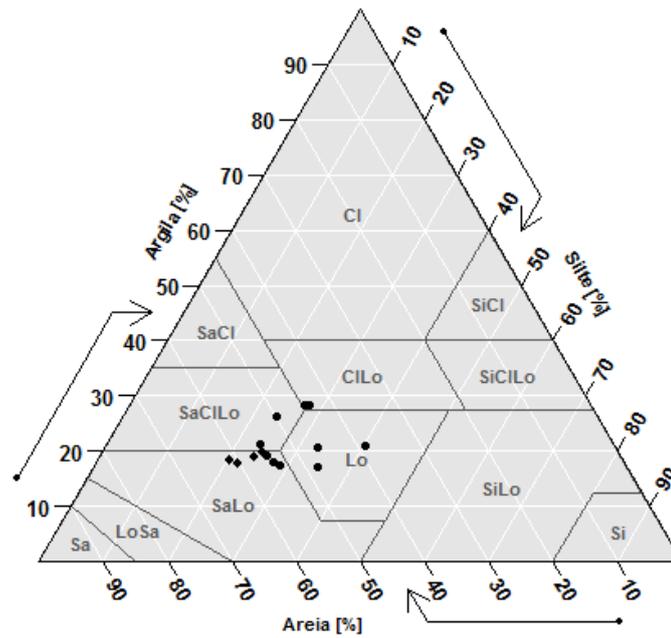


Figura 29 – Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 1 – Verão).

Em relação ao Fragmento 2 os solos apresentaram na sua maioria textura franca, com poucos pontos apresentando textura franco argilo-arenosa e franco argilosa (Figuras 30 e 31). Ao observar a Tabela 5 notamos que neste fragmento os valores de argila ultrapassam os 20%. A argila é um importante componente granulométrico do solo, pois em quantidades adequadas e somada a outras características, como a quantidade de matéria orgânica, estas partículas participam do complexo húmus-argila proporcionando uma melhor agregabilidade e estabilidade ao solo.

Tabela 5 – Dados Granulométricos – Fragmento 2 – Inverno e Verão

Fragmento 2	Granulometria (%) Inverno			Granulometria (%) Verão		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
8A	39.20	34.41	26.40	38.43	43.97	17.60
8B	51.89	29.21	18.90	44.49	32.91	22.60
9A	45.31	33.30	21.40	47.60	30.71	21.70
9B	44.08	24.12	31.80	42.81	34.49	22.70
10A	34.55	39.96	25.50	41.83	31.27	26.90
10B	46.10	28.71	25.20	44.09	28.91	27.00
11A	41.21	38.60	20.20	44.27	28.63	27.10
11B	38.10	34.60	27.30	38.74	31.76	29.50
12A	49.76	30.34	19.90	44.98	30.02	25.00
12B	52.48	25.22	22.30	42.87	32.23	24.90
13A	47.49	27.51	25.00	40.55	31.75	27.70
13B	48.09	24.81	27.10	45.38	25.03	29.60
14A	43.65	30.26	26.10	45.02	30.99	24.00
14B	34.22	32.38	33.40	43.17	31.63	25.20
Média	44.72	30.24	25.04	43.16	31.74	25.11
Desvio Padrão	7.42	6.31	4.26	2.57	4.17	3.26
Máximo	62.48	39.96	33.40	47.60	43.97	29.60
Mínimo	34.22	15.22	18.90	38.43	25.03	17.60
n	14	14	14	14	14	14

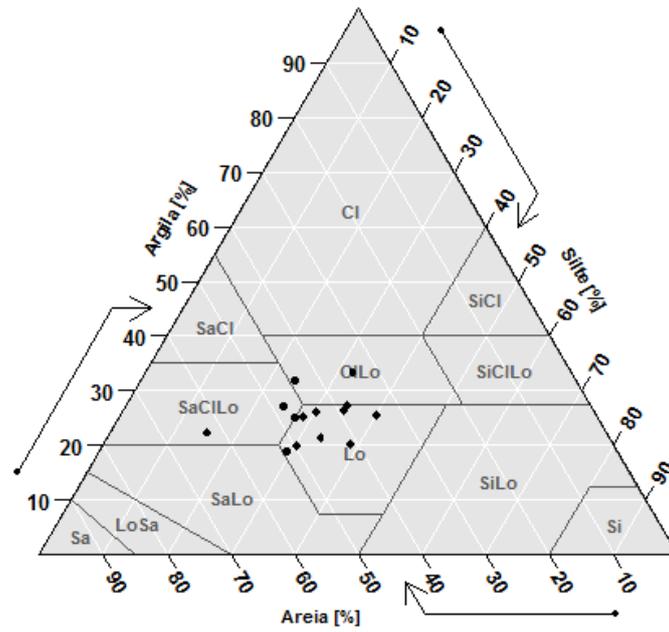


Figura 30 – Triângulo textural referente às 14 amostras (Fragmento 2 – Inverno).

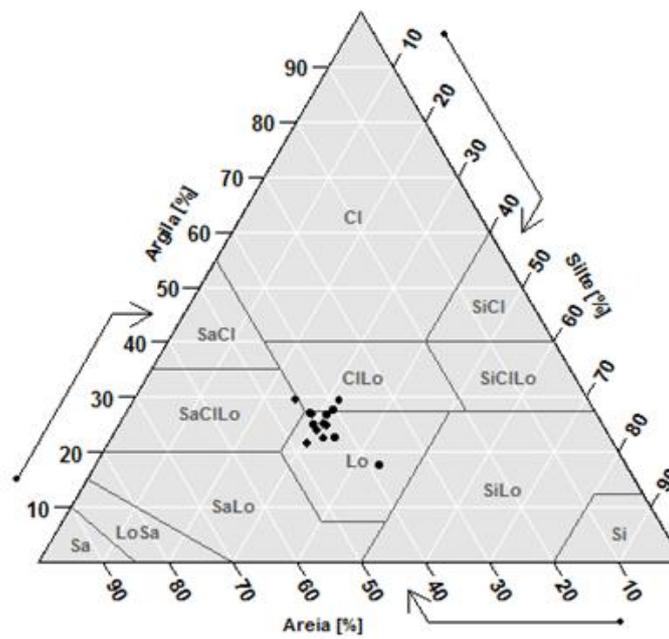


Figura 31 – Triângulo textural referente às 14 amostras (Fragmento 2 - Verão).

O Fragmento 3 apresentou em todos os pontos de coleta e nos dois períodos analisados, solos com textura franco arenosa (Figuras 32 e 33). Nesses solos fica evidente a maior fração areia quando comparado aos demais fragmentos. Na Tabela 6, que possui os dados granulométricos deste fragmento, os valores de areia chegam a 62,19 % e 63,25 % em média, para o inverno e o verão, respectivamente.

Tabela 6 – Dados Granulométricos – Fragmento 3 – Inverno e Verão.

Fragmento 3	Granulometria (%) - Inverno			Granulometria (%) - Verão		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
15A	56.69	24.61	18.70	60.76	25.34	13.90
15B	54.79	25.71	19.50	60.55	24.35	15.10
16A	60.15	25.55	14.30	67.57	20.53	11.90
16B	66.37	21.33	12.30	56.98	25.22	17.80
17A	59.53	22.07	18.40	65.28	24.62	10.10
17B	65.70	19.91	14.40	66.57	21.43	12.00
18A	61.39	24.71	13.90	67.18	21.62	11.20
18B	62.34	20.76	16.90	64.42	20.98	14.60
19A	63.15	25.95	10.90	63.01	22.60	14.40
19B	62.54	27.16	10.30	64.67	22.73	12.60
20A	68.86	16.65	14.50	62.13	24.67	13.20
20B	64.84	20.26	14.90	63.27	20.04	16.70
21A	64.98	17.53	17.50	66.55	18.95	14.50
21B	59.40	20.31	20.30	56.63	28.78	14.60
Média	62.19	22.32	15.49	63.25	22.99	13.76
Desvio Padrão	3.87	3.31	3.15	3.52	2.65	2.10
Máximo	68.86	27.16	20.30	67.57	28.78	17.80
Mínimo	54.79	16.65	10.30	56.63	18.95	10.10
n	14	14	14	14	14	14

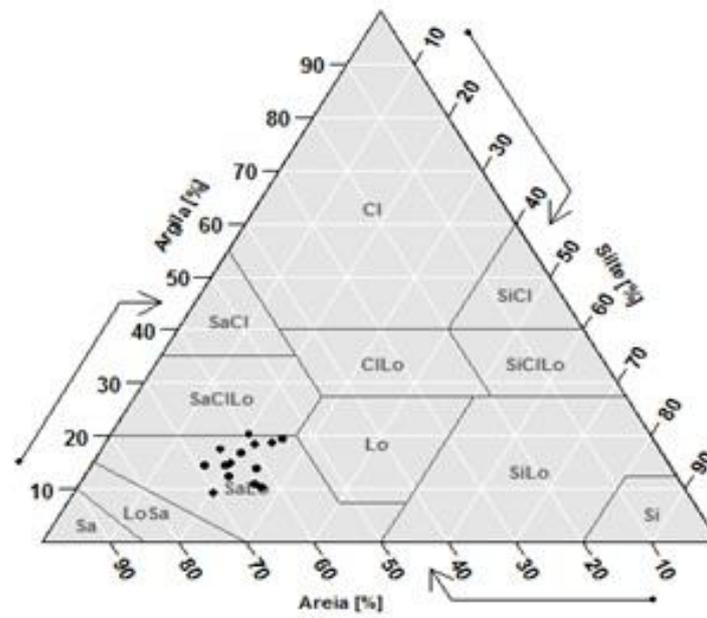


Figura 32 - Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 3 - Inverno).

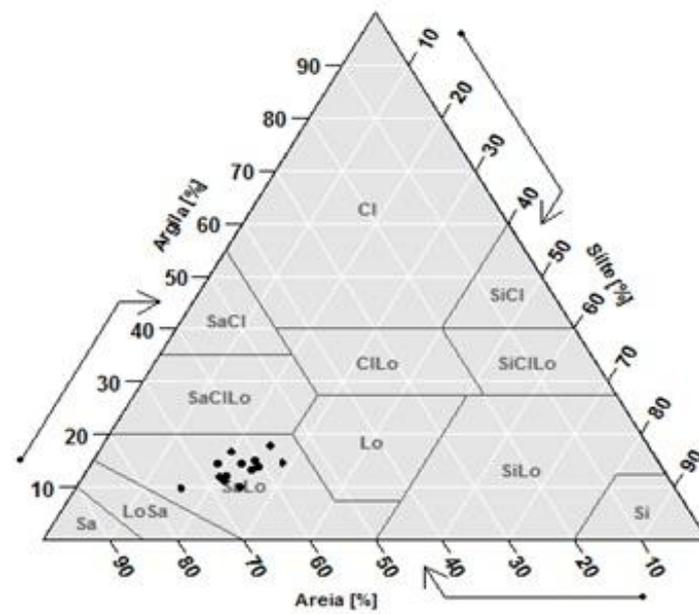


Figura 33- Triângulo textural referente as 14 amostras (Fragmento 3 - Verão).

6.2.2 – Acidez do Solo

Em relação ao nível de acidez, todas as amostras, nos três fragmentos, apresentaram valores de pH que variaram de 3,15 e 4,21, ou seja valores abaixo de 7, o que caracteriza solos ácidos e sem diferenças significativas entre eles.

Ao comparar um mesmo fragmento quanto aos valores de pH encontrados nas duas estações do ano, não houve diferenças significativas do inverno para o verão no Fragmento 1 e no Fragmento 3, o que fica claro no teste *t-student* de comparação das médias deste fragmento, onde foi encontrados p-valor > 0.05 (Tabela 7). Porém, no Fragmento 2 houve uma diferença significativa estatisticamente entre os valores de pH das duas estações do ano. Para este fragmento, foram encontrados os valores de pH mínimo e máximo de 3,15 e 4,02 para o inverno e 3,80 e 3,98 para o verão. Esta diferença é verificada através do teste Mann-whitney (não paramétrico) que indicou o p-valor < 0.05 . Os valores de pH podem estar relacionados a diferenças nos índices de precipitação nestas duas estações do ano, pois a acidez do solo tem relação com a lixiviação das bases na água de drenagem, o que deixa o solo saturado com íons H^+ (BRADY, 1989; LOPES, 1989).

Tabela 7 – Valores de pH para todos os pontos analisados nos três fragmentos, nos dois períodos (inverno e verão), onde n= número de amostras. Quando p-valor > 0.05, a variável tem distribuição normal a nível de 5% de significância (ou seja, 95% de confiança).

Fragmento 1			Fragmento 2			Fragmento 3		
Pontos	pH - Inverno	pH - Verão	Pontos	pH - Inverno	pH - Verão	Pontos	pH - Inverno	pH - Verão
1A	4.15	3.96	8A	3.76	3.91	15A	3.70	3.90
1B	3.92	3.95	8B	3.83	3.97	15B	3.62	3.78
2A	3.90	3.88	9A	3.85	3.90	16A	4.06	3.62
2B	4.00	3.90	9B	3.90	3.90	16B	3.70	3.66
3A	3.79	3.97	10A	3.15	3.84	17A	3.85	4.21
3B	3.78	4.14	10B	4.02	3.91	17B	4.07	3.80
4A	3.72	3.93	11A	3.81	3.94	18A	3.92	3.94
4B	3.84	3.77	11B	3.81	3.82	18B	3.75	3.89
5A	3.94	3.74	12A	3.92	3.98	19A	3.79	3.88
5B	4.01	3.77	12B	3.99	3.88	19B	3.78	3.97
6A	3.85	3.72	13A	3.81	3.98	20A	3.88	3.81
6B	3.74	3.60	13B	3.78	3.92	20B	3.89	3.97
7A	3.83	3.92	14A	3.76	3.80	21A	3.78	3.90
7B	3.75	3.80	14B	3.78	3.88	21B	3.96	3.96
Média	3.87	3.86	Média	3.80	3.90	Média	3.84	3.88
Desvio Padrão	0.122250	0.136012685	Desvio Padrão	0.203628	0.055909071	Desvio Padrão	0.133501	0.144976315
Máximo	4.15	4.14	Máximo	4.02	3.98	Máximo	4.07	4.21
Mínimo	3.72	3.60	Mínimo	3.15	3.80	Mínimo	3.62	3.62
n	14	14	n	14	14	n	14	14
Teste de Anderson-Darling	p- valor > 0.05	p- valor > 0.05	Teste de Anderson-Darling	p - valor < 0.05	p-valor > 0.05	Teste de Anderson-Darling	p-valor > 0.05	p-valor > 0.05
Teste t student	p- valor > 0.05		Teste Mann-whitney	p-value < 0.05		Teste t student	p-valor > 0.05	

6.2.3 - Porosidade

Em relação aos valores de porosidade, todos os pontos analisados, nos três fragmentos, tiveram valores acima de 50%, o que indica uma porosidade alta do solo. O fragmento com os maiores valores foi o Fragmento 2, que apresentou a maior média (60,12% no inverno e 62,59 % no verão) enquanto os fragmentos 1 e 3 tiveram seus valores bem semelhantes e próximos a 50%. Assim, os solos que apresentam a melhor drenagem da água, e estão menos sujeitos a formação de poças e a geração de escoamento superficial são os solos do Fragmento 2, que apresentaram a maior porosidade. É importante ressaltar que os valores de porosidade, assim como os valores de densidade aparente e densidade real devem ser levados em consideração junto com outras características do solo, como os valores de matéria orgânica e a granulometria (MORGAN, 2005, GUERRA, 2007).

Neste estudo, os valores de densidade aparente podem ter sido superestimados, afetando também os valores de porosidade, pois as amostras indeformadas, coletadas através do anel volumétrico, por terem sido coletadas no interior da floresta, apresentavam pedaços de raiz e tronco, o que pode, em parte, ter superestimado os resultados.

Tabela 8 – Valores de porosidade calculados a partir dos valores de densidade real (densidade de partículas) e densidade aparente, para todos os fragmentos, no inverno e no verão. Quando p-valor > 0.05, a variável tem distribuição normal a nível de 5% de significância (ou seja, 95% de confiança), n = número de amostras.

Fragmento 1	Porosidade Inverno (%)	Porosidade Verão (%)	Fragmento 2	Porosidade Inverno (%)	Porosidade Verão (%)	Fragmento 3	Porosidade Inverno (%)	Porosidade Verão (%)
1A	55.86	45.15	8A	53.36	60.13	15A	60.23	60.11
1B	58.27	54.06	8B	55.56	57.58	15B	56.67	60.21
2A	53.20	46.79	9A	56.22	62.49	16A	55.60	56.93
2B	56.30	53.59	9B	64.73	59.94	16B	48.08	62.36
3A	51.91	60.27	10A	59.26	60.05	17A	55.54	53.41
3B	53.11	57.66	10B	60.40	64.36	17B	56.40	53.95
4A	54.08	52.71	11A	57.93	61.51	18A	54.40	53.80
4B	54.00	48.63	11B	56.23	63.06	18B	53.20	52.15
5A	58.42	50.27	12A	63.92	64.05	19A	55.93	54.58
5B	52.40	52.02	12B	64.74	60.77	19B	52.40	52.55
6A	49.59	62.10	13A	68.46	69.88	20A	49.43	51.20
6B	52.40	60.50	13B	65.60	60.73	20B	53.25	42.58
7A	48.83	52.34	14A	63.92	66.50	21A	54.07	47.92
7B	46.66	53.85	14B	62.16	65.17	21B	48.00	51.95
Média	53.22	53.57	Média	60.89	62.59	Média	53.80	53.84
Desvio Padrão	3.38	5.11	Desvio Padrão	4.55	3.20	Desvio Padrão	3.46	5.11
Máximo	58.42	62.10	Máximo	68.46	69.88	Máximo	60.23	62.36
Mínimo	46.66	45.15	Mínimo	53.36	57.58	Mínimo	48.00	42.58
n	14	14	n	14	14	n	14	14
Teste de Anderson-Darling	>0.05	>0.05	Teste de Anderson-Darling	>0.05	>0.05	Teste de Anderson-Darling	>0.05	>0.05
Teste t-student (p-valor)	>0.05		Teste t-student (p-valor)	>0.05		Teste t-student (p-valor)	>0.05	

Tabela 9 – Valores de densidade aparente e de densidade real para os três fragmentos, no período do inverno.

Fragmento 1 - Inverno	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)	Fragmento 2 - Inverno	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)	Fragmento 3 - Inverno	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)
1A	1.09	2.47	8A	1.06	2.27	15A	0.97	2.44
1B	1.07	2.56	8B	1.00	2.25	15B	1.07	2.47
2A	1.17	2.50	9A	1.02	2.33	16A	1.07	2.41
2B	1.11	2.54	9B	0.83	2.35	16B	1.18	2.27
3A	1.13	2.35	10A	0.97	2.38	17A	1.14	2.56
3B	1.13	2.41	10B	0.99	2.50	17B	1.09	2.50
4A	1.12	2.44	11A	0.99	2.35	18A	1.14	2.50
4B	1.15	2.50	11B	1.03	2.35	18B	1.17	2.50
5A	1.08	2.60	12A	0.88	2.44	19A	1.13	2.56
5B	1.19	2.50	12B	0.86	2.44	19B	1.19	2.50
6A	1.22	2.42	13A	0.83	2.63	20A	1.19	2.35
6B	1.12	2.35	13B	0.86	2.50	20B	1.10	2.35
7A	1.15	2.25	14A	0.88	2.44	21A	1.13	2.46
7B	1.27	2.38	14B	0.86	2.27	21B	1.30	2.50
Média	1.14	2.45	Média	0.93	2.39	Média	1.13	2.46
Desvio Padrão	0.06	0.10	Desvio Padrão	0.08	0.11	Desvio Padrão	0.08	0.08
Máximo	1.27	2.60	Máximo	1.06	2.63	Máximo	1.30	2.56
Mínimo	1.07	2.25	Mínimo	0.83	2.25	Mínimo	0.97	2.27
n	14	14	n	14	14	n	14	14

Tabela 10 - Valores de densidade aparente e de densidade real para os três fragmentos, no período do verão.

Fragmento 1 - Verão	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)	Fragmento 2 - Verão	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)	Fragmento 3 - Verão	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Real (g/cm ³)
1A	1.37	2.50	8A	1.04	2.60	15A	1.02	2.56
1B	1.16	2.53	8B	1.10	2.60	15B	1.03	2.60
2A	1.33	2.50	9A	1.03	2.74	16A	1.13	2.63
2B	1.19	2.56	9B	1.03	2.56	16B	1.00	2.67
3A	1.05	2.63	10A	1.07	2.67	17A	1.19	2.56
3B	1.09	2.56	10B	0.94	2.63	17B	1.18	2.56
4A	1.20	2.53	11A	1.03	2.67	18A	1.23	2.67
4B	1.33	2.60	11B	0.99	2.67	18B	1.21	2.53
5A	1.28	2.56	12A	0.95	2.63	19A	1.18	2.60
5B	1.21	2.53	12B	1.03	2.63	19B	1.22	2.56
6A	1.22	3.23	13A	0.80	2.67	20A	1.27	2.60
6B	1.27	3.23	13B	1.02	2.60	20B	1.15	2.00
7A	1.24	2.60	14A	0.89	2.67	21A	1.20	2.30
7B	1.20	2.60	14B	0.95	2.74	21B	1.28	2.67
Média	1.22	2.65	Média	0.99	2.65	Média	1.16	2.54
Desvio Padrão	0.09	0.25	Desvio Padrão	0.08	0.05	Desvio Padrão	0.09	0.18
Máximo	1.37	3.23	Máximo	1.10	2.74	Máximo	1.28	2.67
Mínimo	1.05	2.50	Mínimo	0.80	2.56	Mínimo	1.00	2.00
n	14	14.00	n	14	14	n	14	14

6.2.4 - Matéria Orgânica

Os valores de matéria orgânica (carbono orgânico) são expressos em porcentagem na Tabela 11 a seguir. É importante salientar que nos Fragmentos 1 e 3, a média de valores de matéria orgânica ficaram próximos a 3%, o que de acordo com Selby (1993), Lepsch (2002) e Morgan (2005) são valores que proporcionam uma boa estabilidade aos agregados. Enquanto que o Fragmento 2 apresentou valores altos de matéria orgânica, acima de 5%, principalmente nos pontos mais altos da encosta, que corresponde aos pontos 12A, 12B, 13A, 13B, 14A e 14B. De uma forma geral, incluindo os três fragmentos, os valores variaram de 1,40%, que foi o menor valor e corresponde a uma amostra do Fragmento 1 durante o inverno, até o valor máximo de 7,88% que corresponde a uma amostra do Fragmento 2, no verão.

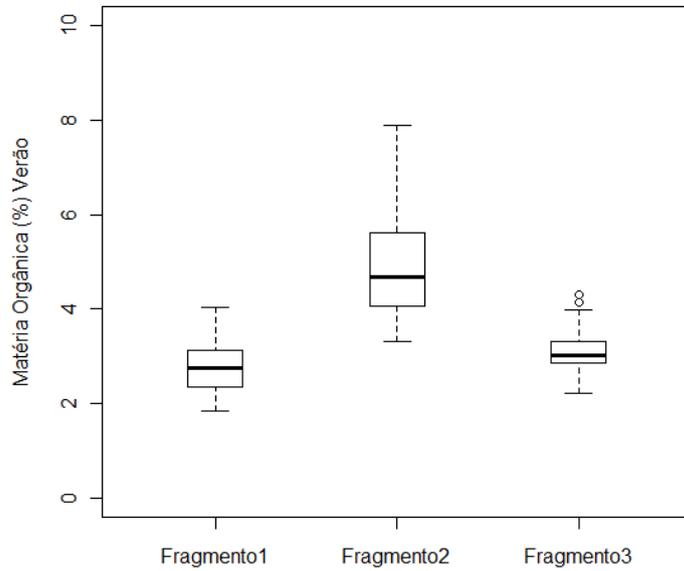
Ao comparar estatisticamente os valores médios de matéria orgânica encontrados no inverno com os valores encontrados no verão para um mesmo fragmento (teste *t-student*

para o Fragmento 1 e 2 que apresentaram uma distribuição normal em suas médias e através do teste de Mann-Whitney para o Fragmento 3, que não apresentou uma distribuição normal em suas médias), notamos que o Fragmento 1 apresentou uma diferença significativa entre os valores do inverno e do verão, pois o p-valor < 0.05 . Porém, não houve uma diferença significativa entre os valores médios de matéria orgânica encontrados no inverno e os encontrados no verão para os Fragmentos 2 e 3, pois p-valor > 0.05 . A quantidade de matéria orgânica no solo é resultado de processos químicos, físicos e biológicos, reflete a disponibilidade de nutrientes e fornece informações sobre atividade microbiana no solo, sendo, portanto, um fator que pode ser facilmente alterado ao longo do tempo (GARAY E SILVA, 1995; GUERRA, 2005; MORGAN, 2005; GUERRA, 2007). Por isso, esperava-se encontrar diferenças mais expressivas entre os dois períodos coletados para os três fragmentos, porém esta diferença só foi observada no Fragmento 1. Este resultado pode ter relação com o menor tamanho do Fragmento 1 e ao seu dossel mais aberto, o que o deixa mais vulnerável as mudanças microclimáticas que podem afetar a decomposição por exemplo.

Em uma segunda análise estatística, ao comparar os valores encontrados em um fragmento com o outro, para a mesma estação do ano, observa-se que para os dois períodos, os Fragmento 1 e 3 não diferem significativamente (p-valor > 0.05), o que fica visível ao observar os valores de suas médias na Tabela 11. Porém, o Fragmento 2 difere significativamente ao ser comparado com os demais fragmentos. Estas diferenças ao comparar os fragmentos para uma mesma estação do ano pode ser evidenciada através da análise do boxplot (Figura 34 e 35). É provável que a diferença nos valores de matéria orgânica para o Fragmento 2 esteja relacionada com a melhor conservação dessa floresta, o que ocasiona uma melhor ciclagem de nutrientes que é o reflexo de um ambiente mais estável e equilibrado, se levarmos em consideração outras características já analisadas.

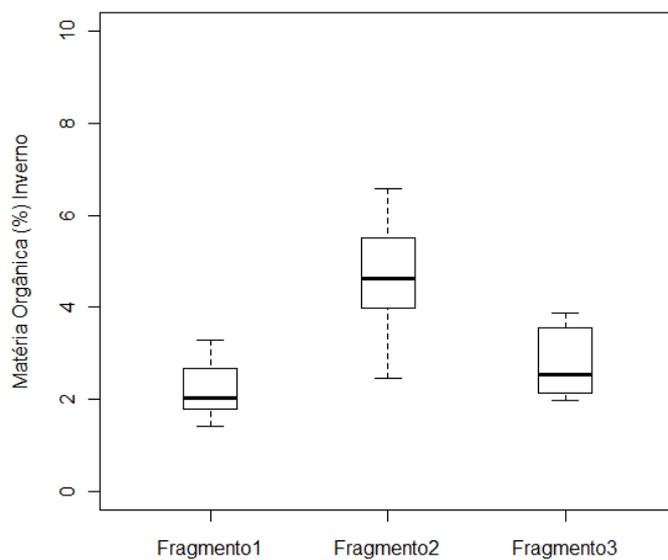
Tabela 11 – Valores de matéria orgânica para os três fragmentos, no inverno e no verão, onde n= número de amostras. Quando p-valor > 0.05, a variável tem distribuição normal a nível de 5% de significância (ou seja, 95% de confiança).

Fragmento 1	Matéria Orgânica Inverno	Matéria Orgânica Verão	Fragmento 2	Matéria Orgânica Inverno	Matéria Orgânica Verão	Fragmento 3	Matéria Orgânica Inverno	Matéria Orgânica Verão
1A	2.21	2.95	8A	2.45	4.60	15A	3.71	2.95
1B	1.97	1.86	8B	3.19	3.52	15B	2.34	2.86
2A	1.40	2.97	9A	3.91	5.86	16A	2.03	3.26
2B	1.79	3.38	9B	4.79	4.07	16B	2.72	2.22
3A	1.55	2.78	10A	4.33	5.62	17A	2.10	3.00
3B	2.57	4.03	10B	4.43	3.91	17B	1.98	2.55
4A	1.74	2.52	11A	4.07	4.40	18A	2.84	2.95
4B	1.78	2.34	11B	3.97	4.83	18B	3.36	3.98
5A	3.28	3.12	12A	6.47	5.21	19A	2.26	3.21
5B	1.98	3.55	12B	5.74	4.76	19B	2.14	4.29
6A	2.07	2.41	13A	5.34	4.57	20A	2.28	2.62
6B	2.69	2.26	13B	5.50	3.31	20B	3.55	3.31
7A	2.67	1.84	14A	6.59	6.55	21A	3.88	3.05
7B	2.66	2.74	14B	4.97	7.88	21B	3.67	4.14
Média	2.17	2.77	Média	4.70	4.93	Média	2.78	3.17
Desvio Padrão	0.53	0.63	Desvio Padrão	1.18	1.23	Desvio Padrão	0.71	0.60
Máximo	3.28	4.03	Máximo	6.59	7.88	Máximo	3.88	4.29
Mínimo	1.40	1.84	Mínimo	2.45	3.31	Mínimo	1.98	2.22
n	14.00	14.00	n	14.00	14.00	n	14.00	14.00
Teste de Anderson-Darling	p-valor > 0.05	p-valor > 0.05	Teste de Anderson-Darling	p-valor > 0.05	p-valor > 0.05	Teste de Anderson-Darling (p-valor)	p-valor < 0.05	p-valor > 0.05
Test t-student	p-valor < 0.05		Test t-student	p-valor > 0.05		Teste Mann-Whitney	p-valor > 0.05	



Teste de Comparação das Médias – Verão		p-valor
Fragmento 1	Fragmento 2	<0.05
Fragmento 2	Fragmento 3	<0.05
Fragmento 1	Fragmento 3	>0.05

Figura 34 – Boxplot para os valores de matéria orgânica dos três fragmentos no verão, e quadro com resultado do teste de Tukey. Quando p-valor > 0.05, a variável tem distribuição normal a nível de 5% de significância (ou seja, 95% de confiança).



Teste de Comparação das Médias - Inverno		p-valor
Fragmento 1	Fragmento 2	<0.05
Fragmento 2	Fragmento 3	<0.05
Fragmento 1	Fragmento 3	>0.05

Figura 35 - Boxplot para os valores de matéria orgânica dos três fragmentos no inverno, e quadro com resultado do teste de Tukey. Quando p-valor > 0.05, a variável tem distribuição normal a nível de 5% de significância (ou seja, 95% de confiança).

6.3 Serrapilheira

Em relação à serrapilheira, diferenças foram observadas entre os fragmentos e também entre as estações do ano.

Ao analisar o estoque total de serrapilheira nos três fragmentos, para cada estação do ano, no inverno o maior estoque foi no Fragmento 1, que apresentou o valor de 3,794 kg, enquanto no verão, o maior estoque foi no Fragmento 3, que apresentou 3,533 kg (Figuras 36 e 37). Ao somar os estoques de serrapilheira nas duas coletas realizadas (inverno e verão), em um mesmo fragmento, o Fragmento 1 também apresentou o maior valor, que foi de 7,253 kg, enquanto no Fragmento 2 foi encontrado 6,718 kg e no Fragmento 3 encontrou-se 5,438 kg.

O maior estoque de serrapilheira encontrado no Fragmento 1 pode ser indício de uma floresta onde o sistema decomposição encontra-se comprometido, ou ainda, ser resultado das perturbações no entorno e dentro deste fragmento, pois de acordo com autores como Facelli e Pickett (1991), Delitti (1995), Moraes (2002) e Campos *et al* (2008), o padrão de acúmulo e decomposição de serrapilheira reflete as características da comunidade vegetal e do estágio sucessional. Assim, o maior estoque de serrapilheira é encontrado nas florestas em estágios sucessionais iniciais ou em regeneração, onde é maior a quantidade de espécies pioneiras e que investem mais em biomassa.

De uma forma geral, observa-se que o maior estoque total de serrapilheira, levando em consideração os três fragmentos foi durante o verão. No inverno, ao somar toda serrapilheira coletada nos três fragmentos temos 9,421 kg, enquanto no verão temos 9,988 kg. Este maior valor no verão, principalmente para os Fragmento 1 e 3, pode estar relacionado às tempestades de verão que afetam principalmente estes fragmentos, devido a maior exposição da vegetação, ao dossel mais aberto e a maior quantidade de bordas. Além disso, as diferenças encontradas no estoque de serrapilheira para um mesmo fragmento nas

duas estações do ano podem estar relacionadas a fatores de microsítio como disponibilidade de água e aeração do solo, que afetam a comunidade biológica, grande responsável pela decomposição. PBegon *et al* são menores os níveis de atividade dos decompositores quando é menor a temperatura, menor a aeração e a disponibilidade de água.

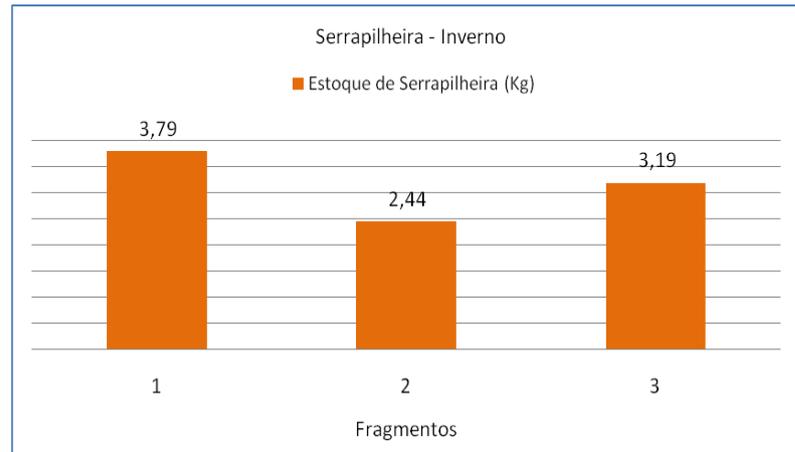


Figura 36 – Estoque de serrapilheira (soma da serrapilheira coletada em todos os pontos) no inverno para os três fragmentos.

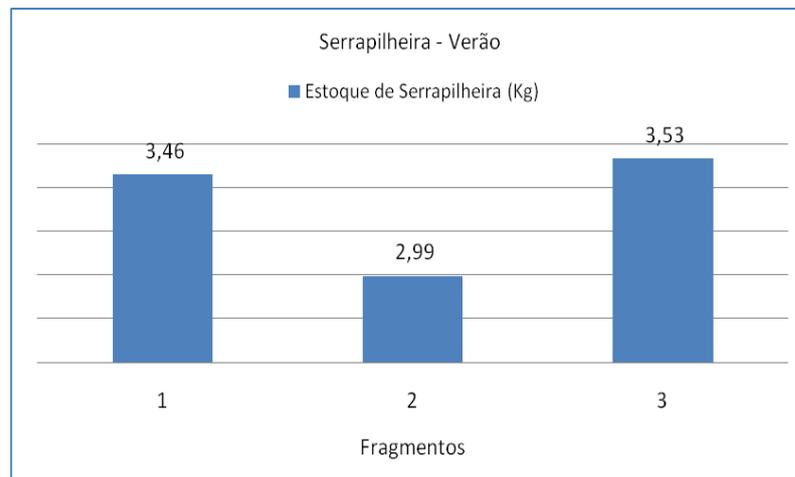


Figura 37 – Estoque de serrapilheira (soma da serrapilheira coletada em todos os pontos) no verão para os três fragmentos.

Ao se analisar a proporção de cada camada de serrapilheira (*camadas L, F e H*), notamos que em todos os fragmentos a *camada F* foi a mais expressiva, nas duas estações

do ano. Além disso, em todos os fragmentos, a *camada L* foi a que apresentou as menores proporções (Figuras 38, 39 e 40), o que evidencia que em geral, para os três fragmentos, não há um acúmulo intenso de matéria orgânica amorfa sobre o horizonte A_1 do solo e que a decomposição e o consequente retorno dos nutrientes para as plantas não é deficiente nesses sistemas.

No Fragmento 1, onde houve o maior estoque total de serrapilheira, a camada F corresponde em média a 68,61% do estoque de serrapilheira no verão e em média 55,97% do estoque no inverno. Neste fragmento, no verão, a camada F chega a representar 79,98 % da serrapilheira coletada, como pode ser visto no ponto 2B (Tabela 12).

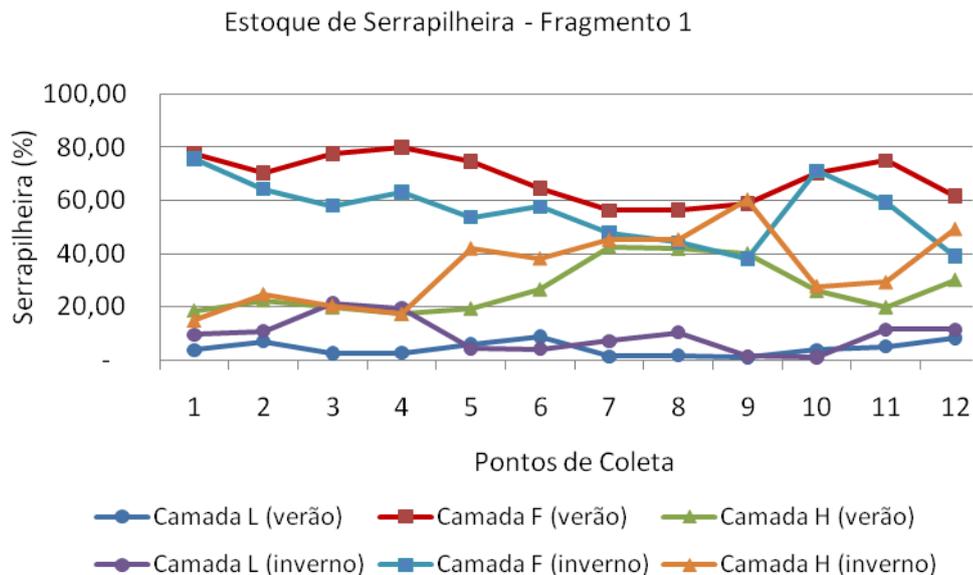


Figura 38 – Porcentagem de cada camada de serrapilheira no Fragmento 1, para as duas estações do ano analisadas.

Tabela 12 – Estoque de serrapilheira em cada ponto do Fragmento 1 no inverno e verão.

Fragmento 1 - Serrapilheira (%)						
Pontos de Coleta	Verão			Inverno		
	Camada L	Camada F	Camada H	Camada L	Camada F	Camada H
1A	3.79	77.59	18.62	9.65	75.52	14.83
1B	7.10	70.42	22.48	10.92	64.31	24.78
2A	2.55	77.60	19.85	21.49	58.06	20.45
2B	2.77	79.98	17.25	19.60	63.02	17.37
3A	5.95	74.69	19.36	4.27	53.70	42.03
3B	8.82	64.64	26.54	4.15	57.61	38.24
4A	1.38	56.18	42.44	7.12	47.66	45.23
4B	1.75	56.45	41.80	10.41	44.16	45.42
5A	1.10	58.88	40.02	1.39	38.19	60.42
5B	3.77	70.27	25.96	1.19	71.06	27.76
6A	5.13	75.00	19.86	11.51	59.26	29.23
7B	8.22	61.63	30.15	11.56	39.10	49.34
Média	4.36	68.61	27.03	9.44	55.97	34.59
Desvio Padrão	2.67	8.72	9.46	6.42	11.91	14.28
Máximo	8.82	79.98	42.44	21.49	75.52	60.42
Mínimo	1.10	56.18	17.25	1.19	38.19	14.83
n	12	12	12	12	12	12

No Fragmento 2, onde o estoque de serrapilheira foi o menor nas duas estações do ano, ao comparar com os outros fragmentos, a *camada F* foi ainda mais expressiva (Figura 39), representando em média 81,63% para o verão e em média 65,49% para o inverno (Tabela 13).

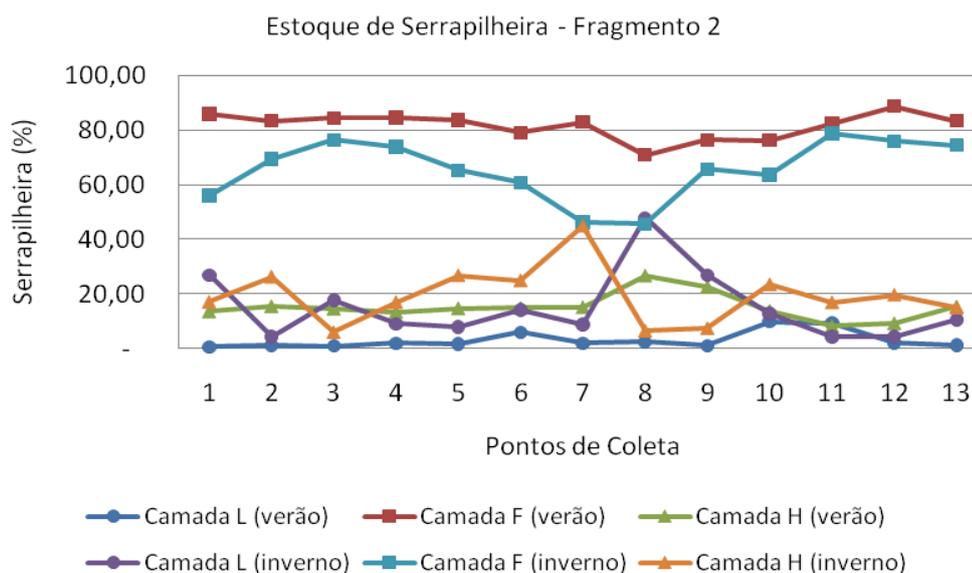


Figura 39 - Porcentagem de cada camada de serrapilheira no Fragmento 2, para as duas estações do ano analisadas.

Tabela 13 - Estoque de serrapilheira em cada ponto do Fragmento 2 no inverno e verão.

Fragmento 2 - Serrapilheira (%)						
Pontos de Coleta	Verão			Inverno		
	Camada L	Camada F	Camada H	Camada L	Camada F	Camada H
8B	0.69	85.74	13.58	26.92	55.98	17.10
9A	1.21	83.28	15.51	4.36	69.31	26.33
9B	1.02	84.35	14.63	17.67	76.34	5.99
10A	2.05	84.53	13.42	9.14	73.88	16.98
10B	1.65	83.60	14.75	7.96	65.26	26.79
11A	6.07	79.03	14.89	14.28	60.76	24.96
11B	1.98	82.87	15.15	8.86	46.19	44.95
12A	2.46	70.88	26.66	47.89	45.56	6.54
12B	1.08	76.31	22.61	26.96	65.60	7.44
13A	9.92	76.22	13.86	12.91	63.61	23.48
13B	9.35	82.35	8.29	4.42	78.67	16.92
14A	2.07	88.62	9.30	4.44	75.87	19.69
14B	1.27	83.36	15.37	10.61	74.37	15.02
Média	3.14	81.63	15.23	15.11	65.49	19.40
Desvio Padrão	3.18	4.77	4.80	12.44	10.99	10.52
Máximo	9.92	88.62	26.66	47.89	78.67	44.95
Mínimo	0.69	70.88	8.29	4.36	45.56	5.99
n	13	13	13	13	13	13

Em relação ao Fragmento 3, a *camada F* representou em média 79,69% para o verão e 53,86 % para o inverno. Neste fragmento, assim como em todos os fragmentos, a *camada F* foi a mais expressiva, porém a camada H merece destaque, pois apresentou uma proporção um pouco mais elevada quando comparada aos demais fragmentos (Figura 40), chegando ao valor máximo de 56% no inverno, como pode ser visto no ponto 20B (Tabela 14)

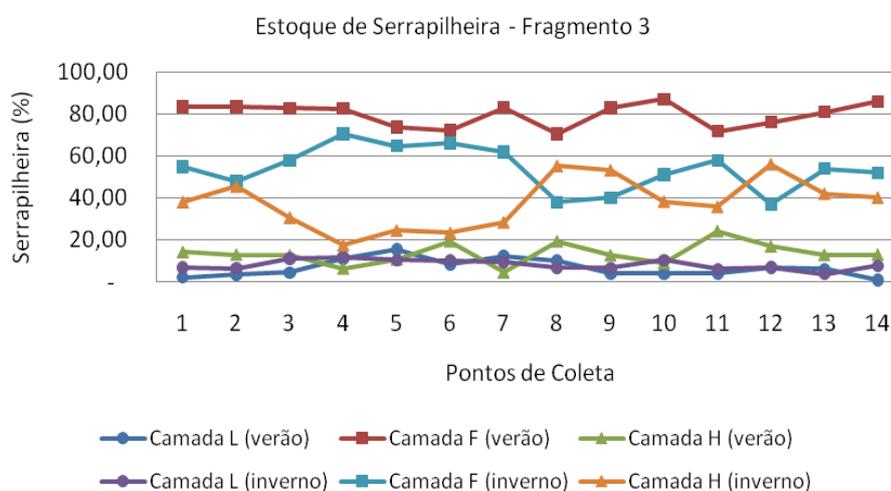


Figura 40 - Porcentagem de cada camada de serrapilheira no Fragmento3, para as duas estações do ano analisadas.

Tabela 14 - Estoque de serrapilheira em cada ponto do Fragmento 3 no inverno e verão.

Fragmento 3 - Serrapilheira (%)						
Pontos de Coleta	Verão			Inverno		
	Camada L	Camada F	Camada H	Camada L	Camada F	Camada H
15A	2.21	83.48	14.30	7.00	54.84	38.17
15B	3.62	83.33	13.05	6.58	47.97	45.45
16A	4.60	82.63	12.77	11.32	57.92	30.77
16B	11.11	82.42	6.47	11.90	70.43	17.68
17A	15.59	73.57	10.84	10.56	64.76	24.67
17B	8.36	72.25	19.39	10.35	66.08	23.57
18A	12.41	83.06	4.53	9.57	61.88	28.55
18B	10.15	70.45	19.39	6.78	38.01	55.21
19A	4.30	82.91	12.79	6.64	40.16	53.20
19B	4.02	86.90	9.08	10.48	51.12	38.40
20A	3.98	71.76	24.26	6.21	57.93	35.87
20B	7.01	76.02	16.97	7.06	36.94	56.00
21A	6.17	80.93	12.89	3.88	54.02	42.10
21B	0.99	85.93	13.08	7.81	51.93	40.25
Média	6.75	79.69	13.56	8.30	53.86	37.85
Desvio Padrão	4.24	5.63	5.23	2.37	10.42	12.00
Máximo	15.59	86.90	24.26	11.90	70.43	56.00
Mínimo	0.99	70.45	4.53	3.88	36.94	17.68
n	14	14	14	14	14	14

6.4 Características das encostas dos fragmentos

Como a bacia hidrográfica em questão está localizada na região de Macaé de Cima, todos os fragmentos localizam-se em altitudes elevadas, com valores médios que variam entre 650 m e 720 m (Tabela 15).

O Fragmento 2 apresentou a maior altitude, entre 818 m e 850 m e também foi o que apresentou os maiores valores de declividade, em torno de 30° (Figura 41), enquanto os valores de declividade dos Fragmentos 1 e 3 ficaram muito próximos, em torno de 15° (Tabela 16).

A altitude e a declividade são fatores que vão afetar indiretamente a suscetibilidade do solo à erosão. A altitude afeta a temperatura e taxas de precipitação, enquanto a menor declividade pode, de acordo com Poesen (1984), determinar menores taxas de erosão, por exercer um efeito positivo nas taxas de infiltração e possível formação do escoamento superficial.

Tabela 15 – Valores de altitude referente a cada ponto de coleta nos três fragmentos. Valores obtidos com GPS (Erro: $\pm 7m$).

Altitude (m)					
Fragmento 1		Fragmento 2		Fragmento 3	
1A e 1B	659	8A e 8B	818	15A e 15B	691
2A e 2B	650	9A e 9B	819	16A e 16B	700
3A e 3B	652	10A e 10B	820	17A e 17B	705
4A e 4B	657	11A e 11B	830	18A e 18B	708
5A e 5B	666	12A e 12B	840	19A e 19B	710
6A e 6B	672	13A e 13B	845	20A e 21B	713
7A e 7B	678	14A e 14B	850	21A e 21B	720

Tabela 16 – Valores de declividade obtidos com bússola de Bruton para todos os pontos de coleta nos três fragmentos.

Declividade em Graus					
Fragmento 1		Fragmento 2		Fragmento 3	
1A	15	8A	33	15A	10
1B	10	8B	30	15B	10
2A	10	9A	28	16A	9
2B	10	9B	29	16B	10
3A	10	10A	15	17A	18
3B	10	10B	35	17B	10
4A	20	11A	26	18A	25
4B	10	11B	27	18B	20
5A	25	12A	29	19A	20
5B	25	12B	29	19B	19
6A	14	13A	32	20A	10
6B	14	13B	35	20B	9
7A	20	14A	34	21A	13
7B	24	14B	34	21B	29
Declividade Média	16	Declividade Média	30	Declividade Média	15
Máximo	25	Máximo	35	Máximo	29
Mínimo	10	Mínimo	15	Mínimo	9
Desvio Padrão	6	Desvio Padrão	5	Desvio Padrão	7
n	14	n	14	n	14



Figura 41 – Declividade acentuada no interior do Fragmento 2 (Foto: Luana Balbino, 2010).

7. Discussão dos Resultados

Ao compararmos os três fragmentos entre si, notamos que cada um apresentou características que tornam seus solos mais ou menos suscetíveis à erosão e que levantam questionamentos sobre o grau de integridade de tais sistemas florestais.

Durante os trabalhos de campo, observou-se no Fragmento 1, que é o menor e está localizado no centro do distrito de Lumiar, a existência de clareiras, restos de lixo principalmente próximo a borda, além de evidências de cortes e retiradas de árvores, o que aponta para a presença de atividade antrópica no interior da floresta (Figura 42 e 43). Em relação à vegetação, este fragmento foi o que apresentou o maior DAP médio, porém em campo verificou-se a presença de árvores aparentemente muito antigas (DAP = 2 m) e na mesma área árvores mais jovens, ainda em fase de crescimento, o que pode ser resultado da retirada da vegetação por atividade humana ou por perturbações naturais, como clareiras abertas por tempestades e quedas de árvores. Notou-se também, ao observar a vegetação nos dois períodos analisados (inverno e verão), a existência de muitos galhos secos, além da ausência de epífitas, lianas e bromélias, o que são indícios de um ambiente mais seco e mais aberto, onde há muitas

clareiras e a luz chega até os estratos mais próximos ao solo. Quanto ao solo, o Fragmento 1 apresentou solos com características suscetíveis à erosão, tais como altas porcentagens de areia na análise granulométrica e pH ácido, porém apresentou outras características que tornam um solo mais estável, como valores de matéria orgânica próximos a 3% e porosidade em torno de 50%. Neste fragmento foi encontrado o maior estoque de serrapilheira, principalmente no inverno. De uma forma geral, o acúmulo de serrapilheira tende a ser maior em ambientes mais secos, devido à menor atividade de decomposição, o que poderia ser justificado neste fragmento devido à presença de clareiras. Porém, é importante ressaltar que a quantidade de serrapilheira produzida pode variar também em função de perturbações, ocorrendo maior produção de serrapilheira onde o ambiente é constantemente impactado e é maior a quantidade de espécies pioneiras, que investem em biomassa para o crescimento, acarretando em mais serrapilheira sendo produzida e chegando ao solo. Os valores de matéria orgânica possuem uma relação intrínseca com a decomposição da serrapilheira, portanto os valores mais baixos encontrados neste fragmento provavelmente estão relacionados à decomposição mais lenta que também têm relação com o pH ácido do solo, que causa uma redução da atividade microbiana, e consequentemente afeta a decomposição.



Figura 42- Interior do Fragmento 1, ambiente seco e com evidência de cortes de árvores (Foto: Luana Balbino, 2010).



Figura 43 – Resto de armadilha deixada no interior do fragmento, indícios de interferência humana (Foto: Luana Balbino, 2010).

O Fragmento 2, que não constitui um fragmento isolado e está localizado numa área mais reservada e com acesso mais restrito através de uma pousada, apresentou o solo com características menos suscetíveis à erosão, como textura franca e valores de matéria orgânica acima de 5%, o que corresponde a solos mais estáveis e equilibrados. Os solos desse

remanescente também foram considerados ácidos, porém seus valores de porosidade foram os maiores encontrados, ficando acima de 60%. Quanto a sua vegetação, este fragmento não teve os maiores valores de DAP, porém apresentou a maior altura das árvores, com uma diferença significativa em relação aos fragmentos 1 e 3. Esta maior altura e menor DAP não estão associadas à retirada de árvores, ou a presença de árvores jovens, e sim reflete a grande quantidade de palmeiras que se encontram espalhadas principalmente nos primeiros 20 metros do interior do fragmento. Nesta floresta, não foram observadas epífitas e bromélias de forma expressiva, e foram encontrados muitos galhos secos, principalmente no inverno. Apesar de este fragmento estar aparentemente mais protegido da interferência humana e não haver muitas clareiras, o dossel apresentava-se mais aberto, devido à presença de muitos troncos derrubados e das palmeiras. A queda de árvores neste fragmento aparentemente está associada à declividade acentuada da encosta, que chega até 35°. Neste fragmento, não foi possível chegar até a parte mais elevada da encosta devido à vegetação mais densa e a declividade mais acentuada. Quanto aos valores de serrapilheira, neste fragmento foi encontrado o menor estoque e a maior porcentagem de *camada F*, o que evidencia um melhor estágio de preservação e conseqüentemente uma melhor ciclagem de nutrientes, que é expressa também no maior valor encontrado para a matéria orgânica.

O Fragmento 3 está localizado próximo a estrada que segue para o povoado de Boa Esperança, e dentre os três fragmentos analisados, este é o maior e com formato mais regular. Neste fragmento, os solos tiveram alta porcentagem de areia, pH ácido e matéria orgânica próximo a 3%, não variando muito entre o inverno e o verão. Quanto à vegetação, os valores médios de DAP e de altura foram os menores ao ser comparado com os demais fragmentos. No Fragmento 3, foi observado durante as idas a campo, um ambiente com maior umidade que o fragmento 1 e 2. Esta maior umidade pode ser percebida pela presença de fungos em grande quantidade nos troncos de árvores e rochas (Figura 44), e pela camada mais expressiva de malha fina (*camada H* de serrapilheira) depositada sobre o primeiro horizonte do solo, que indica uma

decomposição mais rápida. Porém, esta maior umidade não caracteriza um dossel mais fechado, tanto que é visível um estrato arbustivo bem desenvolvido, favorecido pela incidência de luz até o solo. É importante destacar que neste fragmento havia muitos blocos rochosos no solo, o que caracteriza um solo raso e/ou que sofre constante retirada de sua camada superficial. É visível neste fragmento árvores de grande porte (*outliers* na Figura 25 e 27 - Fragmento 3) que se destacam em meio a árvores mais jovens e de menor porte. Isto afeta a continuidade das copas e compromete a proteção do solo contra a erosão, favorecendo um dossel mais aberto e, conseqüentemente, as maiores taxas de erosão por salpicamento e por escoamento superficial. No caso desta floresta, a erosão do solo pode ser ainda favorecida pela decomposição mais rápida da serrapilheira, visível ao se observar a *camada H* mais expressiva e um ambiente mais úmido, o que não deixa o solo protegido do impacto das gotas de chuva e do escoamento superficial. O escoamento superficial também é o responsável pela retirada das partículas mais finas do solo e o predomínio das mais grosseiras, como o que acontece neste fragmento onde prevalece a textura franco arenosa, com porcentagens de areia acima de 60%.



Figura 44 – Grande quantidade de fungos no interior do Fragmento 3, o que são indícios de uma maior umidade (Foto: Luana Balbino, 2010).

8. Conclusões

Os resultados mostraram que os fragmentos florestais isolados, mais sujeitos a atividade antrópica e de menor tamanho (Fragmento 1 e 3), apresentaram características que tornam seus solos mais suscetíveis à erosão, além de outras características que comprometem a funcionalidade do sistema ambiental, tais como características da vegetação e ciclagem de nutrientes. Enquanto, o remanescente florestal conectado (Fragmento 2) apresentou condições ambientais mais equilibradas.

Ficou claro neste estudo, que apesar dos fragmentos analisados estarem dentro de uma mesma bacia e serem muito próximos uns aos outros, os três apresentam características que os tornam bem distintos e com diferentes graus de integridade que variam em função das condições locais as quais estas florestas estão submetidas, tais como a matriz a qual se encontram inseridas, o tamanho e forma do fragmento, as características naturais, e principalmente o quanto estão sujeitas aos impactos resultantes da atividade humana.

É válido ressaltar que estes fragmentos estão inseridos em uma área de proteção ambiental (Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima), que visa à preservação e manutenção dos remanescentes de Mata Atlântica e, portanto para garantir a conservação destes sistemas torna-se ainda mais importante a criação de corredores florestais nesta região, favorecendo assim, a conexão entre os fragmentos, aumentando sua proteção, reduzindo o seu isolamento e efeitos de borda.

No tocante ao trabalho, torna-se interessante analisar em trabalhos futuros a evolução desses e de outros fragmentos de floresta na bacia, para saber o quanto a fragmentação de fato ameaça tais remanescentes de Mata Atlântica. Este levantamento está sendo feito em outra pesquisa no LAGESOLOS (UFRJ) inserida no projeto Dinâmica Geomorfológica do Sistema Encosta-Planície na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé (RJ).

Os objetivos desta dissertação foram alcançados fazendo-se uma análise dinâmica das relações existentes entre a vegetação, a serrapilheira e o solo nos fragmentos florestais. Cabe

salientar que a suscetibilidade dos solos destes fragmentos e as condições ambientais analisadas, como a estrutura da floresta, o estoque de serrapilheira e o subsistema de decomposição apresentaram uma íntima relação, o que reforça a importância destes fatores como parâmetros de análise ambiental para o estudo dos impactos nestes sistemas, sejam por mudanças naturais ou por modificações resultantes da atividade humana.

Referências bibliográficas

- AB´SABER, A. N. *Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*, São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.
- AGAREZ, F. V. *Contribuição para a gestão de fragmentos florestais com vista a conservação da biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros*. Tese de doutorado submetido ao Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 237f, 2002.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: julho de 2007.
- ARAÚJO, M. H. S.; CRUZ, C. B. M.; VICENS, R. S. *Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica*. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO / Ministério do Meio Ambiente (MMA), p.84, 2007
- ARAÚJO, R. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; FRAZÃO, F.; DUARTE, C. *Deposição de serrapilheira em três modelos de revegetação de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ*. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, SOBRADE-UFV, Belo Horizonte, Minas Gerais, v.1, p.1-5, 2005.
- BABEL, U. *Micromorphology of Soil Organic Matter*. In: GIESEKING, J. E. Soil Component. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, p.369-473, 1975.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. *Ecology: individuals, populations and communities*. Oxford Library Blackwell, p.876, 1996.
- BERG, B., MCCLAUGHERTY, C. *Plant litter – decomposition, humus formation, carbon sequestration*. Berlin, Germany, Springer-Verlag, 2003.
- BERTRAND, G. *Paisagem e geografia física global. Esboço Metodológico*. Caderno de ciências da terra, v.13, p.1-25, 1972.
- BOHRER, C. B. A.; BARROS, F. A. *Proteção e Restauração da área do entorno do Parque Estadual dos Três Picos*. REBRAF, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, p.45, 2006.
- BOTELHO, R. G. M. *Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica*. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e Conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, p.339, 1999.
- BRADY, N. C. *Natureza e Propriedades dos solos*. 7ª edição, São Paulo, Freitas Bastos, 1989.
- BRYAN, R. B. *Soil erodibility and processs of water erosion on hillslope*. Geomorphology, v.32, p.385-415, 2000.

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, G.S.; RODRIGUES, S.C. *Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata mesofítica e cerrado stricto sensu em Uberlândia - MG*. Sociedade & Natureza, Uberlândia, MG, n.20, v.1, p.189-203, 2008.

CASTRO JUNIOR, E. *Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de floresta atlântica de tabuleiros – ES*. Tese de doutorado submetida ao programa de pós-graduação em geografia UFRJ, Rio de Janeiro, 285f, 2002.

COELHO NETO, A. L. *Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Bertrand Brasil, p.93-148, 1994.

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

CHRISTOFOLETTI, A. *Caracterização do Sistema Ambiental*. In: *Modelagem dos Sistemas Ambientais*. Editora Edgard Blücher Ltda, p.35-49, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. *Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos*, 6ª edição, Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p.415-441, 2003.

CIANCIARUSO, M. C.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. *Produção de serrapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP*. Acta Botânica Brasileira, .20, v.1, p.49-59, 2006.

COLLINGE, S. K. *Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscapes architecture and planning*, Landscape and Urban Planning, n.36, v. 1, 59-77, 1996.

DANTAS, M.E. (2001) *Mapa geomorfológico de Macaé*. Brasília: CPRM. Escala 1:250.000, CD-ROM.

DANTAS, M. E. (2000) *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM. Escala: 1.250.000.

DEAN, Warrem, 1932-1994. *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo, Companhia das Letras, 6ª reimpressão, 2007.

DELITTI, W. B. C. *Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres*. Oecologia Brasiliensis, v.1, 469-486, 1995.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. *Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana, em Lavras, MG*. Revista Árvore n.21, 11-26, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2. ed. rev. Atual, Rio de Janeiro, 212p, 1997.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. *Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure*. The Botanical Review, n.57, 1-32, 1991.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. *Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos das encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de áreas suscetíveis*. Revista Brasileira de Geomorfologia, n.2, v.1, 51-71, 2001.

FREITAS, M. M. *Comportamento Hidrológico e Erosivo de Bacia Montanhosa Sob Uso Agrícola: Estação Experimental do rio Boa Vista. Nova Friburgo, RJ*, Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós Graduação em Geografia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências, Rio de Janeiro, 100f, 1998.

FREITAS, M. M. *Funcionalidade hidrológica dos cultivos de banana e territorialidades na paisagem do Parque Municipal do Grumari, Maciço da Pedra Branca, RJ*. Tese de doutorado submetida ao Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 247f, 2003.

FULLEN, M. A. *Soil organic matter and erosion process on arable loamy sand soils in the West Midlands of England*. Soil Tecnology n.4, 19-31, 1991.

FULLEN, M. A.; CATT, J. A. *Soil Management: problems and solutions*. Londres, Arnold Publisher, p.269, 2004.

FUNDAÇÃO MATA ATLÂNTICA. *Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados*. Disponível em www.sosmatatlantica.org.br/atlas/atlas.html, em 2000.

GARAY, I.; HAFIDI, N. *Study of a mixed Forest litter of hornbeam (Carpinus betulus) and oak*. III Organization of the edaphic macroarthropod community as a function of litter quantity. Acta Oecologica, n.11, 1-18, 1990.

GARAY, I.; KINDEL, A.; JESUS, R. M. *Diversity of humus forms in the Atlantic Forest ecosystems (Brazil)*. The Table-land Atlantic Forest. Acta Oecologica., 16:553-570, 1995.

GARAY, I. ; SILVA, B. A. O. *Húmus Vegetais: Síntese e Diagnóstico das relações vegetação-solo*. Oecologia Brasiliensis, v.1, 19-46, 1995.

GARCÍA-RUIZ, J. M. *The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review*. Catena, n.81, 1-11, 2010.

GASCON, C.; LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E. *Fragmentação Florestal e Biodiversidade na Amazônia central*. In: DIAS, B. F. S.; GARAY, I. Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais: Avanços Conceituais e Revisão de Novas Metodologias de Avaliação e Monitoramento. Editora Vozes, Petrópolis, p.112-127, 2001.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.139-155, 1996.

GUERRA, A. J. T. *Processos Erosivos nas encostas*. In: Geomorfologia – Uma atualização de Bases e Conceitos. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B., Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 7ª edição, p.149-209, 2007.

GUERRA, A. J. T. *Processos Erosivos nas encostas*, In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Degradação Ambiental*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.372, 2001.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. *Erosão dos Solos e a Questão Ambiental*. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.280, 2004.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA, Jr.; DUCATTI, F. *Recuperação de Solos Degradados*. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; MENDES, F. G.; ENGEL, V. L. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais, Botucatu, São Paulo, FEPAF, p.245, 2003.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. *Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e nutrição das árvores*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e Fertilização Florestal, Piracicaba, IPEF/FAPESP, p.1-57, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico de vegetação brasileira. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, p.92, Rio de Janeiro, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 2ª edição, p.332, 2004.

KAGEYAMA, P. Y. *Conservação in situ de recursos genéticos de plantas*. Piracicaba, IPEF, 07-37, 1987.

KINDEL, A. *A fragmentação real: Heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus*. Tese doutorado submetida ao Programa de pós-graduação em Geografia - PPGG-UFRJ, Rio de Janeiro, 188f, 2001.

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

LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. *Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia*. Oecologia Brasiliensis, n.13, v.3, 434-451, 2009.

LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; RANKIN DE MERONA, J. M.; LAURANCE, S. G. *Rain Forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities*. Ecology, n.79, 2032-2040, 1998.

LAURANCE, W. F.; PEREZ-SALICRUP, D.; DELAMONICA, P.; FEARNside, P. M.; D'ANGELO, S.; JEROZOLONSKI, A.; POHL, L.; LOVEJOY, T. *Rain forest and the structure of Amazonian liana communities*. Ecology, n.82, 105-116, 2001.

LEFF, E. *Epistemologia Ambiental*. Cortez, São Paulo, p.240, 2000.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo, Oficina de Textos, p.178, 2002.

LIMA-E-SILVA, P. P. *Sistema Holístico de Avaliação de Impactos Ambientais de Projetos Industriais*. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFRJ, Rio de Janeiro, 342f, 2003.

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

LIMA, L. D. M. *Análise integrada da suscetibilidade dos solos aos processos erosivos nas partes média e alta da bacia do rio Macaé/RJ*. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFRJ, Rio de Janeiro, 118f, 2008.

LIMA, L. D. M.; GUERRA, A. J. T.; NEVES, S. R. A.; SANTOS, L. B. *Análise Integrada da erosão em áreas de pastagem na Bacia Hidrográfica do rio Macaé, Macaé-RJ*. Artigo técnico enviado para o 8º Simpósio Nacional de Controle da Erosão, São Paulo, p.12, 2008.

LIMA, F. S. *Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança – Nova Friburgo (RJ)*. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFRJ, 140f, 2010.

LOPES, M. I. M. S.; DE VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M. *Serrapilheira acumulada na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão*, São Paulo, Revista Hoehnea, n.17, v.1, 59-70, 1990.

LOPES, A. S. *Manual de fertilidade do solo*. São Paulo, ANDA/POTAFOS, p.153, 1989.

MMA, Campanili, Maura e Schäfer, Wilgold Bertoldo. *Mata Atlântica: Patrimônio Nacional dos Brasileiros*. Serie Biodiversidade n° 34, Ministério do Meio Ambiente – MMA, secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília – DF, p.408, 2010a.

MMA, Campanili, Maura e Schäfer, Wilgold Bertoldo. *Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental*. Serie Biodiversidade n° 35, Ministério do Meio Ambiente – MMA, secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília – DF, p.96, 2010b.

MALAGON, D.; SEVINK, J.; GARAY, I. *Methods for soil analysis*. In: VAN DER HAMMEN, T.; MÜLLER-DOMBOIS, D.; LITTLE, M. A. *Manual of methods for mountains transect studies. Comparative studies of tropical mountain ecosystems*. Paris, IUBS, p.29-40, 1989.

- MARÇAL, M. S.; LUZ, L. M.; DIOS, C. B.; GARCIA, A. S. G. *Avaliação dos Problemas Ambientais no Litoral Norte Fluminense (RJ) - Área de Influência da Bacia Petrolífera de Campos*. IV Simpósio Nacional de Geomorfologia, São Luis, Maranhão, 2002.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. *Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas*, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, v.22, p.405- 412, 1999.
- MENDES, S. P. *Dinâmica da paisagem em unidades de conservação: um estudo de caso da APA Estadual de Macaé de Cima (RJ)*. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFRJ, 136f, 2010.
- METZGER, J. P. *Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas*. In: JUNIOR, L. C.; PÁDUA, C. V.; RUDRAN, R. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Curitiba, Paraná. Editora da UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, p.667, 2003.
- MILLER, J. G. *Living Systems: Basic Concepts*. Behavioral Science, n.10, p.193-237, 1965.
- MORAES, R. M. *Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serrapilheira*. In: Bicudo, D.; M. Forti & C. Bicudo, eds). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, p.133-142, 2002.
- MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*, 3ª edição, Blackwell, London, p.303, 2005.
- MURCIA, C. *Edge effects in fragmented forests: implications for conservation*. *Oikos*, n.47, 285-387, 1986.
- PÁDUA, J. A. *Um sopro de destruição: Política e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888)*. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, p.318, 2002.
- POESEN, J. *The influence of slope angle on infiltration rate and Hortonian overland flow volume*, *Z. Geomorphol.*, n.49, 117– 131, 1984.
- POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G.; VALENTIN, C. *Gully erosion and environmental change: importance and research needs*. *Catena*, n.50, p.91-133, 2003.
- PROJETO RADAMBRASIL. *Programa de Desenvolvimento Nacional Levantamento de Recursos Naturais*. Folha SF-23, 1983.
- QUINET, A.; ANDREATA, R. *Lauraceae Jussieu na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Município de Nova Friburgo*. Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* n.53, 59:121, 2002.
- RAMBALDI, D. M. *A Reserva da Biosfera na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro*. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera na Mata Atlântica, São Paulo, p.65, 2003.
- RESOLUÇÃO CONAMA 001/1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação

DOU, de 17/02/1986, p. 2548-2549. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em Julho de 2011

RIZZINI, C. T. *Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos Sociológicos e Florísticos*, 2. Hucitec-Edusp, São Paulo, p.374, 1979.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. São Paulo, Editora. Contexto, 1990.

SÁNCHEZ, L. R. *Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos*. São Paulo, Oficina de Textos, p.495, 2006.

SAUER, C. *A morfologia da paisagem*. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. Paisagem, tempo e cultura. Rio de Janeiro, Editora UERJ, p.12-74, 2004.

SELBY, M. J. *Hillslope: Materials and process*. Oxford University Press, 1ª edição, Oxford, p.451, 1990.

SILVA, A. S. *Análise morfológica dos solos e erosão*. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. F. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 2ª. Edição, Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, p.15-16, 2005.

SILVA, T.M. *A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, UFRJ, 264 p. 2002.

SOUZA, A. B. *Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais – DBCA*, Editora Thex, p.247, 2002.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, p.372, 1979.

SOS-INPE. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2005-2008* Relatório Parcial, São Paulo, p.156, 2008.

SOS-INPE. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010* Relatório parcial - dados parciais dos estados avaliados até maio de 2010, São Paulo, p.60, 2010.

TOMÉ Jr., J. B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba, Agropecuária, 1997.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro. FIBGE, Diretoria Técnica, p.91, 1977.

VALENTIN, C.; POESEN, J.; YOUNG LI. *Gully erosion: impacts, factors and control*. Catena, v.63, p.132-153, 2005.

VALLEJO, L. R.; VALLEJO, M. S. *Aspectos da dinâmica Hidrológica em áreas florestadas e suas relações com os processos erosivos*. Anais do IV Simpósio do Quaternário do Brasil, p.365-380, 1982.

VIANA, V. M. *Biologia e manejo de fragmentos florestais*. In: Anais - Congresso Florestal Brasileiro, 6, Campos do Jordão, 1990. Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade de Engenheiros Florestais, p.113-118, 1990.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZEIGER, J. P. *Produção de serrapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúma, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos*. Revista Brasileira de Botânica, v.30, n.3, p.521-532, jul.-set. 2007.

ZAU, A. S. *Fragmentação de Mata Atlântica: Aspectos Teóricos*. Floresta e Ambiente, n.5, v.1, 60-170, 1998.