

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS  
DE RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA NA BACIA DO RIO  
GUAPIAÇU, CACHOEIRAS DE MACACU, RJ**

**Aline Damasceno de Azevedo**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS  
DE RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA NA BACIA DO RIO  
GUAPIAÇU, CACHOEIRAS DE MACACU, RJ**

**ALINE DAMASCENO DE AZEVEDO**

*Sob a orientação do Professor*  
**Marcio Rocha Francelino**

*e Co-orientação dos Professores*  
**Marcos Gervasio Pereira**  
**Paulo Sergio dos Santos Leles**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ  
Março de 2012

634.956098

153

A994c

T

Azevedo, Aline Damasceno de, 1981-  
Composição florística e estoque  
de carbono em áreas de recuperação  
da Mata Atlântica na Bacia do Rio  
Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ /  
Aline Damasceno de Azevedo - 2012.  
xiv, 162 f.: il.

Orientador: Marcio Rocha  
Francelino.

Dissertação (mestrado) -  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, Curso de Pós-Graduação  
em Ciências Ambientais e  
Florestais.

Bibliografia: f. 107-123.

1. Reflorestamento - Mata  
Atlântica - Teses. 2. Plantas - Mata  
Atlântica - Teses. 3. Florestas -  
Conservação - Teses. 4. Carbono -  
Teses. 5. Sequestro de carbono -  
Teses. I. Francelino, Marcio Rocha,  
1966-. II. Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro. Curso de  
Pós-Graduação em Ciências Ambientais  
e Florestais. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS


**ALINE DAMASCENO DE AZEVEDO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, na área de concentração em Conservação da Natureza.


DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 29 / 03 / 2012



Márcio Rocha Francelino. Dr. UFRRJ  
(Orientador)



Lúcia Helena Cunha dos Anjos. Ph.D. UFRRJ



Dietmar Karl Sattler. Ph.D. Universidade de Leipzig

A mão estendida  
abençoa o trigo

À procura do ponto  
ágeis dedos  
manipulam a massa  
do mundo

Mas a vida só faz sentido  
quando se reparte o pão

**(Partilha, Luiz Otávio Oliani)**

*A Deus, aos meus pais Ivo e  
Heloisa, aos meus irmãos  
Cristiane, José Roberto e Michele  
e a todos que permaneceram do  
meu lado...*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus por mais esta etapa cumprida;

À CAPES pela concessão da bolsa e à FAPERJ pelo financiamento de parte das análises de solo;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelos 10 anos de formação acadêmica, profissional e pessoal e aos laboratórios de Gênese e Classificação do Solo, Geoflora e LAPER e ao Herbário RBR;

Aos orientadores e amigos Marcio Rocha Francelino e Paulo Sergio dos Santos Leles pelo apoio nos momentos dentro e fora da Universidade, pela contribuição à minha formação profissional;

Pela dedicação do sempre orientador e amigo Marcos Gervasio Pereira, que me ensinou a ler e a escrever, que me alfabetizou no mundo acadêmico, que em tudo contribuiu à minha formação acadêmica.

À minha linda família, pelo eterno amor dos meus pais Ivo e Heloisa e dos meus irmãos Cristiane, José Roberto e Michele;

À minha família estrangeira, Nicholas e Raquel Locke, por todo o apoio, confiança e amizade;

À Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA) e seus funcionários: Mauricio, Arilson, Seu Antônio (Noca), Jaílson (Barata), Messias, Sidnei e Levi, pela ajuda nas diversas etapas deste trabalho; e às cozinheiras: Lisa, Patrícia, Preta e Sandra pela melhor comida do mundo.

Ao Fábio Lagôas e à família Lagôas pela hospedagem, carinho e apoio logístico nos dias de campo;

Ao grande e eterno amigo Padre Montenegro (*in memoriam*) que em tudo me ajudou e a tudo me ensinou;

Pelo valor da amizade dos irmãos: Tiago, Raquel, Marcelo e Márcia que estiveram presente nos melhores e piores momentos de minha vida, pela compreensão de minha ausência, por me fazerem rir quando chorei e por me fazerem chorar de rir;

Aos amigos da Família São José (PVCSJ), onde tudo começou...;

Aos eternos gatos Guilherme Henrique, Thaís Andrade e Daniel Carvalho, pela amizade e força nestes últimos e estafantes meses;

Às amigas de República: Carol, Dany, Paty e Yara, pelo tempo de amizade e bom convívio;

A todos os amigos, de longe, de perto, de longa data ou recente, que de alguma forma, direta ou indireta, contribuíram com a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Aline Damasceno de Azevedo, nascida em 31 de agosto de 1981, no Rio de Janeiro, filha de Ivo Rebouças de Azevedo e Heloisa Damasceno de Azevedo. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no 1º semestre do ano de 2002 no curso de Engenharia Florestal, onde se graduou em agosto de 2007. Foi monitora da disciplina Pedologia e Fundamentos da Ciência do Solo e concluiu monografia no laboratório de Gênese e Classificação do Solo. Em abril de 2008, ingressou na Residência Florestal pelo Instituto de Florestas da UFRRJ, no Projeto de Reflorestamento da Bacia Hidrográfica do Rio Macacu. Em março de 2010 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais – Conservação da Natureza.

## RESUMO GERAL

AZEVEDO, Aline Damasceno. **Composição florística e estoque de carbono em áreas de recuperação da Mata Atlântica na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais – Conservação da Natureza). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

O bioma Mata Atlântica, atualmente, é considerado como bioma prioritário de conservação, visto o seu histórico de devastação, intimamente relacionado com a história do desenvolvimento do Brasil, desde sua descoberta. Os reduzidos fragmentos florestais remanescentes, que somam em torno de 7% da cobertura florestal original, acarretaram em ações que priorizam a conservação dessas florestas e o cumprimento das leis que disciplinam as ações do homem acerca do adequado uso alternativo do solo e dos recursos naturais de maneira geral. Dentre os inúmeros serviços ambientais que a floresta pode gerar, o estoque de carbono na biomassa florestal tem significativa importância pela capacidade de sequestrar carbono da atmosfera, resultando por minimizar a alta concentração de gases do efeito estufa. O surgimento de políticas globais, que discutem a questão da mitigação das causas das mudanças climáticas, resultou na concepção de medidas de flexibilização, tendo como principal o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto no Protocolo de Kyoto. O plantio de essências florestais para sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera pode propor modelos de geração de créditos de carbono e constituir uma alternativa de recuperação de áreas, de uso preservacionista do solo e reconexão de fragmentos florestais. O objetivo geral deste estudo foi caracterizar a composição florística, quantificar o estoque de carbono fixado na biomassa acima do solo e o carbono estocado no solo, bem como de outros compartimentos do ecossistema terrestre como serrapilheira e sistema radicular em áreas de recomposição florestal de diferentes idades na bacia do rio Guapiaçu, no município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Foram avaliadas três áreas de plantios de recomposição florestal com diferentes idades: 3 anos, 5 anos e 7 anos. Nos Capítulos I e II remanescentes de floresta madura do município que se realizou o estudo foram utilizados como área testemunha para fins de comparações de parâmetros florísticos, fitossociológicos, quantificação de biomassa acima do solo, do sistema radicular e da serrapilheira e estimativas do carbono estocado nestas biomassas. O método não-destrutivo para avaliar a biomassa acima do solo mostrou-se efetivo tanto nas áreas de floresta natural, quanto para as áreas de floresta plantada. Porém, é indicado que se utilize o método destrutivo, para avaliar a confiabilidade dos dados obtidos para o reflorestamento. No Capítulo III, a pastagem foi utilizada como área testemunha para fins de comparações entre os estoques de carbono na biomassa do solo e para avaliar a origem do carbono e do nitrogênio na matéria orgânica do solo através da abundância natural dos isótopos <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N. O uso de um método alternativo permitiu avaliar a consistência dos resultados de estoque de carbono, o que possibilitou sugerir a inclusão deste compartimento do ecossistema terrestre nos projetos florestais do MDL. Conclui-se que reflorestamentos com intuito de restauração ecológica são importantes fontes de captação de carbono atmosférico e podem apresentar resultados significativos, onde os estudos de quantificação de biomassa e estimativas de estoques de carbono nos compartimentos aéreos e no solo das áreas reflorestadas podem ser usados como referência para elaboração de projetos de neutralização de carbono na esfera do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

**Palavra chave:** Mata Atlântica. Estoque de carbono. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo



## GENERAL ABSTRACT

AZEVEDO, Aline Damasceno. **Floristic composition and carbon stock in recovery areas of the Atlantic Forest River Basin Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro.** 2012. Dissertation (Masters in Environmental Science and Forestry – Nature Conservation). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.)

The Atlantic Rainforest is currently considered as biome conservation priority, given its history of devastation, closely related to the history of Brazil's development since its discovery. The small forest fragments remaining, totaling around 7% of the original forest cover resulted in actions that prioritize the conservation of these forests and the enforcement of laws governing man's actions regarding the appropriate alternate use of the soil and natural resources in a general way. Among the numerous environmental services that forests can generate, carbon accumulation in the forest biomass has significant importance for the ability to sequester carbon from the atmosphere, resulting in minimizing the high concentration of Greenhouse Effect Gases. The emergence of global policies, discussing the issue of mitigating the causes of climatic change, has resulted in the design of easing measures, which the main is Clean Development Mechanism (CDM) provided in Kyoto Protocol. The planting of forest trees for fixing CO<sub>2</sub> from the atmosphere may propose models for generating carbon credits and be an alternate recovering of degraded areas, conservationist use of the soil and reconnect forest fragments. The aim of this study was to characterize the floristic composition, quantify the carbon stock in biomass above the ground and the carbon stored in the soil, as well as other compartments of the terrestrial ecosystem as litter and root systems in areas of reforestation of different ages in Guapiaçu River in the city of Cachoeiras de Macacu, RJ, Brazil. Three areas of reforestation plantations were evaluated with different ages: 3 years, 5 years and 7 years. In Chapters I and II, mature forest remaining of the city where the study was conducted were used as a control area for comparisons of floristic parameters, phytosociological, quantification of biomass above the ground, root and leaf litter and estimates of the carbon stored in these biomasses. The non-destructive method to evaluate the biomass above the ground was effective both in natural forest areas, and reforestation area. However, it is advisable to use the destructive method to evaluate the reliability of the data obtained for reforestation. In Chapter III, the pasture was used as a control area for comparison purposes between the carbon stocks in the soil biomass and to evaluate the origin of carbon and nitrogen in the organic matter of the soil through the natural abundance of the isotopes <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N. The use of an alternate method allowed to evaluate the consistency of the results of carbon stock, which allowed suggesting the inclusion of this compartment of the terrestrial ecosystem in the forest projects of CDM. It is concluded that reforestation aiming at ecological restoration are important sources of atmospheric carbon capture and may present significant results, where the studies quantifying the biomass and carbon stocks estimates in the soil and air compartments of the reforested areas can be used as reference for drafting of Carbon Offsets in the sphere of Clean Development Mechanism (CDM).

**Keywords:** Atlantic Forest. Carbon stock. Clean Development Mechanism.

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Relação florística das espécies encontradas na floresta nativa, com os respectivos números de indivíduos amostrados e grupo ecológico na qual pertencem. (continua)...	29
<b>Tabela 2.</b> Relação das espécies com as maiores abundâncias de indivíduos registradas no levantamento florístico em florestas nativa, no município de Cachoeiras de Macacu, RJ .....	39
<b>Tabela 3.</b> Relação florística das espécies encontradas nos plantios de recomposição florestal, com os respectivos números de indivíduos amostrados e grupo ecológico na qual pertencem para cada idade de área reflorestada. (continua) .....	45
<b>Tabela 4.</b> Riqueza de espécies e número de indivíduos das famílias registradas na área reflorestada com 3, 5 e 7 anos de idade. R = Riqueza; A = Abundância.....	52
<b>Tabela 5.</b> Representação das 15 espécies mais abundantes registradas no levantamento florístico em três áreas reflorestadas com diferentes idades, 3, 5 e 7 anos. (continua)...	53
<b>Tabela 6.</b> Densidade de indivíduos por hectare e riquezas observadas e estimadas nas diferentes idades de plantio de recomposição florestal na área da REGUA.....	57
<b>Tabela 7.</b> Espécies registradas presentes na regeneração natural e a distribuição de frequência das mesmas nas parcelas alocadas em cada idade de plantio de recomposição florestal na REGUA. R3=Reflorestamento com 3 anos de idade; R5=Reflorestamento com 5 anos; R7=Reflorestamento com 7 anos de idade (continua).....	58
<b>Tabela 8.</b> Percentual de similaridade entre a regeneração natural das áreas em recomposição florestal com as mudas plantadas e a floresta natural .....	63
<b>Tabela 9.</b> Quantificação total da biomassa da serrapilheira e por componentes da mesma nas três áreas do reflorestamento avaliada comparada a área de mata nativa.....	73
<b>Tabela 10.</b> Estimativas de biomassa e estoque de carbono em fragmentos florestais secundários na Mata Atlântica. ....	76
<b>Tabela 11.</b> Contribuição das 10 espécies mais representativas em produção de biomassa acima do solo e estoque de carbono nas áreas de recomposição florestal na REGUA...78	
<b>Tabela 12.</b> Contribuição das famílias mais representativas em produção de biomassa viva acima do solo de acordo com as áreas plantadas na recomposição florestal da REGUA. ....	79
<b>Tabela 13.</b> Apresentação dos resultados totais de produção de biomassa e estoques de carbono para as áreas de floresta natural e plantada e taxas de incremento médio anual (IMA) de carbono para as áreas de floresta plantada. ....	80
<b>Tabela 14.</b> Quantificação da biomassa na raiz, estimativa do estoque de carbono neste componente nas áreas de reflorestamento e mata nativa e percentual de bioamassa alocada em relação à biomassa viva acima do solo. ....	94
<b>Tabela 15.</b> Estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total no perfil do solo para cada tipologia vegetal e classe de solo analisada. ....	95
<b>Tabela 16.</b> Estimativa média total do sequestro biológico (estoque de carbono) dos quatro compartimentos do ecossistema terrestre analisados na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ. ....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da REGUA (destacada em vermelho) como parte do corredor central da Mata Atlântica, unindo importantes Unidades de Conservação (UC) da região (1=Parque Estadual Três Picos – toda a área em verde; 2= Estação Ecológica do Paraíso/ Centro de Primatologia; 3=APA da Bacia do Rio Macacu; 4= APA Macaé de Cima). Fonte: Bernardo (2010). .....	7
<b>Figura 2.</b> Área da Fazenda São José de Guapiaçu no ano de 2005, interrompendo a prática do pastoreio e iniciando a restauração de ecossistemas florestais e lênticos (esquerda) e em 2011, 6 anos após a intervenção ambiental (direita). Fonte: Foto cordialmente cedida por Nicholas Locke, Presidente da REGUA. ....	7
<b>Figura 3.</b> Representação dos compartimentos da biomassa total dos ecossistemas florestais. (extraído de PROGRAMA FLORESTAS DO FUTURO, SOS MATA ATLÂNTICA, 2010). .....	10
<b>Figura 4.</b> Localização da Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA), no município de Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil (mapa da área extraído de BERNARDO, et al., 2011). .....	20
<b>Figura 5.</b> Mapa hidrográfico da bacia Guapi-Macacu, onde destaca-se o local do estudo (REGUA) inserido na bacia do rio Guapiaçu. Fonte: adaptado de Instituto BioAtlântica (2010). .....	21
<b>Figura 6.</b> Diagrama climático da área de pesquisa baseado nos dados de precipitação da Fazenda do Carmo (Guapiaçu) e dados extrapolados de temperatura. Fonte: Elaborado por J. Wesenberg, <i>apud</i> Couto (2010). .....	22
<b>Figura 7.</b> Mapa que delimita parte da área da REGUA, oriunda da junção de antigas propriedades rurais, onde mostra a variação em todas as formas de relevo: destaque em vermelho para a porção reflorestada (nas partes mais baixas), objeto do estudo Fonte: Imagem cordialmente cedida por Nicholas Locke, Presidente da REGUA.....	23
<b>Figura 8.</b> Demarcação do total de área reflorestada: cada limite expressa um plantio com idade diferente; em destaque são apresentadas as idades escolhidas para ao estudo (3, 5 e 7 anos) e em amarelo a área de pastagem e a localização da sede da Reserva (imagem obtida do Google Earth, 2010). .....	24
<b>Figura 9.</b> Diferentes áreas de recomposição florestal de diferentes idades compostas neste estudo e a floresta nativa como área testemunha. ....	25
<b>Figura 10.</b> Área de parte dos remanescentes florestais preservados da REGUA em relação a área do reflorestamento, destacando as parcelas florísticas alocadas em cada tipologia vegetal (imagem obtida do Google Earth, 2012). .....	26
<b>Figura 11.</b> Alinhamento com trenas (a) e delimitação das parcelas permanentes dos reflorestamentos com tubos de PVC e bambu (b); georreferenciamento (c) e identificação dos indivíduos da recomposição florestal dentro das parcelas (d). .....	27
<b>Figura 12.</b> Esquema representativo do percentual do grupo ecológico das espécies amostradas nos remanescentes florestais nativos no município de Cachoeiras de Macacu, RJ. P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado.....	35
<b>Figura 13.</b> Curva espécie-área ou curva do coletor, apresentando o número de espécies em relação ao número de pontos de amostragem. ....	36
<b>Figura 14.</b> Representação das famílias com as maiores riquezas de espécies e abundâncias de indivíduos.....	37
<b>Figura 15.</b> Representação dos gêneros com as maiores riquezas de espécies e abundâncias de indivíduos.....	38

<b>Figura 16.</b> Percentual de espécies em relação ao número de indivíduos amostrados em floresta nativa no município de Cachoeiras de Macacu, RJ.....	40
<b>Figura 17.</b> Imagens de <i>Guarea guidonia</i> , espécie de maior valor de importância registrada nos trechos de floresta natural estudados .....	41
<b>Figura 18.</b> Representação das 15 espécies com maior valor de importância na floresta nativa, onde a <i>Guarea guidonia</i> apresentou 97,74% deste valor.....	41
<b>Figura 19.</b> Representação do percentual do conjunto de indivíduos referente à estratificação da comunidade vegetal pela altura de cada árvore amostrada. ....	44
<b>Figura 20.</b> Representação do percentual dos grupos ecológicos referentes ao total de espécies amostradas e de cada idade de plantio nos reflorestamentos. P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado; R3=Reflorestamento com 3 anos de idade; R5=Reflorestamento com 5 anos; R7=Reflorestamento com 7 anos de idade .....	50
<b>Figura 21.</b> Curva espécie x área referente à riqueza observada das áreas reflorestadas na Reserva Ecológica do Guapiaçu – REGUA.....	55
<b>Figura 22.</b> Riqueza estimada (Jackknife) em comparação à riqueza observada (curva do coletor) das áreas reflorestadas na REGUA. A) Reflorestamento de 3 anos; B) Reflorestamento de 5 anos; C) Reflorestamento de 7 anos .....	56
<b>Figura 23.</b> Registro do número de famílias, gêneros e espécies na regeneração natural referente a cada idade de plantio do reflorestamento.....	61
<b>Figura 24.</b> Grupo sucessional ecológico e síndrome de dispersão dos indivíduos ingressantes registrados na regeneração natural e a frequência com que ocorreram as 15 espécies mais representativas no total de 20 parcelas amostradas na área em recomposição florestal na REGUA. P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado.....	62
<b>Figura 25.</b> Gabarito quadrado, de dimensão 1 x 1 m, utilizado para coleta de amostras simples de serrapilheira nas parcelas florísticas.....	71
<b>Figura 26.</b> Estoque de carbono (Mg C ha <sup>-1</sup> ) da serrapilheira nos reflorestamentos e mata nativa.....	74
<b>Figura 27.</b> Contribuição das espécies mais representativas na quantificação de biomassa acumulada e área basal nos remanescentes florestais naturais no município de Cachoeiras de Macacu, RJ. ....	75
<b>Figura 28.</b> Variação do estoque de carbono ao longo do desenvolvimento de um ecossistema florestal na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ. ....	82
<b>Figura 29.</b> Coleta de amostras indeformadas de solo com anel de Kopeck (esquerda) e descrição de perfil e coleta de amostras deformadas de solo (direita). ....	89
<b>Figura 30.</b> Distribuição errática de % de argila, estoque de carbono, densidade do solo e soma de bases em profundidade no NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico gleissólico.....	92
<b>Figura 31.</b> Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total nos perfis de solo.....	96
<b>Figura 32.</b> Representação do conteúdo de argila e da densidade do solo nos perfis de solo. .	97
<b>Figura 33.</b> Representação dos valores de <sup>13</sup> C (‰) e <sup>15</sup> N (‰) nos solos sob áreas de recomposição florestal de diferentes idades e sob pastagem, na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ. ....	100

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Mata Atlântica .....	3
2.2 Florística e Recomposição Florestal.....	4
2.3 A Bacia do Rio Guapiaçu .....	5
2.4 A Reserva Ecológica do Guapiaçu – REGUA .....	6
2.5 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.....	7
2.6 Estoque de Carbono.....	8
2.7 Biomassa Acima do Solo.....	10
2.8 Biomassa do Solo .....	11
2.9 Biomassa da Serrapilheira .....	13
2.10 Origem do Carbono e Nitrogênio do Solo Avaliada Através dos Isótopos <sup>13</sup> C e <sup>15</sup> N.....	13
<b>3 CAPÍTULO I .....</b>	<b>15</b>
<b>COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, SIMILARIDADE E ESTRUTURA DO COMPONENTE ARBÓREO EM REMANESCENTE FLORESTAL E ÁREAS DE RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA .....</b>	<b>15</b>
RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
<b>3.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.2.1 Caracterização da área de estudo: localização, clima, relevo e solo da área.....	20
3.2.2 Seleção da área de estudo .....	23
3.2.3 Implantação e caracterização do povoamento florestal.....	24
3.2.4 Procedimento de campo.....	25
3.2.5 Análises realizadas .....	27
<b>3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
3.3.1 Composição florística e parâmetros fitossociológicos da floresta nativa.....	29
3.3.2 Composição florística e riqueza das áreas de recomposição florestal.....	44
3.3.3 Composição florística e similaridade da regeneração natural com remanescentes florestais e áreas plantadas .....	57
<b>3.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>65</b>
<b>4 CAPÍTULO II.....</b>	<b>66</b>
<b>QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA ACIMA DO SOLO E ESTIMATIVA DE FIXAÇÃO DE CARBONO EM ÁREAS DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DA MATA ATLÂNTICA .....</b>	<b>66</b>
RESUMO .....	67
ABSTRACT .....	68
<b>4.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>71</b>
4.2.1 Caracterização da área de estudo: localização, clima, relevo e solo da área.....	71
4.2.2 Seleção da área de estudo .....	71
4.2.3 Procedimento de campo.....	71
4.2.4 Análises realizadas .....	71
<b>4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>73</b>
4.3.1 Produção de biomassa e estoque de carbono na serrapilheira (manta orgânica).....	73
4.3.2 Produção de biomassa viva acima do solo e estoque de carbono na mata nativa .....	75

4.3.3 Produção de biomassa viva acima do solo e estoque de carbono nos reflorestamentos .....	77
<b>4.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>5 CAPÍTULO III .....</b>	<b>84</b>
<b>ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO E AVALIAÇÃO DA ABUNDÂNCIA NATURAL DO <sup>13</sup>C E <sup>15</sup>N EM SOLOS DE ÁREAS DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DA MATA ATLÂNTICA .....</b>	<b>84</b>
RESUMO .....	85
ABSTRACT .....	86
<b>5.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>89</b>
5.2.1 Caracterização da área de estudo: localização, clima, relevo e solo da área .....	89
5.2.2 Seleção da área de estudo .....	89
5.2.3 Procedimento de campo.....	89
5.2.4 Análises realizadas .....	89
<b>5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>92</b>
5.3.1 Classificação e caracterização dos solos .....	92
5.3.2 Biomassa e estoque de carbono na raiz .....	93
5.3.3 Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total na biomassa do solo .....	94
5.3.4 Abundância natural e origem do <sup>13</sup> C (‰) e <sup>15</sup> N (‰) no solo .....	99
5.3.5 Sequestro de carbono total no ecossistema terrestre dos reflorestamentos .....	102
<b>5.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>104</b>
<b>6 CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>105</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>106</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>107</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>124</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Estado do Rio de Janeiro está inserido no bioma Mata Atlântica, onde ocorreu uma elevada alteração do uso do solo pela atividade antrópica e exploração de recursos florestais, acarretando na drástica redução da cobertura vegetal.

A necessidade da preservação dos ecossistemas florestais está diretamente relacionada à importância no papel que esses desempenham em termos de serviços ambientais, tal como o estoque de carbono terrestre.

O carbono total do sistema terrestre está contido na biomassa aérea vegetal e biomassa subterrânea, bem como no solo e na manta orgânica, ou seja, compõe tanto o seu estoque no sistema vegetal como no solo. Nas plantas, este estoque está diretamente relacionado ao seu crescimento e idade e logo, a sua capacidade fotossintética (TANIZAKI, 2000). Já nos solos, a sua relação se baseia na entrada e acúmulo de material orgânico aportado pelos vegetais e animais, com a contribuição dos organismos e raízes presentes, ou até mesmo pela ação humana no uso alternativo do solo, desde que seja de forma conservacionista, na qual não haja perda de carbono para a atmosfera. De acordo com Lal (1997) e Neves et al. (2004), a conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas pode levar ao rápido declínio desses estoques, favorecendo o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera (CO<sub>2</sub>), o que pode contribuir com as mudanças climáticas globais.

Com o surgimento de novos meios de política global sobre o clima, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto no Protocolo de Quioto, o plantio de florestas nativas para sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera pode propor modelos de geração de créditos de carbono e constituir alternativa de recuperação de áreas, de uso preservacionista do solo e reconexão de fragmentos florestais.

Dessa forma, o Brasil poderá obter lugar de destaque no panorama mundial dos países que buscam compensar suas emissões de gases poluentes na atmosfera, tendo em vista que poucos países possuem condições climáticas e tecnológicas apropriadas para a produção florestal como o Brasil (ROCHA, 2002).

Segundo Jardim (2006), uma das estratégias para diminuir o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera é recuperar as áreas de florestas tropicais degradadas com o plantio de espécies florestais adaptadas às condições locais, pois o incremento de biomassa florestal está diretamente relacionado com a captação do carbono da atmosfera. Dentre outras vantagens de se utilizar espécies florestais nativas em programas de recomposição, está a contribuição para a conservação e manutenção da biodiversidade regional (OLIVEIRA-FILHO, 1994), além da mitigação à questão dos gases do efeito estufa (GEE).

Sabe-se que o plantio de essências florestais além de contribuir significativamente com os estoques de carbono na biomassa aérea, também tem o papel fundamental no estoque deste elemento no solo, através da deposição, seguido do processo de decomposição da biomassa morta (serrapilheira).

Segundo Cotta & Tonello (2005), as grandes fontes de armazenamento de carbono atmosférico estão em reservatórios geológicos ou em atividades relacionadas ao uso da terra, como o florestamento e o reflorestamento.

Para Smith et al. (1998) os reflorestamentos surgem como alternativas viáveis do ponto de vista ambiental e econômico, capazes de contribuir na absorção de CO<sub>2</sub> e atenuar o efeito estufa. Dessa forma, espera-se que áreas reflorestadas possam ser recuperadas ao passo de atingir esta função ecológica e sócio-econômica no ambiente, aliado à preservação e valorização da floresta, com perspectivas positivas para o setor florestal brasileiro.

Do mesmo modo, tendo em vista a importância da recuperação e salvaguarda dos ecossistemas florestais, os resultados obtidos nesse estudo permitirão a geração de dados

básicos passíveis a serem usados na recuperação de áreas degradadas nos ecossistemas do bioma Mata Atlântica.

Baseado na hipótese de que o estoque progressivo do carbono apresenta diferenciações conforme a tipologia vegetal e a idade do plantio, o objetivo dessa pesquisa foi caracterizar a composição florística, quantificar o estoque de carbono fixado na biomassa acima do solo e o carbono estocado no solo em áreas de recomposição florestal de diferentes idades na bacia do rio Guapiaçu, no município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar o estado atual das áreas reflorestadas, a efetividade dos plantios e o desenvolvimento das diferentes espécies utilizadas, considerando aspectos de sua florística, fisionomia, crescimento, grupo ecológico, similaridade, produção de biomassa e estimativa do estoque de carbono acima do solo, tendo como testemunha, remanescentes de floresta madura existentes na Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA);
- Quantificar a biomassa espacial da manta orgânica do solo (serrapilheira), avaliando as áreas de reflorestamento e a de floresta natural;
- Avaliar o potencial do reflorestamento na quantificação de biomassa e estoque de carbono e nitrogênio no perfil do solo, tendo a pastagem como sistema de controle;
- Analisar a origem do carbono no solo, através da abundância natural do  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , nas áreas de reflorestamento, tendo a pastagem como sistema de controle;
- Analisar o sequestro biológico de carbono total, em ordem decrescente de estoque de carbono, a partir da estimativa observada para cada compartimento do ecossistema terrestre avaliado nas áreas reflorestadas.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mata Atlântica

O território brasileiro possui cerca de 64% de sua área ocupada por florestas nativas (ABRAF, 2006). Desse percentual, 15% correspondem à área do bioma Mata Atlântica (SOS MATA ATLÂNTICA, 2009), no qual abrange 15 Estados da federação e está presente nas regiões litorâneas, além dos planaltos e serras do interior, indo do Estado do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte.

As formações fitoecológicas do Estado do Rio de Janeiro contemplam, dentre os ecossistemas florestais que caracterizam este bioma, a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Densa. Esta última subdivide-se em diferentes fitofionomias, variando de acordo com a faixa altimétrica do relevo que se encontram, denominadas: Aluvial, das Terras Baixas, Submontana, Montana e Alto-Montana (VELOSO et al., 1991).

Além deste conjunto de ecossistemas florestais, a Mata Atlântica também contempla outros ecossistemas associados como mangues, restingas, florestas mistas (de Araucárias) e campos de altitude (LINO & DIAS, 2003).

No Estado do Rio de Janeiro, o bioma cobria cerca de 97% de sua área total. Segundo dados da organização não governamental SOS Mata Atlântica (2009), até final da década de 90, 17% da área deste território ainda possuía cobertura florestal. T tamanha redução desta cobertura se deve por um longo processo histórico de intervenção antrópica, que vai desde o descobrimento do Brasil, com a exploração de madeiras de alto potencial de produção, e estendendo-se ao longo dos séculos com vários ciclos de desenvolvimento econômico, até os dias atuais com a ocupação agropastoril, industrial e urbana desenfreada.

Atualmente, em todo o bioma constam apenas 7% dos seus remanescentes florestais, salvaguardados principalmente nas áreas de mais difícil acesso, as escarpas montanhosas da Serra do Mar (ROCHA et al., 2003), consideradas impróprias para práticas agrícolas. Este território apresenta grandes manchas florestais adjacentes a zonas de alta fragmentação (TANIZAKI & MOULTON, 2000). Estudos do MMA (2003) apontam que toda a área da floresta Atlântica contava com aproximadamente 1.300.000 km<sup>2</sup> de extensão, onde se encontra reduzida a 230.900,49 km<sup>2</sup>, o equivalente a 21,8% de sua cobertura florestal original.

Segundo dados do IBGE (2004), a Mata Atlântica ocupa 13,04% da área total do território brasileiro, com este percentual apresentando hoje vários usos da terra como: floresta remanescente, floresta plantada (principalmente pinus e eucalipto), pastagens e culturas agrícolas anuais e perenes. Para o Estado do Rio de Janeiro, de acordo com o uso do solo, as áreas de mata ocupam uma extensão de 363.000 ha, que equivale a 8,3% do território. Os demais usos da terra correspondem a 1.606.000 ha para áreas de pastagem, seguido de 604.000 ha para áreas de lavouras, que ocupam 36,8% e 13,8% do território do Estado, respectivamente (Censo IBGE, 2006).

No entanto, mesmo ante o vasto processo histórico de desmatamento, o bioma Mata Atlântica contempla uma das maiores biodiversidades do planeta, onde são encontradas grandes concentrações de espécies endêmicas (MYERS et al., 2000) e elevado estágio de degradação. Com isto, pode-se considerá-lo como um *hotspot*, sendo a conservação de seus recursos naturais de suma importância para a humanidade.

Essa elevada biodiversidade é atribuída às características climáticas e geográficas bastante diferenciadas ao longo de sua extensão territorial, que confere a este bioma variações fitofisionômicas acompanhadas de composição da fauna e flora específica. Estima-se que ocorrem mais de 1360 espécies de mamíferos, aves, répteis e anfíbios, onde 567 são endêmicas. As plantas superiores somam 20.000 espécies, sendo mais da metade endêmica.

As espécies lenhosas ocupam o primeiro lugar na diversidade de árvores no planeta, com o registro de 454 espécies num único hectare no sul da Bahia (Aliança para conservação da Mata Atlântica, 2011).

Dessa forma, a criação de áreas de preservação como as Unidades de Conservação, tanto de Proteção Integral, quanto de Uso Sustentável (determinadas pela Lei nº 9.985, de 18/07/2000), bem como a adequação das propriedades públicas e privadas às leis ambientais, tornou-se fundamental à proteção desse bioma, que é um dos mais ameaçados do planeta. Esse fator teve como consequência a criação de legislação específica aplicada a esta cobertura vegetal, a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428 de 26/12/06), na qual toda forma de recurso natural existente nos ecossistemas deste bioma vem sendo protegida especificamente por esta Lei.

## **2.2 Florística e Recomposição Florestal**

Segundo Amador (2003), como a degradação da cobertura florestal foi fruto de um processo histórico movido pelo ser humano, a recuperação também dependerá de ações humanas efetivas e emergenciais. A necessidade de recuperação dos ecossistemas florestais alterados tem contribuído ao incentivo para o plantio de espécies florestais nativas para recomposição florestal. Exemplo deste incentivo é a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428 de 22/12/06), que no Art.36 menciona a criação do Fundo de Restauração do Bioma Mata Atlântica, objetivando a implantação de projetos de restauração ambiental.

Atualmente, a recuperação de áreas degradadas vem se consolidando como uma importante estratégia de adequação ambiental (BEDUSCHI, 2003), tanto em propriedades públicas (Unidades de Conservação) e particulares (em Reserva Legal e APP's), como em grandes empresas pressionadas pela legislação ambiental, em todos os biomas brasileiros.

Segundo Siqueira & Mesquita (2007), a restauração florestal se torna uma medida necessária quando a funcionalidade de serviços ambientais dentro de uma bacia hidrográfica, como produção e armazenamento de água e proteção dos solos, fica comprometida pela falta da cobertura vegetal original.

Dentre os inúmeros serviços ambientais que a floresta pode prestar, uma das principais estratégias é diminuir a concentração dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera por meio do "sequestro de carbono", coligando estes gases na biomassa vegetal da biosfera e alocando, conseqüentemente, mais carbono nos ecossistemas terrestres. Dessa forma, estimular o desenvolvimento do papel das árvores como "sumidouros de carbono" (SANQUETTA & BALBINOT, 2004) além de ser uma das formas recomendadas para contribuir na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas global, pode ser uma perspectiva otimista de incentivo à recomposição de ecossistemas. Lisboa (2010) afirma que estratégias florestais deste tipo têm contabilizado de alguma forma, ganhos ecológicos importantes, devido à produção de biomassa originada de áreas reflorestadas, seja a partir de espécies exóticas ou nativas. Um destes ganhos ecológicos pode ser identificado na reestruturação de habitats, reconduzindo o processo de fluxo gênico entre populações da fauna e flora local.

A floresta Atlântica caracteriza-se por conter alta diversidade florística (KURTZ & ARAÚJO, 2000). O conhecimento da vegetação de uma determinada região através de estudos de florística e fitossociologia, apesar de serem ainda escassos no bioma da Mata Atlântica, torna-se importante para a implantação de ações de recomposição e conservação da cobertura florestal natural e seus remanescentes florestais.

Medidas usualmente utilizadas para compor a base de projetos de recuperação de áreas degradadas são aquelas referentes às análises das espécies vegetais futuramente selecionadas, no que tange a estrutura e composição do estrato arbóreo como área basal, altura, densidade e número de espécies. Para Morellato & Haddad (2000), conhecimentos básicos sobre a

composição da floresta, em estrutura e dinâmica, são cruciais para fornecer diretrizes conceituais para a sua restauração, mas ainda são limitados para muitas formações da Mata Atlântica. Para tanto, a conservação e a recuperação florestal deste bioma dependem de políticas específicas de gestão baseada no monitoramento de fragmentos florestais e dirigidas às áreas degradadas.

### **2.3 A Bacia do Rio Guapiaçu**

A Bacia do rio Guapiaçu abrange os municípios de Cachoeiras de Macacu e Guapimirim. Abastece, em seu entorno, a pequena comunidade rural do Guapiaçu, 3º Distrito do município de Cachoeiras de Macacu, sendo o rio Guapiaçu afluente do rio Macacu, um dos principais cursos d'água que abastece a região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. A nascente do rio Guapiaçu encontra-se em área preservada, a 1.200 m de altitude, em meio às escarpas montanhosas da Serra do Mar. A bacia possui extensão territorial de 573,54 km<sup>2</sup>, tendo como principal cobertura do solo formações da Floresta Ombrófila Densa (RIZZINI, 1979; VELOSO et al., 1991; AMADOR, 1997), altamente diversificadas, formando três estratos: árvores emergentes, com dossel atingindo cerca de 45 m de altura, sobre o dossel principal de 5 a 10 m e árvores menores sombreadas abaixo deste (MELLO et al., 2003). Observam-se ainda na área da bacia os ecossistemas campos de altitude, manguezais, brejos, rios e estuários.

O principal rio da bacia, o rio Guapiaçu, no passado, já foi um rio navegável. De acordo com Cabral (2006), os rios da região eram importantes vias de escoamentos de produtos agrícolas e de matéria-prima oriunda do extrativismo de madeira no século XVIII.

Com inúmeras formações de meandros abandonados que, fomando sistemas lênticos, favoreciam a disseminação da febre amarela no século XIX. Esse rio foi retificado no século XX, em 1947, pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) (informação verbal, Nicholas Locke). Seus principais afluentes são os rios: Manuel Alexandre, Santo Amaro, do Gato, Santo Aleixo e Mariquita.

A bacia do rio Guapiaçu encontra-se dentro dos limites das zonas de captação e amortecimento do Parque Estadual dos Três Picos, importante Unidade de Conservação da categoria de Proteção Integral do Estado do Rio de Janeiro. A agricultura é a base da economia local, sendo suas terras fortes produtoras de culturas como inhame, aipim, goiaba, banana, feijão, quiabo e milho, além da pecuária de corte contrastando com exuberantes áreas de fragmentos florestais da Mata Atlântica em significativo estado de conservação. Segundo Freitas et al. (2005), a grande maioria dos fragmentos florestais nesta área encontra-se no interior de propriedades rurais, entre 100 e 200 m de altitude, com áreas variando entre 19 e 200 ha, cercadas por plantações agrícolas e pastagens. Da mesma forma, Freitas (2004), analisando a fragmentação florestal desta bacia, afirma que a mesma está inserida em uma das regiões com maior cobertura de Floresta Ombrófila Densa do Estado do Rio de Janeiro, sendo uma área prioritária para conservação da biodiversidade.

Rodrigues et al. (2009), em estudo realizado para a elaboração do plano de manejo da APA da bacia do rio Macacu, na qual a bacia do rio Guapiaçu se insere como sub-bacia desta, concluíram que os remanescentes florestais localizados em propriedades privadas contemplam alta riqueza e diversidade de espécies. Inclui populações importantes de indivíduos representativos da flora característica das formações fitoecológicas da Floresta Ombrófila Densa de Terras-Baixas e Submontana. Além das pequenas propriedades rurais existentes, uma grande propriedade particular, a Reserva Ecológica do Guapiaçu, possui significativo valor sócio-ambiental para a bacia do rio Guapiaçu, a qual se empenha em preservar grandes extensões de florestas nativas presentes no seu território, salvaguardando assim,

historicamente, os recursos naturais, em especial, os recursos hídricos e o equilíbrio ecológico desta região.

## 2.4 A Reserva Ecológica do Guapiaçu – REGUA

A Reserva Ecológica do Guapiaçu – REGUA localiza-se na comunidade rural de Guapiaçu, 3º distrito do município de Cachoeiras de Macacu, Estado do Rio de Janeiro. Possuindo 7380 hectares de extensão territorial compreendidos na bacia do rio Guapiaçu, a REGUA está inserida no bioma da Mata Atlântica e contém a maior parte de sua área, 94,78% (BERNARDO, 2010), composta por grandes remanescentes florestais em considerável estado de conservação, o que lhe confere uma grande diversidade de fauna e flora.

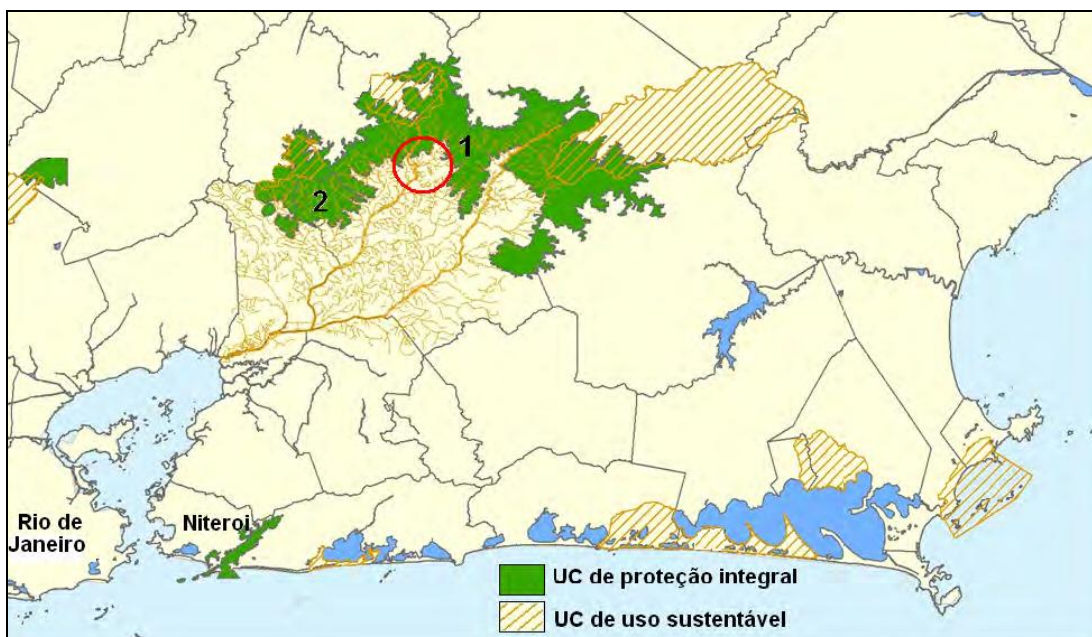
Devido à diversidade de ambientes da REGUA, é possível observar formações florestais tão distintas, capazes de englobar todas as fitofisionomias características da Floresta Ombrófila Densa, que vão desde a FOD Aluvial à FOD Alto-Montana (VELOSO et al., 1991). Isso faz com que esta possa ser considerada um “hotspot” em termos de biodiversidade nos mais variados ecossistemas naturais.

É uma reserva particular criada por uma Organização Não Governamental (ONG), em 1996, para preservar permanentemente formações florestais secundárias em avançado estágio de desenvolvimento e os prováveis remanescentes primários, nas partes mais altas da propriedade, onde o relevo é inacessível. Chegando ao seu limite, nas partes mais baixas da propriedade, observam-se formações vegetais em estágio secundário inicial e médio de desenvolvimento devido ao histórico de ocupação e uso alternativo do solo, durante quase um século, antes da criação da Reserva (informação verbal do proprietário Nicholas Locke).

Os remanescentes florestais estão distribuídos desde altitudes próximas ao nível do mar até alguns dos mais altos picos da cordilheira da Serra do Mar, que provêm uma conexão vital num restrito corredor florestal, denominado corredor central da Mata atlântica, unindo duas reservas da região montanhosa: o Parque Nacional da Serra dos Órgãos a oeste, e a Reserva Ecológica de Macaé de Cima a leste. Recentemente, houve em suas terras (acima de 400 m) a inserção do Parque Estadual dos Três Picos, importante Unidade de Conservação estadual criada no Estado do Rio de Janeiro no ano de 2002 (Figura 1).

A propriedade está em posse da família *Locke* desde 1908, onde eram desenvolvidas as atividades agrícolas e a pecuária extensiva na chamada “Fazenda São José de Guapiaçu”. Por volta de 1915 e 1920 as partes baixas (com algum relevo ondulado) desta fazenda tiveram suas áreas, compostas por cobertura vegetal original nos ecossistemas florestal e lântico, convertidas em pastagem (informação verbal do proprietário Nicholas Locke). Somente no ano de 2004, as práticas agropecuárias foram interrompidas e toda a área passou a fazer parte da ONG. Neste mesmo ano a primeira área foi reflorestada, a fim de reconectar fragmentos isolados com a criação de corredores ecológicos e, desde então, a Reserva vem recuperando áreas degradadas de encostas e de baixadas, bem como reabilitando e restaurando áreas originais de ecossistemas lânticos (Figura 2).

Atualmente a REGUA encontra-se em processo de averbação de suas terras em RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Nacional, Unidade de Conservação inserida na categoria de Uso Sustentável (SNUC, Lei nº 9.985, de 18/07/2000), tornando-se a primeira RPPN da região. Sua importância ecológica se torna indiscutível em termos de conservação e manutenção da biodiversidade local e regional, além da preservação dos recursos naturais e hídricos da região.



**Figura 1.** Localização da REGUA (destacada em vermelho) como parte do corredor central da Mata Atlântica, unindo importantes Unidades de Conservação (UC) da região (1=Parque Estadual Três Picos – toda a área em verde; 2= Estação Ecológica do Paraíso/ Centro de Primatologia; 3=APA da Bacia do Rio Macacu; 4= APA Macaé de Cima). Fonte: Bernardo (2010).



**Figura 2.** Área da Fazenda São José de Guapiaçu no ano de 2005, interrompendo a prática do pastoreio e iniciando a restauração de ecossistemas florestais e lênticos (esquerda) e em 2011, 6 anos após a intervenção ambiental (direita). Fonte: Foto cordialmente cedida por Nicholas Locke, Presidente da REGUA.

## 2.5 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

As mudanças climáticas globais atualmente são tema indispensável nas questões relacionadas às ameaças à sustentabilidade do meio ambiente e, conseqüentemente, a qualquer forma de vida na Terra. Tal evento tem sido atribuído ao aumento da temperatura terrestre, onde especialistas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) afirmam que há fortes evidências de que a ação antrópica é a grande responsável pelas mudanças do clima do planeta (IPCC, 2001), intensificando-se no século XVIII com a Revolução Industrial a partir da crescente demanda do uso de combustíveis fósseis (FRANGETTO & GAZANI, 2002).

Dessa forma, devido ao aumento das concentrações do chamado gases causadores do efeito estufa na atmosfera (GEE), principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e

óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), políticas internacionais de intervenção foram criadas para mitigar este efeito no clima global. Estas políticas tiveram como marco inicial a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC), que foi assinada inicialmente pelo Brasil durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro no ano de 1992 (Eco 92), entrando em vigor em 1994 (CONVENÇÃO DO CLIMA, 1995). A partir de então, foram estabelecidos encontros anuais entre os países representantes, denominados de Conferências das Partes (COP's). Um dos produtos destas conferências foi a criação do Protocolo de Quioto, que visa reduzir as emissões de GEE em 5%, abaixo das concentrações de 1990, no período de 2008 a 2012, sendo uma proposta concreta de início de estabilização destas emissões (CEBDS, 2001).

Dentro do Protocolo de Quioto, houve a concepção de mecanismos de flexibilização, tendo como principal mecanismo o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que contempla a modalidade “Uso da Terra e Mudanças no Uso da Terra e Florestas” (BRASIL, 1997).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite que países desenvolvidos compensem suas emissões de GEE, comercializadas na Bolsa de Valores na forma de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), junto a países em desenvolvimento, tendo como inovação o “mercado de créditos de carbono”. De acordo com CEBDS (2002), uma das linhas de projetos elegíveis ao MDL é o resgate de emissões através de sumidouros e da estocagem dos gases de efeito estufa retirados da atmosfera, que consiste na injeção de CO<sub>2</sub> em reservatórios geológicos ou em atividades relacionadas ao uso da terra, como o florestamento e o reflorestamento.

Entre as estratégias do MDL inclui-se o fomento à regeneração das florestas e a implantação de florestas permanentes como sumidouros de carbono (MAY et al., 2005). Este último pode ser considerado como um dentre os diversos serviços ambientais prestados pelas florestas, o que corrobora a sua inclusão em projetos deste tipo. Sendo assim, o Brasil possui grande expectativa de inserção no mercado de créditos de carbono, tendo em vista que poucos países possuem a mesma capacidade produtiva (o que torna o setor florestal promissor), além de agregar valores às suas florestas plantadas e contribuir para mitigar as emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

## **2.6 Estoque de Carbono**

Estudos afirmam que o desmatamento e a conversão de áreas naturais na Mata Atlântica já podem ter liberado 13 milhões de toneladas de carbono na atmosfera, onde, para cada hectare de floresta perdida, estima-se que sejam emitidas em torno de 100 toneladas de carbono (VIEIRA et al., 2008). No entanto, a recuperação dos ecossistemas florestais, dentre vários benefícios sociais, ambientais e econômicos, presume um grande potencial de sequestro de carbono, através da dinâmica do carbono na biomassa do sistema. Tanizaki (2000) afirma que o conhecimento acerca da dinâmica do carbono nas florestas tem grande importância para se compreender os fluxos e o estoque global deste elemento nos ecossistemas terrestres.

Segundo Bais (2008), a biomassa total das florestas encontra-se armazenada em diferentes compartimentos (representados na Figura 3) e seu valor é estimado através do somatório de cada um desses, compreendendo a biomassa viva acima do solo (BVAS) com seus componentes, que abrange desde a base do tronco até a copa (folhas, galhos, casca, lenho); a biomassa subterrânea (BS), que são as raízes vivas; a biomassa morta (BM), ou serrapilheira, ou manta orgânica, que compreende as folhas, raízes, galhos e outras partes mortas do vegetal que caem ao solo e ainda não foram decompostas; e a matéria orgânica do solo (MOS), que incluem as partes já decompostas.

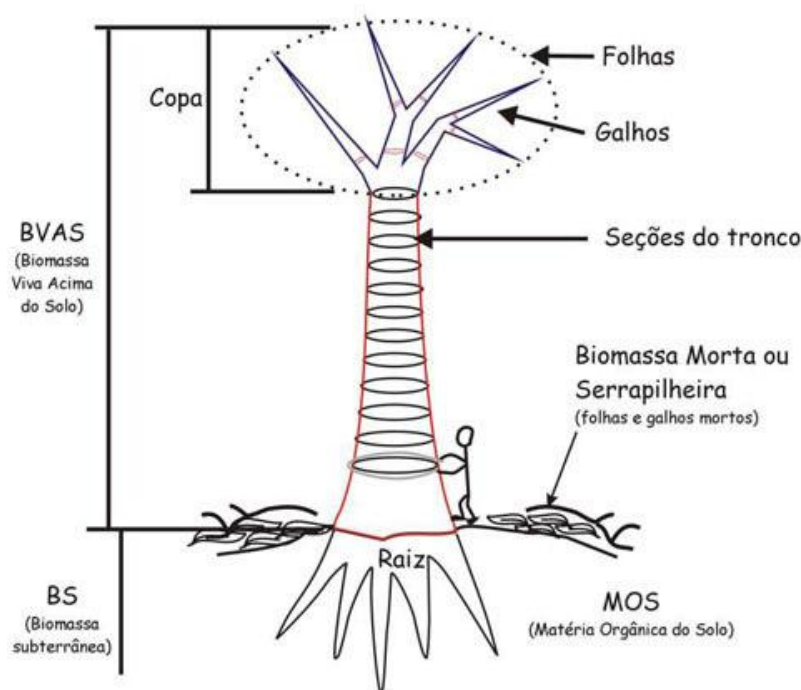
Para Post et al. (2009), com a valoração dos serviços ambientais prestados pelas florestas no mercado de créditos de carbono, a biomassa acima do solo passou a ser o reservatório mais contemplado nos projetos de MDL. Todavia, o sequestro biológico terrestre de carbono é contemplado pelo seu estoque tanto na biomassa acima quanto abaixo do solo, e também no solo e na serrapilheira, tornando-se assim necessária a estimativa do estoque em todos os seus compartimentos para análise mais completa do balanço global de carbono no sistema avaliado.

Sabe-se que as florestas jovens captam mais carbono da atmosfera, tendo em vista que no seu estágio inicial de desenvolvimento, é maior a atividade fotossintética, cujo resultado consiste na incorporação de carbono e, conseqüentemente, o seu estoque na forma de biomassa nas plantas. Segundo Suganuma et al. (2007), plantios florestais jovens como os reflorestamentos com intuito de restauração ecológica são importantes fontes de captação de carbono da atmosfera e podem ser capazes de acumular biomassa comparável à de fragmentos florestais. Para Ribeiro (2007), uma floresta jovem, que esteja em estágio acelerado de crescimento líquido, sequestra maiores quantidades de carbono quando comparada à floresta madura, e esta, por sua vez estabilizada, atua como um reservatório, estocando carbono.

Estudando a capacidade de fixação e estoque de carbono em floresta secundária, Fearnside & Guimarães (1996), quantificaram uma assimilação de 6,0 a 10,0 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> em área regenerada há 10 anos; 4,0 a 7,0 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> com 20 anos de idade, decaindo para uma assimilação anual média de 2,0 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> com 80 anos de idade. Dessa forma, estimam que, em 100 anos, a floresta deve atingir o estado de equilíbrio, com uma taxa de assimilação de 0,97 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. Contudo, Clevelário et al. (1998) e Tanizaki (2000) afirmam que existem poucos estudos sobre o estoque e as taxas de incorporação de carbono em florestas de Mata Atlântica, sendo os dados e métodos mais conhecidos oriundos de outros biomas, principalmente da Amazônia.

Para a estimativa do estoque de carbono, diversos trabalhos na literatura têm adotado um valor fixo de 50%, tendo em vista que a biomassa seca contém aproximadamente este percentual de teor de carbono (MACDICKEN, 1997; FUKUDA et al., 2003; SANQUETTA et al., 2003; SCHNEIDER et al., 2005; WEBER et al., 2006), variando pouco entre as espécies arbóreas e seus componentes (folhas, tronco, galhos e raízes). Avaliando estoque de carbono em reflorestamento com espécies nativas em função do espaçamento de plantio, Lisboa (2010), quantificou teores de carbono variando na biomassa das espécies entre 41,43 a 55,66%, e concluiu que esta variação evidencia a importância das estimativas de carbono em relação à padronização de um valor fixo de 50%.





**Figura 3.** Representação dos compartimentos da biomassa total dos ecossistemas florestais. (extraído de PROGRAMA FLORESTAS DO FUTURO, SOS MATA ATLÂNTICA, 2010).

## 2.7 Biomassa Acima do Solo

Tendo em vista a inserção de projetos sustentáveis no mercado mundial de créditos de carbono, a estimativa da biomassa florestal torna-se imprescindível aos estudos do balanço global de carbono. Esta deve ser obtida com a maior precisão possível e sem custos excessivos (BROWN, 1997; SANQUETTA, 2002). Em um ecossistema florestal, dentre os reservatórios de carbono existentes, Birdsey et al. (2000) define a biomassa acima do solo como sendo o compartimento que corresponde à parte aérea da árvore, podendo ser apenas o componente lenhoso (tronco e galhos), ou incluindo as folhas.

A estimativa de biomassa acima do solo tem sido quantificada, por meio vários métodos, alguns questionados por diversos autores quanto a sua precisão. Estes métodos vão desde medições em campo que envolve a amostragem destrutiva (PEICHL et al., 2006; VIANA et al., 2009), ou por meio de modelos de equações alométricas de predição (BROWN, 1997; CHAVE et al., 2005, SILVEIRA et al., 2008; VIERA et al., 2008), com base em parâmetros como altura, diâmetro, área basal e densidade básica, nas quais podem envolver unicamente amostragem não-destrutiva.

A vantagem de se utilizar o método destrutivo é que ele permite, através do abatimento de árvores, obter valores específicos para cada componente presente na biomassa acima do solo, como folhas, galhos, casca e lenho, além do componente raiz, nos quais irão determinar o ajuste do modelo alométrico. Por isso, pode ser considerado um método mais preciso, porém, requer fatores como disponibilidade de recursos e tempo. O método não-destrutivo pode ser considerado de baixo custo e fácil aplicação por meio de equações alométricas, quando elaboradas e sugeridas na literatura para determinada região (VIEIRA et al., 2008). Este método pode ser usado com segurança, tendo em vista que estudos de produtividade de florestas tropicais afirmam que a maior parte da biomassa florestal encontra-se presente na biomassa acima do solo, variando de 70 a 90% da biomassa total (CLARK et



al., 2001; TIEPOLO, et al., 2002; BAIS, 2008), sendo este último atribuído para árvores maiores que 10 cm de diâmetro.

Em estudo comparativo entre biomassa de reflorestamento e fragmento florestal de Floresta Estacional Semidecidual, Suganuma et al. (2007), utilizando o método não-destrutivo, encontraram valores de 107 Mg ha<sup>-1</sup> no fragmento e 19 a 81 Mg ha<sup>-1</sup> variando nas áreas de reflorestamentos com espécies nativas entre 2,5 e 5 anos de idade. Da mesma forma, Melo & Durigan (2006) estudando reflorestamentos ciliares, de 1 a 28 anos de idade, encontraram valores de biomassa na parte aérea das árvores variando entre 1,2 e 298,1 Mg ha<sup>-1</sup> e de carbono estocado na ordem de 0,6 e 149,0 Mg C ha<sup>-1</sup>. Avaliando o estoque de carbono em floresta madura, na mesma caracterização florestal e utilizando o mesmo método, Ribeiro et al. (2009), obtiveram estimativa de biomassa do fuste sem casca igual a 166,67 Mg ha<sup>-1</sup> e de estoque de carbono igual a 83,34 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Já para autores que utilizaram o método destrutivo foi encontrado, em reflorestamento com plantio puro de *Eucalyptus grandis*, com 6 anos de idade, valor de 71,13 Mg C ha<sup>-1</sup>. Perez (2010), em áreas de reflorestamento com espécies nativas de 6 anos de idade, quantificou valores de biomassa variando na ordem de 9,6 a 34,5 Mg ha<sup>-1</sup> e estoques de carbono variando de 0,7 a 2,1 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Estudos em ecossistemas formados por florestas tropicais, no Suriname, que analisaram em particular a biomassa de cada componente presente na parte aérea da planta, apresentaram os valores: folhas, 10 Mg ha<sup>-1</sup>; ramos, 105 Mg ha<sup>-1</sup>; tronco, 231 Mg ha<sup>-1</sup>; juntamente com os demais compartimentos: raízes, com 26 Mg ha<sup>-1</sup>; vegetação inferior, com 48 Mg ha<sup>-1</sup>; e serrapilheira, com 129 Mg ha<sup>-1</sup>, onde a quantidade total de biomassa chega a um valor de 549 t ha<sup>-1</sup> (WADSWORTH, 2000).

Dados do IPCC (2000) mostram que a concentração de carbono na parte aérea em diferentes tipos de vegetação no mundo é variável, com valores médios de: 120 Mg ha<sup>-1</sup> em florestas tropicais, 64 Mg ha<sup>-1</sup> em florestas boreais, 55 Mg ha<sup>-1</sup> em florestas temperadas, 24 Mg ha<sup>-1</sup> em savanas tropicais, 5 Mg ha<sup>-1</sup> em pradarias de zonas temperadas e 4 Mg ha<sup>-1</sup> em terras agrícolas.

## 2.8 Biomassa do Solo

Pesquisas apontam que o desmatamento pela conversão de áreas naturais em sistemas agrícolas e uso alternativo do solo no geral, tem grande influência sobre os estoques de carbono neste compartimento do ecossistema terrestre. Cunningham (1963); Greenland & Nye (1959) afirmam que o aumento da temperatura, quando a terra é desmatada e exposta às condições intempéries, eleva a taxa de oxidação. Isso faz com que ocorra mudança no equilíbrio entre a produção e a oxidação de carbono no solo, ocasionando maiores perdas.

Sabe-se que o solo é o compartimento que apresenta maior capacidade de estoque de carbono no ecossistema terrestre. Para Amundson (2001), este compartimento apresenta na camada de 0-100 cm cerca de 1500-2000 Pg C (Petagramas de carbono, onde 1 Petagrama, ou 1 Gigatonelada - Gt - equivale a 1 bilhão de toneladas, ou 1 bilhão de Megagramas - Mg) em diversas formas orgânicas, que vão desde a recém incorporada (serrapilheira) ao mais antigo carvão e compostos humificados. Dessa forma, a estabilidade deste carbono no sistema solo é de suma importância se levado em conta que, caso o carbono se encontre em estruturas lábeis, será facilmente mineralizado, retornando para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> e contribuindo assim com os efeitos das mudanças climáticas globais.

De acordo com Lal (2003), sistemas de manejo de solo baseado no preparo convencional, com intenso revolvimento de solo, são comumente mais predispostos à erosão, no qual é responsável por emissões globais de até 1,0 Pg C ano<sup>-1</sup>. Entretanto, alguns modelos de uso e manejo da terra em diferentes biomas do Brasil, como o sistema de plantio direto

(SPD), o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) sob plantio direto, a adoção de reflorestamentos, o manejo das pastagens, a colheita de cana-de-açúcar, dentre outros, desde que sejam realizados a partir de práticas conservacionistas, podem alterar consideravelmente os estoques de carbono e mitigar a emissão de GEE do solo para a atmosfera. (CARVALHO et al., 2010).

O carbono e o nitrogênio, ambos componentes da matéria orgânica do solo, estão presentes em grande quantidade nos resíduos vegetais e animais (expresso tanto na biota quanto na microbiota do solo). Neff et al. (2002) afirmam que o ciclo do nitrogênio está intimamente relacionado ao ciclo do carbono, pela relação C/N expressa na matéria orgânica do solo, sendo determinante nos fatores que regulam sua reciclagem entre a vegetação e o solo. Sendo assim, se pode considerar que o responsável pela elevada concentração de CO<sub>2</sub> no solo pode ser o elevado nível de nitrogênio, onde, em contrapartida, tem seus processos de absorção influenciados pela elevação do CO<sub>2</sub> e sua disponibilidade para as plantas, regulado pela mesma (BAIS, 2008).

Solos degradados por intenso cultivo e com baixos teores de carbono orgânico (COT) normalmente são deficientes em nitrogênio (NT), o que limita a estocagem de carbono, principalmente em sistemas constituídos por gramíneas (LOVATO et al., 2004). Dessa forma, diversos estudos afirmam que a inclusão de leguminosas nas rotações de culturas agrícolas e até nos consórcios florestais, bem como a adequada adubação nitrogenada constituem práticas conservacionistas e altamente eficientes para o incremento dos estoques de COT e NT, melhoria da qualidade do solo e da produtividade das culturas (TESTA et al., 1992; TEIXEIRA et al., 1994; VEZZANI, 2001).

Incluindo-se na biomassa do solo, o componente subterrâneo vivo (raízes) representa percentual elevado em termos de quantificação de biomassa no compartimento solo. Estudos relacionados com estoques de carbono em florestas tropicais estimam que a relação entre o compartimento raiz e a biomassa acima do solo pode alcançar um valor de 20% do total de biomassa desta última (BROWN & DELANEY, 2000; PAIXÃO et al., 2006; FORSTER & MELO, 2007). Por meio do processo de renovação e decomposição, as raízes podem ter de 20 a 50% de sua biomassa transformada em matéria orgânica, ao passo que para a serrapilheira, por exemplo, esse percentual varia de 10 a 20% (LEHMANN & ZECH, 1998; SCHROTH et al., 1999), o que corrobora a influência das raízes diretamente no ciclo do carbono.

Birdsey et al. (2000) define carbono no solo como sendo o acumulado neste compartimento do ecossistema terrestre, resultante de processos microbianos de mineralização. O estoque de carbono de um solo sob vegetação natural representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (SCHOLLES et al., 1997). O que não é o caso do bioma Mata Atlântica, que com seu histórico de devastação e cenário de grande importância para o desenvolvimento econômico do país, encontra-se, atualmente, com extensas áreas ocupadas por pastagens de baixa produtividade (BODDEY et al., 2006)

Em estudo sobre as mudanças no estoque de carbono do solo no Rio Grande do Sul, com 13 anos de preparo convencional ou plantio direto (SPD), Sisti et al. (2004) constatou, na profundidade de 100 cm, que o estoque de carbono orgânico do solo sob SPD foi de 179 Mg C ha<sup>-1</sup>, enquanto que para o solo com preparo convencional esse valor foi de 165 Mg C ha<sup>-1</sup> e para as áreas com floresta secundária foi de 171 Mg C ha<sup>-1</sup> estocado. O valor encontrado para SPD mostrou-se 8,5% superior ao solo sob preparo convencional e 4,7% superior ao solo sob floresta secundária.

Avaliando plantios de restauração florestal da Mata Atlântica, Ferez (2010) demonstrou a alta variabilidade entre os valores de estoque de carbono no solo, comparando todas as parcelas do estudo (de 28 Mg C ha<sup>-1</sup> a 43 Mg C ha<sup>-1</sup>). Desse modo, o autor indicou a dificuldade de avaliação precisa deste compartimento, e afirmou a razão de sua não utilização

nas metodologias de monitoramento de projetos florestais do MDL, além dos altos custos para a realização da amostragem.

## 2.9 Biomassa da Serrapilheira

A serrapilheira ou manta orgânica ou biomassa morta acima do solo, atua na superfície do solo como um sistema de entrada e saída de nutrientes ao ecossistema, através dos processos de produção e decomposição (MARTINS & RODRIGUES, 1999). Define-se serrapilheira como sendo a camada de resíduos, lenhosos e folhas, depositados no solo da floresta. É responsável pela composição do material orgânico do solo e assim, pela manutenção da fertilidade do mesmo, sendo, de acordo com Ewel (1987), imprescindível na restauração da fertilidade do solo em áreas em início de sucessão ecológica.

A quantidade de serrapilheira contemplada em um ecossistema florestal é concebida pelo saldo entre entradas de material aportado pelo componente vegetal e saídas a partir da decomposição, que variam muito entre os trópicos, principalmente em relação ao clima (BROWN & LUGO, 1982). Deste modo, Brown (1997) ressalta que é importante estimar seu estoque, visto que este compartimento pode representar até 5% do carbono acima do solo.

Em estudos desenvolvidos por Lisboa (2010) em plantios de restauração florestal com 4 anos de idade no Estado do Rio de Janeiro, comparando a biomassa da serrapilheira de acordo com o espaçamento de plantio utilizado, foram obtidos maiores valores nos espaçamentos mais reduzidos, variando do maior ao menor espaçamento em 3,15 a 7,03 Mg ha<sup>-1</sup>. Avaliando a produção de serrapilheira em área remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, Cesar (1993) determinou a média anual de serrapilheira depositada de 8,6 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Ao avaliar o estoque de carbono em áreas de restauração na mesma fitofisionomia da anterior, com 6 anos de idade, Ferez (2010), encontrou valores para serrapilheira variando nas parcelas estudadas na ordem de 2,8 a 6,5 Mg C ha<sup>-1</sup> e para a floresta madura, no mesmo remanescente florestal, obteve valor médio de 4 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Dessa forma, na escolha das espécies vegetais que irão compor os projetos de restauração florestal, deve-se considerar não só o uso daquelas de rápido crescimento, mas também que sejam capazes de promover melhorias nas propriedades do solo pelo aporte de matéria orgânica (GONÇALVES et al., 2008), bem como melhorar a qualidade do sítio em relação às taxas de manutenção e fixação de nitrogênio, como o caso das leguminosas.

## 2.10 Origem do Carbono e Nitrogênio do Solo Avaliada Através dos Isótopos <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N

Dentre as formas que o elemento carbono pode se apresentar como isótopo estável, o <sup>12</sup>C representa 98,89% e o <sup>13</sup>C apenas 1,11% do total de átomos de carbono existentes na natureza (BOUTTON, 1991; ROSSMANN, 2001). Assim, diversos estudos têm adotado a metodologia de técnicas isotópicas baseadas na abundância natural do <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N para avaliar a dinâmica do carbono e nitrogênio na matéria orgânica do solo e analisar sua origem, de acordo com a decomposição do tipo de material vegetal que a este sistema foi acrescentado. Esta medida é usualmente referida como unidades delta ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ), e expressa em partes por mil (‰), sendo o <sup>13</sup>C determinado em relação ao padrão internacional *PeeDee Belemnite* (PDB) e o enriquecimento em <sup>15</sup>N do N do solo e das plantas em relação a composição atmosférica (0,3663%).

A fotossíntese é a principal causa da variação da concentração de <sup>13</sup>C na natureza. Alves et al. (2008) afirmam que durante esse processo ocorre significativa discriminação isotópica, de intensidades diferentes, entre plantas do ciclo fotossintético C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, onde as primeiras discriminam mais o <sup>13</sup>C quando comparadas as últimas. Desta forma, em relação ao carbono fixado pelos vegetais, para plantas de ciclo fotossintético do tipo C<sub>3</sub> os valores de

$\delta^{13}\text{C}$  situam-se entre -20‰ e -35‰ e para as do tipo  $\text{C}_4$  entre -9‰ e -19‰ (BERNOUX et al., 1998). Para Matsui (1981), plantas de ciclo fotossintético do tipo  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  possuem esses valores médios na ordem de -28‰ e -12‰, respectivamente.

A origem do carbono orgânico em ecossistemas naturais está unicamente relacionada à vegetação nativa. Ao introduzir nova fonte de decomposição de material vegetal, a composição isotópica do carbono permite determinar a fonte deste elemento na conversão da vegetação nativa. Isso porque a matéria orgânica do solo derivada de plantas  $\text{C}_3$  apresenta composição isotópica de carbono diferenciada daquela derivada de plantas  $\text{C}_4$ . Desta maneira, nos solos sob florestas brasileiras, onde a maioria das árvores é  $\text{C}_3$ , o  $^{13}\text{C}$  da matéria orgânica do solo pode ser facilmente diferenciado do  $^{13}\text{C}$  de solos sob gramíneas, pertencentes ao ciclo fotossintético  $\text{C}_4$  (VOLKOFF & CERRI, 1987). É o que ocorre em ecossistemas alterados, como as áreas de pastagens, onde uma nova fonte oriunda da decomposição de resíduos vegetais derivados de gramíneas é introduzida (CERRI et al., 1990; BERNOUX et al., 1998).

Da mesma forma, a composição isotópica do  $^{13}\text{C}$  da matéria orgânica do solo fornece registros da ocorrência de espécies de plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  nas comunidades vegetais no passado, tendo em vista que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para plantas de diferentes ciclos fotossintéticos são distintos e não se sobrepõem, uma vez que não variam ao longo do tempo (CERLING et al., 1989). Assim, em ecossistemas naturais, o método dos isótopos do carbono da MOS também pode ser utilizado como indicador de paleovegetações.

Para o nitrogênio oriundo de fontes naturais, a variação da concentração de  $^{15}\text{N}$  é atribuída aos processos fisiológicos nas plantas, associações com microrganismos, às fontes de N usados na agricultura e a demanda deste elemento pelas plantas (HÖGBERG, 1997). Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  situam-se -10 a +10‰. Devido ao maior processo de mineralização e nitrificação característica da floresta tropical, Martinelli et al. (1999) afirmam que o ciclo do nitrogênio resulta em um sistema mais aberto para estas florestas quando comparado a florestas temperadas, em virtude da maior disponibilidade deste elemento para suprir as necessidades da vegetação. Para os mesmos autores, neste sistema, onde as perdas de N são elevadas, geralmente os valores em  $^{15}\text{N}$  se apresentam mais enriquecidos e, portanto, a composição isotópica do  $^{15}\text{N}$  torna-se um bom indicador do tipo de ciclagem do N em ecossistemas florestais.

No Estado de São Paulo, Mondenesi et al. (1982) encontraram valores de  $^{13}\text{C}$  na camada superficial do solo sob floresta entre -24,5 e -26,5‰ e aproximadamente -14,5‰ na camada superficial sob grama. Avaliando os isótopos do solo em Floresta Ombrófila Densa no Estado de São Paulo, Martins et al. (2007) obtiveram valores de  $^{13}\text{C}$  variando em profundidade de -28,3 a -25,0‰ e de  $^{15}\text{N}$  variando de 5,22 a 8,68‰, condizente com o observado comumente na literatura, em que há enriquecimento dos isótopos em profundidade.

Em estudo em área reflorestada após a degradação do solo pelo uso contínuo de pastagem sem manejo adequado, Libardi et al. (2007) encontraram valores para  $\delta^{13}\text{C}$  em profundidade aumentando de -26,0‰ a -23,95‰ e diminuindo novamente até -25,52‰. Estes resultados evidenciam um solo que teve a cobertura florestal convertida em área de pastagem durante determinado período de tempo, uma vez que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variaram em profundidade, tendo acréscimo na influência do carbono de  $\text{C}_4$  e após, com o decréscimo novamente de  $\delta^{13}\text{C}$ , tendendo à presença do carbono de  $\text{C}_3$ . Logo, corrobora-se a hipótese de que houve mudança na origem do carbono no solo no passado, devido ao uso agrícola ou ao clima.

### **3 CAPÍTULO I**

## **COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, SIMILARIDADE E ESTRUTURA DO COMPONENTE ARBÓREO EM REMANESCENTE FLORESTAL E ÁREAS DE RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA**

## RESUMO

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais ameaçados historicamente pela atividade antrópica e principalmente pela atual pressão urbana. O Estado do Rio de Janeiro destaca-se por conter grande parte dos remanescentes florestais originais deste bioma preservados e concentrados em grandes manchas, que formam contínuos corredores nas faixas topográficas de maiores altitudes da Serra do Mar. Para que estes remanescentes sejam salvaguardados, com seus ecossistemas recuperados, é de suma importância conhecer as características da população vegetal, no que tange sua estrutura horizontal e vertical. Este trabalho teve como objetivo estudar a composição florística e a similaridade e avaliar o desenvolvimento de áreas de recomposição florestal sob domínio da Mata Atlântica na bacia do rio Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, RJ, tendo como testemunha parâmetros de florística e fitossociologia em trechos de remanescentes florestais. Foram avaliadas três áreas de reflorestamento com fins de conservação ambiental, de diferentes épocas de plantio, caracterizadas como 3 anos, 5 anos e 7 anos. Fragmentos de mata nativa nos limites e adjacências da área de estudo foram tomados como testemunhas. Foram alocadas 30 parcelas de dimensão 10 x 10 m nas áreas de floresta natural (mata nativa) e 20 parcelas de dimensão 20 x 30 m nas áreas de floresta plantada (reflorestamento) para a caracterização florística e fitossociológica dos componentes vegetais. Para avaliar o desenvolvimento dos plantios foi realizada a estimativa da riqueza dos indivíduos plantados e similaridade florística dos indivíduos presentes na regeneração natural com os plantios e com a floresta natural. Observou-se que devido à diversidade de ambientes na floresta natural e à alta riqueza florística, é necessário o aumento do esforço amostral para representação mais ampla da sua comunidade arbórea. Quanto aos parâmetros fitossociológicos dos trechos de floresta natural, os resultados seguiram um padrão que é comumente encontrado na literatura, apresentando valor para o índice de Shannon igual a 4,62. A espécie *Guarea guidonia* foi a que apresentou maior abundância de indivíduos e o maior valor de importância. Assim como para as áreas de florestas naturais, também se faz necessário o aumento do esforço amostral para melhor representatividade da comunidade arbórea na floresta plantada. Utilizando a ferramenta de Jackknife como método alternativo para estimar a riqueza real da área reflorestada, foi possível observar valores de espécies possíveis ainda de serem encontradas. Os plantios florestais foram predominantemente realizados com a escolha de espécies do grupo taxonômico das Fabaceae e pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras, as quais se podem sugerir terem conferido o sucesso da condução inicial das áreas em processo de reabilitação. Os indivíduos ingressantes, registrados na regeneração natural, mostraram receber influência tanto de fontes de propágulos dos remanescentes florestais, quanto da floresta plantada, aparentemente, com maior contribuição desta última. Em relação à riqueza de espécies do estrato regenerativo, sugeriu-se aumento à medida que se avançou a idade dos plantios. Conclui-se que ao iniciar o processo natural de sucessão secundária, as áreas em recomposição florestal se mostraram efetivas quanto ao primeiro momento do processo de restabelecimento, onde se encontram em estágio sucessional secundário inicial de desenvolvimento.

**Palavra chave:** Florística. Fitossociologia. Recomposição florestal.

## ABSTRACT

The Atlantic Rainforest is one of the most threatened biomes historically by human activity and mainly by the current urban pressure. The State of Rio de Janeiro stands out because it contains most of the original forest remnants of this ecosystem preserved and concentrated in large patches, which form continuous corridors in topographic bands of higher altitudes of the Serra do Mar. For these remnants are preserved with their ecosystems recovered, it is extremely important to know the characteristics of the plant population, regarding their horizontal and vertical structure. This work aimed to study the floristic composition, similarity and evaluate the development of areas under reforestation of Atlantic Rainforest River Guapiaçu Basin, City of Cachoeiras de Macacu, RJ, having as control floristic and phytosociological parameters in stretches of forest remnants. We evaluated three areas of reforestations for environmental conservation, different planting times, characterized as 3, 5 and 7 years. Fragments of native forest within the limits and adjacent to the study area were taken as witnesses. 30 plots of size 10 x 10 m in the areas of natural forest and 20 plots of size 20 x 30 m in the areas of reforestation for floristic and phytosociological characterization of plant components were allocated. To evaluate the development of the plantations an estimate of the richness of planted individuals and floristic similarity of individuals present in the natural regeneration with planting and natural forest was performed. It was observed that due to the diversity of environments in the natural forest and the high species richness, it is necessary to increase the sampling effort for broader representation of the community tree. Regarding the parameters of phytosociological stretches of natural forest, the results followed a pattern that is commonly found in the literature, present value for the Shannon index equal to 4,62. The species *Guarea guidonia* showed the highest abundance and the highest importance value. As for areas of natural forests, it is also necessary to increase the sampling effort to better represent the community of trees planted in the forest. Using the Jackknife tool as an alternative method to estimate the real richness of the reforested area, it was possible to observe values of possible species yet to be found. The forest plantations were predominantly performed with the choice of species of taxonomic group of Fabaceae belonging to the ecological pioneer group, which may suggest they are given the success of the initial driving of the areas in the rehabilitation process. Individuals incoming, recorded in natural regeneration, showed receive both influence from sources of propagules of forest remnants, as the planted forest, apparently with a greater contribution of the latter. Regarding the species richness of the regeneration layer, it was suggested an increase as they progressed the age of plantations. It was concluded that to start the natural process of secondary succession, the reforested areas proved effective as the first moment of the rehabilitation process, where they are in early secondary successional stage of development.

**Keywords:** Floristics. Phytosociology. Reforestation.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais alterados e ameaçados pela atividade antrópica, inicialmente pelo extrativismo florestal e depois pelo intenso processo de ocupação urbana e pelo inadequado manejo agrícola e pastoril, acelerando processos erosivos e resultando na degradação dos solos.

O Estado do Rio de Janeiro se destaca por ter remanescentes de Mata Atlântica localizados, em maior parte, nas cordilheiras da Serra do Mar, adjacentes a zonas de alta fragmentação localizadas tanto em áreas públicas destinadas à preservação (Unidades de Conservação) como em áreas privadas protegidas por lei (RPPN's, APP's e Reserva Legal, sendo esta última com 20% de área de mata preservada para a região Sudeste, segundo Código Florestal – Lei nº 4771 de 15/09/65). Esse fator, aliado à pressão de grandes centros urbanos próximos aos remanescentes florestais do Estado, fazem com que este possa ser considerado um *hotspot* (ROCHA et al., 2003) contido no grande *hotspot* Mata Atlântica, cujo mais de 70% de todas as espécies consideradas oficialmente ameaçadas de extinção no Brasil ocorrem nesse bioma (RODRIGUES, 1999).

Ações que visam à preservação de ecossistemas naturais se tornam de suma importância na manutenção da biodiversidade local e regional, bem como para a conservação de recursos naturais e incentivos à recuperação de áreas já alteradas. Uma destas medidas é conhecer as características das populações naturais locais, em seus aspectos florísticos e fitossociológicos, na estrutura horizontal e vertical da floresta.

No Estado do Rio de Janeiro ainda são escassas informações sobre a composição florística e a estrutura do componente arbóreo dos remanescentes florestais nativos. Contudo, diversos estudos para essa região têm refletido como importantes bancos de dados no que diz respeito à riqueza, diversidade florística, alto índice de endemismo ou até mesmo à avaliação do grau de perturbação no qual as áreas foram submetidas (RODRIGUES, 1996; GUEDES-BRUNI et al., 1997; MORENO et al., 1998; KURTZ & ARAÚJO, 2000).

Um levantamento de possíveis espécies que podem ocorrer na região desse estudo pode ser conferido na recente revisão de Jahnel (2008). Trata-se da compilação de uma lista florística oriunda de 10 trabalhos realizados no Estado do Rio de Janeiro, que gerou um banco de dados de riqueza de 625 espécies. Contudo, a riqueza e a diversidade florística das áreas de florestas naturais do bioma Atlântico dependem do grau de perturbação, com influência antrópica ou natural. Baixos índices de diversidade florística são percebidos, geralmente, em fragmentos muito impactados (SANTANA, 2000).

Estudos de florística e fitossociologia em três fragmentos florestais de regeneração secundária no município do Rio de Janeiro mostraram maior diversidade à medida que a área apresentou menor intervenção (SANTANA et al., 2004). Já em áreas de florestas plantadas para recomposição florestal, a riqueza e a diversidade florística dependem do planejamento à condução dos plantios, no que tange, inicialmente, a escolha das espécies e o arranjo espacial, bem como, posteriormente, das práticas de manutenção até o estabelecimento da implantação florestal.

Leitão Filho et al. (1993), atribuem a redução do tamanho da cobertura florestal nativa à conversão dessas áreas naturais ao uso alternativo, contribuindo para a perda da biodiversidade e extinção das espécies presente nesses ecossistemas. Tal fato ameaça o inteiro conhecimento de seus padrões reais de riqueza natural, diversidade e relações florísticas entre os remanescentes.

Dessa maneira, esse estudo vem complementar as bases de dados florísticas e fitossociológicas já levantadas para remanescentes de florestas naturais da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, contribuindo assim para um maior conhecimento acerca desses



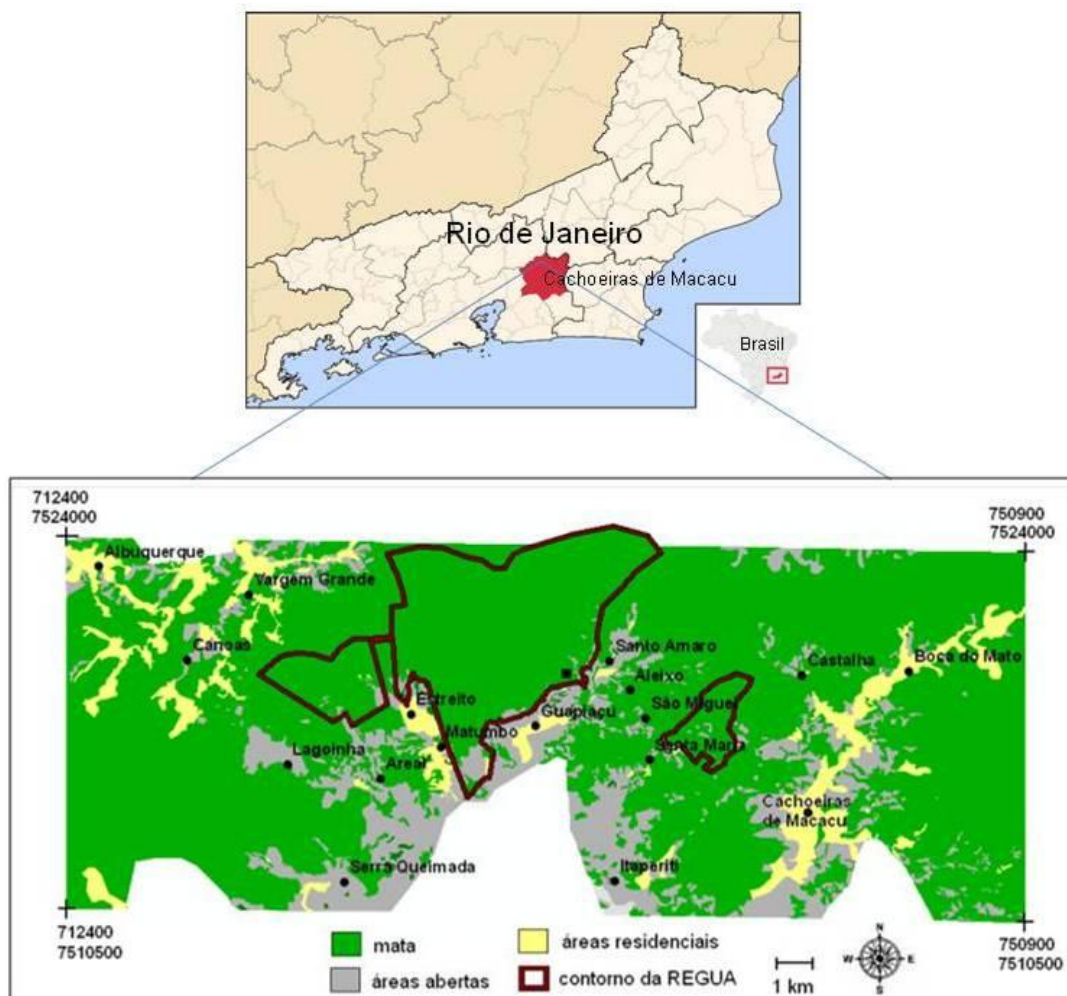
recursos, onde a geração desses dados básicos poderá servir de suporte na recuperação de áreas degradadas desse bioma. Além do mais, ações que visam à modificação de áreas alteradas ao restabelecimento de suas funções ecológicas, poderão também contribuir com a manutenção da riqueza e diversidade biológica de determinada região, mitigando os efeitos negativos que a ação antrópica vem acarretando sobre as mesmas.

O objetivo desse estudo foi analisar a composição florística e a similaridade e avaliar o desenvolvimento de áreas de recomposição florestal na Mata Atlântica com diferentes épocas de plantio na bacia do rio Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, RJ, tendo como testemunha parâmetros de florística e fitossociologia em trechos de remanescentes florestais.

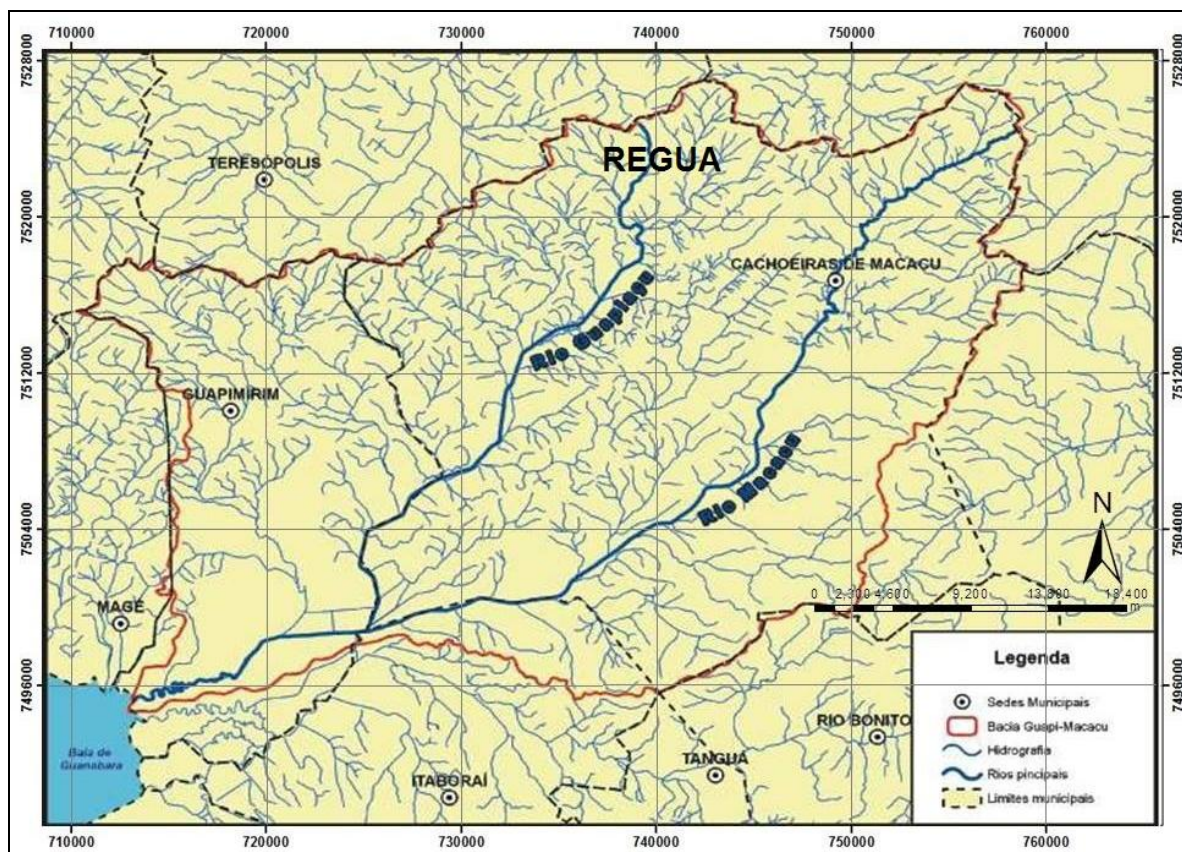
## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Caracterização da área de estudo: localização, clima, relevo e solo da área

A área de estudo localiza-se nos limites dos 7380 ha da Reserva Ecológica de Guapiaçu – REGUA, entre as coordenadas UTM 23K 7515700 m N e 728783 m L. Situada na comunidade rural de Guapiaçu, 3º distrito do município de Cachoeiras de Macacu, Estado do Rio de Janeiro (Figura 4), compreende parte da Bacia do rio Guapiaçu (Figura 5) e do bloco de remanescentes florestais da Serra do Mar.



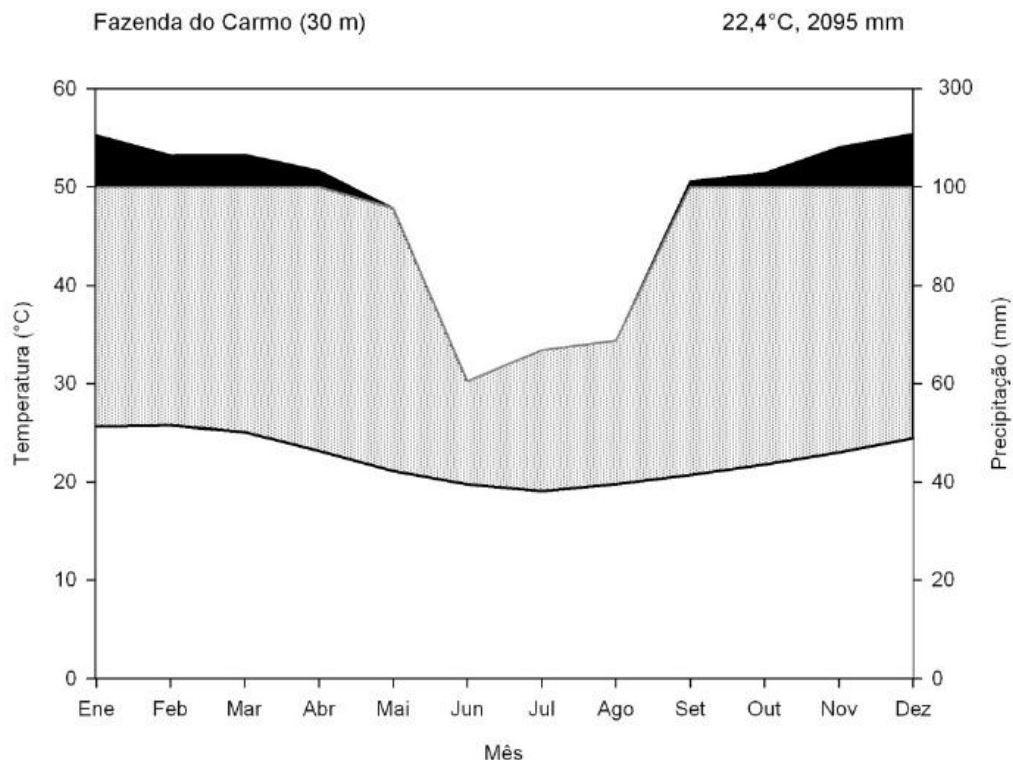
**Figura 4.** Localização da Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA), no município de Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil (mapa da área extraído de BERNARDO, et al., 2011).



**Figura 5.** Mapa hidrográfico da bacia Guapi-Macacu, onde destaca-se o local do estudo (REGUA) inserido na bacia do rio Guapiçu. Fonte: adaptado de Instituto BioAtlântica (2010).

O município está localizado entre as coordenadas 22°27' e 23° de latitude sul e 42°39' e 43° de longitude oeste. Possui extensão territorial de 954 km<sup>2</sup> e população estimada em 54.273 habitantes, sendo 57 hab km<sup>-2</sup> (Censo IBGE, 2010). Tem como municípios limítrofes Nova Friburgo e Teresópolis ao Norte; Rio Bonito e Itaboraí ao sul; Silva Jardim a leste; e Guapimirim a oeste. Quanto ao tipo de uso do solo, 43 % da área compreende a vegetação de Floresta Ombrófila Densa (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2009) predominantemente Submontana e Montana e apenas 26% e 2,5 % compreende área de pastagem e área agrícola, respectivamente (IBGE, 2006). Sua economia baseia-se na agricultura (principalmente coco, goiaba, inhame, aipim, milho e banana) e na pecuária bovina de corte.

Segundo Köppen, o clima da região é tropical com verão chuvoso e inverno seco, classificado como tipo Af. No trabalho desenvolvido por Couto (2010) na mesma Reserva, foi determinada a temperatura média anual da área de 22,4°C com máximas nos meses de janeiro e fevereiro e mínimas em de junho. A precipitação anual média é de 2095 mm, onde dezembro e janeiro apresentam-se os meses mais chuvosos e junho e julho os menos chuvosos (Figura 6).



**Figura 6.** Diagrama climático da área de pesquisa baseado nos dados de precipitação da Fazenda do Carmo (Guapiaçu) e dados extrapolados de temperatura. Fonte: Elaborado por J. Wesenberg, *apud* Couto (2010).

A topografia da área de estudo varia em todas as formas de relevo, desde o plano ao escarpado, com a presença de afloramentos rochosos (Figura 7). O substrato geológico local é constituído por rochas gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano, contidas na unidade Santo Aleixo, pelos sedimentos flúvio-marinhos provenientes dos eventos regressivos e transgressivos continentais do Holoceno, contidas na Formação Macacu, e Depósitos Flúvio-Lagunares e Colúvio-Aluvionar datados do Quaternário (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM, 2001).

Segundo a classificação de Veloso et al. (1991), a cobertura vegetal foi caracterizada como Floresta Ombrófila Densa, variando em três diferentes fitofisionomias.

Nas partes mais baixas da paisagem da propriedade estudada, a formação florestal original foi caracterizada como Floresta Ombrófila Densa Aluvial, localizada em área de relevo plano, e onde encontram-se as tipologias vegetais pastagem (áreas de controle) e reflorestamento de 7 anos.

Nas áreas de planícies costeiras, que abrangem um relevo suave ondulado e ondulado, a formação florestal original foi caracterizada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, onde encontram-se os reflorestamentos de 3 e 5 anos de idade.

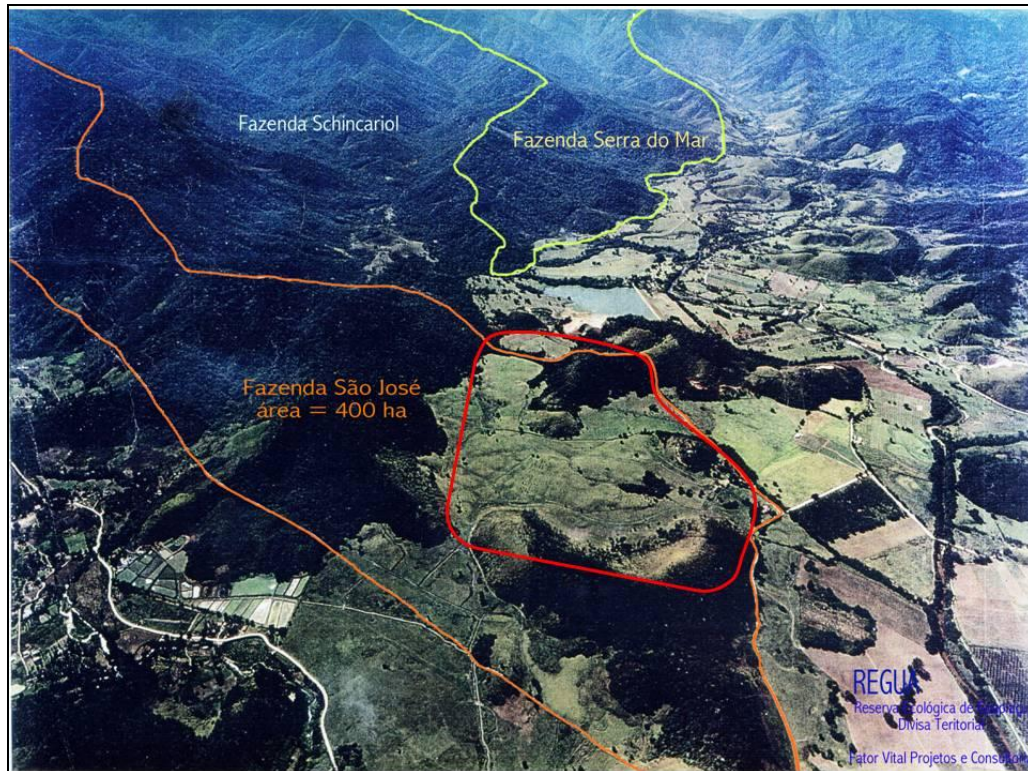
Na faixa topográfica submontana, na parte mais alta da porção da paisagem estudada, contemplando relevo montanhoso e escarpado, a cobertura florestal foi caracterizada como Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana. Nesta área foi avaliada a floresta madura, considerada área controle para os estudos no reflorestamento.

Os solos das áreas estudadas foram classificados como Neossolo Flúvico, Latossolo Amarelo e Cambissolo Háplico para os relevos plano, suave ondulado e montanhoso, respectivamente, conforme descrito no capítulo III.

No trabalho realizado por Pinheiro (2012) na grande bacia hidrográfica Guapi-Macacu (rios Guapiaçu e Macacu) foram observadas outras classes de solos de possível ocorrência na



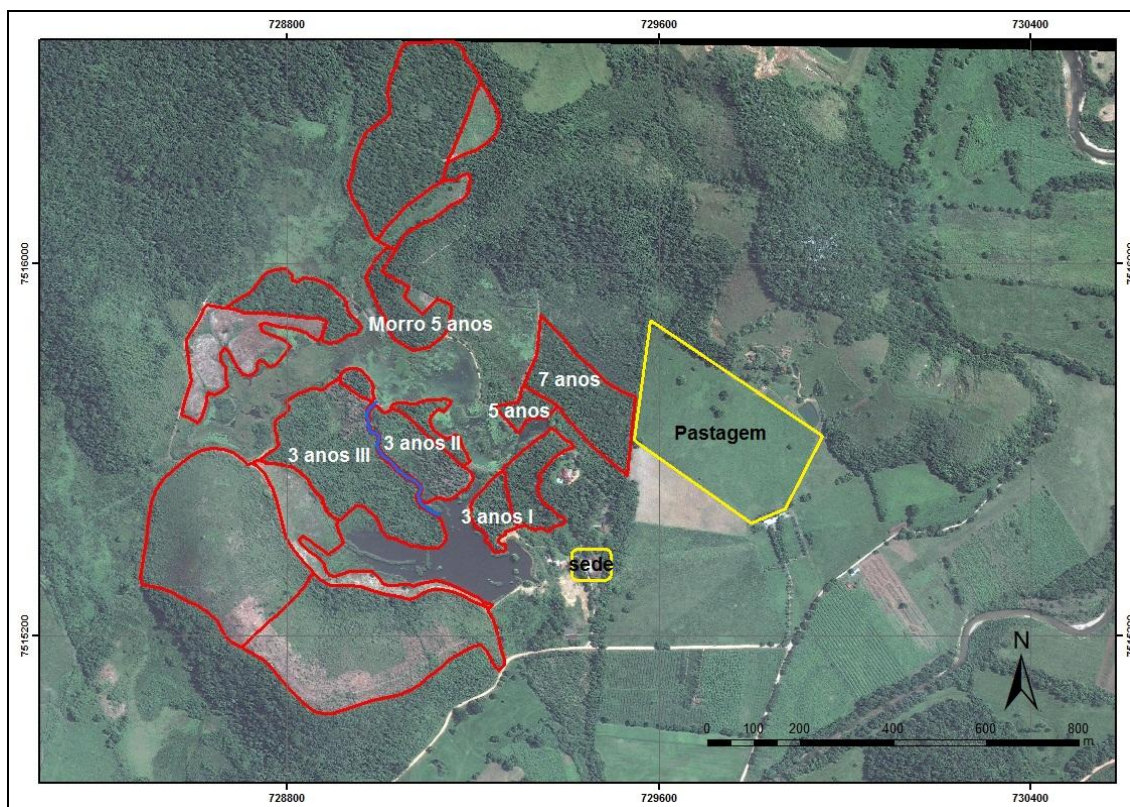
região desse estudo. Para a geomorfologia de colinas e morrotes tem-se o predomínio da classe LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO; para as áreas escarpadas e de afloramentos rochosos têm-se CAMBISSOLOS HÁPLICOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS, respectivamente; ARGISSOLOS AMARELOS e VERMELHO-AMARELOS e PLANOSSOLOS HÁPLICOS podem ser encontrados nos maciços alcalinos; e os NEOSSOLOS FLÚVICOS e GLEISSOLOS predominam nas áreas hidromórficas.



**Figura 7.** Mapa que delimita parte da área da REGUA, oriunda da junção de antigas propriedades rurais, onde mostra a variação em todas as formas de relevo: destaque em vermelho para a porção reflorestada (nas partes mais baixas), objeto do estudo. Fonte: Imagem cordialmente cedida por Nicholas Locke, Presidente da REGUA.

### 3.2.2 Seleção da área de estudo

A seleção das áreas foi feita em março de 2010. Toda a área reflorestada foi delimitada através de percurso por caminhamento com o auxílio de GPS de precisão e georreferenciada através do programa ArcGis 9.3. Para compor o estudo, foram usados plantios florestais de idades intercaladas (3, 5 e 7 anos), localizados em relevo plano a ondulado (Figura 8). Uma área de pastagem (classificada como controle ou zero) e uma de mata nativa (floresta madura) foi tomada como testemunhas.



**Figura 8.** Demarcação do total de área reflorestada: cada limite expressa um plantio com idade diferente; em destaque são apresentadas as idades escolhidas para ao estudo (3, 5 e 7 anos) e em amarelo a área de pastagem e a localização da sede da Reserva (imagem obtida do Google Earth, 2010).

### 3.2.3 Implantação e caracterização do povoamento florestal

De acordo com informações verbais obtidas de Nicholas Locke, responsável pela REGUA, os plantios para recomposição florestal foram realizados nos anos de 2004, 2006 e 2008, sendo estas áreas identificadas para o estudo como 3, 5 e 7 anos, respectivamente (Figura 9). A dimensão total dos três plantios florestais é de, aproximadamente, 15,5 hectares, distribuídos em 9,6 ha para o plantio de 3 anos; 2,5 ha para plantio de 5 anos; e 3,4 ha para o de 7 anos. O preparo do solo para o plantio foi realizado usando arado, gradagem e subsolagem. O controle de formigas cortadeiras foi feito com isca formicida granulada Mirex. A disposição das mudas no campo não teve alinhamento e nem espaçamento definido, o que resultou em diferentes densidades populacionais observadas nas áreas experimentais. A abertura das covas foi manual, com dimensão de 35 x 35 cm, e não foi aplicado adubo ou calcário.

As mudas utilizadas para a recomposição foram produzidas, em maioria, com o material genético dos remanescentes florestais da própria reserva e outra parte foi comprada em viveiros da região. Foram plantadas espécies nativas, distribuídas aleatoriamente, sem combinação de espécies, entre os grupos ecológicos das pioneiras, secundárias iniciais e tardias e clímax, sendo em maior proporção as do primeiro grupo ecológico. Esse planejamento foi feito para aproximar a fisionomia do reflorestamento o máximo possível a da paisagem original, evitando-se a homogeneidade de espécies. Também foram plantadas diferentes espécies exóticas frutíferas, a fim de atrair a ornitofauna. Foram replantadas mudas no caso de falhas (observado menos que 15%) até o estabelecimento do sistema. As atividades de manutenção, com controle de formigas cortadeiras e espécies invasoras, foram realizadas por um período de, aproximadamente, dois anos para cada plantio.





**Figura 9.** Diferentes áreas de recomposição florestal de diferentes idades compostas neste estudo e a floresta nativa como área testemunha.

### 3.2.4 Procedimento de campo

Os trabalhos de levantamento florístico da vegetação da mata nativa (floresta madura) foram realizados em janeiro de 2010, sendo parte das ações do Projeto de Reflorestamento da Bacia Hidrográfica do Rio Macacu, Cachoeiras de Macacu, RJ. Esta área foi utilizada como testemunha quanto ao desenvolvimento da biomassa de carbono estocada nos plantios (Figura 9).

Foi alocado um total de 30 parcelas de dimensão 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>) nos limites e entorno da REGUA, que foram georreferenciadas com GPS (Figura 10). Para diversificar o registro dos vários ambientes florestais existentes nos remanescentes de mata preservada da REGUA, as parcelas foram alocadas em áreas com formas de vegetação de floresta preservada e floresta secundária em estágio sucessional avançado de regeneração, classificadas segundo a Resolução do CONAMA 006/94.

Todos os indivíduos arbóreos das parcelas alocadas na mata foram registrados e tiveram sua CAP (circunferência à altura do peito) mensurada, assumindo o critério de inclusão maior ou igual a 10 cm, com posterior transformação para DAP (diâmetro à altura do peito). A altura total (H) dos indivíduos registrados foi estimada visualmente. Os mesmos foram identificados em nível de família, gênero e espécie. Quando não foi possível a identificação no campo, foi coletado material botânico para confecção de exsicatas e posterior identificação no Herbário RBR da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Todo material botânico foi catalogado e incorporado no acervo de plantas da Reserva Ecológica de Guapiaçu - REGUA.

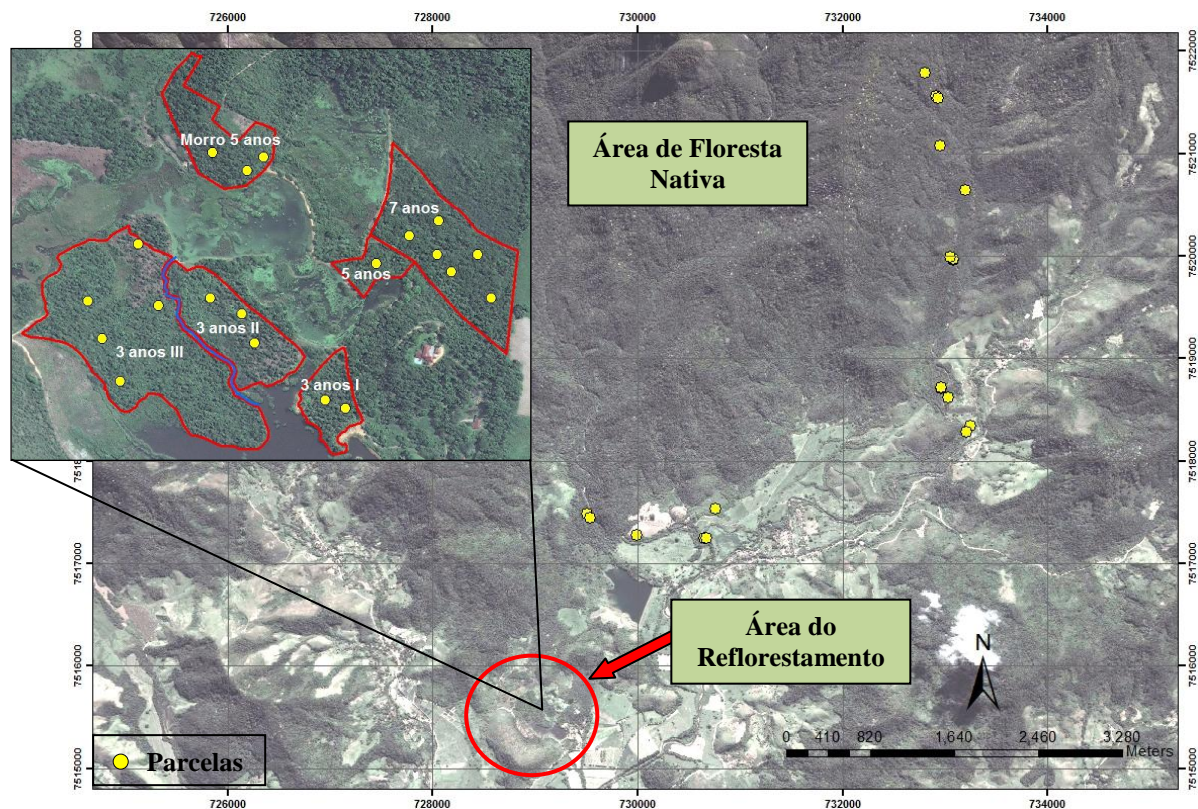


Para o inventário florístico nas áreas experimentais dos reflorestamentos, realizado de fevereiro a março de 2011, foram delimitadas áreas de monitoramento do crescimento dos plantios na forma de parcelas permanentes. Dos 15,5 ha da área de estudo, foi amostrado 1,2 ha a partir de 20 parcelas permanentes alocadas, de dimensão 20 x 30 m (600 m<sup>2</sup>) cada. A distribuição das parcelas foi feita em função da dimensão das porções do terreno plantado, totalizando aproximadamente 10% do tamanho total da área de cada plantio:

- 7 anos (3,4 ha) – 6 parcelas = 3.600 m<sup>2</sup> amostrados;
- 5 anos (2,5 ha) – 4 parcelas = 2.400 m<sup>2</sup> amostrados;
- 3 anos (9,6 ha) – 10 parcelas = 6.000 m<sup>2</sup> amostrados.

Cada parcela do reflorestamento teve seu ponto georreferenciado com GPS (Figura 10) e foi alocada com tubos de *Polyvinyl chloride* (PVC) de 50 mm e bambu, delimitando os quatro vértices. O alinhamento do contorno das parcelas foi feito com auxílio de trenas graduadas, que fez a mensuração das distâncias horizontais. As laterais foram delimitadas com fitilho de náilon. Cada indivíduo plantado foi identificado numericamente com plaqueta de alumínio presa com linha de pesca envolta na sua circunferência (Figura 11). O critério de identificação florística foi o mesmo utilizado para a floresta nativa, exceto para o critério estabelecido para CAP de inclusão, na qual, neste caso, todos os indivíduos foram mensurados e identificados.

As coordenadas geográficas das parcelas alocadas nos dois segmentos florestais encontram-se disponíveis no Anexo A.



**Figura 10.** Área de parte dos remanescentes florestais preservados da REGUA em relação a área do reflorestamento, destacando as parcelas florísticas alocadas em cada tipologia vegetal (imagem obtida do Google Earth, 2012).





**Figura 11.** Alinhamento com trenas (a) e delimitação das parcelas permanentes dos reflorestamentos com tubos de PVC e bambu (b); georreferenciamento (c) e identificação dos indivíduos da recomposição florestal dentro das parcelas (d).

### 3.2.5 Análises realizadas

#### a) Composição florística e fitossociologia da floresta madura

A partir do inventário florístico foi possível avaliar o grupo ecológico das espécies, classificadas como pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas. Da mesma forma, a riqueza de espécies e abundância dos indivíduos também foi avaliada.

Para analisar a suficiência do esforço amostral, ou seja, se a amostragem foi representativa na comunidade vegetal, foi gerada a curva espécie x área ou curva do coletor, que se baseia na relação entre o número de espécies e o número de pontos amostrados.

Tendo identificado todos os indivíduos registrados, a estrutura horizontal da floresta foi analisada segundo a estimativa dos parâmetros fitossociológicos, a saber: densidade absoluta e relativa, dominância absoluta e relativa, com base na área basal das espécies, e frequência absoluta e relativa das espécies. O valor de importância de cada indivíduo na comunidade foi estimado pelo somatório da densidade, dominância e frequência relativa.

A composição florística foi avaliada com base na diversidade da floresta nativa estudada, dada pelo índice de Shannon e Weaver ( $H'$ ) (1949), através da equação:

$$H' = - \sum (n_i / N) \times \ln (n_i / N)$$

Onde:

$n_i$  = nº de indivíduos amostrados da espécie  $i$ ;

$N$  = nº total de indivíduos amostrados de todas as espécies

A distribuição dos indivíduos de acordo com as espécies amostradas foi avaliada utilizando o índice de Pielou (1975), por meio da equação:

$$J = H' / \ln(S)$$

Onde:

$H'$  é o índice de diversidade de Shannon;

$S$  é o número total de espécies amostradas

A estrutura vertical da floresta foi analisada pela estratificação dos componentes arbustivos e arbóreos da floresta (em estrato superior, médio e inferior), com base no desvio padrão e média da altura total destes indivíduos e dada pela equação:

$$VF_j = \frac{\text{n}^\circ \text{ de indivíduos no estrato } j}{\text{n}^\circ \text{ total de todos indiv. amostrados}}$$

Onde:  $VF_j$  é o valor fitossociológico simplificado do estrato  $j$

### **b) Composição florística e avaliação do desenvolvimento dos plantios de recomposição florestal**

Da mesma forma que para a floresta madura, o inventário florístico foi usado para classificar o grupo ecológico das espécies em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas, assim como para avaliar a riqueza de espécies e abundância dos indivíduos.

Os indivíduos ingressantes, expressos pela regeneração natural nos plantios florestais, foram identificados e registrados, sendo posteriormente analisados de acordo com a similaridade florística de Sorensen entre as espécies da floresta nativa e da floresta plantada.

A suficiência do esforço amostral em cada plantio florestal avaliado foi verificada através da curva do coletor paralelamente à estimativa da riqueza de espécies plantadas. Devido ao fato de não haver lista de espécies plantadas para estes reflorestamentos e esse estudo ser pioneiro na área escolhida, houve muita dificuldade em se observar a diversidade e a riqueza dos plantios e com isso, alcançar a suficiência do esforço amostral, visto a extensão das áreas plantadas e a falta de acompanhamento técnico dos mesmos. Sabe-se que registrar as espécies plantadas, bem como conhecer a diversidade de um plantio de recomposição florestal é de suma importância. Dessa maneira, foi preciso adotar metodologia alternativa ao processo de observação no campo, a fim de obter um valor estimado da riqueza de espécies utilizadas de fato nos reflorestamentos. Essa riqueza, baseada no método não paramétrico “Jackknife”, proposto por Tukey (1958), é comumente utilizada para estimar a riqueza real de áreas de florestas naturais. Para tal, utilizou-se o programa EstimateS 8.2.0 e foi dada pela equação:

$$\check{S} = s + [(n-1)/n] \times k$$

Onde:

$\check{S}$  = estimativa Jackknife da riqueza;

$s$  = número total de espécies presentes em  $n$  unidades amostrais;

$n$  = número total de unidades amostrais e

$k$  = número de espécies únicas (que ocorrem em apenas uma unidade amostral).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Composição florística e parâmetros fitossociológicos da floresta nativa

Foram registrados 532 indivíduos, distribuídos em 49 famílias, 121 gêneros e 186 espécies. Cento e cinquenta e cinco indivíduos foram identificados em nível de espécie, 28 em nível de gênero, 2 em nível de família e apenas 1 indivíduo permaneceu indeterminado. A Tabela 1 lista o total de espécies encontradas, acompanhadas das respectivas famílias e nomes populares, número de indivíduos amostrados e o grupo ecológico a qual pertencem. Este último atributo totalizou 68 espécies no grupo das pioneiras (36,56%); 36 no grupo das secundárias iniciais (19,35%); 33 no grupo das secundárias tardias (17,74%); e 18 pertencentes ao grupo das espécies climácicas (9,68%). Trinta e uma espécies (16,67%) não tiveram o seu grupo ecológico especificado (Figura 12).

**Tabela 1.** Relação florística das espécies encontradas na floresta nativa, com os respectivos números de indivíduos amostrados e grupo ecológico na qual pertencem. (continua)

Família / Espécie	Nome popular	Nº indivíduos	Grupo ecológico
<b>Achariaceae</b>			
<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) Endl.	Sapucainha	1	ST
<b>Annonaceae</b>			
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	Anaxagorea	3	SI
<i>Annona cacans</i> Warm.	Araticum-de-paca	2	P
<i>Guatteria burchellii</i> R. E. Fr.	Guateria	2	SI
<i>Guatteria pubens</i> (Mart.) R. E. Fr.	Guateria	1	SI
<i>Rollinia laurifolia</i> Schlttdl.	Rollinia	1	SI
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	Pindaíba-vermelha	4	SI
<b>Apocynaceae</b>			
<i>Geissospermum laeve</i> (Vell.) Miers	Pau-pereira	1	ST
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	Leiteira	3	P
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	Leiteira	1	P
<b>Aquifoliaceae</b>			
<i>Ilex</i> sp	Ilex	2	NE
<b>Araliaceae</b>			
<i>Dendropanax</i> sp	Dendropanax	1	NE
<i>Didymopanax anomalus</i> Taub.	Didimopanax	1	SI
<i>Didymopanax</i> sp	Didimopanax	1	NE
<b>Areceaceae</b>			
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	Coco-iri	15	ST
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito-juçara	25	C
<i>Geonoma</i> sp	Geonoma	3	NE
<b>Asteraceae</b>			
<i>Stiffitia chrysantha</i> Mikan	Diadema	1	SI
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	Vassourão-preto	1	P
<b>Boraginaceae</b>			

Tabela 1. Continuação

<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Claraíba	1	ST
<i>Cordia taguahyensis</i> Vell.	Cordia	1	ST
<i>Tournefortia bicolor</i> Sw.	Erva-de-lagarto	1	P
<b>Cannabaceae</b>			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Curindiba	1	P
<b>Caricaceae</b>			
<i>Carica papaya</i> L.	Mamão	1	P / EX
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Mamão-jaracatiá	1	P
<b>Celastraceae</b>			
<i>Maytenus robusta</i> Reissek	Cafezinho	1	SI
<b>Chrysobalanaceae</b>			
<i>Licania riedelli</i> Prance	Licania	1	P
<b>Clethraceae</b>			
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Guaperê	1	P
<b>Clusiaceae</b>			
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	Bacupari	2	SI
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Alchornea sidifolia</i> Mull. Arg.	Tapiá	1	P
<i>Alchornea</i> sp	Alcornea	1	NE
<i>Aparisthimium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	Marmeleiro	1	P
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Mamoninha-do-mato	4	P
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Bonifácio	2	ST
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	Sucanga	1	P
<i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat	Senefeldera	1	SI
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	Canemuçu	2	P
<b>Fabaceae</b>			
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip.	Monjolão	2	P
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico-branco	2	P
<i>Anadenanthera</i> sp	Angico	1	NE
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) J.F. Macbr.	Angelim-amargoso	1	P
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Angelim-doce	2	P
<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	Angelim-coco	1	ST
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Garapa	2	C
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	Canafístula	5	P
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemin ex Benth.	Araribá	1	P
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Dalbergia	1	SI
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Mulungu-do-litoral	1	P
<i>Exostyles venusta</i> Schott ex Spreng.	Maria-mole	1	C
<i>Inga aff edulis</i> Mart.	Ingá-cipó	1	P
<i>Inga capitata</i> Desv.	Ingá-feijão	1	P
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-cipó	2	P

Tabela 1. Continuação

<i>Inga striata</i> Benth.	Ingá-felpudo	1	SI
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D. Penn.	Ingá-quatro-quinas	1	P
<i>Machaerium</i> sp	Maquerium	2	NE
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	Pau-jacaré	9	P
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	Unha-de-gato	7	P
<i>Pseudopiptadenia inaequalis</i> (Benth.) Rauschert	Pseudopiptadenia	1	P
<i>Pseudopiptadenia schumanniana</i> (Taub.) G.P.Lewis & M.P.Lima	Pseudopiptadenia	1	P
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P. Lewis & M.P. Lima	Pseudopiptadenia	1	P
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Pterocarpus	5	SI
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvu	2	P
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	Pacová-de-macaco	1	ST
<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Ingá-bravo	1	C
<i>Zollernia aff latifolia</i> (Brongn.) Vog.	Orelha-de-onça	1	C
<b>Hippocrateaceae</b>			
Hippocrateaceae sp1		1	NE
<b>Indeterminada</b>			
Indeterminada 1		1	NE
<b>Lacistemaceae</b>			
<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	Lacistema	12	SI
<i>Lacistema</i> sp	Lacistema	1	NE
<b>Lamiaceae</b>			
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Tamanqueiro	1	P
<b>Lauraceae</b>			
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	Canela-sassafráz	1	C
<i>Aniba</i> sp	Aniba	2	NE
<i>Beilschmiedia emarginata</i> (Meisn.) Kosterm.	Canela-coco	1	C
<i>Cinnamomum aff estrellense</i> (Meisn.) Kosterm.	Canela-de-gusme	2	P
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	Garuva	1	C
Lauraceae sp1	Canela	1	NE
<i>Licaria</i> sp	Licaria	2	NE
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	Canela-de-agosto	16	P
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	Canela	1	SI
<i>Ocotea aff schottii</i> (Meisn.) Mez	Canela	2	SI
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Canela	1	ST
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	Canela	1	ST
<b>Lecythidaceae</b>			
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá-branco	1	C
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Jequitibá-rosa	1	C
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	1	ST
<i>Lecythis</i> sp	Lecythis	1	NE

Tabela 1. Continuação

<b>Magnoliaceae</b>				
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng	Pinha-do-brejo	1		P
<b>Malvaceae</b>				
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir.	Quararibea	2		ST
<b>Melastomataceae</b>				
<i>Miconia aff brasiliensis</i> (Spreng.) Triana	Miconia	2		P
<i>Miconia aff lepidota</i> Schrank & Mart. ex DC.	Miconia	1		P
<i>Miconia aff pussiliflora</i> (DC.) Naudin	Miconia	1		P
<i>Miconia calvensis</i> DC.	Miconia	5		P
<i>Miconia discolor</i> DC.	Miconia	2		P
<i>Miconia</i> sp	Miconia	2		NE
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Quaresmeira	4		P
<b>Meliaceae</b>				
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	5		ST
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro-rosa	1		SI
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Carrapeta-verdadeira	40		P
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Canjambo	2		C
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Marinheiro-do-brejo	5		ST
<i>Trichilia aff elegans</i> A. Juss.	Catiguazinho	2		SI
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	Baga-de-morcego	3		SI
<i>Trichilia hirta</i> L.	Catiguá	2		P
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	Triquilha	2		SI
<i>Trichilia martiana</i> C. D.C.	Catiguá	1		P
<i>Trichilia pallens</i> C. DC.	Baga-de-morcego	1		SI
<i>Trichilia silvatica</i> C. DC.	Catiguá-branco	3		ST
<b>Monimiaceae</b>				
<i>Mollinedia aff cinerea</i> Tul.	Mollinedia	3		SI
<i>Mollinedia aff cyathantha</i> Perkins	Mollinedia	1		SI
<i>Mollinedia aff micrantha</i> Perkins	Mollinedia	2		P
<i>Mollinedia micrantha</i> Perkins	Mollinedia	1		P
<i>Mollinedia</i> sp	Mollinedia	1		NE
<b>Moraceae</b>				
<i>Ficus clusiifolia</i> Schott ex Spreng.	Figueira-vermelha	1		P
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Muiratinga	2		C
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	Sorocó	3		ST
<b>Myristicaceae</b>				
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott) Warb.	Bicuíba	5		ST
<b>Myrtaceae</b>				
<i>Calyptranthes aff concinna</i> DC.	Guamirim-facho	1		P
<i>Calyptranthes aromatica</i> A. St.-Hil.	Craveiro-da-terra	2		ST
<i>Calyptranthes concinna</i> DC.	Guamirim-facho	1		P
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	Guabiroba	1		P

Tabela 1. Continuação

<i>Eugenia aff excelsa</i> O. Berg	Eugenia	2	ST
<i>Eugenia aff schuchiana</i> O. Berg	Guamirim-da-folha- miúda	1	ST
<i>Eugenia neoaustralis</i> Sobral	Calycorectes	1	ST
<i>Eugenia prasina</i> O. Berg	Eugenia	2	ST
<i>Eugenia</i> sp	Eugenia	3	NE
<i>Gomidesia</i> sp	Gomidesia	1	NE
<i>Marlierea</i> sp	Marlierea	2	NE
<i>Myrceugenia</i> sp	Myrceugenia	11	NE
<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	Myrcia	2	P
<i>Myrciaria aff floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	Jabuticabeira-do-mato	2	C
<i>Myrciaria</i> sp	Myrciaria	1	NE
<i>Siphoneugena densiflora</i> O. Berg	Maria-preta	1	ST
<b>Nyctaginaceae</b>			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	João-mole	18	ST
<b>Ochnaceae</b>			
<i>Ouratea</i> sp	Ouratea	1	NE
<b>Peraceae</b>			
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Tamanqueira	4	P
<i>Pera</i> sp	Pera	2	NE
<b>Phyllanthaceae</b>			
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Urucurana	3	ST
<i>Margaritaria nobilis</i> L. f.	Figueirinha	1	ST
<i>Savia dyctiocarpa</i> Müll. Arg.	Guaraiúva	3	C
<b>Phytolaccaceae</b>			
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Pau-d'alho	5	P
<b>Picramniaceae</b>			
<i>Picramnia ramiflora</i> Planch.	Camboitá	1	ST
<b>Piperaceae</b>			
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Falso-jaborandi	2	P
<b>Polygonaceae</b>			
<i>Ruprechtia</i> sp	Ruprechtia	1	NE
<b>Proteaceae</b>			
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	Carvalho-brasileiro	1	ST
<b>Rubiaceae</b>			
<i>Alseis blackiana</i> Hemsl.	Alseis	1	P
<i>Alseis floribunda</i> Schott	Quina-de-são-paulo	2	P
<i>Amaioua guianenses</i> Aubl.	Carvoeiro	1	SI
<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) K. Schum.	Cauassu	3	SI
<i>Bathysa gymnocarpa</i> K. Schum.	Batisa	3	SI
<i>Bathysa</i> sp	Batisa	3	NE
<i>Bathysa stipulata</i> (Vell.) C. Presl	Batisa	5	ST

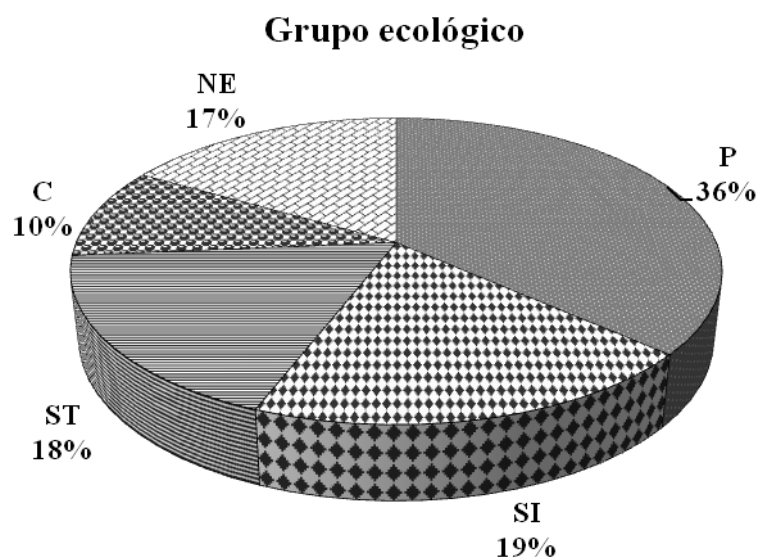
Tabela 1. Continuação

<i>Coffea arabica</i> L.	Café	2	SI / EX
<i>Coussarea aff contracta</i> (Walp.) Müll. Arg.	Coussarea	1	ST
<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) Müll. Arg.	Coussarea	1	SI
<i>Coussarea nodosa</i> (Benth.) Müll. Arg.	Coussarea	20	SI
<i>Faramea martiana</i> Müll. Arg.	Faramea	4	P
<i>Psychotria densecostata</i> Müll. Arg.	Psicotria	1	SI
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltld.) Wawra	Psicotria	4	ST
<i>Psychotria</i> sp	Psicotria	1	NE
<i>Rudgea recurva</i> Müll. Arg.	Rudgea	1	ST
<i>Simira viridifolia</i> (Allem. & Saldanha) Steyererm	Pau-para-tudo	1	SI
<b>Rutaceae</b>			
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Tangerina	1	SI / EX
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-porca	2	P
<b>Salicaceae</b>			
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatonga	5	P
<b>Sapindaceae</b>			
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	Baga-de-morcego	2	P
<i>Allophylus heterophyllus</i> Radlk.	Allophylus	2	SI
<i>Allophylus sericeus</i> Radlk.	Laranjeira-do-mato	3	P
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Camboatã	4	SI
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	Camboatã	4	P
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatã	15	SI
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk	Guepé	1	P
<i>Matayba leucodictya</i> Radlk.	Mataíba	1	C
<b>Sapotaceae</b>			
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	Chrysophyllum	12	C
<i>Chrysophyllum</i> sp	Chrysophyllum	11	NE
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	Acá	3	ST
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	Guapeva	1	C
<i>Pouteria</i> sp	Bapeba	1	NE
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	Fruto-de-quati	1	SI
<b>Siparunaceae</b>			
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Limão-bravo	16	P
<b>Solanaceae</b>			
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Fumo-bravo	1	P
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. - Hil.	Fumo-bravo	1	P
<i>Solanum</i> sp	Solanum	1	NE
<b>Symplocaceae</b>			
<i>Symplocos</i> sp	Symplocos	2	NE
<b>Urticaceae</b>			
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	3	P



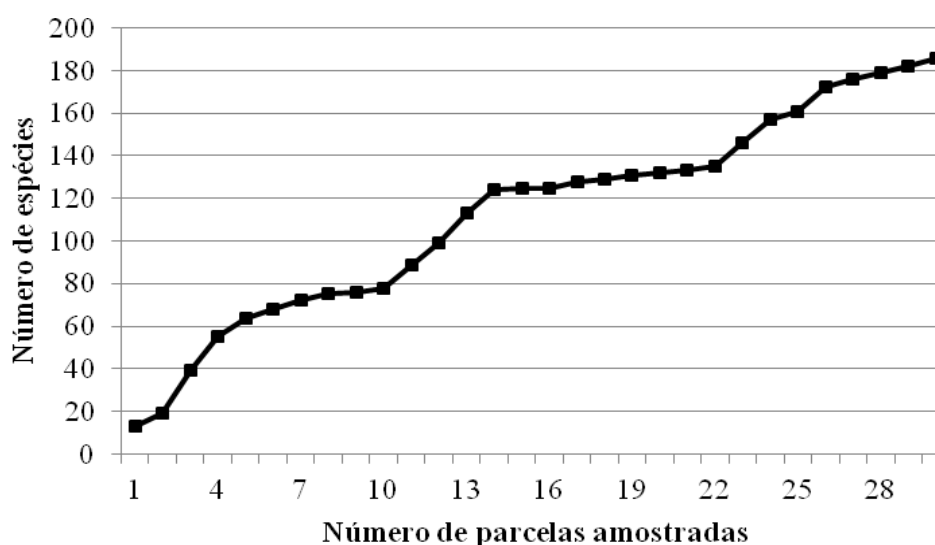
Tabela 1. Continuação			
<i>Coussapoa</i> sp	Figueira	1	NE
<b>Violaceae</b>			
<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	Rinorea	1	C

P=Pioneira; P/EX=Pioneira/Exótica; SI=Secundária inicial; SI/EX= Secundária inicial/Exótica ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado



**Figura 12.** Esquema representativo do percentual do grupo ecológico das espécies amostradas nos remanescentes florestais nativos no município de Cachoeiras de Macacu, RJ. P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado

De acordo com a curva gerada pelo esforço amostral (Figura 13), baseada na relação entre o número de espécies pelos 30 pontos amostrados, foi possível constatar que a amostragem usada não foi ainda suficiente para representação mais ampla da riqueza de espécies na área estudada. A curva do coletor determina que para a amostragem ser representativa é necessário haver estabilidade no número de espécies novas que são incorporadas a cada amostra realizada. Este resultado pode ser explicado pela grande riqueza florística da região devido à presença de grandes remanescentes florestais com trechos de mata em considerável estado de conservação e à diversidade de ambientes amostrados. Esses ambientes variam desde algumas formações ripárias de terras baixas e submontanas em estágio secundário avançado de desenvolvimento, entre 40 e 60 anos após processo exploratório de madeira e uso do solo, até o interior de florestas preservadas submontanas e montanas.

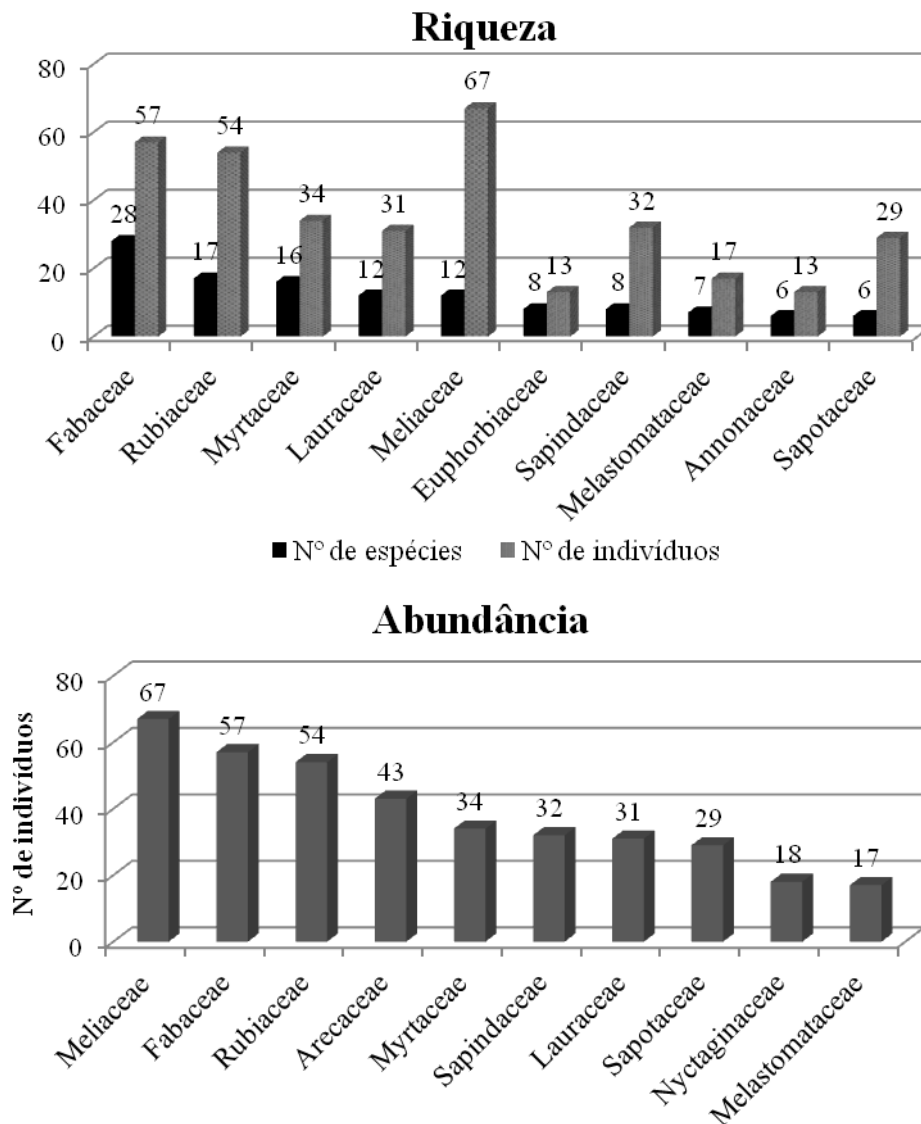


**Figura 13.** Curva espécie-área ou curva do coletor, apresentando o número de espécies em relação ao número de pontos de amostragem.

Na Figura 14 são apresentadas as 10 famílias com maior riqueza e abundância de indivíduos por espécies, que contribuem com 64,52% da riqueza local de espécies e com 71,80%, do total de indivíduos amostrados, sugerindo que a diversidade da área está reunida em poucas famílias. A família Fabaceae apresentou o maior valor em riqueza, mas não apresentou o maior número de indivíduos, o qual ocorreu para a família Meliaceae provavelmente pela abundância de uma só espécie, a *Guarea guidonia*. Contudo, embora a família Meliaceae tenha apresentado este fator, a mesma representa o total de seus indivíduos distribuídos pela riqueza de 12 espécies, a partir da predominância do gênero *Trichilia* (Figura 15).

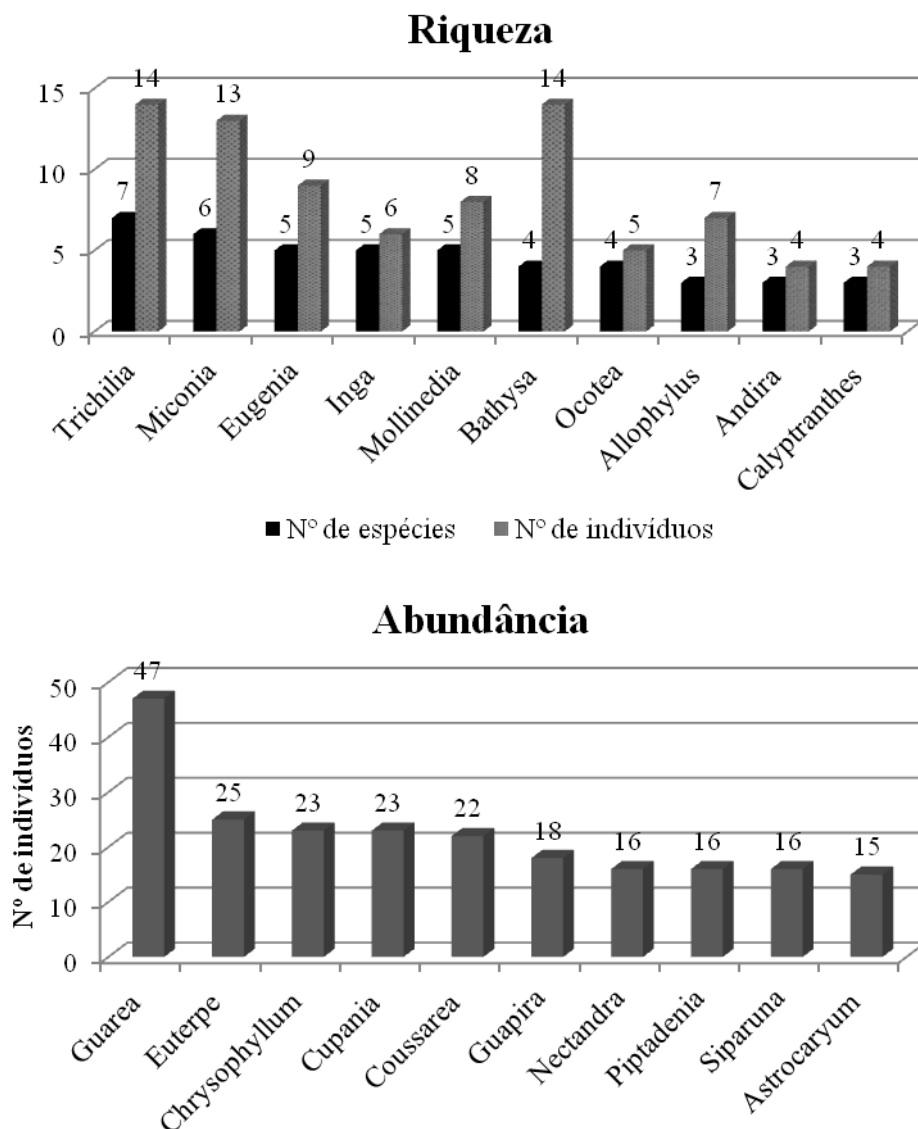
A presença expressiva de famílias como Fabaceae, Rubiaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Sapindaceae, Annonaceae e Sapotaceae, coincide com estudos fitossociológicos na Floresta Ombrófila Densa para o Estado do Rio de Janeiro, que têm destacado as mesmas dentre aquelas que apresentam maior número de espécies (PROGRAMA MATA ATLÂNTICA, 1992; PESSOA et al., 1997; KURTZ & ARAÚJO, 2000; BORÉM & OLIVEIRA-FILHO, 2002).

Vinte e seis famílias (52% do total de famílias amostradas) apresentaram apenas uma espécie, com diferentes abundâncias. Esta relação entre a riqueza e a abundância de indivíduos não foi a mesma observada por Hubbell & Foster (1986) e Huston (1995) em florestas primárias tropicais, onde, para a maioria dos grupos taxonômicos, foi encontrada alta riqueza combinada à baixa abundância de indivíduos por espécies. Entretanto, seguiu padrão semelhante ao encontrado por Silva et al. (2008) em estudos de florística e fitossociologia em floresta preservada na Amazônia Ocidental e na Mata Atlântica, especificamente na mesma região desse estudo, por Kurtz & Araújo (2000).



**Figura 14.** Representação das famílias com as maiores riquezas de espécies e abundâncias de indivíduos.

O mesmo padrão de riqueza de espécies e abundância de indivíduos, observado para as famílias, também foi verificado para os gêneros. Os gêneros com maior riqueza e abundância de indivíduos por espécies são representados na Figura 15, que juntas somaram 37,19% e 41,54%, respectivamente, da riqueza dos 121 gêneros amostrados. Ainda de acordo com este total, 87 gêneros (71,90%) apresentaram apenas uma espécie, com diferentes abundâncias. O gênero *Guarea* foi o que representou o maior número de indivíduos devido à predominância de uma única espécie (*Guarea guidonia*), como já discorrido anteriormente. Porém, não se enquadrou na categoria dos gêneros mais representativos em riqueza, possuindo somente três espécies. O mesmo padrão pôde ser observado para o gênero *Euterpe*, no qual foi representado por apenas uma espécie (*Esterpe edulis*).



**Figura 15.** Representação dos gêneros com as maiores riquezas de espécies e abundâncias de indivíduos.

A Tabela 2 mostra as 15 espécies mais abundantes, que juntas somam 43,61% do total dos indivíduos amostrados. A espécie *Guarea guidonia* apresentou a maior abundância, com 40 indivíduos registrados. Em contrapartida, a grande maioria das espécies (172 espécies, 92,47% do total amostrado) está representada por até cinco indivíduos, onde, deste total, 98 espécies (52,69%) apresentam apenas um indivíduo amostrado (Figura 16).

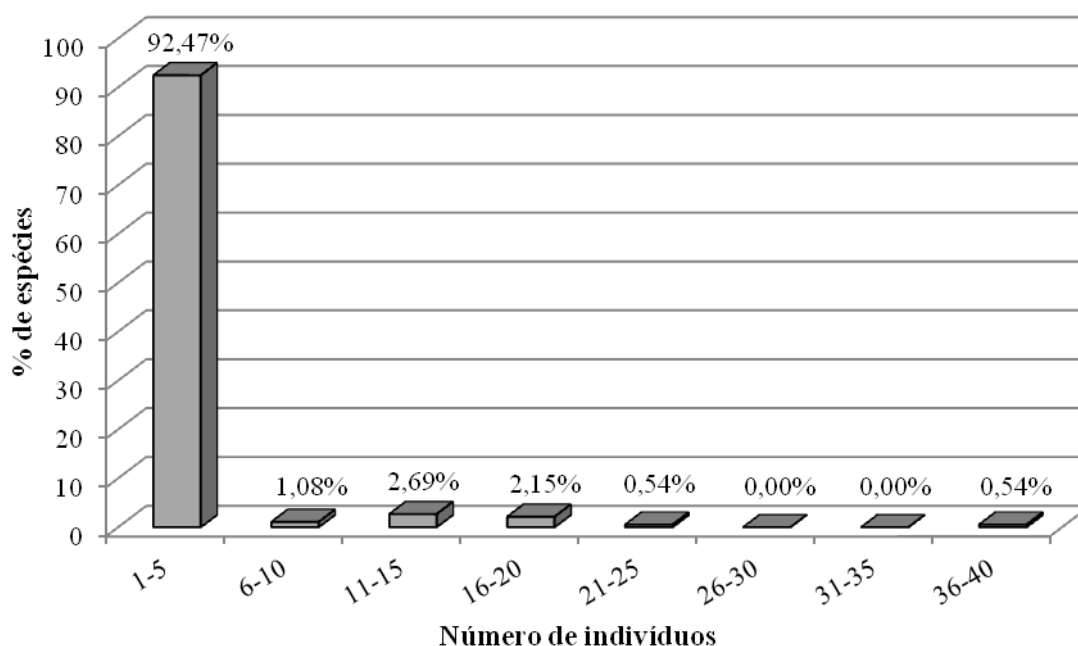
Diversos estudos, em diferentes formações florestais brasileiras, sugerem que para as espécies representadas por um único indivíduo, essas podem ser consideradas raras, tanto do ponto de vista de recrutamento infrequente, alta frequência e baixa densidade das espécies, ou por serem extintas na área ou ainda se apresentarem como pioneiras testemunhas nos trechos de floresta secundária em estágio avançado de desenvolvimento (como foi o caso da *Trema micrantha* neste estudo, também representada por apenas um indivíduo). Martins (1993) observaram valores variando de 9,2 a 39,5% para as diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica. Para o Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, este percentual variou de 9,5 a 45,2% (GUEDES, 1988; OLIVEIRA et al., 1995; GUEDES-BRUNI et al., 1997; PESSOA et al., 1997). Esse fato também foi observado por Kurtz & Araújo (2000) ao avaliar aspectos

florísticos em remanescente florestal preservado de uma Unidade de Conservação no mesmo município deste estudo. Estes autores indicaram que o percentual de espécies raras amostradas foi de 44,9% e afirmaram, com base em análise em outros estudos, que este percentual situa-se entre os maiores valores encontrados para a Mata Atlântica. Finotti et al. (2012) analisando a estrutura de comunidades florestais em fragmentos na mesma bacia hidrográfica desse estudo (rio Guapiaçu) também observaram espécies raras ou ameaçadas de extinção e exaltaram a importância desta bacia do ponto de vista da conservação das populações vegetais.

Dessa forma, o valor de 52,69% observado nesse estudo corroborou a literatura, a qual aponta que em formações florestais características de ausência ou quase nenhuma intervenção antrópica e com grande riqueza florística, o percentual de espécies raras amostradas, ou seja, aquelas representadas por um único indivíduo tende a aumentar. Dentre essas espécies pode-se destacar *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Geissospemum laeve*, *Jacaratia spinosa*, *Lecythis pisonis*, *Matayba leucodictya*, *Pouteria psammophila* e *Tachigali multijuga*, as quais caracterizam também a floresta climácica do trecho estudado, de acordo com a Resolução CONAMA 006/94.

**Tabela 2.** Relação das espécies com as maiores abundâncias de indivíduos registradas no levantamento florístico em florestas nativa, no município de Cachoeiras de Macacu, RJ

<b>Espécie</b>	<b>Abundância</b>
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	40
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	25
<i>Coussarea nodosa</i> (Benth.) Müll. Arg.	20
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	18
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	16
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	16
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	15
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	15
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	12
<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	12
<i>Chrysophyllum</i> sp	11
<i>Myrceugenia</i> sp	11
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	9
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	7
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	5

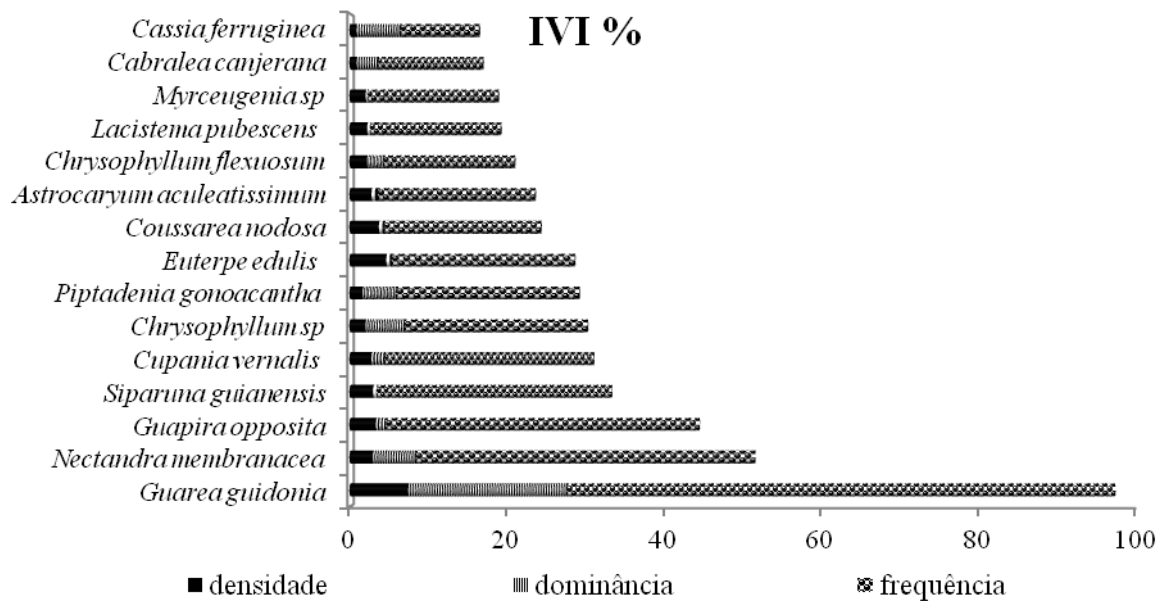


**Figura 16.** Percentual de espécies em relação ao número de indivíduos amostrados em floresta nativa no município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

O valor de importância está relacionado à relevância ecológica que a cada espécie é atribuída no ecossistema estudado, nos aspectos espaciais, de dispersão e distribuição. A espécie *Guarea guidonia* (Figura 17) apresentou maior densidade, dominância e frequência relativa em relação às outras espécies, o que lhe conferiu o maior índice de valor de importância (IVI %) no remanescente florestal estudado (Figura 18). Ela esteve presente em 21 das 30 parcelas amostradas (70% da frequência relativa total), tendo maior influência espacial na área de floresta (com 20,22% de dominância relativa) e significativa densidade relativa (7,52%) em comparação às demais espécies, dada pelo número de indivíduos em relação à área amostrada. Esses fatores conferiram a esta espécie posição de destaque na contribuição para a estrutura dos trechos de mata estudados.



**Figura 17.** Imagens de *Guarea guidonia*, espécie de maior valor de importância registrada nos trechos de floresta natural estudados



**Figura 18.** Representação das 15 espécies com maior valor de importância na floresta nativa, onde a *Guarea guidonia* apresentou 97,74% deste valor.

O maior valor de importância da *Guarea guidonia* pode ser atribuído à amostragem inventariada de modo sistemático (para fomentar parte dos objetivos do Projeto de



Reflorestamento da Bacia Hidrográfica do Rio Macacu), realizada, na maior parte das vezes, próximo a cursos ou a corpos d'água. Segundo Lorenzi (2008), esta espécie é tipicamente seletiva higrófila, característica de mata de galeria, com maior frequência em formações secundárias localizadas ao longo de rios, planícies aluviais e fundo de vales e menor frequência no interior das formações florestais densas. Sendo do grupo ecológico das pioneiras, coloniza facilmente ambientes de ecossistemas lênticos e lóticos.

As 15 espécies que foram mais significativas em valor de importância (34,52% do IVI total) apresentaram esta característica essencialmente devido ao grau de distribuição uniforme dos indivíduos, que perfizeram altos valores de frequência, ressaltando a importância ecológica das mesmas. À exceção desta, somente a espécie *Cassia ferruginea* destacou-se em função da dominância, pelo grande porte de seus indivíduos.

Comparando-se ao trabalho de Kurtz & Araújo (2000), em floresta preservada na mesma região deste estudo, duas das espécies que se destacaram no valor de importância foram a *Euterpe edulis* e *Chrysophyllum flexuosum*, basicamente pela densidade de indivíduos. Os mesmos autores apontam que essas espécies têm sido citadas frequentemente como algumas das mais importantes em formações florestais da Mata Atlântica, nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, tanto em matas primárias como em secundárias. Da mesma forma, no trabalho de Borém & Oliveira-Filho (2002), onde foram analisados parâmetros fitossociológicos em área de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais de regeneração, *Euterpe edulis* foi a espécie de maior valor de importância, concluindo que a área estava sendo bem protegida. No entanto, a *Euterpe edulis* encontra-se na lista de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção proposta pelo MMA/IBAMA - Instrução Normativa nº 06, de 23/09/2008 - em função do extrativismo predatório de palmito neste bioma.

Foi observado ainda que para a maioria das espécies amostradas (119, somando 64% deste total), os parâmetros fitossociológicos apresentaram baixos valores (até 6% de IVI), sugerindo que muitas espécies estão contribuindo pouco para a estrutura da mata e, em contrapartida, poucas espécies apresentam contribuição significativa. É possível observar este padrão como sendo característico de florestas tropicais em estudos no bioma atlântico e amazônico (MARTINS, 1993; KURTZ & ARAÚJO, 2000; IVANAUSKAS et al., 2004)

As densidades, dominâncias e frequências relativas, bem como a abundância e o valor de importância relacionado a cada espécie registrada podem ser verificadas no Anexo B.

Em relação à diversidade da floresta, o índice de Shannon ( $H'$ ) é muito utilizado para comparar esta característica em áreas distintas, onde quanto maior o valor  $H'$  maior é a diversidade florística da população. Está relacionado à riqueza das espécies e sua abundância relativa, variando, segundo Knight (1975) de 3,83 a 5,85 para florestas tropicais (representando o maior valor já registrado para qualquer comunidade vegetal) e mais especificamente para a Floresta Atlântica entre 3,61 e 4,07 (MARTINS, 1993). Nos trechos de mata estudados este índice apresentou valor de 4,62. Estudos posteriores avaliando a diversidade florística neste bioma mostraram valores maiores que o sugerido por Martins (1993), porém, menores que o encontrado nesse estudo.

Em formação de Floresta Atlântica de Pariquera-Açu, zona costeira do Estado de São Paulo, Ivanauskas (1997) encontrou valor de diversidade de Shannon-Weaver de 4,13. Portela (2006) obteve valor de 3,65 estudando fragmentos florestais na Serra da Concórdia, no município de Valença, no Estado do Rio de Janeiro. Rolim & Nascimento (1997) afirmam ter encontrado um dos maiores valores registrados para florestas tropicais brasileiras, variando de 4,71 a 5,05 em estudo na Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo. Avaliando efeitos de borda em mata preservada de Unidade de Conservação no município de Rio das Ostras – RJ, Rodrigues (2004) encontrou índice de 4,19. Para Kurtz & Araújo (2000), o valor de  $H'$  foi de 4,20, onde, em vasta revisão de literatura, indicaram que o índice de Shannon poderia variar de 1,69 a 4,4 para as formações florestais ecotípicas do Estado Rio de Janeiro, atribuindo os



maiores índices às áreas de florestas climácicas. Os mesmos autores afirmam que esse valor de  $H'$  foi um dos mais altos já registrados para a Mata Atlântica. Se esta afirmativa for levada em consideração para esse estudo, pode-se dizer que, a partir do valor encontrado (4,62), a região estudada pode apresentar uma das maiores riquezas florísticas observadas no Estado do Rio de Janeiro. Contudo, faz-se necessário estudo mais detalhado, obedecendo-se critérios adequados de amostragens e ainda confirmar os dados obtidos testando-se a suficiência amostral da população estudada.

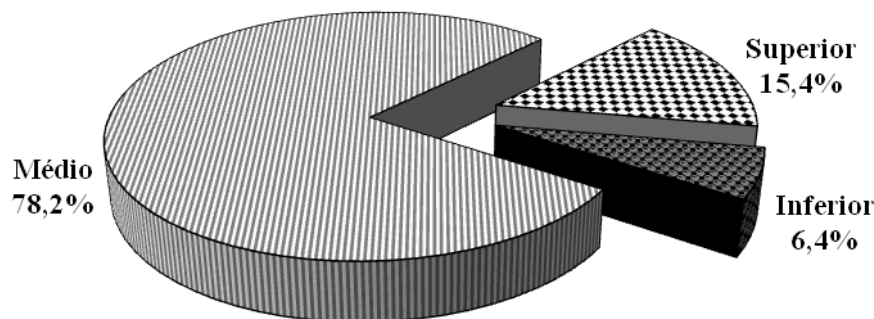
Para tanto, este alto valor pode ser atribuído à diversidade de ambientes amostrados, com trechos de mata em considerável estado de conservação, que englobam formações ripárias de terras baixas e submontanas em estágio secundário avançado de desenvolvimento (entre 40 e 60 anos) até interiores de florestas densas submontanas e montanas, onde não se tem registros de histórico de exploração. Esta última é representada pela área de contínuo remanescente florestal (mais de 7.000 ha) em apreciável estado de preservação da biodiversidade nos limites da Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA), onde foi realizada a maior parte da amostragem (21 das 30 parcelas amostradas). Sendo assim, segundo Matteucci & Colma (1982) o reconhecimento da diversidade de um local é uma ferramenta importante para propósitos de conservação ou monitoramento de áreas naturais, onde demonstra a importância dessas áreas para preservação de espécies e produção de sementes florestais – matéria-prima para a produção de mudas que irão fomentar os projetos de recomposição florestal.

O grau de equabilidade ou uniformidade ( $J$ ) da floresta está relacionado ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies e é estimado pelo índice de equabilidade de Pielou (PIELOU, 1975). Este índice varia de 0 a 1 para qualquer formação florestal, onde quanto mais próximo de um, mais homogênea encontra-se a distribuição das espécies na área estudada, onde a máxima 1 indica que todas as espécies têm igual abundância. Para esse estudo esse índice foi de 0,88, corroborando o que foi citado anteriormente. Comparando-se a outros estudos na Mata Atlântica, mostrou valor superior a maioria dos demais trabalhos. Foi inferior a Fernandes et al. (2008) ( $J=0,89$  e  $0,96$ ) e Carvalho et al. (2006) ( $J=0,89$ ) e maior que Borém & Oliveira-Filho (2002) ( $J=0,85$ ), Kurtz & Araújo (2000) ( $J=0,85$ ) e Ivanauskas (1997) ( $J=0,79$ ), em se tratando também de áreas bem preservadas, com alta diversidade de espécies para o Rio de Janeiro. Segundo Mantovani (1993), para formações florestais atlânticas este índice mantém-se entre 0,83 e 0,91. Dessa forma, pode-se constatar que a riqueza em espécies (186) e a equabilidade ( $J=0,88$ ) observados nesse estudo contribuem igualmente para o alto índice de diversidade encontrado.

O estudo da estrutura vertical da floresta diz respeito à estratificação dos indivíduos pela altura, onde três estratos são avaliados: inferior, médio e superior. De acordo o desvio padrão e a média, calculados para altura, esta última teve o seu intervalo definido como inferior: altura < 3,1 m; médio: altura > 3,1 e < 14,0 m e superior: altura > 14,0 m.

O maior percentual em altura das árvores encontra-se no estrato médio, 78,20%, seguido do estrato superior e inferior com 15,40% e 6,4%, respectivamente do total dos indivíduos amostrados (Figura 19). Em relação ao total de espécies, 155, aproximadamente 83% do total possuem indivíduos com alturas pertencentes ao estrato médio. Este padrão também foi observado por Souza et al. (1998) em Floresta Ombrófila Densa de terras baixas no Estado do Espírito Santo, onde constataram que a maior parte das árvores estava representada pelo estrato médio de altura.

## Estratificação por altura das árvores



**Figura 199.** Representação do percentual do conjunto de indivíduos referente à estratificação da comunidade vegetal pela altura de cada árvore amostrada.

Apenas duas espécies (*Chrysophyllum* sp e *Pterocarpus rohrii*) representaram os três estratos da floresta. As famílias mais representativas no estrato médio foram Fabaceae, Rubiaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Meliaceae e Euphorbiaceae e para o estrato superior foram Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae, Sapindaceae e Sapotaceae e Moraceae. Alguns trabalhos afirmam que dependendo da região, do estágio de sucessão e do estado de conservação da floresta, sua estrutura pode ser agrupada em diferentes tipos de estratos de altura. Segundo Souza et al. (2003), esse tipo de estratificação influencia a riqueza, a diversidade, o crescimento e a produção de biomassa, sendo um importante indicador de sustentabilidade em ecossistemas florestais. Dessa forma, pode-se constatar que os trechos estudados possuem características de floresta clímax, pela presença marcante de árvores emergentes (que podem atingir 45 m de altura), constituindo um dossel fechado. Ainda neste contexto, vale ressaltar também que o percentual de indivíduos no maior estrato tende a acompanhar a dinâmica da floresta, a partir do crescimento dos indivíduos que desenvolverão dos demais estratos. Para esse estudo essa hipótese pode ser confirmada na observação dos indivíduos presentes no estrato médio, onde das 49 espécies amostradas no estrato superior 26 possui em comum com o estrato médio.

### 3.3.2 Composição florística e riqueza das áreas de recomposição florestal

Para as áreas em recuperação, em termos de composição florística, foi amostrado um total de 1150 indivíduos, distribuídos em 38 famílias, 99 gêneros e 128 espécies. A área reflorestada de três anos apresentou 73 espécies, 57 gêneros e 28 famílias; a área de cinco anos apresentou 65 espécies, 53 gêneros e 24 famílias; e para o plantio de sete anos foram observadas 54 espécies, 45 gêneros e 23 famílias. As espécies que ocorreram para cada plantio avaliado, as famílias, nomes populares e grupo ecológico na qual pertencem, bem como o número de indivíduos amostrados, encontram-se na Tabela 3. Cento e oito classes de indivíduos foram identificadas em nível de espécie, 19 em nível de gênero e apenas um indivíduo permaneceu indeterminado.

**Tabela 3.** Relação florística das espécies encontradas nos plantios de recomposição florestal, com os respectivos números de indivíduos amostrados e grupo ecológico na qual pertencem para cada idade de área reflorestada. (continua)

<b>Família / Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>R 3</b>	<b>R 5</b>	<b>R 7</b>	<b>Grupo ecológico</b>
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	Gonçalo-Alves	-	2	-	SI
<b>Annonaceae</b>					
<i>Annona cacans</i> Warm.	Araticum-de-paca	-	3	-	P
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Biribá	-	1	4	SI
<b>Apocynaceae</b>					
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Guatambu-oliva	4	-	1	ST
<i>Geissospermum laeve</i> (Vell.) Miers	Pau-pereira	1	-	-	ST
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	Leiteira	1	-	2	P
<b>Arecaceae</b>					
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito-juçara	-	5	-	C
<b>Asteraceae</b>					
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	Cambará	1	-	-	P
<b>Bignoniaceae</b>					
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê-verde	13	1	1	P
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Ipê-amarelo	-	-	6	P
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-roxo	2	4	11	ST
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	-	1	2	SI
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth	Ipê-de-jardim	-	-	2	P / EX
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	Ipê-tabaco	-	2	-	P
<b>Bixaceae</b>					
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	-	-	3	P
<b>Boraginaceae</b>					
<i>Cordia</i> sp	Cordia	2	-	-	NE
<b>Cannabaceae</b>					
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Curindiba	2	4	-	P
<b>Caricaceae</b>					
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Mamão-jaracatiá	2	1	1	P
<b>Chrysobalanaceae</b>					
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	-	-	4	P
<b>Clusiaceae</b>					
<i>Garcinia cochinchinensis</i> Choisy	Falso-mangostão	2	-	-	SI / EX
<b>Euphorbiaceae</b>					
<i>Alchornea sidifolia</i> Baill.	Tapiá	-	1	-	P
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Boleira	3	-	-	P
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Mamoninha-do-mato	-	1	-	P
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Pau-leiteiro	-	-	1	P

Tabela 3. Continuação

<b>Fabaceae</b>					
<i>Abarema</i> sp	Abarema	-	2	-	NE
<i>Adenanthera pavonina</i> L.	Tento-carolina	-	7	-	P / EX
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Farinha-seca	-	8	-	P
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm.	Amburana-de-cheiro	16	-	-	ST
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Angico-vermelho	2	4	1	P
<i>Bauhinia</i> sp	Pata-de-vaca	-	1	-	NE
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	Pau-brasil	4	3	-	C
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Pau-ferro	3	-	6	P
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	Sibipiruna	8	8	1	P
<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. ex Benth.	Araribá	-	2	-	P
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemain ex Benth.	Araribá	2	33	41	P
<i>Chamaecrista ensiformis</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	Camecrista	2	-	-	P
<i>Copaifera lucens</i> Dwyer	Copaíba	3	-	4	ST
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Rabo-de-bugio	-	-	1	SI
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemao ex Benth.	Jacarandá-da-bahia	1	5	1	P
<i>Delonix regia</i> (Boj.) Rafin.	Flamboyant	-	-	2	P / EX
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Orelha-de-negro	35	-	-	P
<i>Erythrina</i> sp	Mulungu	-	-	1	NE
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Mulungu-do-litoral	-	-	3	P
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Gliricídia	-	2	-	P / EX
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	12	-	-	ST
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-cipó	14	6	8	P
<i>Inga Laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá-branco	2	-	1	SI
<i>Inga</i> sp	Ingá	8	-	-	NE
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit	Leucena	-	1	15	P / EX
<i>Moldenhawera floribunda</i> Schrad.	Caingá	2	-	-	P
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Faveira	-	5	-	P
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Mac.	Pau-jacaré	79	25	-	P
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	Unha-de-gato	69	9	-	P
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	Vinhático	1	3	6	C
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	Sangueiro	-	-	3	SI
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Amendoim-bravo	1	1	-	P
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvu	6	-	1	P
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Pau-cigarra	-	4	-	P
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	Banha-de-galinha	-	-	1	C
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	Pacová-de-macaco	11	1	-	ST
<i>Swartzia oblata</i> R.S. Cowan	Caroba	8	-	-	ST

Tabela 3. Continuação

<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Ingá-bravo	1	-	-	C
<b>Icacinaceae</b>					
<i>Mappia</i> sp	Mapia	3	-	-	NE
<b>Indeterminada 1</b>					
Indeterminada 1	indeterminada 1	4	-	-	NE
<b>Lamiaceae</b>					
<i>Tectona grandis</i> L.f.	Teca	2	-	-	P / EX
<b>Lauraceae</b>					
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart. ex Nees) Mez	Canela-sassafrás	3	-	-	C
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	Canela-batalha	2	5	1	ST
<i>Cryptocarya</i> sp	Canela	3	-	-	NE
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	Canela-de-agosto	61	6	6	P
<i>Nectandra</i> sp	Canela	-	1	-	NE
<i>Ocotea</i> sp	Ocotea	-	1	-	NE
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	Canela-pimenta	-	-	1	ST
<b>Lecythidaceae</b>					
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Jequitibá-rosa	3	2	1	C
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá-branco	-	2	-	C
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	Abriçó-de-macaco	-	1	4	SI
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	4	4	-	ST
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	-	2	-	C
<b>Magnoliaceae</b>					
<i>Michelia champaca</i> L.	Magnólia-amarela	1	3	-	P / EX
<b>Malpighiaceae</b>					
<i>Bunchosia armeniaca</i> A. DC.	Caferana	-	-	1	SI / EX
<b>Malvaceae</b>					
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna <i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	Paineira	2	-	-	ST
<i>Pachira stenopetala</i> Casar.	Embira	-	-	4	P
<i>Pterygota brasiliensis</i> Allemão	Paquirá	5	-	-	ST
<i>Sterculia chicha</i> A. St.-Hil. ex Turpin	Pau-rei	2	-	-	P
	Chichá	-	1	-	C
<b>Melastomataceae</b>					
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Quaresmeira	11	14	-	P
<b>Meliaceae</b>					
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	-	-	1	ST
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro-rosa	7	-	-	SI
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Carrapeta-verdadeira	21	6	19	P
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Peloteira	-	3	-	C
<i>Melia azedarach</i> L.	Cinamomo	3	-	-	P / EX
<i>Trichilia</i> sp1	Triquilha	-	1	-	NE
<i>Trichilia</i> sp2	Triquilha	-	1	-	NE

Tabela 3. Continuação

<b>Moraceae</b>					
<i>Ficus clusiifolia</i> Schott ex Spreng.	Figueira-vermelha	3	-	-	P
<i>Ficus glabra</i> Vell.	Figueira-brava	1	-	-	P
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Figueira-do-brejo	-	1	-	P
<i>Morus nigra</i> L.	Amora	-	-	40	P / EX
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	Sorocó	-	-	1	ST
<b>Myristicaceae</b>					
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott) Warb.	Bicuiba	3	17	3	ST
<i>Virola gardneri</i> (A. DC.) Warb.	Bicuiba	1	-	-	C
<b>Myrtaceae</b>					
<i>Calyptranthes</i> sp	Caliptrantes	2	-	-	NE
<i>Calyptranthes</i> sp1	Caliptrantes	-	1	-	NE
<i>Calyptranthes</i> sp2	Caliptrantes	-	6	-	NE
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	Grumixama	1	-	-	C
<i>Eugenia florida</i> DC.	Guamirim	-	-	1	ST
<i>Eugenia magnifica</i> Spring ex Mart.	Eugenia	5	-	-	C
<i>Eugenia</i> sp1	Eugenia	1	-	-	NE
<i>Eugenia</i> sp2	Eugenia	1	-	-	NE
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	-	5	1	P
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	-	-	2	P
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	Jamelão	22	1	2	SI / EX
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr & Perry	Jambo	10	1	9	P / EX
<b>Phytolaccaceae</b>					
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Pau-d'alho	9	-	8	P
<b>Polygonaceae</b>					
<i>Triplaris americana</i> L.	Pau-formiga	-	2	1	P
<b>Rhamnaceae</b>					
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Uva-do-Japão	-	-	20	P / EX
<b>Rutaceae</b>					
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Nêspera	15	-	-	P / EX
<b>Salicaceae</b>					
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatonga	-	1	1	P
<b>Sapindaceae</b>					
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Camboatã	-	2	-	SI
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	Maria-preta	6	-	-	P
<i>Talisia</i> sp	Talisia	-	6	-	NE
<b>Sapotaceae</b>					
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	Guacá-de-leite	2	-	-	C
<i>Chrysophyllum</i> sp	Crisofilum	1	-	-	NE
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Abiu	22	7	1	SI
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Abiurana	8	1	10	SI
<i>Pouteria</i> sp	Bapeba	6	-	-	NE

Tabela 3. Continuação

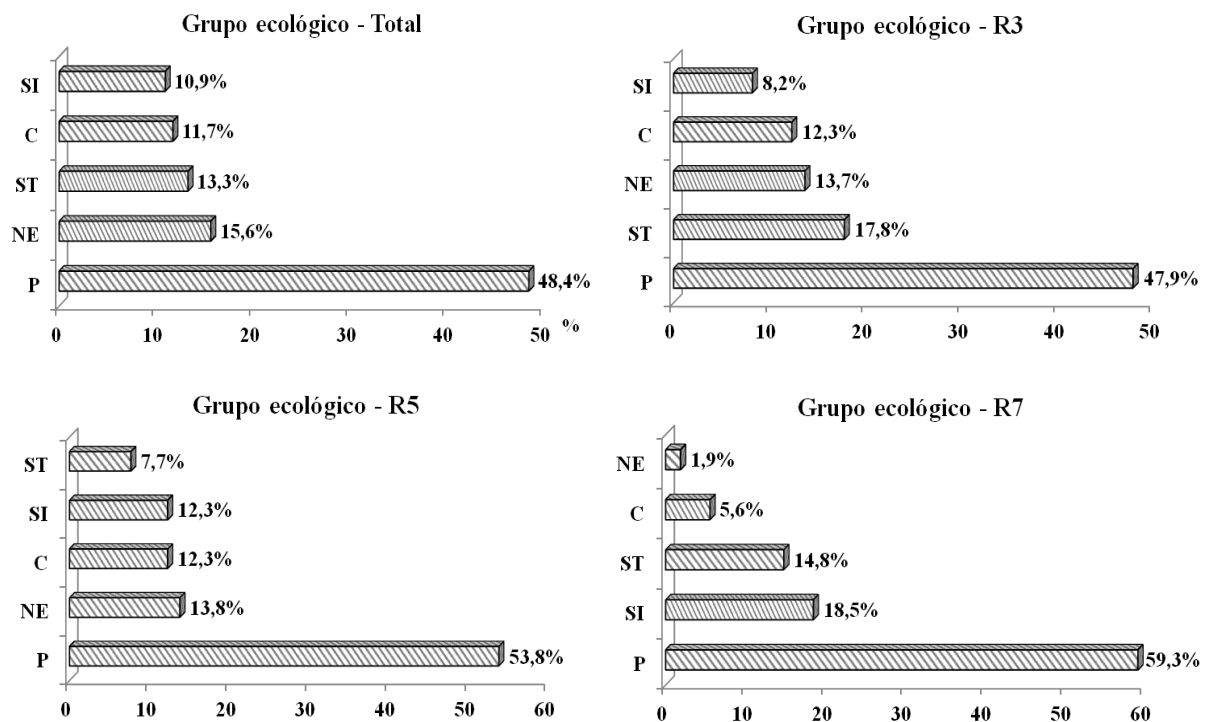
<b>Siparunaceae</b>					
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Limão-bravo	-	1	-	P
<b>Solanaceae</b>					
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Jurubeba	1	-	-	P
<b>Urticaceae</b>					
<i>Cecropia glaziovi</i> Sneathlaga	Embaúba	1	2	4	P
<b>Verbenaceae</b>					
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Tarumã	19	2	6	P
<b>Total amostrado</b>		<b>600</b>	<b>268</b>	<b>282</b>	

P=Pioneira; P/EX=Pioneira/Exótica; SI=Secundária inicial; SI/EX= Secundária inicial/Exótica ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado; R3=Reflorestamento com 3 anos de idade; R5=Reflorestamento com 5 anos; R7=Reflorestamento com 7 anos de idade

Para o grupo sucessional pertencentes às espécies plantadas, 62 representam o grupo das pioneiras (48,4%); 14 espécies representam o grupo das secundárias iniciais (10,9%); 17 ao grupo das secundárias tardias (13,3%); e 15 pertencem ao grupo das espécies climáticas (11,7%). Vinte espécies (15,6%) não tiveram o seu grupo ecológico especificado devido à ausência da identificação botânica até o nível de espécie. (Figura 20).

Os programas de recuperação de áreas degradadas recomendam que nos plantios as espécies utilizadas obedeçam a um arranjo espacial no campo, com uma proporção em maioria das espécies do grupo sucessional das pioneiras, a fim de obter êxito na etapa inicial do programa de recomposição. Já que as pioneiras são plantas heliófitas, adaptadas a condições adversas no ambiente e de rápido crescimento, fornece, segundo Botelho et al. (1996), proteção ao solo e condições microclimáticas mais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento das espécies dos grupos mais tardios de sucessão.

Analisando a regeneração natural de áreas restauradas no Pontal do Paranapanema, SP, Souza (2000), observou que a distribuição dos indivíduos segundo os grupos ecológicos para o plantio determinou a dinâmica sucessional da área, exercendo influência direta no desenvolvimento da estrutura da floresta. Dessa forma, avaliando a área de estudo, é possível constatar que, mesmo sem seguir padrões técnicos, os plantios foram conduzidos de forma adequada pelo proprietário, sugerindo que a escolha das espécies e sua distribuição por grupos ecológicos funcionais podem ter sido os principais fatores que determinaram o sucesso inicial do reflorestamento.



**Figura 200.** Representação do percentual dos grupos ecológicos referentes ao total de espécies amostradas e de cada idade de plantio nos reflorestamentos. P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado; R3=Reflorestamento com 3 anos de idade; R5=Reflorestamento com 5 anos; R7=Reflorestamento com 7 anos de idade

Em contrapartida, as diferentes condições edafoclimáticas nas quais as áreas se encontram também têm influência direta na sobrevivência das mudas nos reflorestamentos. Dessa forma, vale ressaltar que as características ambientais das áreas de estudo podem estar dentre as variáveis condicionantes da forte dominância ecológica das espécies pioneiras, e podem influenciar o processo de dinâmica natural da floresta. Já que as áreas de estudo variam em classe de solo e topografia, sugere-se que esses fatores exerceram papéis fundamentais no desenvolvimento dos plantios. Donadio et al. (2009) afirma essa mesma hipótese ao observar a diferenciação florística de um remanescente florestal de zona ripária no município de guariba, SP. Para os autores, nesse ecossistema florestal o ambiente é mais homogêneo quanto à drenagem do terreno, tipo de solo, topografia e altitude, onde componente hídrico se torna um fator determinante para a baixa diversidade de espécies.

Dessa forma acredita-se que a distinção na estrutura do desenvolvimento florestal na área de plantio de 7 anos pode ser atribuída à influência da classe de solo presente (Neossolo flúvico) e das condições de relevo (zona ripária). Mesmo apresentando maior área (3,4 ha) foram observados menores valores de riqueza de espécies e abundância de indivíduos (Tabela 4) em relação ao plantio, por exemplo, de 5 anos, que apresenta menor área (2,5 ha), classe de solo Latossolo Amarelo e relevo ondulado e suave-ondulado.

As 38 famílias registradas são apresentadas na Tabela 4 conforme ocorrência nos plantios de 3, 5 e 7 anos, respectivamente, em ordem decrescente de valores de riqueza de espécies observada, acompanhada da abundância de indivíduos para cada grupo taxonômico. As 10 famílias com maior riqueza de espécies estão contribuindo com a diversidade das áreas plantadas de 3, 5 e 7 anos em 73,97%, 78,46% e 75,93%, respectivamente, seguindo o mesmo padrão das áreas de florestas naturais, onde poucas famílias contribuem mais com a riqueza de



espécies. Outro fator em comum ao encontrado também para a área de mata é que essas 10 famílias representam para cada área reflorestada mais de 80% do total de indivíduos amostrados.

A família Fabaceae apresentou o maior valor em riqueza e abundância de indivíduos para as três áreas avaliadas. A presença relevante desta família é bom indicador do prosseguimento da manutenção dos processos ecológicos iniciais de restauração, visto que, de forma geral, possui muitas espécies de rápido desenvolvimento em biomassa e recobrimento do solo, além da deposição de grande quantidade de serrapilheira no solo e a participação no processo de fixação biológica de nitrogênio.

Nambiar & Brown (1997) afirmam que o uso de técnicas de composição florística é um dos fatores que aceleram o estabelecimento e crescimento das plantas, onde em projetos de recomposição florestal, proporciona diferentes níveis de recursos, afetando positivamente seu desenvolvimento. Assim, sugere-se que o plantio em grande proporção de espécies pertencentes à família Fabaceae foi um dos principais fatores que determinou o sucesso inicial dos plantios de recomposição florestal desse estudo.

Além da família Fabaceae, outra família que apresentou relevante riqueza para as três áreas avaliadas foi a Myrtaceae. A elevada riqueza e abundância desta família é fundamental aos futuros processos ecológicos de interações, principalmente os que envolvem animais e plantas, já que esta família possui muitas espécies atrativas a dispersores de sementes, essenciais para a continuidade do processo sucessional da floresta (ROCHA & SILVA, 2002).

**Tabela 4.** Riqueza de espécies e número de indivíduos das famílias registradas na área reflorestada com 3, 5 e 7 anos de idade. R = Riqueza; A = Abundância.

Plantio 3 anos			Plantio 5 anos			Plantio 7 anos		
Família	R	A	Família	R	A	Família	R	A
Fabaceae	23	290	Fabaceae	21	133	Fabaceae	17	96
Myrtaceae	7	42	Lecythidaceae	5	11	Bignoniaceae	5	22
Sapotaceae	5	39	Myrtaceae	5	14	Myrtaceae	5	15
Lauraceae	4	69	Bignoniaceae	4	8	Lauraceae	3	8
Meliaceae	3	31	Lauraceae	4	13	Apocynaceae	2	3
Malvaceae	3	9	Meliaceae	4	11	Lecythidaceae	2	5
Apocynaceae	3	6	Annonaceae	2	4	Meliaceae	2	20
Bignoniaceae	2	15	Euphorbiaceae	2	2	Moraceae	2	41
Lecythidaceae	2	7	Sapindaceae	2	8	Sapotaceae	2	11
Moraceae	2	4	Sapotaceae	2	8	Annonaceae	1	4
Myristicaceae	2	4	Anacardiaceae	1	2	Bixaceae	1	3
Verbenaceae	1	19	Arecaceae	1	5	Caricaceae	1	1
Rutaceae	1	15	Cannabaceae	1	4	Cecropiaceae	1	4
Melastomataceae	1	11	Caricaceae	1	1	Chrysobalanaceae	1	4
Phytolaccaceae	1	9	Cecropiaceae	1	2	Euphorbiaceae	1	1
Sapindaceae	1	6	Magnoliaceae	1	3	Malpighiaceae	1	1
Indeterminada 1	1	4	Malvaceae	1	1	Malvaceae	1	4
Euphorbiaceae	1	3	Melastomataceae	1	14	Myristicaceae	1	3
Icacinaceae	1	3	Moraceae	1	1	Phytolaccaceae	1	8
Boraginaceae	1	2	Myristicaceae	1	17	Polygonaceae	1	1
Cannabaceae	1	2	Polygonaceae	1	2	Rhamnaceae	1	20
Caricaceae	1	2	Salicaceae	1	1	Salicaceae	1	1
Clusiaceae	1	2	Siparunaceae	1	1	Verbenaceae	1	6
Lamiaceae	1	2	Verbenaceae	1	2			
Asteraceae	1	1						
Cecropiaceae	1	1						
Magnoliaceae	1	1						
Solanaceae	1	1						
<b>Total geral</b>	<b>73</b>	<b>600</b>		<b>65</b>	<b>268</b>		<b>54</b>	<b>282</b>

A Tabela 5 apresenta as 15 espécies mais abundantes, que juntas somam 70%, 60,82% e 74,82% nos plantios de 3, 5 e 7 anos de idade, respectivamente, do total dos indivíduos amostrados. Em relação às espécies que foram representadas por somente um indivíduo, observou-se o mesmo padrão encontrado para as áreas de florestas naturais, com a amostragem de apenas uma planta para a maioria das espécies, consideradas como raras.

Algumas espécies exóticas foram plantadas para incorporar biomassa mais rapidamente ao solo ou por serem atrativas à fauna, principalmente a avifauna, importantes dispersores de sementes. Como exemplo do primeiro caso citado tem-se as espécies pioneiras, de rápido crescimento, sobretudo de ciclo curto de vida que podem ser eficientes quanto à fixação biológica de nitrogênio como: *Adenantha pavonina*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Melia azedarach*, *Tecoma stans*. Já como exemplo de espécies atrativas para fauna foram utilizadas: *Morus nigra*, *Syzygium jambolanum*, *Syzygium malaccense*, *Hovenia dulcis*, *Eriobotrya japonica*. Algumas dessas apresentam-se também como as principais espécies mais abundantes na área.

**Tabela 5.** Representação das 15 espécies mais abundantes registradas no levantamento florístico em três áreas reflorestadas com diferentes idades, 3, 5 e 7 anos. (continua)

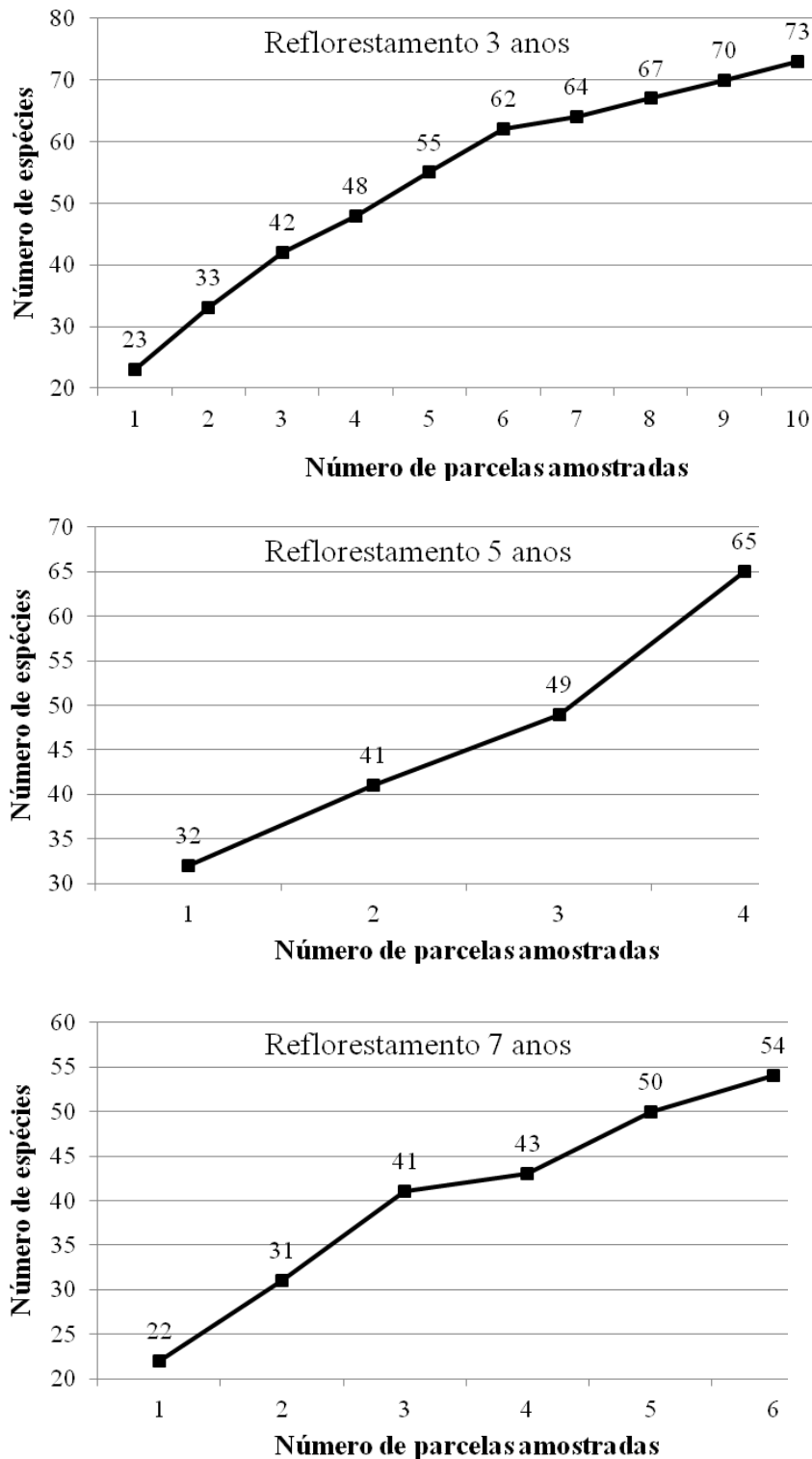
<b>Reflorestamento de 3 anos</b>	
<b>Espécie</b>	<b>Abundância</b>
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	79
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	69
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	61
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	35
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	22
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	22
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	21
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	19
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm.	16
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	15
<i>Inga edulis</i> Mart.	14
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	13
<i>Hymeneae courbaril</i> L.	12
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	11
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	11
<b>Reflorestamento de 5 anos</b>	
<b>Espécie</b>	<b>Abundância</b>
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemin ex Benth.	33
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	25
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott) Warb.	17
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	14
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	9
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	8
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	8
<i>Adenanthera pavonina</i> L.	7
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	7
<i>Calypttranthes</i> sp2	6
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	6
<i>Inga edulis</i> Mart.	6
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	6
<i>Talisia</i> sp	6
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	5
<b>Espécie</b>	<b>Abundância</b>
<b>Reflorestamento de 7 anos</b>	
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemin ex Benth.	41
<i>Morus nigra</i> L.	40
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	20
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	19
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit	15
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	11
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	10
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr & Perry	9
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	8
<i>Inga edulis</i> Mart.	8

<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	6
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	6
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	6
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	6
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	6

De acordo com Silva (2003), Barbosa & Pizo (2006) e Jordano et al. (2006) tanto a fisionomia quanto a composição e a estrutura da comunidade de uma área restaurada, podem ser usados como indicadores de avaliação e monitoramento da vegetação, pois expressam os efeitos da efetiva restauração dos processos ecológicos e a possibilidade de perpetuação dessa restauração.

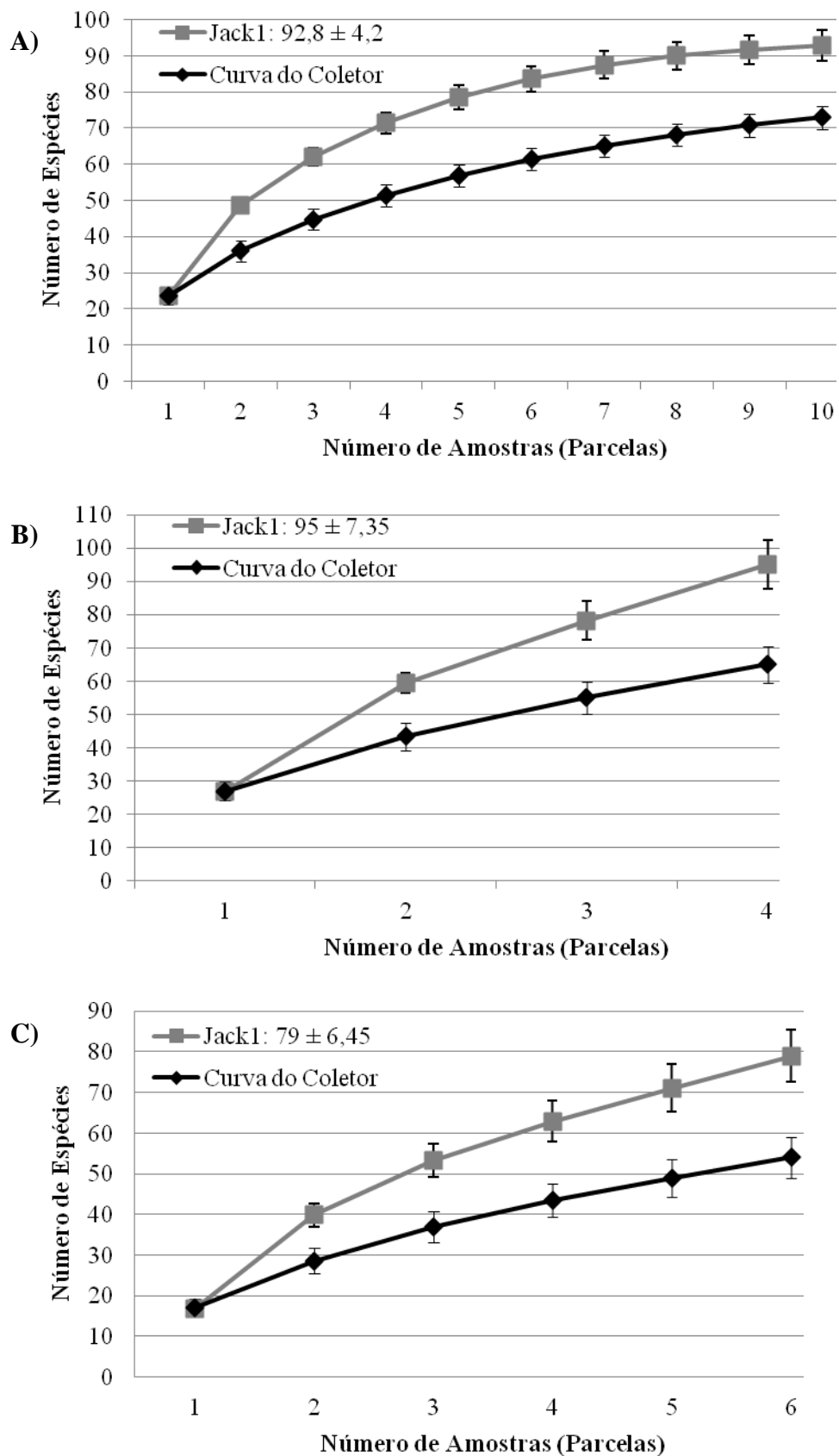
Esses indicadores não são baseados apenas na identificação taxonômica e classificação das espécies em grupos sucessionais, mas também, segundo Bellotto et al. (2009), podem ser fundamentados pela avaliação da riqueza de espécies e densidade dos indivíduos plantados, bem como pela avaliação dos indivíduos ingressantes.

A riqueza de uma área é expressa o pelo número total de espécies (S) em uma unidade amostral, onde o tamanho amostral é determinante ao abranger o maior número de espécies que poderão ser amostradas. A partir das curvas do coletor, geradas pelo esforço amostral (Figura 21), foi possível constatar que a amostragem não foi ainda suficiente para uma representação mais ampla da riqueza de espécies nas áreas dos reflorestamentos estudadas. O mesmo ocorreu para as áreas de florestas naturais, onde seria necessário aumentar o esforço amostral. A área de 3 anos foi a única que apresentou uma tendência à estabilização, visto o maior esforço amostral em função da maior área apresentada nesta idade de plantio.



**Figura 211.** Curva espécie x área referente à riqueza observada das áreas reflorestadas na Reserva Ecológica do Guapiaçu – REGUA.

Além da riqueza observada diretamente a partir do levantamento florístico, um método indireto pode estimar a riqueza real da área: a ferramenta de Jackknife. Pelo método Jackknife, usado para obter a riqueza esperada de espécies em cada área, foi estimada a quantidade real de espécies, possíveis de serem ainda encontradas (Figura 22). Assim, esse método evidencia a possibilidade de encontrar novas espécies com o aumento da amostragem.



**Figura 222.** Riqueza estimada (Jackknife) em comparação à riqueza observada (curva do coletor) das áreas reflorestadas na REGUA. A) Reflorestamento de 3 anos; B) Reflorestamento de 5 anos; C) Reflorestamento de 7 anos

A partir deste método, é possível confirmar o que fora observado na curva espécie x área (curva do coletor) para a área de 3 anos, sendo a única que apresentou tendência à estabilização pelo maior esforço amostral realizado nesta idade de plantio. Para esta área, a riqueza estimada mostra a maior proximidade do valor da riqueza de espécies observada (Tabela 6).

**Tabela 6.** Densidade de indivíduos por hectare e riquezas observadas e estimadas nas diferentes idades de plantio de recomposição florestal na área da REGUA

	<b>Plantio</b>		
	<b>3 anos</b>	<b>5 anos</b>	<b>7 anos</b>
Área amostrada (m <sup>2</sup> )	6000	2400	3600
Nºindivíduos amostrados	600	268	282
Densidade (nºindivíduos/ha)	1000	1117	783
Riqueza observada	73	65	54
Riqueza estimada (Jackknife)	93	95	79

Analisando a diversidade de palmeiras em fragmentos de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, Alves (2010) obteve valores de riqueza estimada similares aos da riqueza observada, e concluiu que o esforço utilizado foi suficiente para amostrar todas as espécies presentes nos fragmentos estudados.

Sendo assim, baseado nos valores avaliados de estimativa de riqueza, pode-se constatar que a quantidade de espécies que possivelmente ainda devem ser encontradas nos plantios, compensando assim o esforço amostral, corrobora o que comumente é encontrado na literatura acerca da adequada quantidade de espécies utilizadas por hectare em plantios de restauração. Segundo Bellotto et al (2009), o valor superior a 80 espécies por hectare seria o indicado para conduzir os reflorestamentos.

Em contrapartida, não é comum na literatura encontrar estudos que utilizam a ferramenta de Jackknife para áreas de reflorestamento, sendo mais aplicada em áreas de florestas naturais, primárias ou regeneradas. Sendo assim, faz-se necessário estudos mais detalhados que avalie e adapte essa metodologia para as áreas do estudo.

### **3.3.3 Composição florística e similaridade da regeneração natural com remanescentes florestais e áreas plantadas**

Os estudos de regeneração natural e de dinâmica dos processos de sucessão ecológica são fundamentais para o entendimento do estabelecimento e evolução de um ecossistema florestal (NAPPO et al., 1999). O ingresso e o estabelecimento de indivíduos espontâneos em reflorestamentos indicam a eficácia da sucessão ecológica e a sustentabilidade dos processos de reabilitação de áreas degradadas.

Quanto ao levantamento florístico apresentado para esse estrato nas áreas em recomposição florestal, foi identificada a presença de 27 famílias, 50 gêneros e 60 espécies. A Tabela 7 mostra a distribuição deste total encontrado e a frequência das espécies em função da quantidade de parcelas amostradas para cada idade de plantio estudada. O grupo sucessional ao qual pertence cada espécie e sua síndrome de dispersão observada encontra-se no Anexo B.

Para o plantio de 3 anos foram registradas 16 famílias, 20 gêneros e 25 espécies; no plantio de 5 anos ocorreram 21 famílias, 32 gêneros e 36 espécies e para o plantio de 7 anos observou-se 21 famílias, 27 gêneros e 34 espécies.



**Tabela 7.** Espécies registradas presentes na regeneração natural e a distribuição de frequência das mesmas nas parcelas alocadas em cada idade de plantio de recomposição florestal na REGUA. R3=Reflorestamento com 3 anos de idade; R5=Reflorestamento com 5 anos; R7=Reflorestamento com 7 anos de idade (continua)

Família / Espécie	Nome popular	Frequência		
		R 3 10 parcelas	R 5 4 parcelas	R 7 6 parcelas
<b>Annonaceae</b>				
<i>Rollinia laurifolia</i> Schltl.	Araticum-mirim	-	-	1
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Biribá	-	-	2
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	Pindaíba	-	3	-
<b>Arecaceae</b>				
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Coco-de-catarro	-	1	-
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendezeiro	-	-	1
<b>Asteraceae</b>				
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cab.	Cambará	3	4	3
<i>Vernonia polyanthes</i> Less	Assa-peixe	5	1	-
<b>Bignoniaceae</b>				
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê-verde	-	1	-
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Ipê-amarelo	-	-	1
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-roxo	-	-	1
<b>Cannabaceae</b>				
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Curindiba	10	4	6
<b>Caricaceae</b>				
<i>Carica papaya</i> L.	Mamoeiro	2	-	-
<b>Euphorbiaceae</b>				
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Mamoninha-do-mato	-	1	-
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Pau-leiteiro	-	1	-
<b>Fabaceae</b>				
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip <i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemin ex Benth.	Farinha-seca	-	2	-
<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme	Araribá	-	-	2
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guaraná-timbó	-	1	-
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Ingá-cipó	-	1	1
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Jacarandá-do-campo	-	3	-
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Maricá	2	1	4
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	Guapuruvu	-	1	-
	Banha-de-galinha	-	-	1
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Tamanqueiro	1	-	-
<b>Lauraceae</b>				

Tabela 7. Continuação

<b>Nectandra megapotamica</b> (Spreng)				
Mez	Canela-louro	2	-	-
<b>Nectandra membranacea</b> (Swartz)				
Griseb.	Canela-de-agosto	-	4	3
	<i>Nectandra</i> sp	-	1	-
<b>Lecythidaceae</b>				
	<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	-	-	1
	<i>Lecythis lanceolata</i> Poir.	-	-	1
<b>Melastomataceae</b>				
	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	8	4	1
	<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	3	3	5
	<i>Miconia stenostachya</i> (Schr. & Mart ex.DC.) DC.	7	4	2
	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	1	1	-
	<i>Tibouchina stenocarpa</i> Cogn.	-	2	-
<b>Meliaceae</b>				
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	7	4	6
<b>Myrsinaceae</b>				
Mez	<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.)	10	4	6
<b>Myrtaceae</b>				
	<i>Eugenia florida</i> DC.	-	-	1
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	-	1	-
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	-	1	2
Berg	<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O.	-	1	-
<b>Piperaceae</b>				
	<i>Piper aduncum</i> L.	5	4	6
	<i>Piper arboreum</i> Aubl.	1	-	-
	<i>Piper mollicomum</i> Kunth.	2	1	6
<b>Polygonaceae</b>				
	<i>Triplaris americana</i> L.	1	1	4
<b>Rubiaceae</b>				
	<i>Psychotria densecostata</i> Müell.	-	1	-
<b>Rutaceae</b>				
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	-	-	1
<b>Salicaceae</b>				
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	-	1	-
<b>Sapindaceae</b>				
	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	-	-	2
	<i>Cupania</i> sp	-	3	4
<b>Sapotaceae</b>				
Radlk.	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.)	-	1	1
	<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	1	-	-
<b>Simaroubaceae</b>				

Tabela 7. Continuação

<i>Simarouba</i> sp	Simarouba	-	-	1
<b>Siparunaceae</b>				
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Limão-bravo	1	3	2
<b>Solanaceae</b>				
<i>Aureliana</i> sp	Aureliana	6	1	-
<i>Solanum leucodendron</i> Sendtn.	Fumeiro	-	-	1
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bobola	1	-	-
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Jurubeba	2	-	2
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Barbaso	-	-	1
<b>Urticaceae</b>				
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneath	Embaúba	6	4	6
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Embaúba-prateada	1	-	-
<b>Verbenaceae</b>				
<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	1	-	-

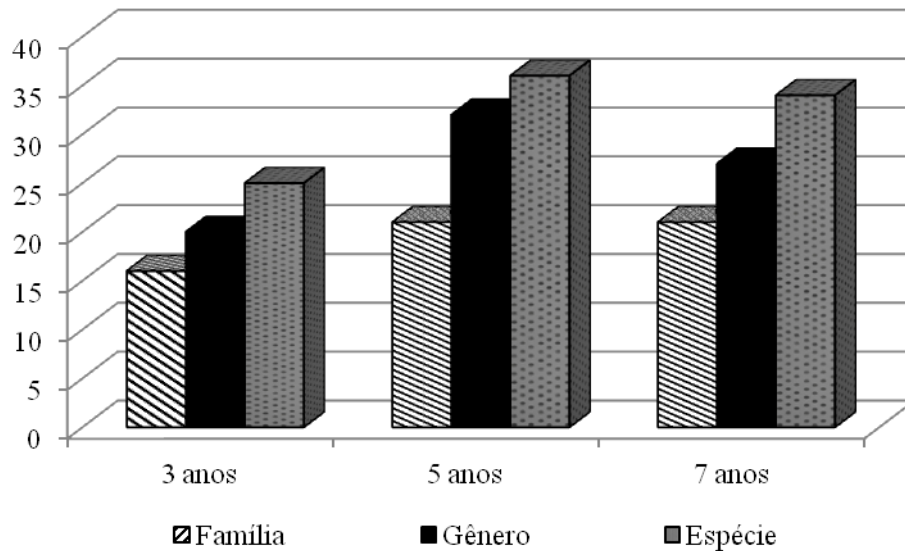
Da riqueza de 60 espécies das 27 famílias registradas na regeneração natural das áreas reflorestadas, a Fabaceae apresentou oito espécies; Melastomataceae e Solanaceae apresentaram cinco espécies; Myrtaceae, quatro espécies; Annonaceae, Bignoniaceae, Lauraceae e Piperaceae, três espécies; Arecaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Lecythidaceae, Sapindaceae, Sapotaceae e Urticaceae duas espécies; e Lamiaceae, Verbenaceae, Cannabaceae, Caricaceae, Meliaceae, Myrsinaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Rutaceae, Salicaceae, Simaroubaceae e Siparunaceae apresentaram apenas uma espécie.

Foi observado que as 10 famílias com os maiores valores de riqueza contribuem com a diversidade dos indivíduos regenerados em 63,33% da amostragem total. Este resultado seguiu o mesmo padrão das áreas de florestas naturais e áreas plantadas (reflorestamentos), onde a minoria das famílias contribuiu mais com a riqueza de espécies.

A família Fabaceae apresentou o maior valor em riqueza de espécies no total das três áreas avaliadas. Como observado para as mudas plantadas nos reflorestamentos, a presença expressiva desta família é um bom indicador para a manutenção dos processos ecológicos iniciais de restauração, ressaltando as características ecológicas de suas espécies. O mesmo foi observado por Onofre et al. (2010) avaliando a regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de eucalipto em São Paulo, no qual abordou a riqueza desta família como já sendo esperada para este tipo de formação florestal. Da mesma forma cita Araújo et al. (2005), que encontraram os mesmos resultados ao analisar a florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração em Minas Gerais. Sendo assim, é possível destacar que é comum a menção na literatura que a família Fabaceae se apresenta como a mais representativa em riqueza de espécies para diversos estudos em áreas de formações florestais secundárias em início de sucessão, no bioma Atlântico.

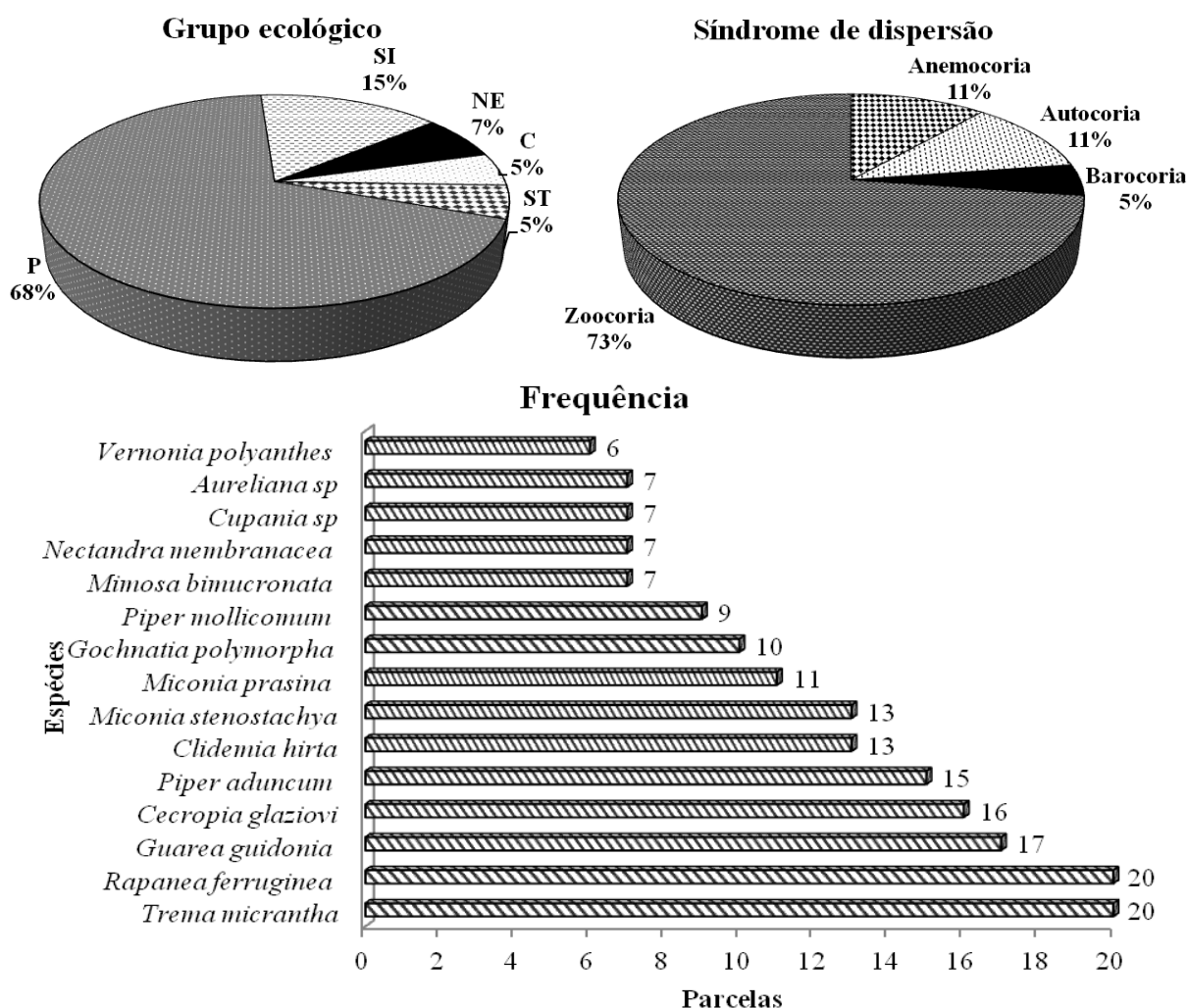
Além da família Fabaceae, a segunda que se destaca na riqueza de espécies regenerantes é a Melastomataceae que, dentre outras, é típica de início de sucessão secundária e comum em formações florestais pioneiras de até 30 anos (OLIVEIRA & JARDIM, 1998; BAAR et al., 2004). Em contrapartida, a presença das famílias Myrtaceae, Lauraceae (estas duas entre as mais representativas) e Meliaceae contraria o citado anteriormente por estes autores, onde Tabarelli et al. (1994), afirmam que tais famílias são típicas de estádios avançados de sucessão e logo, incomuns em início de sucessão secundária. Tal fato corrobora a teoria de que a evolução de um ecossistema florestal ocorre à medida que o meio é capaz de criar condições para o ingresso e o estabelecimento de novos indivíduos, em que a riqueza de

espécies tende a aumentar com o avanço da sucessão. Assim, é possível avaliar se uma determinada área está cumprindo sua função autossustentável de se restabelecer após ser submetida a distúrbio, o que em projetos de recomposição florestal determina o seu sucesso. Para esse estudo foi possível observar variação gradativa nos valores de espécies ingressantes de acordo com o avanço da idade dos plantios, o que sugere tendência de aumento da riqueza de espécies à medida que a floresta se torna mais desenvolvida (Figura 23).



**Figura 233.** Registro do número de famílias, gêneros e espécies na regeneração natural referente a cada idade de plantio do reflorestamento.

A Figura 24 apresenta os percentuais dos grupos ecológicos que representam as espécies da regeneração espontânea, a síndrome de dispersão a qual realizam e a frequência com que as espécies registradas ocorreram. Esta última compreende as 15 espécies mais representativas de acordo com a amostragem total de 20 parcelas, somadas das três áreas de reflorestamento avaliadas.



**Figura 244.** Grupo sucessional ecológico e síndrome de dispersão dos indivíduos ingressantes registrados na regeneração natural e a frequência com que ocorreram as 15 espécies mais representativas no total de 20 parcelas amostradas na área em recomposição florestal na REGUA. P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado

De acordo com os resultados de distribuição do grupo ecológico, síndrome de dispersão e frequências das espécies regeneradas mais representativas, foi possível perceber e confirmar o ingresso predominantemente de indivíduos de espécies pioneiras, onde para as 15 espécies mais representativas em frequência, todas pertencem a este grupo ecológico. Estas espécies também evidenciam o alto percentual de dispersão zoocórica observado (73%) e isso, corrobora a presença significativa da fauna nas áreas em recuperação ambiental. Proporções iguais às encontradas neste estudo referente à síndrome de dispersão foram observadas por Vieira & Gandolfi (2006) ao avaliar a composição da regeneração natural em floresta em processo de restauração no município de Iracemápolis, SP, onde grande parte das espécies regenerantes apresentou-se zoocórica, seguida das anemocóricas e autocóricas. Tal fato foi comumente observado para outros estudos na Floresta Atlântica.

A presença das espécies pioneiras é fundamental à manutenção dos processos ecológicos de interações entre animais e plantas nas áreas em recuperação, visto que, de forma geral, são espécies que apresentam sementes zoocóricas pequenas, sendo produtoras de frutos muito apreciados pelos disseminadores destes propágulos. Estes resultados corroboram o observado no campo, em que foi possível perceber a colonização de espécies da fauna,

principalmente a avifauna e roedores, que podem estar contribuindo para o ingresso espontâneo dos indivíduos da flora na regeneração natural. Dessa forma, sugere-se que, em um primeiro instante, houve a colonização da fauna nas áreas reflorestadas à medida que as mudas se desenvolveram no pós-plantio. Posteriormente, ocorreu ingresso dos indivíduos espontâneos na regeneração natural destas áreas, sendo esperada a predominância daqueles pertencentes aos estádios iniciais da sucessão secundária.

Segundo Swaine & Whitmore (1988), o rápido crescimento de espécies pioneiras e a consequente formação de novos ambientes sombreados possibilita o estabelecimento de espécies não-pioneiras, sobretudo as que representam os grupos sucessionais mais tardios de desenvolvimento. Nesse estudo, por exemplo, foi observada a regeneração de espécies climáticas como *Swartzia flaemingii*, *Nectandra megapotamica* e *Lecythis lanceolata* e representando as secundárias tardias *Handroanthus heptaphyllus*, *Eugenia florida* e *Myrciaria cauliflora*. Além desse fato, foi observada a regeneração de duas espécies consideradas em extinção nas Florestas Atlânticas pelo histórico de exploração madeireira, a saber, *Handroanthus chrysotrichus* e *Handroanthus heptaphyllus*, popularmente conhecidas como ipê-amarelo e ipê-roxo, respectivamente.

Souza (2000) comparando a estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e regeneração natural em três áreas restauradas no Pontal do Paranapanema, SP, conclui, a partir da observação do estabelecimento da cobertura vegetal espontânea, que essas três áreas estão criando condições para a formação de florestas com estruturas semelhantes às de uma floresta natural. Neste contexto, é possível afirmar que, de acordo com o que propõe a Resolução CONAMA 006/94, a área desse estudo se encontra em estágio sucessionário secundário inicial de desenvolvimento.

A Tabela 8 apresenta os percentuais de similaridade florística, comparando o levantamento das espécies na regeneração natural das áreas de reflorestamento com aquele das espécies florestais plantadas na mesma área e o das espécies na floresta nativa.

**Tabela 8.** Percentual de similaridade entre a regeneração natural das áreas em recomposição florestal com as mudas plantadas e a floresta natural

	SORËNSEN %			
	Regeneração 3 anos	Regeneração 5 anos	Regeneração 7 anos	Regeneração total
Reflorestamento 3 anos	14	18	19	21
Reflorestamento 5 anos	16	30	24	34
Reflorestamento 7 anos	10	24	30	32
Reflorestamento total	12	22	22	30
Mata nativa	9	11	9	17

Segundo Müeller-Dombois & Ellenberg (1974), duas comunidades podem apresentar similaridade florística quando o Índice de Sorënsen for maior que o valor de 50%. Desta maneira, em nenhuma das comparações foi encontrado tal valor e por isso, houve baixa semelhança florística entre a regeneração natural presente nas áreas de recomposição florestal comparada à floresta natural e aos indivíduos arbóreos plantados nos reflorestamentos.

Em contrapartida, os valores percentuais de similaridade mostraram-se maiores entre os indivíduos ingressantes e as mudas florestais plantadas, com aumento gradativo à medida que se avançou a idade das áreas reflorestadas. De acordo com Silva Júnior et al. (2004), as diferenças florísticas entre os estratos arbóreos e regeneração natural tendem a ser minimizadas de acordo com o estabelecimento de indivíduos de classes sucessionais mais tardias. Neste contexto, sugere-se que a baixa similaridade florística desse estudo se deve às

áreas plantadas apresentarem-se ainda muito jovens, e espera-se o aumento de similaridade à medida que avance a sucessão das áreas.

Dentre as 128 espécies descritas no reflorestamento, 28 foram encontradas no levantamento da regeneração natural. Trinta e duas das 60 espécies registradas na regeneração natural não apresentaram indivíduos na vegetação arbórea plantada no reflorestamento. Entretanto, 21 destes indivíduos foram registrados na florística da mata nativa.

Essa maior similaridade florística entre as árvores plantadas e a regeneração do piso florestal nas áreas em recomposição sugere maior contribuição para o recrutamento natural de novos indivíduos. Tal fato corrobora o visualizado no campo, onde foi possível perceber a ocorrência das primeiras frutificações para algumas espécies, do plantio mais jovem avaliado (3 anos) ao mais antigo (7 anos), que se encontraram também no estrato regenerativo dos mesmos. Exemplo dessas espécies foram *Casearia sylvestris*, *Cecropia glaziovi*, *Centrolobium tomentosum*, *Cybistax antisyphilitica*, *Inga edulis*, *Pouteria caimito*, *Rollinia mucosa*, *Siparuna guianensis*, *Tibouchina granulosa*, *Trema micrantha* e *Triplaris americana*.

De maneira geral, comparando a similaridade florística entre as árvores plantadas e a regeneração natural das áreas reflorestadas sugere-se que as espécies exclusivas observadas no estrato regenerativo podem estar ingressando a partir da forte influência da proximidade das florestas naturais da reserva, já que a área do reflorestamento encontra-se logo na base desse grande remanescente florestal. Também vale ressaltar que a espécie *Rapanea ferruginea*, sendo uma dentre as duas espécies que ocorreram em todas as parcelas amostradas (Figura 24), não foi registrada nos plantios de restauração, o que comprova a influência das áreas adjacentes no processo de reabilitação. Assim, é possível concluir que tanto a área revegetada com o plantio de essências florestais, quanto os remanescentes florestais nativos estão contribuindo efetivamente como fontes de propágulos e assim, com o ingresso de novos indivíduos na regeneração espontânea.

Rodrigues & Gandolfi (1998) e Souza & Batista (2004), afirmam que são poucos os trabalhos que visam avaliar e monitorar áreas restauradas, principalmente na fase pós-implantação, e ressaltam que a garantia de sucesso, após o estabelecimento adequado das espécies utilizadas nos plantios, depende da capacidade da vegetação implantada se autorregenerar. Segundo Barbosa (2006), a condução da regeneração natural e os plantios de enriquecimento estão entre as técnicas mais importantes para a recuperação de ecossistemas florestais degradados. Além da regeneração natural, plantios de enriquecimento são considerados como uma medida eficaz para garantir o desenvolvimento destas formações, com a inserção de indivíduos de grupos sucessionais mais tardios, como as espécies secundárias tardias e climácicas, sob as áreas sombreadas já constatadas nos plantios desse estudo pelas espécies pioneiras. Dessa forma, o monitoramento das áreas de recomposição deve seguir até confirmar que as ações de restauração implantadas estão de fato perpetuando-se no tempo e promovendo a autossustentabilidade das áreas.



### 3.4 CONCLUSÕES

A diversidade e homogeneidade florística e fitossociológica coincidiu com o encontrado nos demais estudos desta natureza para áreas naturais e plantadas no bioma Mata Atlântica.

Os plantios de recomposição florestal foram conduzidos de forma adequada ao se constatar a presença expressiva de espécies pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras e da família Fabaceae, sugerindo que as mesmas determinaram o sucesso inicial do reflorestamento.

Ao iniciar o processo natural de sucessão secundária, as áreas em recomposição florestal se mostraram efetivas quanto ao primeiro momento do processo de restauração.

A floresta nativa e os reflorestamentos estão influenciando a entrada de novas espécies na regeneração natural dos plantios, tendendo ao aumento da similaridade florística entre as áreas à medida que avance a sucessão e indicando seu aumento ao longo do tempo.

A condução das práticas essenciais de manutenção dos plantios, no que tange o controle de plantas exóticas invasoras, o plantio de enriquecimento com espécies típicas da região, gerir o estabelecimento de novos indivíduos da flora e da fauna, se faz necessária para garantir o sucesso da restauração.

As áreas reflorestadas avaliadas nesse estudo se encontram em estágio sucessional secundário inicial de desenvolvimento, de acordo com o que propõe a Resolução CONAMA 006/94.

## **4 CAPÍTULO II**

# **QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA ACIMA DO SOLO E ESTIMATIVA DE FIXAÇÃO DE CARBONO EM ÁREAS DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DA MATA ATLÂNTICA**

## RESUMO

Os ecossistemas florestais são importantes fontes de estocagem de carbono da atmosfera. Quanto mais inicial for o estágio de desenvolvimento de uma formação florestal, maior será sua capacidade fotossintética, incorporando assim carbono no sistema e aumentando a biomassa das plantas. Nesse contexto, o plantio de essências florestais torna-se de suma importância para projetos que visam o sequestro de carbono atmosférico como forma de mitigar os efeitos das mudanças climáticas globais. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de produção de biomassa vegetal acima do solo e na serrapilheira e estimar o estoque de carbono pelo método indireto não destrutivo em plantios de recomposição florestal com diferentes idades sob domínio da Mata Atlântica na bacia do rio Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Foram avaliadas três áreas de reflorestamento com fins de conservação ambiental, de diferentes épocas de plantio, classificadas como 3 anos, 5 anos e 7 anos. Fragmentos de floresta nativa nos limites e adjacências da área de estudo foram tomados como testemunhas. Foram alocadas 30 parcelas de dimensão 10 x 10 m nas áreas de floresta natural e 20 parcelas de dimensão 20 x 30 m nas áreas de reflorestamento para, além de caracterizar a florística e a fitossociologia, obter dados dendrométricos dos componentes arbóreos, como altura (H) e circunferência à altura do peito (CAP). A biomassa morta depositada no piso florestal (serrapilheira) foi determinada pela coleta do material em gabarito quadrado de dimensão 1 x 1 m em cinco repetições nas parcelas florísticas. A biomassa viva acima do solo foi determinada pelo método não destrutivo, por meio de modelo alométrico sugerido para a Mata Atlântica. O estoque de carbono na biomassa foi estimado pelo fator de correção 0,5, considerando que 50% da biomassa seca é constituída de carbono. Observou-se que o fato dos reflorestamentos terem sido conduzidos com o plantio expressivo de espécies do grupo taxonômico das Fabaceae e de espécies pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras, pode ter conferido significativa deposição de serrapilheira, na qual não apresentou diferença estatística com a floresta nativa. Essas espécies foram responsáveis pela maior produção de biomassa viva acima do solo, o que se sugere que as maiores taxas de carbono fixado nos plantios provêm das mesmas. A biomassa de carbono produzida apresentou valores de 26,27; 29,54; 43,83 e 273,35 Mg ha<sup>-1</sup> para as áreas de plantio 3, 5 e 7 anos e mata nativa, respectivamente, e para o carbono estocado os valores variaram entre 13,13; 14,77; 21,92 e 136,68 Mg C ha<sup>-1</sup>, respectivamente nas mesmas áreas. Os resultados da quantificação da biomassa de carbono acima do solo e a estimativa de carbono desta biomassa corroboraram a hipótese deste trabalho e apresentaram gradiente de carbono estocado à medida que avançou a idade dos plantios de recomposição florestal. Tal fato evidencia a importância do estudo para os efeitos do sequestro e fixação de carbono nas florestas naturais e plantadas para fins de recuperação ambiental no bioma Mata Atlântica, gerando dados básicos que podem ser usados em projetos que visam à valoração dos serviços da floresta, como a geração de crédito de carbono. Conclui-se que o modelo alométrico utilizado, por meio do método não-destrutivo, para avaliar a biomassa acima do solo mostrou-se efetivo para esse estudo. Contudo, é necessário testar a confiabilidade dos dados, indicando-se a utilização do método destrutivo para as áreas reflorestadas.

**Palavra chave:** Reflorestamento. Biomassa viva acima do solo. Método não-destrutivo.

## ABSTRACT

The forest ecosystems are important sources of storage of carbon in the atmosphere. The earlier the development stage of a forest formation, its photosynthetic capacity will be bigger, incorporating carbon in the system and widening the plants biomass. In this context, the planting of forest species becomes very important for projects that aim to sequester atmospheric carbon as a way to mitigate the effects of the global climate changes. This work had the aim to value the potential of production of plant biomass above the soil and in the litterfall and estimate the carbon stock by the indirect method non destructive in plantations of reforestation with different ages in the Atlantic Forest in the basin of the Guapiaçu river, in the city Cachoeiras de Macacu, RJ. Three areas of reforestation were valued in order to make environmental conservation, they had been planted in different times, classified as 3 years, 5 years and 7 years. Native forest fragments in the limits and adjacencies of the area of study were taken as witnesses. They were allocated 30 plots of size 10x10m in the areas of natural forest and 20 plots of size 20 x 30 m in the areas of reforestation to, beyond characterizing the floristic and phytosociology, obtain dendrometric data of the arboreal components, such as high (H) and circumference at breast height (CBH). The dead biomass stocked in the forest floor (litterfall) was determined by the collect of the material in sampler square of size 1 x 1 m in five repetitions in the floristic plots. The living biomass above ground was determined by the non destructive method trough allometric model suggested for the Atlantic Forest. The carbon allocated in the biomass was estimated by the correction factor 0,5 , considering that 50% of the dry biomass is made of carbon. It was observed that the fact that the reforestations were conducted with plantations the expressive of species of the taxonomic group of the Fabaceas and species belonging to the ecological group of the pioneer ones, may have conferred significant litter deposition, where it didn't show statistical difference and native forest. These species were responsible for the biggest production of alive biomass above the soil, what suggests that the biggest rates of fixed carbon in plantations come from them. The carbon biomass produced showed values of 26; 27; 29; 54; 43,83 and 273,35 Mg ha<sup>-1</sup> for the areas of plantation 3, 5 and 7 years and native forest, respectively, and for the stocked carbon the values were between 13,13; 14,77; 21,92 and 136,68 Mg C ha<sup>-1</sup> , respectively in the same areas. The results of the quantification of the carbon biomass above the soil and the estimate of carbon of this biomass corroborated this work's hypothesis and showed gradient of carbon stored as long as the age of the planting of reforestation. This fact show the importance of the study of the effects of sequestration and fixation of carbon in the natural and the planted forests in order to cause the forest restoration in the Atlantic Forest biome, generating basic data that can be used in projects that aim to the valuation of forest services, such as the generation of carbon credits. It's possible to conclude that the allometric model used, by the non-destructive method, to value the biomass above the soil showed itself effective for this study. However, it is necessary to test the trustworthiness of the data, indicating the use of the destructive method for the reforested areas.

**Keywords:** Reforestation. Living biomass above ground. Non-destructive method.

## 4.1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que as florestas tropicais são naturalmente grandes reservatórios de carbono, dada sua extensão e sua grande produtividade. Dessa maneira, estudos dedicados a observar a estrutura e o funcionamento desses biomas e seus ecossistemas, se tornaram relevantes ao ciclo global do carbono, onde as questões ambientais têm assumido papel de destaque na atualidade.

Dados do IPCC (2001) evidenciam que as importantes variações climáticas nas últimas décadas são consequências das atividades humanas. Segundo Buckeridge (2008), o deflorestamento é uma das principais causas para o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera, já que um ecossistema florestal pode se comportar, dependendo do seu manejo, como fonte ou sumidouro de carbono atmosférico.

Com a Convenção do Clima, que abordou a questão das causas das mudanças climáticas globais, validada no Protocolo de Quioto, medidas de flexibilização foram criadas com o intuito de países desenvolvidos realizarem medidas compensatórias de suas emissões de gases poluentes na atmosfera em acordo econômico com países não desenvolvidos. Uma destas medidas foi o Mecanismo de desenvolvimento Limpo (MDL), que consiste em fomentar o processo de redução dos gases do efeito estufa (GEE) e gerir o de sequestro de carbono, o que corrobora a inclusão da quantificação do carbono estocado na biomassa florestal como sendo ferramenta importante em projetos de MDL, como o crédito de carbono.

O processo de compra e venda de crédito de carbono pode ser uma alternativa ao incentivo à recomposição florestal. No entanto, o pagamento dos créditos de carbono para projetos de reflorestamento depende da quantificação das taxas de fixação de carbono no sistema florestal, pela sua biomassa produzida e estocada.

Em um plantio de espécies arbóreas o aumento de biomassa aérea e subterrânea torna-se mais elevado no início do desenvolvimento (nos primeiros 10 anos). À medida que vai atingindo a maturação (até os 20 anos), a biomassa aérea apresenta incremento lenhoso e foliar mais rápido e uma pequena desaceleração, mas, com algum acréscimo até sua maturação (BROWN & LUGO, 1990).

A biomassa acima do solo pode ser quantificada por métodos diretos e indiretos, que abrangem tanto a mensuração por meio destrutivo como não-destrutivo. No método não-destrutivo são utilizadas equações alométricas testadas e propostas na literatura para cada região específica e são aplicadas a partir de relações empíricas entre a biomassa e outras variáveis da árvore como DAP, altura total, etc. (SALATI, 1994). O método destrutivo é baseado no abatimento de árvores para sua mensuração e posteriores análises de estimativas de peso seco de alguns componentes da árvore, podendo ser considerado mais preciso. Porém, torna-se um método inviável no caso de florestas salvaguardadas por restrições legais e com ecossistemas já tão ameaçados, como é o caso da Mata Atlântica. Nesse contexto, Clevelário et al. (1998) e Tanizaki (2000) afirmam que existem poucos estudos sobre o estoque e as taxas de incorporação de carbono em florestas de Mata Atlântica, sendo a maioria dos dados e métodos conhecidos oriundos do bioma Amazônico.

Além disso, no Brasil, os serviços sócio-ambientais gerados pelas florestas naturais destinadas à preservação possuem ainda pouca importância econômica. Por isso, são escassas as pesquisas em termos de estoque e taxas de incorporação de carbono em florestas plantadas com espécies nativas, sendo estes estudos concentrados para populações de espécies exóticas com fins econômicos, como o eucalipto.

Dessa forma, estudos visando à valoração da floresta natural podem ajudar a desenvolver um modelo econômico-social na discussão do papel do carbono na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e de incentivo ao crédito de carbono através do plantio de

espécies arbóreas nativas no Estado do Rio de Janeiro. Siqueira & Mesquita (2007) afirmam que esse fator também pode motivar produtores e proprietários rurais a não apenas preservar as matas que ainda restam em suas propriedades, mas também recompor com espécies nativas as áreas de preservação exigidas por lei (APP's e Reserva Legal).

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de produção de biomassa vegetal acima do solo e na serrapilheira e estimar o estoque de carbono pelo método indireto não destrutivo em áreas de restauração florestal na Mata Atlântica com diferentes idades na bacia do rio Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Caracterização da área de estudo: localização, clima, relevo e solo da área

A caracterização da área de estudo encontra-se descrita no capítulo I.

### 4.2.2 Seleção da área de estudo

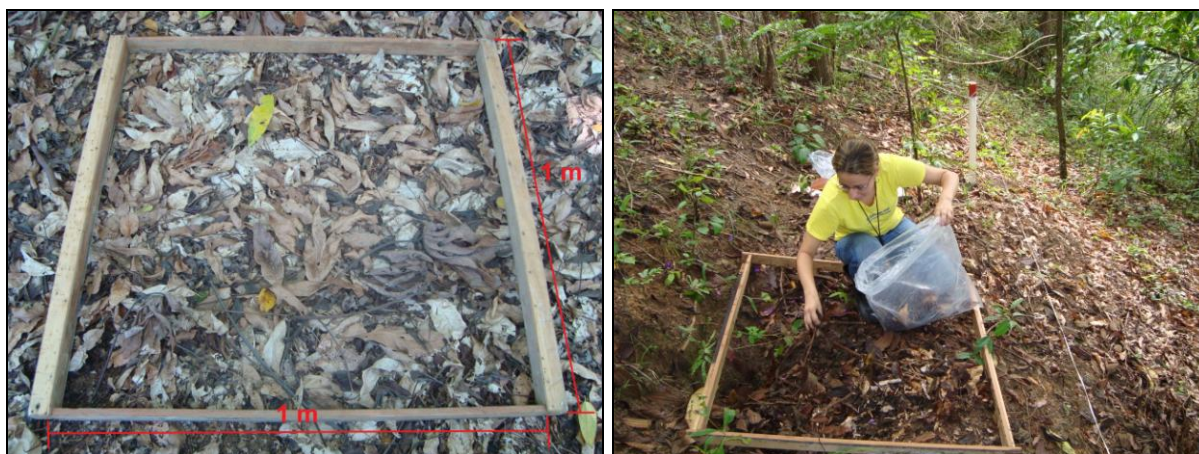
A seleção da área de estudo encontra-se descrita no capítulo I.

### 4.2.3 Procedimento de campo

Os dados básicos referentes à medição de altura (H) e circunferência à altura do peito (CAP) das árvores gerados em campo e o levantamento florístico (descrito no Capítulo I) também foram utilizados para a avaliação da biomassa viva acima do solo e do estoque de carbono nos povoamentos florestais.

Para as parcelas alocadas na mata foram mensurados os indivíduos arbóreos obedecendo ao critério de inclusão de CAP maior ou igual a 10 cm. Já para as parcelas alocadas nas áreas de reflorestamento, todos os indivíduos foram mensurados. Para o objetivo desse estudo, foi preciso, posteriormente, transformar os valores de CAP em DAP (diâmetro à altura do peito). A altura total (H) dos indivíduos registrados foi estimada visualmente.

Para avaliar a produção espacial da biomassa morta depositada no piso dos reflorestamentos (manta orgânica) foram coletadas amostras simples de serrapilheira em gabarito quadrado de dimensão 1 x 1 m (Figura 25) nas áreas de floresta e nas diferentes áreas em recomposição escolhidas para o estudo (reflorestamento de 3, 5 e 7 anos), com cinco repetições para cada área, dentro das parcelas florísticas alocadas. Essas coletas foram feitas em março de 2011. As amostras de serrapilheira foram embaladas e encaminhadas à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 24h.



**Figura 255.** Gabarito quadrado, de dimensão 1 x 1 m, utilizado para coleta de amostras simples de serrapilheira nas parcelas florísticas

### 4.2.4 Análises realizadas

#### a) Avaliação do aporte de biomassa de serrapilheira

Após secar em estufa a 60°C por 24h, a serrapilheira foi pesada e quantificada (expressa em g kg<sup>-1</sup>) e estratificada em: folhas, galhos, material reprodutivo (flor, fruto e semente), braquiária e outros (refugo, raízes, coprólitos, etc) para o cálculo do seu percentual



em cada área amostral (a partir da média entre cinco repetições). Os dados foram expressos em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

#### **b) Determinação da biomassa viva acima do solo e estoque de carbono nos reflorestamentos**

Sendo o local de estudo uma área em recuperação às suas características originais, escolheu-se utilizar, dentre outros, o método indireto não-destrutivo para estimar a biomassa aérea e, posteriormente, quantificar o estoque de carbono. Este método usa a equação proposta por Brown (1997), ajustada para áreas de restauração em florestas tropicais, sendo já aplicada para a Mata Atlântica. Consiste em quantificar, a partir do diâmetro à altura do peito (DAP), a biomassa (em quilogramas) das árvores que compõem cada unidade amostral:

$$\text{Biomassa} = \exp(-1,996 + 2,320 * \ln \text{DAP})$$

Para a estimativa do estoque de carbono ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ ), o valor obtido de biomassa, após transformação de unidades para  $\text{Mg ha}^{-1}$ , foi dividido por dois, considerando-se que o teor de carbono (biomassa verde) contido nas plantas é em torno de 50% do peso seco da biomassa florestal (MACDICKEN, 1997; SOARES & OLIVEIRA, 2002; SANQUETTA et al., 2004).

#### **c) Determinação da biomassa viva acima do solo e estoque de carbono na floresta madura**

Da mesma forma, devido às restrições de cunho legal e operacional, para a área de floresta nativa a biomassa acima do solo também foi quantificada pelo método não-destrutivo. Foi usada a equação alométrica elaborada por Brown (1997), a qual foi analisada e ajustada por Tiepolo et al. (2002), que propôs um novo modelo para a Mata Atlântica, especificamente para áreas sob domínio de Floresta Ombrófila Densa, a partir de amostragens destrutivas. Utiliza a variável DAP, compreendendo um intervalo entre 4 e 116 cm:

$$\text{Biomassa} = 21,297 - (6,953 * \text{DAP}) + (0,74 * (\text{DAP}^2))$$

Os indivíduos com  $\text{DAP} < 4$  cm foram descartados nessa análise, pois eles compõem especificamente o sub-bosque da floresta. Brown (1997) estima que a vegetação do sub-bosque em floresta tropical úmida pode alcançar valores menores que 3% da biomassa acima do solo, onde, somado com baixos níveis de luz incidente no solo, torna desprezível a contribuição deste estrato para o incremento de biomassa total (CLARK et al., 2001).

Os indivíduos arbóreos pertencentes à família Arecaceae, comumente conhecidos como palmeiras, como são abundantes na região de estudo, foram analisados separadamente (e posteriormente somados à biomassa total) através da equação proposta por Tiepolo et al. (2002) especificamente para estas espécies, que leva em consideração a variável altura total (Ht):

$$\text{Biomassa} = (0,3999 + (7,907 * \text{Ht}))$$

O estoque de carbono foi estimado da mesma forma que para as áreas de reflorestamento.

#### **d) Análises estatísticas**

Para testar a normalidade dos dados de estoque de serrapilheira, foi utilizado o Teste de Lilliefors aplicando-se a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Quando não houve normalidade foi aplicada a análise não-paramétrica pelo Teste de Kruskal–Wallis, que fez o próprio contraste entre as médias. As análises foram realizadas no programa estatístico SAEG.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Produção de biomassa e estoque de carbono na serrapilheira (manta orgânica)

Não foi observada diferença significativa entre os componentes da serrapilheira analisados, bem como para a deposição total entre as áreas comparadas de reflorestamentos e mata nativa (Tabela 9).

Entretanto, houve exceção para a fração material reprodutivo, a qual apresentou diferença significativa entre as áreas avaliadas. Essa diferença pode ser atribuída à intensa frutificação dos componentes arbóreos plantados no reflorestamento de 7 anos, sendo este o mais antigo dos plantios avaliados. Os maiores valores da fração reprodutiva nessa área podem ser decorrentes das espécies plantadas (predominantemente pioneiras, apresentando rápido desenvolvimento, como descrito no Capítulo I) e do tempo de plantio.

**Tabela 9.** Quantificação total da biomassa da serrapilheira e por componentes da mesma nas três áreas do reflorestamento avaliada comparada a área de mata nativa

	Plantio 3 anos	Plantio 5 anos	Plantio 7 anos	Mata
Fração	Mg ha <sup>-1</sup>			
Folha	1,46 A*	1,77 A	2,49 A	1,53 A
Galho	0,82 A*	2,19 A	1,71 A	1,86 A
Mat.reprodutivo	0,04 A	0,04 A	0,31 B	0,15 AB
Braquiária	0,21 A*	0,19 A	0,04 A	0,00 B
Outros	1,29 A *	1,60 A	0,77 A	0,98 A
<b>Total geral</b>	<b>3,82 A*</b>	<b>5,79 A</b>	<b>5,33 A</b>	<b>4,53 A</b>

Letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste Tukey a 5%.

\*Letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Kruskal – Wallis a 5%.

A similaridade das áreas pode estar relacionada com a abundância de espécies pioneiras desenvolvendo-se nas áreas de reflorestamento, visto que, nos estudos de florística, como já mencionado, foi observada a predominância do plantio de espécies pioneiras e, mais frequentemente, pertencentes à família Fabaceae. Essas espécies podem ter favorecido maior produção de serrapilheira nessas áreas. Martins & Rodrigues (2002) constataram, em clareiras de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas, SP, que a produção de serrapilheira esteve relacionada com a dominância de espécies pioneiras. Tal fato corrobora a importância da escolha das espécies que irão produzir biomassa efetivamente em um período mais curto de tempo em áreas que urgem recuperação.

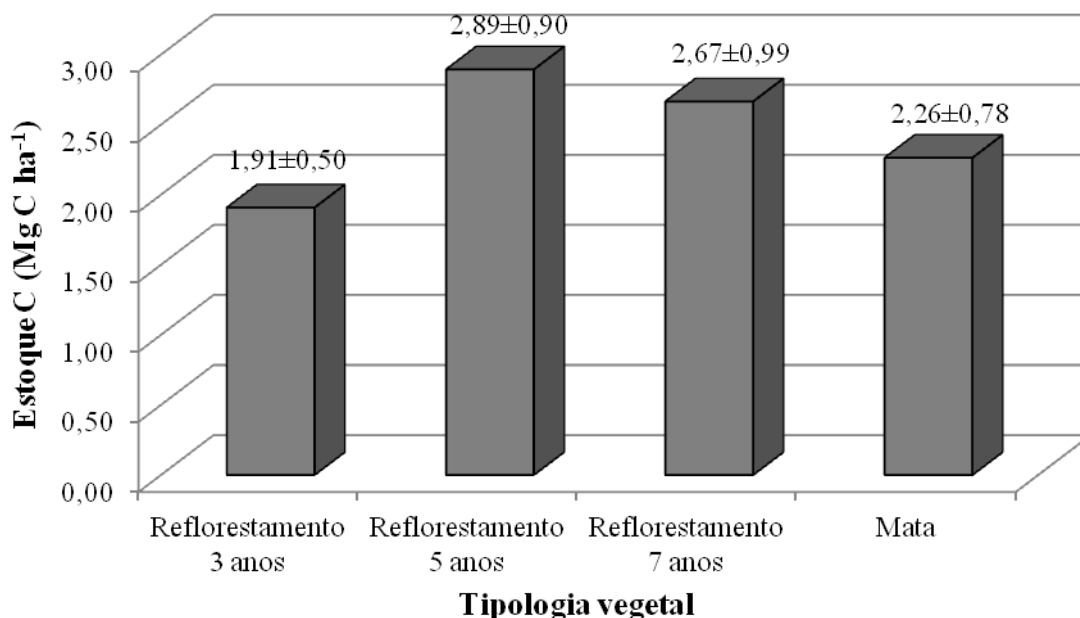
Nesse contexto, Gonçalves et al. (2008) afirmam que para a escolha das espécies vegetais que irão compor os projetos de restauração florestal, deve-se considerar não só as de rápido crescimento, como é o caso das pioneiras, mas também que sejam capazes de promover melhorias às propriedades do solo pelo aporte de material orgânico, oriundo da serrapilheira. De acordo com Guo & Gifford (2002), o estoque de carbono orgânico nos solos de plantações florestais é influenciado pelas espécies vegetais, de modo que algumas produzem e acumulam mais serrapilheira e raízes que outras.

Resultados similares aos obtidos nesse estudo foram observados por Lisboa (2010) em plantios de restauração florestal com 4 anos de idade no Estado do Rio de Janeiro, onde a quantidade da biomassa da serrapilheira foi avaliada de acordo com o espaçamento de plantio utilizado. Esse autor encontrou os maiores valores nos espaçamentos mais reduzidos, variando do maior ao menor espaçamento de 3,15 a 7,03 Mg ha<sup>-1</sup>.

Kindel et al. (2006), no município de Oratória, MG, encontraram aportes de serrapilheira de 3,8 e 5,0 Mg ha<sup>-1</sup>, para dois fragmentos florestais regenerados com idades de 38 e 80 anos, respectivamente. Já Coutinho (2009), no município de Cruzeiro, SP, observou biomassa aportada de serrapilheira de 8,22 Mg ha<sup>-1</sup>, em fragmento florestal regenerado com 35 anos.

Com base na comparação entre os trabalhos citados e os resultados obtidos nesse estudo, é possível observar variações nos aportes de serrapilheira em cada área. Tal fato corrobora a teoria de que as quantidades produzidas do referido componente do ecossistema terrestre variam, mesmo dentro de uma mesma região fitofisionômica. Segundo Kindel (2001), a quantidade de serrapilheira é influenciada por características edafoclimáticas, fisiográficas e fisiológicas, específicas de cada área e ambiente.

Para a estimativa do carbono estocado na biomassa da serrapilheira, os mesmos padrões foram observados, onde os estoques para os reflorestamentos dispuseram-se de forma similar ao estoque pela serrapilheira da floresta nativa (Figura 26).



**Figura 266.** Estoque de carbono (Mg C ha<sup>-1</sup>) da serrapilheira nos reflorestamentos e mata nativa.

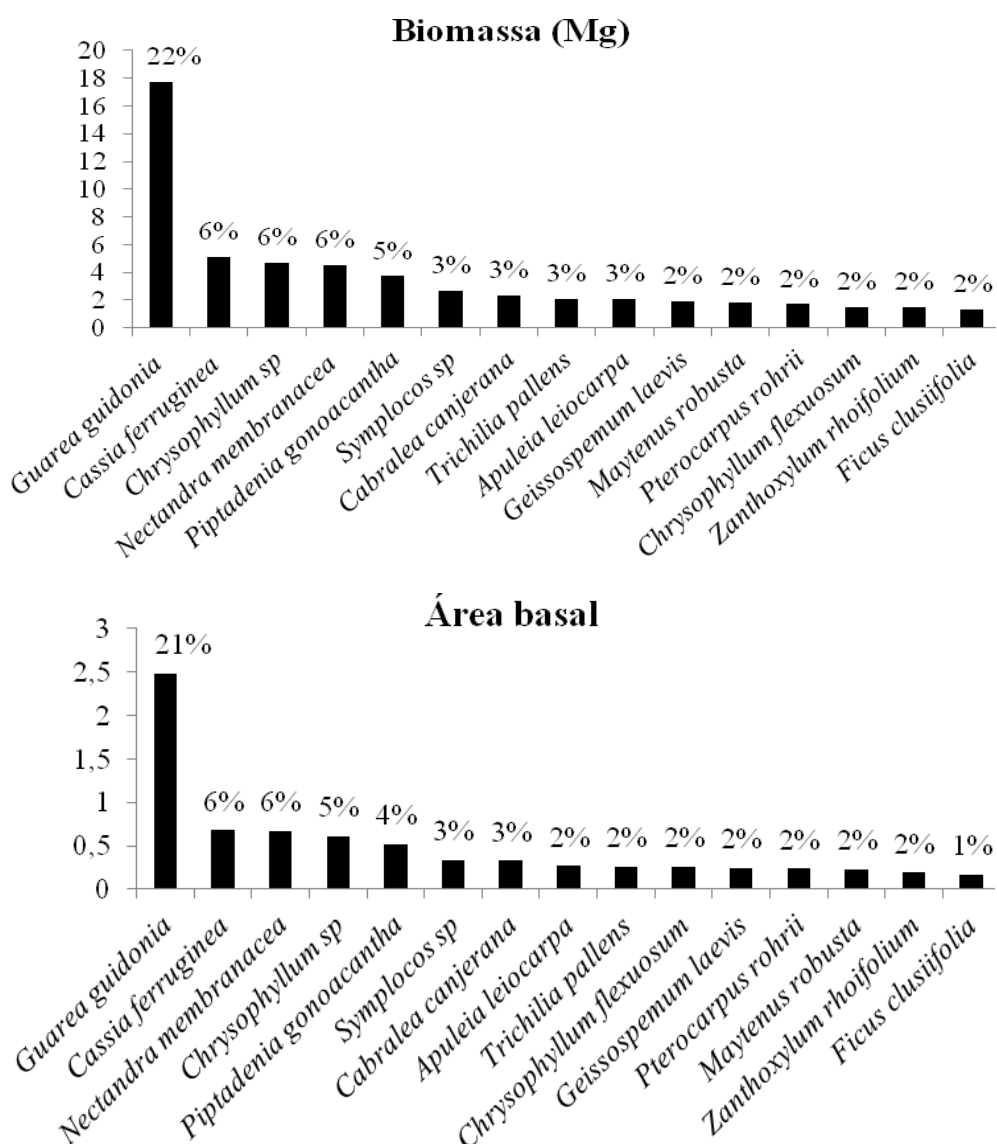
Valores superiores foram observados por Ferez (2010) quantificando o sequestro biológico de carbono em diversos compartimentos do ecossistema terrestre, em área de restauração florestal degradada por pastagem há seis anos, no município de Anhembi, SP. O autor encontrou valores nas parcelas variando de 2,8 a 6,5 Mg C ha<sup>-1</sup> para a estimativa de estoque de carbono na biomassa da serrapilheira nas áreas de restauração, e valor médio de 4 Mg C ha<sup>-1</sup> para a floresta madura. Entretanto, comparando com dados de Lisboa (2010), os valores encontrados nesse estudo foram maiores, onde o referido autor encontrou variação entre 1,18 e 1,80 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Brown (1997) ressalta a importância de estimar a biomassa de serrapilheira, afirmando que este compartimento pode representar até 5% do carbono acima do solo. Para as florestas mais jovens, Tiepolo et al. (2002) mencionam que o sub-bosque e a serrapilheira representaram 19% da biomassa acima do solo no Estado do Paraná. Portanto, este é um componente relevante para as formações florestais, tanto de regeneração espontânea, quanto áreas reflorestadas para recomposição ecológica, que estão no início da fase de restauração.

Da mesma forma, Ewel (1987) afirma que, sendo a serrapilheira responsável pela principal fonte do material orgânico do solo, ela é fundamental na restauração da fertilidade do mesmo em áreas em início de sucessão ecológica, evidenciando a importância de quantificar e avaliar esse componente no monitoramento de plantios de restauração florestal.

#### 4.3.2 Produção de biomassa viva acima do solo e estoque de carbono na mata nativa

Baseado nos resultados obtidos pelo método não-destrutivo de estimativa de biomassa de carbono nos compartimentos aéreos das árvores com DAP  $\geq 4$ , a Figura 27 apresenta as 15 espécies mais representativas da área em termos de produção de biomassa acima do solo na floresta natural, a área basal correspondente e o percentual de contribuição em relação a estocagem total de biomassa. O detalhamento dessas variáveis para cada indivíduo amostrado encontra-se no Anexo B.



**Figura 277.** Contribuição das espécies mais representativas na quantificação de biomassa acumulada e área basal nos remanescentes florestais naturais no município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

As famílias com maior representação da biomassa viva acima do solo foram: Meliaceae, com 28,17%; Fabaceae, com 21,96%; Sapotaceae, com 9,43%; Lauraceae, com 6,52%; e Sapindaceae, com 3,57%, totalizando 69,65% do total da biomassa produzida e acumulada pela floresta natural.

De acordo com a estrutura da floresta, os maiores valores da biomassa total estocada, apresentados por estas espécies, acompanharam os altos valores de área basal destas árvores (Figura 24). Tal fato corrobora que o incremento em biomassa na planta está diretamente relacionado ao seu crescimento e logo, à sua área basal.

Pela análise dos resultados, era esperado que a espécie *Guarea guidonia* representasse a árvore que mais contribui com a biomassa produzida na área de floresta natural estudada (17,74 Mg – 22% do total de 80,03 Mg de biomassa quantificada na amostragem), uma vez que esta espécie apresentou os índices florísticos e fitossociológicos mais expressivos. Nota-se ainda a elevada variabilidade de biomassa média entre as espécies, com valores variando de 5,0 kg árvore<sup>-1</sup> para *Diatenopteryx sorbifolia* (Sapindaceae) até 2102,1 kg árvore<sup>-1</sup> para *Trichilia pallens* (Meliaceae).

Essas observações ressaltam a importância dos estudos de composição florística das áreas naturais, visto que projetos de restauração florestal e de dinâmica de produção de biomassa e estoque de carbono estão intimamente relacionados ao conhecimento da biodiversidade das florestas naturais em uma região, e que o mesmo influencia na escolha das espécies. Perez (2010) afirma que estudos desta natureza, aliados aos de sequestro de carbono, podem garantir a sustentabilidade dos sistemas de restauração florestal em longo prazo, no que se refere ao número e longevidade de espécies nativas.

A estimativa total da biomassa acima do solo observada para a floresta natural foi de 266,76 Mg ha<sup>-1</sup>, com exceção da soma das espécies da família Arecaceae (palmeiras), na qual foi observado o valor de 6,59 Mg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, obteve-se estimativa final de biomassa acima do solo, incluindo as espécies de palmeiras, igual a 273,35 Mg ha<sup>-1</sup>, e de estoque de carbono igual a 136,68 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Wadsworth (2000), analisando a biomassa de vários compartimentos do ecossistema terrestre em florestas tropicais primárias no Suriname, em que obteve para o tronco estimativa de 231 Mg ha<sup>-1</sup>. Já Bais (2008), avaliando o tamanho ideal de parcelas na quantificação de biomassa acima do solo e estoque de carbono em floresta Ombrófila Densa primária na Mata Atlântica, verificou maiores valores, variando de 355,84 a 357,01 Mg ha<sup>-1</sup> para biomassa e 177,92 e 178,50 Mg C ha<sup>-1</sup> para estoque de carbono em parcelas de 100 m<sup>2</sup> utilizando DAP de inclusão ≥ 5 cm. Contudo, comparando-se estudos realizados em florestas secundárias no mesmo bioma, todos os valores observados foram inferiores aos obtidos nesse estudo (Tabela 10).

**Tabela 10.** Estimativas de biomassa e estoque de carbono em fragmentos florestais secundários na Mata Atlântica.

<b>Autor</b>	<b>Local</b>	<b>Tempo regeneração</b>	<b>Biomassa (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Estoque C (Mg C ha<sup>-1</sup>)</b>
Tanizaki (2000)	Nova Friburgo, RJ	40 anos	150 e 250	–
Ribeiro (2009)	Visoça, MG	100 anos	166,67	83,34
Santos et al. (2009)	Paulo de Frontin, RJ	40 anos	160	80
Alves et al. (2010)	Floresta Atlântica Submontana	Secundária tardia	243,7 (±33.2)	–

Ainda na Tabela 10, é possível observar que o último valor encontrado por Tanizaki (2000), de 250 Mg ha<sup>-1</sup>, está próximo do observado nesse estudo, o que provavelmente deve-

se ao fato das áreas se encontrarem em municípios limítrofes. Essas duas regiões constituem o contínuo corredor central da Mata Atlântica, onde várias áreas com as mesmas características fitoecológicas são interligadas por enorme fragmento florestal.

Estudando fragmentos florestais secundários, com aproximadamente 60 anos, nos limites da mesma reserva onde foi realizado esse estudo e na mesma fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa (Submontana), Lindner & Sattler (2011), compararam a biomassa de trechos de floresta com diferente histórico de manejo de extração de madeira, e floresta preservada de uma Unidade de Conservação próxima. Esses autores observaram maiores valores para esta última área, com  $313 (\pm 48) \text{ Mg ha}^{-1}$ , seguido de  $297 (\pm 83) \text{ Mg ha}^{-1}$  para a área onde ocorreu extração completa de madeira e  $204 (\pm 38) \text{ Mg ha}^{-1}$  para a área onde houve corte seletivo de madeira no passado, e sugeriram que a produtividade de biomassa acima do solo pode ser recuperada em um ecossistema que foi completamente desflorestado, para atingir níveis de valores de biomassa próximos de uma área de floresta preservada.

De maneira geral, Roderjan (1994) e Brites et al. (2006), estabeleceram valores para o carbono estocado na biomassa acumulada das árvores que se encontram nas faixas topográficas submontanas (20-600 m de altitude) da Floresta Ombrófila Densa do Estado do Paraná, na ordem de  $187,34 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Nestas mesmas áreas, Tiepolo et al. (2002), observaram que a tipologia Submontana foi a que conteve maior estoque de carbono na biomassa acima do solo, com quantidade de  $135,89 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , sendo valores condizente com os resultados obtidos para a mesma fitofisionomia florestal nesse estudo.

Todos os resultados comparados, como no presente estudo, utilizaram o método não-destrutivo. Alguns autores afirmam ser um método mais preciso que o destrutivo, por permitir maior aplicação em termos de fitofisionomias, sendo possível ampliar o quadro de comparações para diferentes locais. Quanto ao seu uso para florestas nativas, primárias ou secundárias, Clark et al. (2001) analisando a produtividade de florestas tropicais, constataram que as árvores maiores que 10 cm de DAP, constituem até 90% do crescimento da biomassa florestal, o que evidencia a suficiência do componente arbóreo para as estimativas de incremento acima do solo.

Estudos desta natureza para o bioma Atlântico ainda são muito escassos, sendo mais comumente encontrados para outros biomas, principalmente a Amazônia. Apresentando-se atualmente como um bioma prioritário para conservação, diferentes estratégias de gestão de florestas podem ser adotadas a fim de unir ações de valoração de áreas naturais, pela prestação de serviços ambientais, junto a fatores sócio-econômicos. Uma destas estratégias estaria no estímulo a donos de propriedades que contemplam remanescentes florestais no seu interior a não somente recuperar áreas já degradadas, mas também preservar aquelas que ainda encontram-se sem ou reabilitada de intervenção humana.

Fearnside (2001) ressalta que uma grande contribuição do setor florestal brasileiro na mitigação do efeito estufa não está somente no sequestro de carbono, mas também na manutenção dos seus estoques atuais, àqueles contidos nas florestas preservadas, evitando assim a emissão de  $\text{CO}_2$  por meio da degradação dessas áreas. Neste contexto, o fato da Mata Atlântica se apresentar como bioma prioritário para conservação, evidencia a importância de suas florestas de preservação no sequestro e fixação de carbono e, conseqüentemente, sua contribuição para a mitigação dos efeitos causados pelas mudanças climáticas globais.

#### **4.3.3 Produção de biomassa viva acima do solo e estoque de carbono nos reflorestamentos**

O acúmulo de carbono na biomassa vegetal aérea se dá pelo contínuo processo de sequestro deste elemento da atmosfera e sua alocação na planta, que é realizado de forma mais intensa no início do desenvolvimento da floresta. A Tabela 11 mostra as 10 espécies plantadas que mais contribuíram para a produção de biomassa acima do solo nas áreas de

reflorestamento com diferentes épocas de plantio, suas respectivas áreas basais e o percentual de contribuição de acordo com o total amostrado.

**Tabela 111.** Contribuição das 10 espécies mais representativas em produção de biomassa acima do solo e estoque de carbono nas áreas de recomposição florestal na REGUA.

<b>Espécie / Plantio de 3 anos</b>	<b>Biomassa (Mg)</b>	<b>Carbono (Mg)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Contribuição %</b>
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	6,387	3,19	1,49638	40,5
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	2,684	1,34	0,68677	17,0
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	0,960	0,48	0,24213	6,1
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	0,774	0,39	0,23072	4,9
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	0,752	0,38	0,16885	4,8
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	0,633	0,32	0,15604	4,0
<i>Inga edulis</i> Mart.	0,501	0,25	0,13103	3,2
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	0,400	0,20	0,11002	2,5
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	0,312	0,16	0,06928	2,0
<i>Inga</i> sp	0,234	0,12	0,06421	1,5
<b>Total</b>	<b>13,637</b>	<b>6,82</b>	<b>3,35544</b>	<b>86,5</b>
<b>Espécie / Plantio de 5 anos</b>	<b>Biomassa (Mg)</b>	<b>Carbono (Mg)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Contribuição %</b>
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	1,599	0,80	0,36984	22,6
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	0,959	0,48	0,18820	13,5
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	0,933	0,47	0,22356	13,2
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott) Warb.	0,655	0,33	0,17015	9,2
<i>Inga edulis</i> Mart.	0,587	0,29	0,13165	8,3
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemain ex Benth.	0,460	0,23	0,12561	6,5
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	0,236	0,12	0,05757	3,3
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemao ex Benth.	0,148	0,07	0,03970	2,1
<i>Triplaris americana</i> L.	0,135	0,07	0,03076	1,9
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	0,107	0,05	0,03091	1,5
<b>Total</b>	<b>5,820</b>	<b>2,91</b>	<b>1,36794</b>	<b>82,1</b>
<b>Espécie / Plantio de 7 anos</b>	<b>Biomassa (Mg)</b>	<b>Carbono (Mg)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Contribuição %</b>
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemain ex Benth.	2,811	1,405	0,67970	17,8
<i>Inga edulis</i> Mart.	2,516	1,258	0,48658	15,9
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	2,059	1,029	0,39376	13,0
<i>Morus nigra</i> L.	1,420	0,710	0,37308	9,0
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	1,305	0,653	0,28217	8,3
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	0,766	0,383	0,13449	4,8
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	0,642	0,321	0,16399	4,1
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	0,509	0,254	0,13261	3,2
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	0,417	0,208	0,09227	2,6
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit	0,329	0,165	0,09214	2,1
<b>Total</b>	<b>12,773</b>	<b>6,39</b>	<b>2,83077</b>	<b>80,9</b>



Da mesma forma que para as áreas de florestas naturais, os valores de biomassa, em ordem decrescente de produção (Mg espécie<sup>-1</sup>), acompanharam os valores de área basal para as espécies que compõem os reflorestamentos. Também é possível constatar que as taxas de fixação de carbono ocorreram predominantemente em espécies pioneiras. Dentre as espécies mais representativas em produção de biomassa para os três plantios, a maioria pertence a esse grupo ecológico, evidenciando a importância de estudos de composição florística para projetos de reflorestamento com intuito de restauração ecológica.

Stape et al. (2007), analisando a relação das taxas iniciais de sequestro de carbono em área de restauração florestal com sistemas de manejo adotados no município de Anhembi - SP, observaram que as maiores e mais aceleradas taxas de sequestro ocorreram nas áreas com maior porcentagem de pioneiras, afirmando ainda que essas taxas são altamente dependentes do sistema silvicultural. Ferez (2010), analisando sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica, observou que as espécies classificadas como pioneiras apresentaram valor de biomassa 6 vezes maior que as espécies não pioneiras.

Para as três idades de plantio avaliadas, as famílias com maior representação da biomassa viva acima do solo foram: Fabaceae, com 63,76%; Melastomataceae, com 4,05%; Moraceae, com 4,00%;; Phytolaccaceae, com 3,60%; e Verbenaceae, com 2,89%, totalizando 78,31% do total de biomassa produzido e acumulado nos reflorestamentos. A produção de biomassa para as principais famílias de cada plantio em particular encontra-se na Tabela 12. A família Fabaceae predominou em termos de produção de biomassa viva acima do solo para os três plantios avaliados e para a área total. Este resultado evidencia sua importância para a restauração de áreas, não só por promover rápida melhoria das condições microclimáticas e edáficas devido ao acelerado crescimento de suas espécies, mas também pela eficiente fixação e sequestro de carbono da atmosfera.

**Tabela 12.** Contribuição das famílias mais representativas em produção de biomassa viva acima do solo de acordo com as áreas plantadas na recomposição florestal da REGUA.

<b>Família / Plantio de 3 anos</b>	<b>Contribuição %</b>
Fabaceae	72,7
Verbenaceae	6,1
Lauraceae	5,0
Melastomataceae	4,0
Myrtaceae	2,8
<b>Família / Plantio de 5 anos</b>	<b>Contribuição %</b>
Fabaceae	60,7
Melastomataceae	13,2
Myristicaceae	9,2
Cannabaceae	3,3
Lauraceae	2,6
<b>Família / Plantio de 7 anos</b>	<b>Contribuição %</b>
Fabaceae	56,2
Moraceae	9,0
Phytolaccaceae	8,3
Caricaceae	4,8
Rhamnaceae	4,1

Na Tabela 13 são apresentados os resultados totais de estimativa de produção de biomassa, estoque de carbono, taxas de incremento médio anual (sequestro de carbono) e a estimativa de tempo para a efetividade máxima do desenvolvimento da floresta plantada no que concerne o acúmulo de biomassa comparável à de florestas naturais primárias.

**Tabela 133.** Apresentação dos resultados totais de produção de biomassa e estoques de carbono para as áreas de floresta natural e plantada e taxas de incremento médio anual (IMA) de carbono para as áreas de floresta plantada.

	Área amostrada (m <sup>2</sup> )	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	Carbono (Mg C ha <sup>-1</sup> )	IMA (Mg ha <sup>-1</sup> )	IMA C (Mg C ha <sup>-1</sup> )
Reflorestamento 3 anos	6000	26,27	13,13	8,76	4,38
Reflorestamento 5 anos	2400	29,54	14,77	5,91	2,95
Reflorestamento 7 anos	3600	43,83	21,92	6,26	3,13
Floresta nativa	3000	273,35	136,68	x	x

Foi verificado aumento gradual da biomassa e estoque de carbono com a idade dos plantios. O mesmo foi observado por Suganuma et al. (2007), que comparando áreas de recomposição florestal em idades variando de 2,5 a 5 anos com fragmento florestal no Norte do Paraná, encontraram valores, 19, 29, 60 e 81 Mg ha<sup>-1</sup> para os plantios de 2,5; 3; 4; e 5 anos, respectivamente.

O plantio de 5 anos mostrou acúmulo de biomassa e estoque de carbono pouco efetivo. Tal fato pode ser atribuído aos efeitos da amostragem para esta idade, onde para 3 das 4 parcelas alocadas, os estudos florísticos e os parâmetros dendrométricos foram obtidos em reflorestamento situado em área de relevo ondulado. Plantios de recomposição florestal para esta porção da paisagem, comparados às áreas planas, que ocorrem na maioria dos plantios estudados, possuem desenvolvimento mais restrito devido às condições edafambientais limitantes as quais são submetidos. Sendo assim, restrições no desenvolvimento das árvores afetam diretamente o seu crescimento e, conseqüentemente, a produção de biomassa e estoque de carbono nestes indivíduos.

Os valores de biomassa no plantio mais antigo desse trabalho (7 anos) foram superiores aos encontrados em estudos desta natureza em florestas secundárias jovens no bioma Atlântico. Tanizaki (2000), avaliando o impacto do uso da terra no estoque e fluxo de carbono para formações florestais no Estado do Rio de Janeiro, observou em floresta secundária regenerada há 20 anos valor de biomassa de 30±10 Mg ha<sup>-1</sup>. Da mesma forma, Ribeiro (2007), encontrou estimativa de biomassa na ordem de 21,62 Mg ha<sup>-1</sup> em floresta secundária regenerada há 30 anos no município de Viçosa, MG. Estas comparações sugerem que nesse estudo ocorreu grande incorporação de biomassa em curto espaço de tempo.

Suganuma et al. (2007), comparando a produtividade de biomassa em reflorestamento e em fragmento florestal de Floresta Estacional Semidecidual, observaram valores de 107 Mg ha<sup>-1</sup> no fragmento florestal e de 19 a 81 Mg ha<sup>-1</sup> nas áreas de reflorestamentos com espécies nativas entre 2,5 e 5 anos de idade, sendo este último valor mostrando-se superior ao observado para este estudo.

Da mesma forma, Melo & Durigan (2006) avaliando reflorestamentos ciliares, de 1 a 28 anos de idade e utilizando a mesma equação alométrica adotada nesse estudo, encontraram valores de biomassa na parte aérea das árvores variando entre 0,6 e 149,0 Mg C ha<sup>-1</sup>. Já Ferez (2010) em áreas de reflorestamento com espécies nativas de 6 anos de idade no Estado de São

Paulo, encontrou valores médios de biomassa de carbono desde  $9,6 \pm 3,8$  a  $34,5 \pm 8,1$  Mg ha<sup>-1</sup> e estoques de carbono variando de  $0,7 \pm 0,2$  a  $2,1 \pm 0,4$  Mg C ha<sup>-1</sup>.

Para formações florestais da Mata Atlântica caracterizadas como Floresta Ombrófila Densa Aluvial, que determinam a porção da paisagem da bacia estudada onde se encontram os reflorestamentos, Britez et al. (2006), com base em inúmeros levantamentos realizados no sul do Brasil, estabeleceram o valor médio de 129,4 Mg C ha<sup>-1</sup> para o carbono fixado na biomassa acima do solo. Este valor é significativo junto ao encontrado para a bacia do rio Guapiaçu e com isso, pode-se constatar que a estimativa de produtividade máxima de estoque de carbono pode ser obtida com confiança, tendo como base o valor estocado para a floresta submontana.

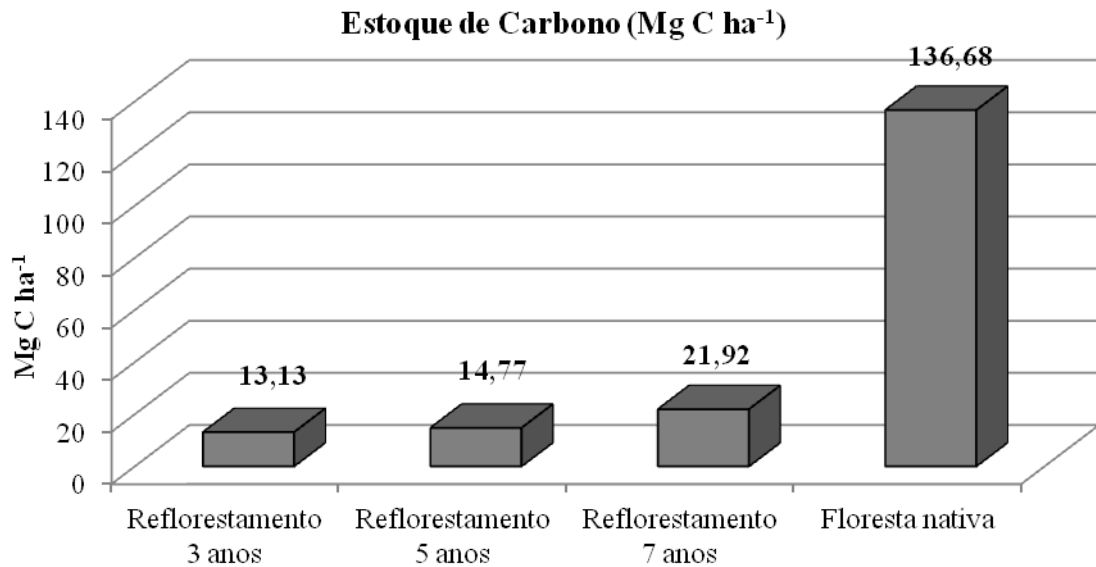
Considerando a idade dos reflorestamentos, as taxas de incorporação de biomassa foram estimadas em torno de 8,76; 5,91 e 6,26 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para os plantios de 3, 5 e 7 anos, respectivamente, e as de carbono fixado na biomassa (sequestro) foram estimadas em torno de 4,38; 2,95 e 3,13 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Stape et al. (2007) mediram o valor de 2,1 Mg C ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, e consideraram este resultado altamente positivo e significativo para estudo utilizando-se técnicas de composição florística e silviculturais. Melo & Durigan (2006) estudando reflorestamentos ciliares em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, com idades entre 1 e 28 anos encontraram taxa média de fixação de carbono de 5,2 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Fearnside & Guimarães (1996), em estudo em floresta secundária, quantificaram assimilação de 6,0 a 10,0 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para área regenerada com 10 anos; 4,0 a 7,0 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com 20 anos de idade; e com 80 anos de idade, a assimilação anual média caiu para 2,0 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Estes autores estimaram que, em 100 anos, a floresta deve atingir o estado de equilíbrio, com uma taxa de assimilação de 0,97 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Para esse estudo, ocorreram no plantio mais jovem do reflorestamento os maiores valores de taxa de fixação de carbono quando comparados aos plantios mais antigos, corroborando o que é comumente citado na literatura que o processo de fixação de carbono é mais acentuado nos primeiros anos de desenvolvimento da floresta. Sendo assim, através dos resultados apresentados pode-se concluir que, em áreas de restauração da Mata Atlântica, existe alto potencial de sequestro de carbono na fase inicial de desenvolvimento da floresta.

De acordo com Ribeiro (2007), uma floresta jovem, que esteja em estágio acelerado de crescimento líquido, sequestra maiores quantidades de carbono quando comparada à floresta madura, e esta, por sua vez estabilizada, atua como um reservatório, estocando carbono. Portanto, estimativa de biomassa e estoque de carbono para as áreas de recomposição florestal com plantios em diferentes idades e para a floresta nativa, permitem avaliar o estoque progressivo de carbono ao longo do desenvolvimento do ecossistema florestal (Figura 28) até a sua efetiva estabilidade, sequestrando esse elemento e atuando como um grande reservatório.



**Figura 288.** Variação do estoque de carbono ao longo do desenvolvimento de um ecossistema florestal na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ.

Conforme pode ser observado na Figura 28, houve variação do estoque de carbono à medida que avançou a idade dos plantios de recomposição florestal, corroborando a hipótese deste trabalho. Estes resultados evidenciam a importância do estudo para avaliações do efeito do sequestro e fixação de carbono nas florestas naturais e em recuperação ambiental no bioma Mata Atlântica.

A presença de gradiente no estoque de carbono florestal ao longo do tempo é relevante no contexto do sequestro de carbono em projetos de reflorestamento para fins de conservação ambiental. No âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, estudos para estimar estes estoques são necessários, já que a conservação de áreas de florestas é uma forma eficiente de garantir, em longo prazo, a estimativa do crédito de carbono gerada. Dessa forma, grandes áreas de florestas naturais somadas à recuperação de áreas degradadas no bioma Atlântico, poderiam ser passíveis de estabelecimento dos projetos de carbono.

Com base nos resultados obtidos através do método não-destrutivo de estimativa de carbono, utilizando-se equação alométrica ajustada para este o bioma, e comparando-se diversos outros estudos desta natureza, é possível afirmar que a escolha deste método foi bem-sucedida, mostrando-se eficiente para o estudo na Floresta Ombrófila Densa no município de Cachoeiras de Macacu. Porém, vale ressaltar que, para esse caso, é importante que se faça uma avaliação da consistência dos resultados, testando-se um segundo modelo alométrico.

Chave et al (2005), afirmam que modelos alométricos que incluem variáveis como a densidade básica da madeira, podem ser mais confiáveis. Para esse estudo foram testados alguns desses modelos na área de floresta nativa. Porém, eles sub ou superestimaram os valores de biomassa, visto que se baseiam em dados de densidade da literatura. Nesse contexto, para as áreas de reflorestamento, é possível avaliar a consistência dos resultados com a aplicação do método destrutivo. Sendo assim, recomenda-se o uso deste método para estas formações florestais, para quantificar com precisão a densidade básica e os teores de carbono dos componentes arbóreos, gerando assim um modelo alométrico próprio para esse ambiente.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A biomassa de serrapilheira produzida não apresentou diferença estatística entre as áreas de recomposição florestal e a área de floresta nativa, provavelmente pela influência da grande quantidade de espécies pioneiras e Fabaceas plantadas nos reflorestamento;

A produtividade da biomassa viva acima do solo, bem como o estoque de carbono tende a aumentar de acordo com o desenvolvimento da floresta plantada.

Houve gradiente de carbono em função da idade dos plantios de recomposição florestal, corroborando a hipótese deste trabalho e evidenciando a importância do estudo para os efeitos do sequestro e fixação de carbono nas florestas naturais e plantadas no bioma Mata Atlântica, como a mitigação dos gases do efeito estufa.

O incremento médio de biomassa acima do solo e estoque de carbono via fotossíntese nas áreas de reflorestamento variou de 5,91 a 8,76 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e de 2,95 a 4,38 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, mostrando a importância destas formações florestais, no sequestro de carbono atmosférico.

O método indireto não-destrutivo para a estimativa de biomassa acima do solo e estoque de carbono mostrou-se efetivo para áreas de conservação do bioma Mata Atlântica no município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

## **5 CAPÍTULO III**

### **ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO E AVALIAÇÃO DA ABUNDÂNCIA NATURAL DO $^{13}\text{C}$ E $^{15}\text{N}$ EM SOLOS DE ÁREAS DE RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DA MATA ATLÂNTICA**

## RESUMO

De todos os compartimentos do ecossistema terrestre, o solo é o que mais concentra o carbono atmosférico. O desmatamento das florestas e a conversão de ecossistemas naturais para o uso alternativo do solo, que através do mau uso agrícola, acarreta grandes perdas de CO<sub>2</sub>, são considerados, atualmente, como os maiores responsáveis pelos efeitos das mudanças climáticas globais. O setor agrícola aliado ao manejo inadequado do solo e exaustão dos recursos naturais atribuiu ao Brasil alta posição entre os países que mais emitem gases causadores do efeito estufa no mundo. Conhecer a dinâmica dos elementos essenciais que compõem a matéria orgânica, como o carbono e o nitrogênio, bem como suas origens no solo, é de suma importância à adoção de práticas conservacionistas no uso do solo, bem como na recuperação de áreas degradadas e na inserção de estudos desta natureza em projetos ambientais que visam a venda de crédito de carbono. Este estudo teve como objetivo quantificar a biomassa do sistema radicular, do carbono orgânico total e nitrogênio total do solo e avaliar os estoques de carbono, nitrogênio e abundância natural do <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N no perfil do solo sob áreas de recomposição florestal da Mata Atlântica, com diferentes épocas de plantio na bacia do rio Guapiaçu, município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Foram avaliadas três áreas de reflorestamento com fins de restauração ecológica, intercaladas em 3 anos, 5 anos e 7 anos de idade. Uma área de pastagem adjacente a essas áreas foi adotada como controle, sendo considerado o “tempo 0”. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-80 e 80-100 cm para a realização das análises dos teores de carbono orgânico total e nitrogênio total, distribuídos ao longo do perfil do solo e identificar a origem do material orgânico depositado em diferentes épocas no solo através dos isótopos <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N. Os perfis dos solos foram descritos e classificados de acordo com o sistema brasileiro de classificação. A estimativa do carbono estocado no sistema radicular foi realizada por meio de equação alométrica sugerida para a Mata Atlântica, tendo os dados confirmados pela relação parte aérea/raiz igual a 20%, sugerida na literatura. Os estoques de carbono e nitrogênio na biomassa do solo foram estimados por meio de dois métodos, o da massa equivalente e o sugerido pelo IPCC, a fim de confirmar a proximidade dos dados. Os estoques de carbono e nitrogênio no perfil do solo acompanharam as características de cada classe de solo. A utilização de dois métodos para estimar a biomassa do solo permitiu avaliar a consistência dos resultados, o que pode possibilitar a inclusão deste compartimento do ecossistema terrestre nos estudos dos projetos florestais do MDL. Os estoques de carbono na biomassa da raiz corroboraram o padrão médio de 20% do total de biomassa acima do solo, apresentando-se inversamente proporcional a quantidade de biomassa aérea, onde o menor percentual ocorreu para a mata nativa e maior para o reflorestamento mais jovem. Pela análise da abundância natural do <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N constatou-se que as áreas do reflorestamento foram convertidas no passado ao uso agrícola, observado pela variação destes isótopos em profundidade, representando acréscimo na influência do carbono de plantas C<sub>4</sub>. O aumento do sequestro biológico de carbono no ecossistema terrestre avaliado se deu nos compartimentos aéreo > solo > serrapilheira > sistema radicular.

**Palavra chave:** Estoque de carbono no solo. Recuperação de áreas degradadas. Abundância natural de <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N

## ABSTRACT

Of all the compartments of the terrestrial ecosystem, the soil is the one that most concentrates the atmospheric carbon. The deforestation of the forests and the conversion of the natural ecosystem for the alternative use of the soil, which by the bad agricultural use, causes large losses of CO<sub>2</sub>, are considered, nowadays, as the biggest responsible ones for the effects of the global climate changes. The agricultural sector, with the wrong use of the soil and depletion of the natural resources, made Brazil be one of the highest in the rank of the countries that most emit gases that cause the greenhouse in the world. Knowing the dynamics of the main elements that compose the organic matter, like the carbon and the nitrogen, and also their origins in the soil, is very important for the adoption of conservation practices in the use of the soil, as well in the recovery of degraded areas and in the inclusion of such studies in environmental projects which aim the sale of carbon credits. This study had as its aim to quantify the biomasses of roots system, total organic carbon and total nitrogen of the soil and valuate the inventories of carbon, nitrogen and natural abundance <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N in the soil profile under areas of reforestation of the Atlantic Forest with different times of planting in the basin of the Guapiaçu river, in the city Cachoeiras de Macacu, RJ. Three areas of reforestation were analyzed, with the purpose of ecological restoration, interspersed in 3 years, 5 years and 7 years old. A pasture area adjacent to these areas was treated as control, being considered the "time 0". Samples of the soil were collected in the depths 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-80 and 80-100 cm to take the analysis of the levels of total carbon and total nitrogen, distributed along the soil profile and to identify the origin of the organic material deposited in different times in the soil by the isotopes <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N. The soil profiles were described and classified according to the Brazilian System of Classification. The estimate of the carbon stocked in the roots system was made through the allometric equation suggested for the Atlantic, and the results were confirmed by the list part air/root of 20%, suggested in the literature. The stocks of carbon and nitrogen in the soil biomass were estimated through two methods, the one of the equivalent mass and the one suggested by the IPCC, in order to confirm the proximity of the data. The stocks of carbon and nitrogen in the soil profile follow the characteristics of each class soil. The use of two methods to estimate the soil biomass made it possible to valuate the consistency of results, what can enable the inclusion of this compartment of the Earth system in the studies of MDL's forest projects. The carbon stocks in the root biomass proved the medium standard of 20% of the total of biomass above ground, showing itself inversely proportional to the biomass above ground amount, where the smallest percentage belongs to the native vegetation and the biggest to the youngest reforestation. By the analysis of the natural abundance <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N it was possible to check that the reforestation areas were converted in the past for the agricultural use, observed through the variation of these isotopes in depths, showing the rise of the influence of carbon of plants C<sub>4</sub>. The rise of the organic carbon sequestration in the Earth ecosystem valuated happened in the air compartments > soil > litterfall > root.

**Keywords:** Carbon stock in the soil. Recuperation of degraded areas. Natural abundance <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N.



## 5.1 INTRODUÇÃO

Entre os fatores associados com mudanças no uso do solo e nas florestas, o desmatamento é a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa no Brasil (Brasil, 2002). Segundo Cerri et al. (2007) o país ocupa o quinto lugar na classificação mundial dos maiores emissores de GEE quando considerada a mudança no uso da terra e o setor agrícola. Estimativas apontam que as conversões de ecossistemas naturais para agrossistemas, baseados na agricultura e pecuária, representam cerca de 75% do total das emissões de CO<sub>2</sub>, 91% das emissões de CH<sub>4</sub> e 94% do total das emissões de N<sub>2</sub>O (CERRI & CERRI, 2007).

Estudos sobre o estoque de carbono em solos florestais da Mata Atlântica confirmam afirmações comumente encontradas na literatura para outros biomas brasileiros de que em solos florestais o estoque de carbono é maior, considerando-se o ecossistema florestal como um grande reservatório estável deste elemento. Este acúmulo se dá em grandes quantidades e por longo prazo, tanto no compartimento vegetal, quanto na matéria orgânica do solo. De acordo com Bayer & Mielniczuk (1999), em solos sob vegetação natural, em longo prazo de acúmulo, praticamente não existe variação no teor de carbono orgânico, onde o balanço entre as adições e perdas de carbono leva a um estado de equilíbrio dinâmico.

De forma geral, as árvores irão atuar como sumidouros de carbono, além de proteger o solo dos efeitos da erosão, promover a manutenção e conservação dos elementos edáficos, minimizando assim as perdas de carbono e nitrogênio do sistema. Desta forma, ações de reflorestamento e manejo de plantações florestais, em solos agrícolas ou pastagens, podem ter o potencial de aumentar o estoque de carbono no solo (LAL, 2005).

Corroborando este fato, Lal (2004) descreve que o estoque de carbono no solo é expressivo em todos os ecossistemas, e pode ser profundamente alterado devido à conversão de áreas naturais para sistemas agrícolas e agropecuários, particularmente nas regiões tropicais. Post & Kwon (2000) presumem que estas conversões podem resultar em perdas entre 20-50%, visto que o estoque de carbono no solo será determinado através do novo equilíbrio com o sistema determinado, que dependendo das práticas de manejo adotadas, pode ser altamente impactante.

Apesar da importância do potencial de sequestro de carbono no solo, existem poucas avaliações que consideram, explicitamente, o manejo do solo como prática de mitigação das causas do aquecimento global (BROWN et al., 2000). Dessa forma, para projetos florestais de MDL, o estoque de carbono no solo ainda não foi aceito como ocorre para o estoque de carbono na biomassa aérea, tendo em vista que o primeiro é muito sensível às alterações do ambiente, com elevada variabilidade espacial e baixa variável no tempo. Contudo, o armazenamento de C neste compartimento terrestre representa benefício ambiental, que depende fundamentalmente da adoção de práticas conservacionistas de uso do solo.

Assim como o estoque de C, o estoque de nitrogênio no solo, fornecido principalmente pela deposição de material orgânico no solo e incorporado por microbiota específica, também deve ser conservado através de práticas de manejo sustentável no solo, tendo em vista que a produtividade na agricultura depende em grande parte da presença deste elemento no sistema. Quanto a sua importância na conservação do solo como sendo fonte de estoque de carbono e nitrogênio, e para o ciclo global desses elementos, a matéria orgânica pode ser avaliada pelo método que quantifica a abundância natural dos isótopos <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N, identificando a origem do C e N no solo e possíveis alterações no seu estoque ao longo do tempo. Para Alves et al. (2005), o estudo da MOS pode ser facilitado com a utilização desses isótopos, que apresentam expressiva contribuição, não somente por serem estáveis, mas são isótopos de dois elementos que possuem ciclo complexo, especialmente no sistema solo-planta.

A técnica para a marcação de plantas por meio da exposição ao  $^{13}\text{C}$  é utilizada desde a década de 1980, devido à dificuldade do uso de  $^{14}\text{C}$  (ALVES et al., 2008). Pela diferença entre as composições isotópicas derivadas de plantas C3 e C4, é possível identificar a variação destes elementos no sistema, entre a contínua mineralização do material orgânico oriundo da vegetação nativa e a incorporação de carbono e nitrogênio derivado de lavoura introduzida.

Desta maneira, um solo florestal que fora substituído por pastagem é submetido a alterações na sua composição isotópica de origem. Para Fernandes et al. (2007), esse método se baseia na existência de mudanças na composição isotópica do carbono do solo quando a vegetação nativa, constituída predominantemente por plantas de metabolismo C3, é substituída por plantas de metabolismo C4.

O objetivo deste estudo foi quantificar a biomassa do sistema radicular, do carbono orgânico total e nitrogênio total do solo e avaliar os estoques de carbono, nitrogênio e abundância natural do  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$  em perfil do solo sob áreas de recomposição florestal da Mata Atlântica, com diferentes épocas de plantio na bacia do rio Guapiaçu, no município de Cachoeiras de Macacu, RJ.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Caracterização da área de estudo: localização, clima, relevo e solo da área

A caracterização da área de estudo encontra-se descrita no capítulo I.

### 5.2.2 Seleção da área de estudo

A seleção da área de estudo encontra-se descrita no capítulo I.

### 5.2.3 Procedimento de campo

As coletas das amostras de solo foram realizadas em junho de 2011. Para cada tipologia vegetal, identificadas como pastagem e reflorestamentos de 3, 5 e 7 anos, foram abertas três trincheiras para classificação do solo e caracterização de atributos físicos e químicos. Para a área de floresta foi feita a abertura de apenas um perfil. Os perfis foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e a descrição morfológica foi feita de acordo com Santos et al. (2005). Para caracterizar cada horizonte descrito foram coletadas amostras simples de solo, onde foram determinados os seguintes atributos: teores de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , P assimilável, pH e acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ), carbono orgânico total (COT) e a composição granulométrica (areia, silte e argila) do solo.

Nos perfis foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solos até a profundidade de 100 cm (Figura 29), intercalando-se 10 cm nas seis primeiras classes e 20 cm nas duas últimas classes, totalizando oito amostras em cada perfil (camada 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-80 e 80-100 cm). Para estas amostras, foram determinadas a densidade do solo, utilizada para calcular os estoques de carbono e nitrogênio do solo, e a composição isotópica do  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , até 100 cm de profundidade.

As amostras de solo foram embaladas em sacolas plásticas, identificadas e encaminhadas para o laboratório de Gênese e Classificação de Solos na UFRRJ, onde foram secas ao ar até atingir peso constante e então, preparadas para análise.



**Figura 299.** Coleta de amostras indeformadas de solo com anel de Kopeck (esquerda) e descrição de perfil e coleta de amostras deformadas de solo (direita).

### 5.2.4 Análises realizadas

#### a) Análise granulométrica, densidade e atributos químicos do solo

Estas análises foram realizadas segundo a metodologia de rotina da EMBRAPA (1997). Para determinar a densidade do solo foi feita coleta com anel volumétrico (anel de

Kopeck), sendo o seu volume obtido pela mensuração da altura e do diâmetro do anel (anel com 78,03 cm<sup>3</sup> para a área de mata e de 48,47 cm<sup>3</sup> para as demais áreas) e a massa obtida após secagem do material de solo em estufa.

### b) Avaliação do carbono orgânico total do solo

O teor de carbono orgânico total do solo para cada horizonte dos perfis descritos foi determinado pela metodologia de Yeomans & Bremmer (1988). Foi pesado 1 g de amostra, macerado e passado em peneira de 0,2 mm, de onde foi separado 0,2 g deste material e colocado em erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, adicionou-se 5 ml de dicromato de potássio a 0,167 mol L<sup>-1</sup> junto a 7,5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado para o posterior aquecimento até a fervura. A titulação foi feita adicionando-se 80 mL de água destilada e 0,3 mL gotas da solução indicadora ferroin nas amostras, tendo o sulfato ferroso amoniacal 0,2 mol L<sup>-1</sup> como titulante. Paralelamente um ensaio em branco foi conduzido seguindo-se o mesmo procedimento prático, porém, com a ausência da amostra de solo.

### c) Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo

Os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total, utilizados para esta análise, foram determinados pelo método de combustão a seco. Para isso, as amostras coletadas nas profundidades até um metro foram pesadas e finamente moídas (até passarem por peneira com malha de 100 mesh) e encaminhadas ao laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo, em Piracicaba.

O estoque de carbono e nitrogênio no solo, acumulado na profundidade de um metro, foi estimado utilizando-se o método da massa equivalente (ELLERT & BETTANY, 1995; SISTI et al. 2004), conforme a equação:

$$C_s = \sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti} + \left[ M_m - \left( \sum_{i=1}^n M_{ti} - \sum_{i=1}^n M_{si} \right) \right] C_{Tn}$$

Onde:

$C_s$ , é o estoque total em Mg ha<sup>-1</sup>;

$\sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti}$ , é a soma do C ou N do solo a partir do total de camadas avaliadas no perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha<sup>-1</sup>);

$M_m$ , é a massa do solo na última camada do perfil no tratamento avaliado (Mg ha<sup>-1</sup>);

$\sum_{i=1}^{n-1} M_{ti}$ , é a soma da massa do solo a partir do total de camadas avaliadas no perfil no tratamento avaliado (Mg ha<sup>-1</sup>);

$\sum_{i=1}^{n-1} M_{si}$ , é a soma da massa do solo a partir do total de camadas avaliadas no perfil no tratamento referência (Mg ha<sup>-1</sup>);

$C_{Tn}$ , é a concentração de C ou N na última camada do perfil do tratamento avaliado (g kg<sup>-1</sup>).

Este método consiste em calcular o estoque pela correção da massa do solo através da densidade do solo de área usada como referência. Ainda, uma vez que algumas classes de solos como os NEOSSOLOS e CAMBISSOLOS FLÚVICOS, que ocorrem na área de estudo, possuem distribuição naturalmente errática de textura (argila) ao longo do perfil, que influencia diretamente os valores de densidade, foi utilizado o método da camada equivalente do solo. Esta comparação metodológica foi realizada a fim de confirmar a proximidade dos dados e evitar superestimar ou subestimar os valores de estoque, por meio da equação:

$$C_s = (C \times D_s \times E) / 10$$

Onde:

Cs, representa o estoque total de carbono ou nitrogênio no solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );

C, indica o teor de C na camada ( $\text{g kg}^{-1}$ );

Ds, é a densidade referente a cada camada de solo avaliada ( $\text{Mg m}^{-3}$ );

E, é a espessura da camada em análise, em cm.

#### **d) Estoque de carbono no compartimento raiz**

Apesar de vários estudos confirmarem que a proporção da biomassa de raízes em relação à biomassa acima do solo encontra-se em torno de 20%, para esse estudo foi utilizada a equação alométrica de estimativa de biomassa viva subterrânea proposta por Cairns et al. (1997). Esses autores, por meio de vasta revisão de literatura sobre a biomassa de raízes em florestas do mundo, sugeriram uma equação para florestas tropicais, estimada em função do valor da biomassa acima do solo da mata nativa, apresentada a seguir:

$$\text{Biomassa da raiz} = \exp(-1,085 + 0,9256 * \ln(\text{BPA}))$$

Onde:

BPA = biomassa da parte aérea

#### **e) Abundância natural do $^{13}\text{C}$ (‰) e $^{15}\text{N}$ (‰) do solo**

Devido às áreas propostas para este estudo terem sido convertidas da floresta original para outros usos do solo, onde, ao final de vários ciclos de ocupação, predominou a pecuária extensiva, é esperado encontrar altos valores de carbono estocados pelas gramíneas. Como os reflorestamentos são ainda muito recentes, foi preciso, para a avaliação do estoque de carbono, empregar o método de técnicas isotópicas para análise dos valores de  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ . Este método consiste em avaliar a “abundância natural do  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ ”.

Para realizar esta análise, as amostras coletadas nas profundidades até 100 cm foram pesadas e finamente moídas (até passarem por peneira com malha de 100 mesh) e encaminhadas ao laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, onde foram avaliadas por meio de espectrômetro de massa isotópica de fluxo contínuo.

Os resultados foram determinados pela média entre três repetições e expressos na forma  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰), onde o  $^{13}\text{C}$  segue determinado em relação ao padrão internacional *PeeDee Belemnite* PDB e o  $^{15}\text{N}$  em relação à composição atmosférica (0,3663%).

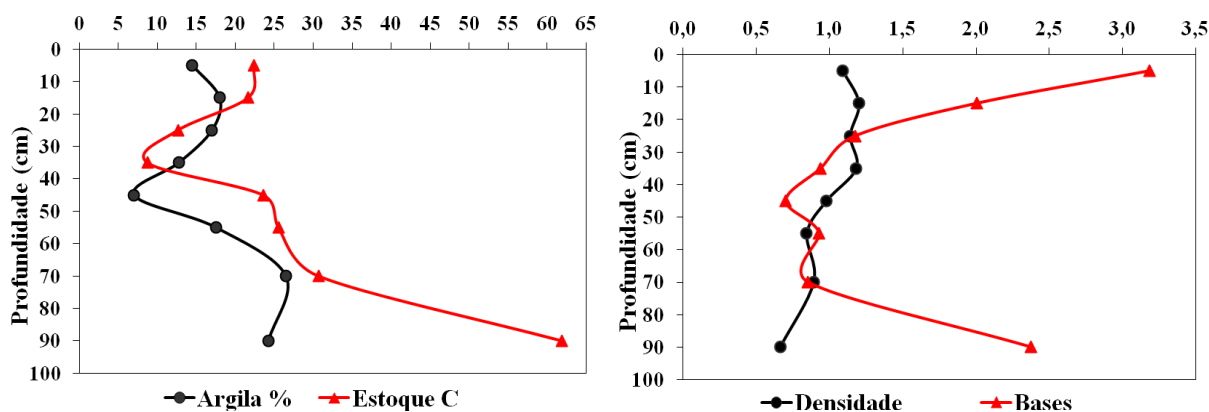
## 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.3.1 Classificação e caracterização dos solos

Nas partes mais baixas da paisagem da área de estudo, com relevo plano e onde se encontram as porções das tipologias vegetais pastagem (área controle) e reflorestamento de 7 anos, o material de origem dos solos é constituído por sedimentos aluviais, depositados em vários ciclos de inundação, com material de granulometria diferenciada, sendo o principal contribuinte para o transporte e deposição desses sedimentos o rio Guapiaçu. Em função da ação deste afluente, observam-se camadas estratificadas de variação irregular dos teores de carbono orgânico em profundidade, o que identifica o caráter flúvico (Embrapa, 2006) e baixo grau de evolução pedogenética do solo. O material de origem aliado ao fator relevo são os principais fatores de formação desse solo. Ao longo do perfil foi verificada a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis (biotitas), bem como camadas de constituição orgânica (H), que apresentaram teores de C orgânico maiores que  $80 \text{ g kg}^{-1}$  (Embrapa, 2006).

Conforme exposto anteriormente, o principal atributo diagnóstico foi o caráter flúvico, caracterizado pela estratificação em camadas na profundidade do solo com distribuição errática dos elementos carbono, bases, argila e densidade ao longo do perfil (Figura 30), não relacionada a nenhum processo pedogenético e incluindo características diferenciadas em textura, cor, matéria orgânica, entre outras. Quanto à drenagem do perfil de solo, este é imperfeitamente drenado. Porém, o processo pedogenético de gleização ocorre de forma secundária, em maior profundidade no perfil, sem caracterizar a formação de horizonte diagnóstico glei na seção de controle exigida, que classificaria a ordem dos GLEISSOLOS.

Em função dos atributos observados, os perfis de solo nas áreas de pastagem e no reflorestamento de 7 anos de idade foram classificados, até o quarto nível categórico, como NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico gleissólico (Embrapa, 2006) (descrição completa no Anexo C).



**Figura 30.** Distribuição errática de % de argila, estoque de carbono, densidade do solo e soma de bases em profundidade no NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico gleissólico.

Nas áreas de planícies costeiras, com relevo suave ondulado e ondulado, onde se desenvolvem os reflorestamentos de 3 e 5 anos de idade, o material para a formação dos solos tem origem coluvionar. Este substrato situa-se nos terraços quaternários das planícies, formado por deposição coluvial de materiais pouco estratificados do processo de erosão das partes mais altas da paisagem.

Ao contrário do perfil anterior, o solo dos reflorestamentos de 3 e 5 anos de idade apresentou-se altamente intemperizado, o que é decorrente da própria transformação dos sedimentos, e não foi observada a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis.

Como principais fatores de formação, destacam-se o material de origem, clima e relevo; e como mecanismos a adição do material coluvionar, a transformação (através do intemperismo) e remoção de bases. O processo pedogenético atuante foi o de latolização ou latossolização, que caracteriza o alto grau de evolução do solo, com a formação de horizontes diagnósticos subsuperficiais de grandes espessuras e com alto grau de intemperização (Anexo C), classificados como “B latossólicos” (Embrapa, 2006). O perfil apresenta boa drenagem, predomínio de cor com matiz amarelado (10YR), pequena variação nos teores de argila e na densidade, e estoque de carbono e soma de bases diminuindo em profundidade. A intensa xantização deste solo se deve a condição pedoclimáticas de intensa umidade da área, o que pode ter favorecido a formação de óxidos de ferro hidratado (goethita) (KER, 1993).

Dessa forma, de acordo com Embrapa (2006), o solo das áreas reflorestadas de 3 e 5 anos de idade foi classificado, até o quarto nível categórico, como LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (descrição completa no Anexo C).

Na área de maior expressão topográfica estudada, que contempla o relevo montanhoso e escarpado e onde se encontra a área de floresta nativa (área controle), observou-se o substrato formação geológica mais antiga, com solo de gênese autóctone, a partir da alteração de rochas gnaises do Pré-cambriano, como o principal material de origem. Também são encontrados migmatitos. A área apresentou forte influência do relevo movimentado, resultando em perfil de solo com horizonte diagnóstico superficial pouco espesso e a presença marcante de fragmentos da rocha originária semi ou não intemperizada, afetando diretamente o grau de evolução do solo. A alta declividade também contribuiu para a formação de um solo raso devido à erosão laminar forte. O horizonte diagnóstico subsuperficial foi classificado como B incipiente, por não ter sido observado nenhum processo pedogenético expressivo, mas com formação de horizonte B com espessura suficiente para classificá-lo como tal.

Como principais fatores de formação, destacam-se o relevo e o clima e como mecanismos de formação atuantes, as perdas de solo e em menor expressão as transformações. Neste perfil verificam-se algumas características morfológicas semelhantes do Latossolo, porém, pouco expressivas para indicar o processo de latossolização.

De acordo com Embrapa (2006), o solo da área de mata nativa foi classificado, até o quarto nível categórico, como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (descrição completa no Anexo C).

### **5.3.2 Biomassa e estoque de carbono na raiz**

Incluindo-se na biomassa do solo, a componente raiz (biomassa subterrânea) expressa percentual significativo em termos de quantificação de biomassa neste compartimento do ecossistema terrestre. Diversos estudos estimam que para estoques de carbono em florestas tropicais a relação entre o compartimento raiz e a biomassa acima do solo pode alcançar valor médio de 20% do total de biomassa desta última (BROWN & DELANEY, 2000; PAIXÃO et al., 2006; FORSTER & MELO, 2007).

Para esse estudo, os resultados, obtidos através de equação alométrica sugerida para a biomassa subterrânea em florestas maduras no bioma Atlântico, corroboram as informações apresentadas na literatura (Tabela 14).

**Tabela 144.** Quantificação da biomassa na raiz, estimativa do estoque de carbono neste componente nas áreas de reflorestamento e mata nativa e percentual de biomassa alocada em relação à biomassa viva acima do solo.

	Área amostrada (m <sup>2</sup> )	BVAS Mg ha <sup>-1</sup>	CEAS Mg C ha <sup>-1</sup>	BRA Mg ha <sup>-1</sup>	CERA Mg C ha <sup>-1</sup>	Estoque %
Reflorestamento 3 anos	6000	26,27	13,13	6,56	3,28	24,96
Reflorestamento 5 anos	2400	29,54	14,77	7,27	3,64	24,63
Reflorestamento 7 anos	3600	43,83	21,92	10,38	5,19	23,68
Floresta nativa	3000	273,35	136,68	57,09	28,54	20,89

BVSA=biomassa viva acima do solo; CEAS=carbono estocado acima do solo; BRA=biomassa da raiz e; CERA=carbono estocado na raiz

Quanto ao carbono na biomassa da raiz para as áreas de reflorestamento, aplicando-se também o modelo alométrico, foi observada a mesma tendência de percentual médio de 20% em relação à biomassa viva acima do solo, compatível com o valor observado para a floresta nativa e com pequena variação gradual à medida que a floresta se torna mais jovem. Os percentuais observados para as áreas de reflorestamento são decorrentes, provavelmente, da ocorrência de indivíduos em estágio acelerado de crescimento líquido, o que significa que, com o avanço sucessional, a alocação de carbono para a biomassa radicular diminui, à medida que se aumenta a produção da biomassa aérea.

Esta mesma tendência foi observada por Forster & Melo (2007). Utilizando o método destrutivo para analisar a biomassa alocada em reflorestamentos heterogêneos de espécies nativas, entre 5 e 36 anos, estes autores verificaram 20% de biomassa de raízes em proporção à biomassa total, variando de 11 a 39% entre as espécies plantadas, e constataram variação em função da idade da árvore com maiores percentuais na fase inicial de desenvolvimento dos indivíduos.

Entretanto, Ferez (2010), ressalta que, para se obter estimativa confiável, com ajuste adequado no desenvolvimento de modelos alométricos para avaliação de biomassa radicular, o ideal seria utilizar o método de amostragem destrutiva, uma vez que pode haver indivíduos discrepantes. Para tal modelo, o autor encontrou valores de biomassa subterrânea para áreas de recomposição florestal, com 6 anos de idade, em domínio da Mata Atlântica, variando de 2,5 a 13,4 Mg ha<sup>-1</sup> e 1,2 a 6,2 Mg C ha<sup>-1</sup> para estoques de carbono neste componente da biomassa do solo. Para a floresta nativa os valores médios foram de 62,6 Mg ha<sup>-1</sup> e 30,8 Mg C ha<sup>-1</sup> na biomassa subterrânea alocada e o carbono estocado, respectivamente, para indivíduos com DAP ≥ 5 cm. Estes valores mostram-se condizentes quando comparados aos resultados desse estudo, inferindo assim que o método não-destrutivo também pode ser utilizado.

### 5.3.3 Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total na biomassa do solo

A comparação dos dados pelos dois métodos para avaliar o estoque de carbono e nitrogênio, em função da variação nos valores de densidade no solo, permitiu avaliar a consistência dos resultados. Observou-se pequena variação para os valores de estoque de C se compararmos os mesmos intervalos de profundidades entre duas áreas com a mesma classe de solo. A Tabela 15 apresenta os valores médios de estoque de carbono e nitrogênio para os perfis de solo até a profundidade de 100 cm, segundo os dois métodos.

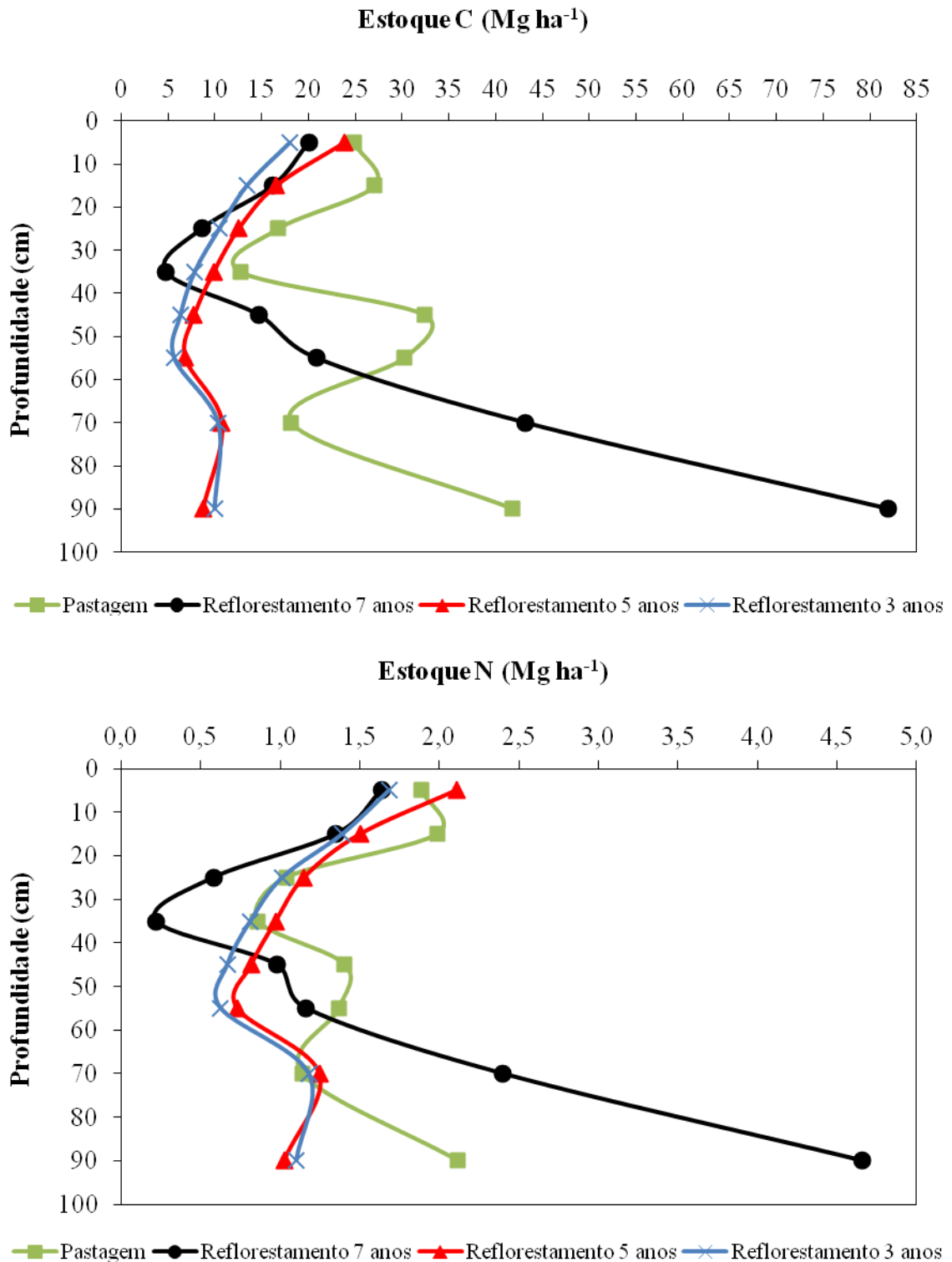


**Tabela 155.** Estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total no perfil do solo para cada tipologia vegetal e classe de solo analisada.

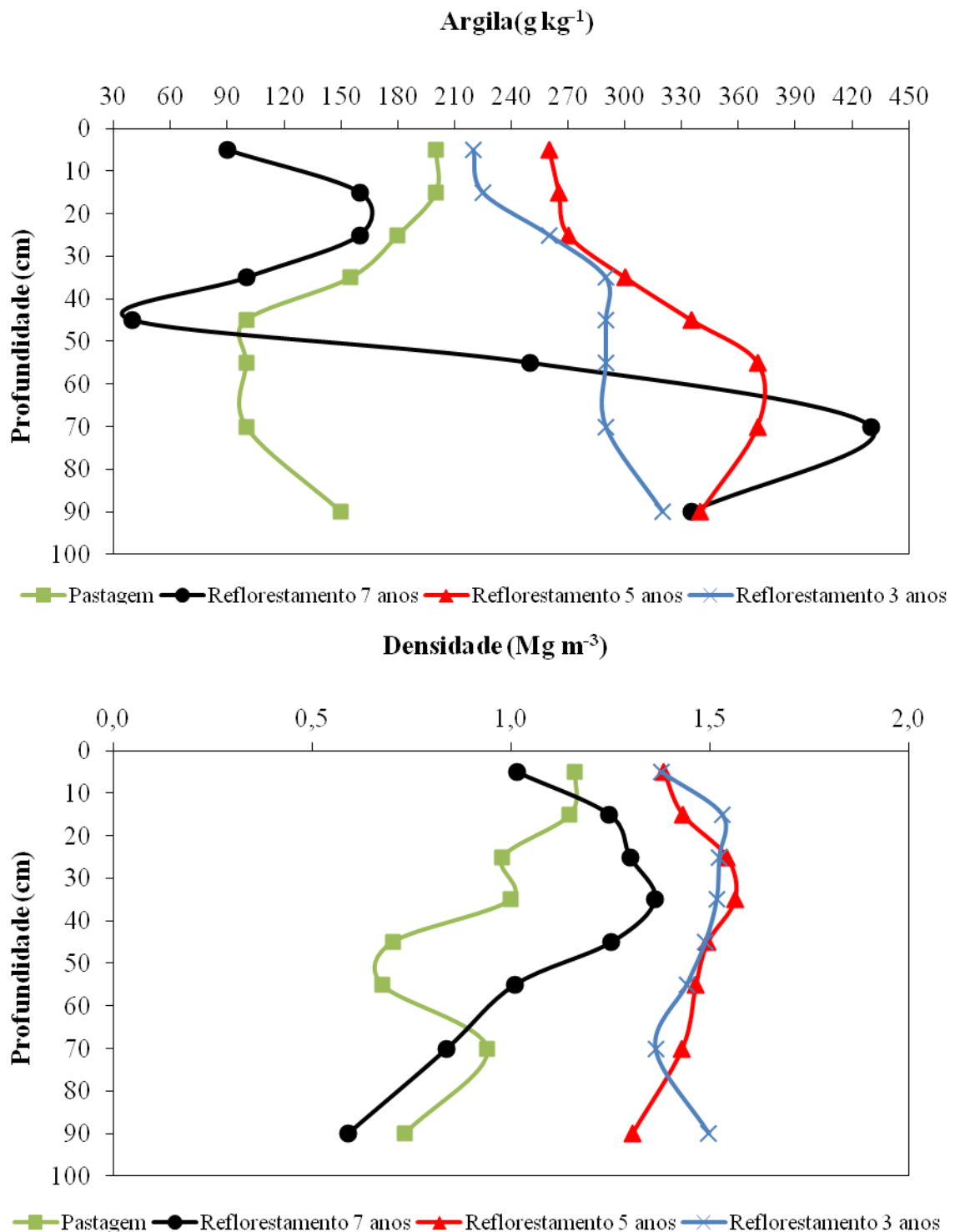
Tipologia vegetal	Solo	Prof	Método IPCC		Método Massa Equivalente	
			Estoque C (Mg ha <sup>-1</sup> )	Estoque N (Mg ha <sup>-1</sup> )	Estoque C (Mg ha <sup>-1</sup> )	Estoque N (Mg ha <sup>-1</sup> )
Pastagem	NEOSSOLO FLÚVICO	0-10	27,66	2,13	24,83	1,89
		10-20	27,17	1,99	27,09	1,99
		20-30	16,76	1,04	16,76	1,04
		30-40	12,71	0,86	12,71	0,86
		40-50	32,38	1,40	32,38	1,40
		50-60	30,26	1,37	30,26	1,37
		60-80	22,18	1,38	18,15	1,14
		80-100	44,33	2,28	41,80	2,12
<b>Total acumulado</b>			<b>213,46</b>	<b>12,46</b>	<b>203,99</b>	<b>11,80</b>
Reflorestamento 7 anos	NEOSSOLO FLÚVICO	0-10	20,04	1,64	20,04	1,64
		10-20	17,66	1,47	16,21	1,35
		20-30	11,51	0,83	8,59	0,58
		30-40	6,64	0,34	4,79	0,22
		40-50	24,23	1,70	14,75	0,98
		50-60	22,99	1,37	20,87	1,16
		60-80	45,45	2,55	43,18	2,40
		80-100	87,94	4,97	81,89	4,66
<b>Total acumulado</b>			<b>236,46</b>	<b>14,87</b>	<b>210,33</b>	<b>12,99</b>
Reflorestamento 5 anos	LATOSSOLO AMARELO	0-10	23,84	2,11	23,84	2,11
		10-20	16,52	1,51	16,52	1,51
		20-30	12,56	1,15	12,52	1,15
		30-40	10,06	0,99	9,86	0,97
		40-50	7,90	0,83	7,78	0,82
		50-60	6,81	0,73	6,81	0,73
		60-80	10,74	1,25	10,74	1,25
		80-100	8,71	1,02	8,71	1,02
<b>Total acumulado</b>			<b>97,15</b>	<b>9,59</b>	<b>96,78</b>	<b>9,56</b>
Reflorestamento 3 anos	LATOSSOLO AMARELO	0-10	17,99	1,68	18,05	1,68
		10-20	14,28	1,50	13,43	1,39
		20-30	10,38	1,00	10,48	1,01
		30-40	7,71	0,80	7,83	0,81
		40-50	6,36	0,67	6,31	0,67
		50-60	5,57	0,62	5,64	0,63
		60-80	9,90	1,13	10,35	1,18
		80-100	11,44	1,26	9,97	1,10
<b>Total acumulado</b>			<b>83,62</b>	<b>8,66</b>	<b>82,06</b>	<b>8,47</b>

Nas áreas de pastagem e reflorestamento de 7 anos os estoques de carbono e nitrogênio apresentaram distribuição diferenciada em profundidade. Isto ocorreu devido a

características inerentes a classe dos NEOSSOLOS FLÚVICOS, com distribuição errática dos teores de carbono e nitrogênio em profundidade. Nestas camadas foi ainda observada distribuição irregular dos teores de argila e de densidade do solo (Figuras 31 e 32). Para as demais áreas, representadas pelo LATOSSOLO AMARELO, nos reflorestamentos de 5 e 3 anos de idade, foi observada pouca variação dos valores de estoques de carbono e nitrogênio, teores de argila e densidade do solo em profundidade.



**Figura 31.** Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total nos perfis de solo.



**Figura 322.** Representação do conteúdo de argila e da densidade do solo nos perfis de solo.

Segundo Neff et al. (2002) o ciclo do nitrogênio está intimamente relacionado ao ciclo do carbono. De acordo com Bais (2008), pode-se considerar que o responsável pela maior concentração de CO<sub>2</sub> no solo pode ser o elevado nível de N, que, em contrapartida, tem seus processos de absorção influenciados pela alta concentração de CO<sub>2</sub>, com sua disponibilidade para as plantas regulada pela mesma. Dessa forma, os estoques de N acompanharam as variações dos estoques de carbono, sendo que os maiores valores de C e N foram observados nos primeiros 30 cm, com decréscimo em profundidade. Este maior valor nas primeiras

camadas, pode ser atribuído a maior quantidade de raízes e a deposição de matéria orgânica oriunda de resíduos vegetais dos plantios florestais e a ausência de ações antrópicas, além da herança do carbono estocado no passado pelo sistema de uso da terra (pastagem).

Outra explicação seria que o padrão de descréscimo nos teores de carbono e nitrogênio do solo, em igual proporção, em profundidade, estaria relacionado com a abundância de espécies da família Fabaceae (leguminosas) predominantemente plantadas nas porções destinadas ao projeto de recomposição florestal da área estudada, como constatada no Capítulo I deste estudo. De acordo com a Figura 32, é possível perceber que as três áreas reflorestadas tiveram o mesmo comportamento quando comparadas a área de testemunha (pastagem) no que tange o maior estoque de N na primeira camada de solo avaliada, com descréscimo do mesmo em profundidade. Essa primeira camada recebe constantemente material vegetal (serrapilheira) rico em nitrogênio, bem como da maior eficiência no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) no solo, de acordo com as espécies utilizadas para estes plantios. Tal fato, afirma a importância dos plantios de recomposição florestal para recuperação ambiental a partir de espécies vegetais que possam introduzir N no sistema por meio do processo de FBN, aumentando as possibilidades de acumular matéria orgânica no solo (ZOTARELLI et al., 2002).

Resultados semelhantes foram encontrados por Tarré et al. (2001) que, avaliando o uso de espécies de leguminosas forrageiras em pastagens no sul do Estado da Bahia, constataram o aumento do teor de carbono nas camadas superficiais do solo e atribuíram este resultado ao aumento do nitrogênio no solo promovido pela fixação biológica deste elemento pelas espécies de leguminosas. Loss (2011), avaliando o estoque de carbono e nitrogênio em dois diferentes sistemas agrícolas no Cerrado Goiano, observou os maiores teores destes elementos nas primeiras camadas do solo avaliadas, afirmando ser decorrente do maior aporte de resíduos vegetais, através das rotações de culturas nas áreas agrícolas e da deposição de serrapilheira oriunda das espécies do bioma Cerrado.

O mesmo padrão de proporção foi observado para as variáveis teores de argila e densidade do solo, porém, apresentando, em geral, menores valores nos primeiros centímetros do solo, com pouca variação dos percentuais em profundidade. Entre as áreas de reflorestamento e pastagem avaliadas, os plantios florestais apresentaram os menores valores de densidade do solo na primeira camada (0-10 cm), em comparação a esta mesma camada sob a área testemunha (pastagem). Os menores valores para as áreas reflorestadas podem ser atribuídos a conversão no uso da terra, de sistema agrícola convencional para uso conservacionista do solo com plantio de essências florestais, segerindo-se que o componente arbóreo foi responsável por melhorias das condições físicas do solo. Já a área com pastagem, permanece sob intenso uso, e a maior densidade do solo pode ser decorrente do pisoteio animal.

Para o estoque de carbono acumulado em profundidade, Sisti et al. (2004), em estudo sobre as mudanças no estoque de carbono do solo no sul do Brasil, ao comparar áreas com uso alternativo do solo e área de floresta natural regenerada, constataram, na profundidade de 100 cm, valores entre 179 Mg C ha<sup>-1</sup> para o estoque de carbono orgânico do solo sob sistema de plantio direto; 165 Mg C ha<sup>-1</sup> para o solo sob preparo convencional; e 171 Mg C ha<sup>-1</sup> estocado para a floresta secundária.

Avaliando plantios de restauração florestal da Mata Atlântica com 6 anos de idade, em LATOSSOLO AMARELO, Ferez (2010) mostrou alta variabilidade entre os valores de estoque de carbono no solo, comparando todas as parcelas do estudo, a 30 cm de profundidade, de 28 Mg C ha<sup>-1</sup> a 43 Mg C ha<sup>-1</sup>. O autor relata a dificuldade de avaliação precisa deste compartimento, atribuindo a esse fator a razão da não utilização nas metodologias de projetos florestais de MDL, além dos altos custos para a amostragem.

Partindo dessa premissa, são poucos os projetos que consideram o papel do solo como compartimento potencialmente capaz de sequestrar carbono, visto a sua sensibilidade a variações do meio no espaço e no tempo. Entretanto, para o estudo citado anteriormente, o autor utilizou apenas o método sugerido pelo IPCC para estimar a biomassa contida no solo. Para as áreas reflorestadas da bacia do rio Guapiaçu, a utilização deste método aliada a um segundo (massa equivalente) confirmou a proximidade dos dados, evidenciando a importância de se validar a consistência dos resultados com um método alternativo. Dessa forma, pode-se concluir que é possível, a partir da confirmação da confiabilidade dos dados, incluir este compartimento do ecossistema terrestre em projetos do MDL que visam a recomposição florestal, levando-se em consideração cada classe de solo com suas características peculiares.

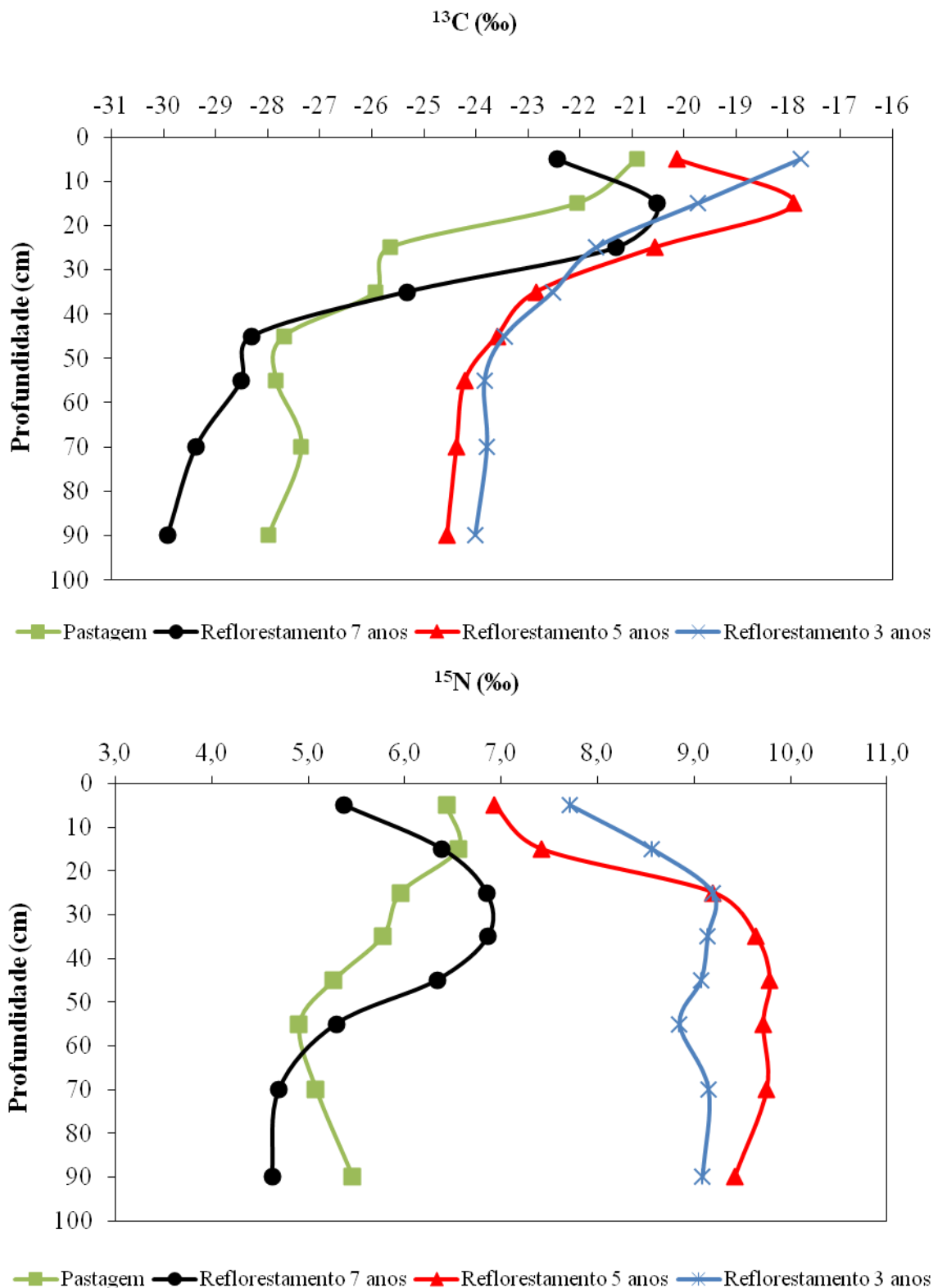
#### **5.3.4 Abundância natural e origem do $^{13}\text{C}$ (‰) e $^{15}\text{N}$ (‰) no solo**

De acordo com os resultados da abundância natural do  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , foi identificada a origem do material vegetal. A partir dessa observação foi possível avaliar a dinâmica do  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ .

Na Figura 33 é apresentada a distribuição dos isótopos  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$  em profundidade para as áreas de reflorestamento e para a área testemunha (pastagem). Para as quatro áreas, foi constatada diferentes origens vegetais na análise das variações da abundância dos isótopos, em profundidade no perfil de solo.

Nas porções de paisagens estudadas da bacia do rio Guapiaçu, observa-se que houve conversão da vegetação nativa, pela faixa de valores em literatura de -20‰ e -35‰ para plantas do ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  e -9‰ e -19‰ para plantas  $\text{C}_4$ , até a profundidade analisada de 100 cm, de plantas predominantemente de origem  $\text{C}_3$  (com valores de -30 a -23‰) para uma tipologia vegetal de origem  $\text{C}_4$ , constatada na análise dos dados da profundidade de 45 cm. De acordo com o histórico da área, a vegetação original foi removida, sendo a área utilizada intensamente com agropecuária por longo período de tempo. Tal fato pode ser constatado pelos valores de delta  $^{13}\text{C}$ , com o início na mudança do uso da terra marcado na profundidade de 45 cm, provavelmente com a entrada da planta  $\text{C}_4$  (gramínea, pela pastagem) no sistema, e tendo o fim dessa forma de uso marcado na profundidade de cerca de 15 cm, provavelmente quando as áreas foram reflorestadas, com introdução de plantas  $\text{C}_3$  no sistema.

Para a profundidade de 0 a 15 cm (exceto para a área testemunha), foi possível observar a introdução de uma nova fonte de carbono, apresentando valores de delta  $^{13}\text{C}$  entre -22,5 e -18 ‰, mostrando a existência de plantas do ciclo fotossintético  $\text{C}_3$ . Afere-se que este foi o momento em que as áreas de pastagem foram convertidas para o plantio de espécies de essências florestais, no projeto de recomposição florestal.



**Figura 333.** Representação dos valores de  $^{13}\text{C}$  (‰) e  $^{15}\text{N}$  (‰) nos solos sob áreas de recomposição florestal de diferentes idades e sob pastagem, na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ.

Para o reflorestamento de 3 anos de idade, não houve mudança indicativa de conversão da tipologia vegetal de plantas  $\text{C}_4$  para  $\text{C}_3$ , constatado nas primeiras camadas superficiais do solo. Tal fato ocorreu provavelmente pela menor idade (3 anos) desta área

dentre os demais plantios de recomposição florestal, onde foi observada no campo a presença de braquiária, competindo com as mudas florestais. Dessa forma, conclui-se que para esta área a gramínea (planta C<sub>4</sub>) ainda tem influência relevante sobre a abundância natural do <sup>13</sup>C na matéria orgânica do solo e não houve tempo suficiente para as espécies florestais influenciarem essa propriedade.

Avaliando a origem do  $\delta^{13}\text{C}$  no Estado de São Paulo, Mondenesi et al. (1982), encontraram valores para a camada superficial do solo sob floresta entre -24,5 e -26,5‰ e aproximadamente -14,5‰ na camada superficial sob gramínea.

Coutinho et al. (2010), em estudos com áreas sob diferentes tipos de uso do solo, observaram valores médios, na profundidade de 100 cm, para  $\delta^{13}\text{C}$  de -26 a -24‰, em solo sob área de mata nativa; -24 a -17‰, para a área de pasto; e -23 e -18‰, para área sob plantio de eucalipto.

Resultados similares ao desse estudo, na bacia do rio Guapiaçu, foram obtidos por Libardi et al. (2007) que, avaliando reflorestamento de áreas degradadas pelo intenso uso de pastagem, observaram mudança na origem do C no solo devido ao uso agrícola. No primeiro momento, os valores variaram a  $\delta^{13}\text{C}$  em profundidade aumentando de -26,0‰ a -23,95‰, evidenciando a conversão da cobertura florestal em área de pastagem pelo acréscimo na influência do carbono C<sub>4</sub>. Em um segundo momento, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  diminuíram até -25,52‰, constatando a influência do reflorestamento pelo decréscimo no valor de  $\delta^{13}\text{C}$ , indicando a adição de carbono de C<sub>3</sub>.

No que concerne as observações da abundância natural do <sup>15</sup>N, que de acordo com literatura varia de -10 a +10‰, foi observada a mudança na  $\delta^{15}\text{N}$  quando da conversão das áreas de vegetação original em pastagem (na profundidade de 45 cm), havendo um posterior enriquecimento de N, provavelmente pela adubação mineral ou plantio de alguma lavoura que influenciou esse valor. Contudo, na profundidade de cerca de 25 cm, constatou-se a mudança para outra fonte de matéria orgânica, agora oriunda de plantio das espécies florestais no projeto de recomposição florestal das áreas com 3, 5 e 7 anos de idade (Figura 31), exceto para a área testemunha (pastagem).

Avaliando os isótopos do solo em Floresta Ombrófila Densa no Estado de São Paulo, Martins et al. (2007) verificaram valores de <sup>13</sup>C variando em profundidade de -28,3 a -25,0‰ e de <sup>15</sup>N variando de 5,22 a 8,68‰, condizendo com o observado neste estudo. Loss (2011) encontrou valores de <sup>15</sup>N similares aos aqui observados, onde os menores valores foram atribuídos à área sob domínio de floresta natural do Cerrado Goiano (6,10 a 8,52‰) e os maiores para as áreas agrícolas (6,62 a 11,66‰, para o sistema convencional de uso do solo e 6,44 a 11,82‰, para o sistema de plantio direto).

Como observado para a  $\delta^{13}\text{C}$ , os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  para a vegetação original foram diferenciados de acordo com as classes de solos, a partir dos dados observados nas maiores profundidades (Figura 33). Para as áreas de NEOSSOLO FLÚVICO, foram observados valores na vegetação original para  $\delta^{15}\text{N}$  variando de 4,5 e 5,5‰ e  $\delta^{13}\text{C}$  entre -30 e -28. Já para as áreas de LATOSSOLO AMARELO estes valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de cerca de 9 a 10 ‰, onde também apresentaram maiores valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (-24 e -23‰), que mostra a existência de espécies de plantas do ciclo C<sub>4</sub>.

Os maiores valores de <sup>15</sup>N nessas áreas, como para <sup>13</sup>C sugere indícios de paleovegetação. Segundo a classificação de Veloso et al. (1991), as áreas avaliadas dos reflorestamentos de 3 e 5 anos de idade, representadas pelo LATOSSOLO AMARELO, apresentam a cobertura vegetal original de fitofisionomia caracterizada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (conforme descrito no Capítulo I). Entretanto, de acordo com estes autores, estas unidades da Floresta Ombrófila Densa (FOD) podem ser resultantes de mudanças de paisagens, evoluídas, por exemplo, das “Formações Pioneiras de Influência Fluvial”. Estas formações vegetais são ecótípicas de planícies que se desenvolvem em solos

instáveis, submetidos a inundações periódicas por influência de rios ou das marés, e são formadas, em geral, por uma espécie dominante. À medida que evoluem, aumenta a biodiversidade e a complexidade estrutural, diversificando a estrutura das comunidades e de formas de vida. A partir do momento em que deixam de ser formações homogêneas, com apenas um estrato arbóreo, são consideradas florestas de planície, ou FOD das Terras Baixas.

Todavia, não se pode deixar de considerar que a ação antrópica também tem forte influência na mudança da estrutura da comunidade florestal. Registros históricos indicam que na década de 1930, obras de retificação, canalização e dragagem foram realizadas nos principais rios da região que abrange o município de Cachoeiras de Macacu, o que resultou na mudança das comunidades florestas originais, com vegetação típica pantanosa, em lavouras. Cabral & Fiszon (2004) e Antunes et al. (2009), afirmam que a drenagem das áreas alagadas de baixada possibilitou o adensamento populacional local, dando espaço para as propriedades rurais.

Com base nestas informações e pelo histórico da área, corrobora-se a existência de paleovegetação, onde a cobertura da vegetação original destas porções do reflorestamento estudado na bacia do rio Guapiaçu era representada por uma única espécie, pioneira e que se desenvolvia, sobretudo, em terrenos periodicamente alagados. Com base em informações de descrições mais antigas da região, sugere-se uma formação paleovegetativa tipicamente composta pela espécie *Tabebuia Cassinoides* (caixeta).

### 5.3.5 Sequestro de carbono total no ecossistema terrestre dos reflorestamentos

Com base nos resultados totais de estimativa de estoque de carbono levantados para esse estudo, nos quatro compartimentos do ecossistema terrestre (aéreo, radicular, manta orgânica e solo), foi possível aferir, através do somatório dos seus estoques médios de carbono, que o sequestro biológico de carbono nos reflorestamentos obedeceu a seguinte ordem: aéreo > solo > serrapilheira > radicular (Tabela 16).

**Tabela 166.** Estimativa média total do sequestro biológico (estoque de carbono) dos quatro compartimentos do ecossistema terrestre analisados na bacia do rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ.

	Área amostrada (m <sup>2</sup> )	BVAS	BRA	BS	BMO	Total estocado
		(Mg C ha <sup>-1</sup> )				
Reflorestamento 3 anos	6000	13,13	3,28	10,26	3,82	<b>30,49</b>
Reflorestamento 5 anos	2400	14,77	3,64	12,10	5,79	<b>36,30</b>
Reflorestamento 7 anos	3600	21,92	5,19	26,29	5,33	<b>58,73</b>
<b>Total estocado</b>	<b>12000</b>	<b>49,82</b>	<b>12,11</b>	<b>48,65</b>	<b>14,94</b>	<b>125,52</b>

BVAS=biomassa viva acima do solo; BRA=biomassa da raiz; BS=biomassa do solo e; BMO=biomassa da manta orgânica

Resultados distintos foram observados por Coutinho (2009), estimando a fitomassa seca em floresta secundária no Estado de São Paulo, que constatou distribuição nos diferentes compartimentos da floresta, a partir de total médio de 138,9 Mg ha<sup>-1</sup>: 65,7 % pelos indivíduos adultos; 5,6 % pelo sub-bosque; 5,9% pela manta orgânica; 3,3 % por indivíduos mortos e 19,5 % pelo sistema radicular.

Da mesma forma, Ferez (2010) constatou, em estudo comparativo entre estoques de C em áreas de restauração florestal com 6 anos de idade no bioma Atlântico com o tipo de manejo adotado na fase pós-plantio, que o sequestro biológico seguiu a ordem: aéreo > radicular > serrapilheira.



De acordo com os resultados totais na bacia do rio Guapiaçu, pode-se afirmar que o carbono estocado na biomassa dos compartimentos do ecossistema terrestre mostrou-se mais efetivo no compartimento aéreo e solo, evidenciando-se a importância destes estudos nos projetos de recomposição florestal. Principalmente para o monitoramento das áreas, a avaliação concreta dos serviços ambientais gerados por estas formações florestais torna-se de grande interesse aos projetos ambientais de crédito de carbono.

## 5.4 CONCLUSÕES

Os estoques de carbono e nitrogênio no perfil do solo apresentaram comportamento peculiar a cada classe de solo estudada;

O método de correção de massa e o método sugerido pelo IPCC permitiram avaliar a consistência dos resultados de estoque de carbono, o que possibilitou sugerir a inclusão deste compartimento do ecossistema terrestre nos projetos florestais do MDL;

Os estoques de carbono na biomassa da raiz apresentaram-se condizente com o padrão de 20% do total de biomassa acima do solo, apresentando menor percentual para a mata nativa e maior para o reflorestamento mais jovem, constatando que a alocação de carbono na biomassa radicular diminui à medida que se aumenta a produção da biomassa aérea;

A conversão de áreas de vegetação original do bioma Mata Atlântica em áreas de pastagem durante determinado período de tempo, conduziu mudanças na abundância natural do  $\delta^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , comprovada pela variação destes isótopos em profundidade, representando acréscimo na influência do carbono de plantas  $\text{C}_4$ .

O aumento do sequestro biológico de carbono de acordo com todos os compartimentos do ecossistema florestal analisado se deu na seguinte ordem: aéreo > solo > serrapilheira > radicular.

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

Perante a complexidade dos processos ecológicos de um ecossistema natural, as áreas em recuperação necessitam de continuidade na avaliação e monitoramento nesta fase de pós-implantação para que seja alcançada a sustentabilidade.

A condução da regeneração natural e o plantio de enriquecimento com o material genético da própria reserva seria suficiente para garantir o processo de restauração das áreas, tendo em vista a diversidade florística de suas áreas naturais.

O método não-destrutivo para avaliar a biomassa acima do solo mostrou-se efetivo para o presente estudo. Contudo, é necessária a confirmação dos valores de teores de carbono através do método destrutivo para as áreas reflorestadas.

Outros estudos se fazem necessários para verificar a eficiência do método do  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  para se determinar as reais fontes do carbono C e N do solo, como estudos das tipologias de fitólitos (espículas) presente nos solos e mesmo datação.

Mediante a disponibilidade de recursos financeiros e logística operacional, é possível estabelecer projetos sócio-ambientais de carbono incluindo os demais compartimentos do ecossistema terrestre como o solo.

Os estudos de quantificação de biomassa e estimativas de estoques de carbono nos compartimentos aéreos e no solo das áreas reflorestadas podem ser usados como referência para elaboração de projetos de neutralização de carbono na esfera do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) relacionados à atividade de recuperação de áreas degradadas com o plantio de essências florestais nativas.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo podem contribuir com as discussões acerca da agregação de valor às florestas, criando estratégias de gestão no contexto da mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais.

Com base nos valores totais de cada compartimento do ecossistema terrestre, é possível elaborar projetos de MDL, enfocando números que visam à implementação de projetos florestais para a geração de crédito de carbono.

Sendo a Mata Atlântica um bioma prioritário de conservação e preservação ambiental, a recuperação de suas áreas degradadas se torna relevante não só à geração de serviços ambientais, como também aqueles de cunho sócio-econômico na transformação da venda de crédito de carbono em fonte de renda. Dessa forma, tal fato se torna um estímulo para donos de propriedades passíveis de recuperação ambiental, que necessitam se adequar às exigências legais como a preservação de APP's e a averbação de Reservas Legais.

No caso de propriedades particulares que determinam suas áreas à criação de Unidade de Conservação (Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN), como é o caso da REGUA, a conservação de ecossistemas naturais visando à geração de crédito de carbono pode se tornar prática elegível para as atividades de projetos do MDL, podendo ser inserido no respectivo plano de manejo da área.

Em relação à estimativa do tempo de efetividade máxima dos reflorestamentos para atingir a produtividade da floresta nativa, é possível afirmar que os plantios têm expectativas de acumular biomassa comparável à de florestas naturais maduras. Espera-se que estas áreas atinjam a eficiência de estocagem da floresta nativa, visto que os remanescentes florestais avaliados nessa pesquisa foram classificados em sua maior proporção como sendo clímax, ou seja, floresta em estágio final de desenvolvimento (baseado na Resolução do CONAMA 006/94).

Reflorestamentos com intuito de restauração ecológica são importantes fontes de captação de carbono atmosférico e podem apresentar resultados significativos, desde que conduzidos de forma correta como, por exemplo, na escolha ideal das espécies, que irão determinar o sucesso inicial do implemento, observado pelas espécies do grupo ecológico das pioneiras e da família taxonômica das Fabaceas, sendo a REGUA um modelo de restauração de áreas a ser seguido. O conhecimento sobre a composição e estrutura de comunidades florestais também se torna relevante para embasar ações de conservação e restauração.

Com efeito, recomenda-se o monitoramento das áreas de plantios na fase de pós-implantação para que seja alcançada a reabilitação dos ecossistemas. Ações que visam a preservação dessas áreas após a criação da Unidade de Conservação (RPPN) podem ser tomadas como estratégia de gestão sustentável. A criação de pomares de sementes, onde o produto extraído será usado para fomentar novos reflorestamentos e de áreas de sistemas agroflorestais podem ser planejadas a partir de um programa de recomposição florestal.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2005**. Brasília: 2006. 80p.

ALIANÇA PARA CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Disponível em <[www.aliancamataatlantica.org.br](http://www.aliancamataatlantica.org.br)>. Acesso em 24/06/2011.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Emprego de isótopos estáveis para o estudo do carbono e do nitrogênio no sistema solo-planta**. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (eds.). *Processos biológicos no sistema solo-planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília, Embrapa-SCT, 2005. p.343-350.

ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Métodos Isotópicos**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (eds.) *Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 2ª Ed. Cap.15, p.229-241.

ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A. M.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **For Ecol Manag**, v.260, p.679–691, 2010.

ALVES, P. S. **Diversidade de palmeiras em pequenos fragmentos de Mata Atlântica no Rio de Janeiro**. Monografia, UFRRJ, Seropédica, 2010. 30p.

AMADOR, D. B. **Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais**. In: KAGEYAMA, P. Y. et al (Ed). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAF, 2003. p.333-340.

AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza**. Rio de Janeiro: E. S. Amador, 1997. 539p.

AMUNDSON, R. The carbon budget in soils. **Annual Review of Earth and Planetary Science**, Palo alto, v.29, p.535–562, 2001.

ANTUNES, V. Z.; MAIA, V. C.; UZEDA, M. C. **Pré-história e história da ocupação humana**. In: Plano de Manejo APA da Bacia do Rio Macacu, Encarte 4-APA da Bacia do Rio Macacu e sua área de influência. Rio de Janeiro, Instituto BioAtlântica e PDA/MMA. 2009. p.15-31.

ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; MEIRA-NETO, J. A. A.; LANI, J. L.; PIRES, I. E. Florística da vegetação arbustiva-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.107-116, 2005.

BAAR, R.; CORDEIRO, M. R.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Floristic inventory of secondary vegetation in agricultural systems of East-Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, v.13 (3), p.501-528. 2004.

BAIS, C. R. **Tamanho de parcelas para quantificação de biomassa e carbono em uma Floresta Ombrófila Densa na Mata Atlântica.** Dissertação de Mestrado. ESALQ, USP. Piracicaba, SP. 2008. 74 p.

BARBOSA, K. C.; PIZO, M. A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restoration Ecology**, v.14, n.4, p.504-515, 2006.

BARBOSA, L. M. (Coord.). **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo:** matas ciliares do interior paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. 128p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica.** In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (eds.). Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. 1ª Ed. Cap.2, p.9-26.

BEDUSCHI, L. E. C. **Redes sociais em projetos de recuperação de áreas degradadas no Estado de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. ESALQ, USP. Piracicaba, SP. 2003. 145 p.

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; NAVE G. A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica.** In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. p. 176-218.

BERNARDO, C. S. S. **Reintrodução de mutuns-do-sudeste *Crax blumenbachii* (Cracidae) na Mata Atlântica da Reserva Ecológica de Guapiaçu (Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil).** Tese de Doutorado. ENESP. Rio Claro, SP. 2010. 153p.

BERNARDO, C. S. S.; LLOYD, H. BAYLY, N; GALETTI, M. Modelling post-release survival of reintroduced Red-billed Curassows *Crax blumenbachii*. **The International Journal of Avian Science**, Ibis (2011), v.153, p.562–572.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; NEIL, C.; MORAES, J. F. L. The use of stable isotopes for estimating soil organic matter turnover rates. **Geoderma**, v.82, p.43-58. 1998.

BIRDSEY, R.; CANNELL, M.; GALINSKI, W.; GINTINGS, A.; HAMBURG, S.; JALLOW, B.; KIRSCHBAUM, M.; KRUG, T.; KURZ, W.; PRISLEY, S.; SCHULZE, D.; SINGH, K.D.; SINGH T.P.; SOLOMON, A.M.; VILLERS, L.; YAMAGATA, Y. **Afforestation, Reforestation, and Deforestation (ARD) Activities.** In: WATSON, R.; NOBLE, I.; VERARDO, D. (Ed.). Land use, land-use change, and forestry: special report to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, chap.3, p.283-338, 2000.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; MACEDO, M. O.; OLIVEIRA, O. C.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. **Potential of carbon sequestration in soils of the Atlantic Forest region of Brazil.** In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. (ed.). Carbon sequestration in soil of Latin America. New York: Howarth, 2006. Part II, cap. 15A, p.305-348.

BORÉM, R. A. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de Mata Atlântica, no município de Silva Jardim - RJ, Brasil. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.727-742, Viçosa - Mg. 2002.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na Região Sul de Minas Gerais. *Rev. Cerne*, v.2, p.4-13, 1996.

BOUTTON, T. W.  **$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  fractionation and its utility in terrestrial plant studies.** In: COLEMAN, D. C.; FRY, B. Carbon isotope techniques. San Diego: Academic Press, 1991. chap.12, p.186-200.

BRASIL. **Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965.** Código Florestal. Diário oficial da União, Brasília, 16 set. 1965.

BRASIL, **Resolução CONAMA Nº 6, de 04 de maio de 1994.** Determina a apresentação de parâmetros mensuráveis para análise dos estágios de sucessão ecológica da Mata Atlântica. Diário oficial da União, Brasília, Nº101, 30 de maio de 1994, Seção 1, páginas 7913-7914.

BRASIL. Ministério da Ciência e da Tecnologia. Ministério das Relações Exteriores. **Protocolo de Quioto: Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Brasília, DF, 1997. 29p.

BRASIL. **Lei 9.985 de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Diário oficial da União, Brasília, p.1, 19 jul. 2000. Seção I.

BRASIL. Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Emissões e remoções de dióxido de carbono por conversão de florestas e abandono de terras cultivadas. 2002. Disponível em: < <http://www.mct.gov.br> > Acesso em 20/06/2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente / SBF. **Áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartições de benefícios da biodiversidade brasileira.** In: Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira - PROBIO. Brasília, Ministério do Meio Ambiente/SBF, 2003. 340p.

BRASIL. **Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Diário oficial da União, Brasília, 26 dez. 2006.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE (IBAMA). **Instrução Normativa Nº 06, de 23 de setembro de 2008.** Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Brasília: IBAMA, 2008.

BRITEZ, R. M.; BORGIO, M.; TIEPOLO, G.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoques e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta atlântica do sul do Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 165p.

BROWN, S.; LUGO, A.E. The Storage and Production of Organic Matter in Tropical Forests and Their Role in the Global Carbon Cycle. **Biotropica**, Washington, v.14, n.3, p.161-187, 1982.

BROWN, S.; LUGO, A. Forest Tropical Secondary. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, p.1-32, 1990.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. Rome: FAO, 1997. 55p. (Forestry Paper, 134).

BROWN, S.; DELANEY, M.. Preliminary Carbon-Offset Report for the Guaraqueçaba. Climate Action Project. **Winrock International**, Arlington, VA. 2000.

BROWN, S.; MASERA, O.; SATHAYE, J. **Project-based activities**. In: WATSON, R.; NOBLE, I.; VERARDO, D. (ed.) Land use, land-use change, and forestry: special report to the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge: Cambridge University Press, chap.5, p.283-338, 2000.

BUCKERIDGE, M. S. **Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil**. Editora Rima, São Carlos – SP, 2008. 289p.

CABRAL, D. C.; FISZON, J. T. Padrões sócio-espaciais de desflorestamento e suas implicações para a fragmentação florestal: Estudo de caso na Bacia do Rio Macacu, RJ. **Scientia Forestalis**, v.66, p.13-24. 2004.

CABRAL, D. C. ‘Pau-para-toda-obra’: Paisagem Florestal e Usos da Madeira na Bacia do Rio Macacu, Rio de Janeiro, final do século XVIII. In: III Encontro da ANPPAS, Brasília, DF. 2006. 17p.

CAIRNS, M.A.; BROWN, S.; HELMER, E.H.; BAUMGARDNER G.A. Root biomass allocation in the world’s upland forests. **Oecologia**, Berlin, v.111, p.1-11, 1997.

CARVALHO, F. A.; BRAGA, J. M. A.; GOMES, J. M. L.; JOSIVAL, S. S.; MARCELO T. N. Comunidade arbórea de uma floresta de baixada aluvial no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Cerne**, Lavras, v.12, n.2, p.157-166, abr./jun. 2006.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.277-289, 2010.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. Rio de Janeiro, 2001. 35p.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL**. Rio de Janeiro, 2002. 52p.

CERRI, C. C.; EDUARDO, B. P.; PICCOLO, M. C. Use of stable isotopes in soil organic matter studies. In: International Symposium on the use of stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies, Vienna, 1990. **Proceedings**, Vienna: International Atomic Energy Agency, 1991. p.247-259.



CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. **Sci. Agric.**, v.64, p.83-99, 2007.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Agricultura e aquecimento global. B. Inf. **SBCS**, v.23, p.40-44, 2007.

CERLING, T. E.; QUADE, J.; WANG, Y. BOWMAN, J. R. Carbon isotopes in soils and paleosols as ecology and paleoecology indicators. **Nature**, 341: 138-139. 1989.

CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v.53, n.4, p.671-681, 1993.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M.; CHAMBERS, J. C.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, Berlin, v.145, p.87-99, 2005.

CLARK, D. A.; BROWN, S.; KICKLIGHTER, D. W.; CHAMBERS, J. Q.; THOMLINSON, J. R., NI, J. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. **Ecological Applications**, Washington, v.11, p.356-370, 2001.

CLEVELÁRIO, J. J. et. al.. Biomassa e balanço de nutrientes na Bacia do Rio da Cachoeira, Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro. **Anais**. IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindóia, SP. v.2, p.126-134, 1998.

CONVENÇÃO DO CLIMA. Convenção sobre a Mudança do Clima. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Publicado pela Unidade de Informações sobre Mudança do Clima (**PNUMA**). Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil, 1995.

COTTA, M. K; TONELLO, K. C. **Os projetos Florestais no Contexto das Mudanças Climáticas**. Agrener, 2005. 8 p.

COUTINHO, R. P. **Estoques de Carbono e Emissão de N<sub>2</sub>O no Sistema Solo-Planta em Região da Mata Atlântica**. Dissertação de Mestrado. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2009. 68p.

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES ANATOLY, Q. A.; JANTALIA, C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N<sub>2</sub>O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.2, p.195-203, fev. 2010.

COUTO, A. V. S. **Padrões de habitats das espécies de *begonia* (Begoniaceae) na Reserva Ecológica de Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil**. Monografia. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2010. 63p.

CPRM. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**: texto explicativo e mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. Serviço Geológico do Brasil. Departamento de Recursos Minerais – DRM. Brasília: CPRM. 2 ed. Revista em 2001. CD-ROM.

CUNNINGHAM, R. H. The effect of clearing a tropical forest soil. **Journal of Soil Science** v.14, p.334-344, 1963.

DONADIO, N. M. M.; PAULA, R. C.; GALBIATTI, J. A. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente florestal ripário no município de Guariba, Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v.21, n.1, p.1-17, jun. 2009.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.529-538, 1995.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**, EMBRAPA/SNLC. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EWEL, J. J. **Restoration is the ultimate test for ecological theory**. In: JORDAN III, W.; GILPIN, M.E.; ABER, J. D. (ed.). *Restoration ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p. 31-33.

FEARNSIDE, P. M; GUIMARÃES, W. M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.80, p.35-46, 1996.

FEARNSIDE, P. M. The potential of Brazil's forest sector for mitigating global warming under the Kyoto Protocol. *Mitig. Adapt. Strat. Global Change*, v.3 p.355-372, 2001.

FEREZ, A. P. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de seqüestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica**. Dissertação de Mestrado. ESALQ, USP. Piracicaba, SP. 2010. 108p.

FERNANDES, C.; MELLONI, E.; PRADO, M. Relação entre composição florística e solo em um remanescente de Mata Atlântica, na área do entorno da pequena central hidrelétrica Luiz Dias, Itajubá/MG. *In: COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS – VI Simpósio Brasileiro sobre pequenas e médias centrais hidrelétricas Belo Horizonte – MG*, 2008.

FERNANDES, F. A.; CERRI, C. C.; FERNANDES, A. H. B. M. <sup>13</sup>C e a Dinâmica do Carbono Orgânico do Solo em Pastagem Cultivada no Pantanal Sul-mato-grossense. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: ISSN 1981-7215, Corumbá, MS: EMBRAPA CPAP, 2007. 19 p.

FINOTTI, R.; KURTZ, B. C.; GARAY, I. Variação na estrutura diamétrica, composição florística e características sucessionais de fragmentos florestais da bacia do rio Guapiaçu (Guapimirim/Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v.26(2), p.464-475. 2012.

FORSTER, H. W.; MELO, A. C. G. Biomassa aérea e de raízes em árvores de reflorestamentos heterogêneos no Vale do Paranapanema, SP. **IF Série Registros**, São Paulo, n.31, p.153-157, jul. 2007.

FRANGETTO, F. W.; GAZANI, F. R. **Viabilização jurídica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil - O Protocolo de Kyoto e a cooperação internacional**. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF: IIEB - Instituto Internacional de Educação no Brasil, 2002. 477p.

FREITAS, S. R. **Modelagem de dados espectrais na análise de padrões de fragmentação florestal na bacia do rio Guapiaçu (RJ)**. Tese de Doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 2004. 373p.

FREITAS, S. R.; MELLO, M.C.S.; CRUZ, C.B.M. Relationships between Forest structure and vegetation indices in Atlantic Rainforest. **Forest Ecology and Management**, v.218, p.353-362, 2005.

FUKUDA, M.; IEHARA, T.; MATSUMOTO, M. Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. **Forest Ecology and Management**, v.184, n.1-3, p.1-16, 2003.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Disponível:< <http://www.sosmataatlantica.org.br> > Acesso em 09/06/2009.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Disponível:< <http://www.sosmataatlantica.org.br> > Acesso em 22/12/2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA: Programa Florestas do Futuro. O Papel das florestas nas mudanças ambientais globais: método para estimar biomassa na Mata Atlântica. Disponível em <<http://www.florestas dofuturo.org.br>>. Acessado em 23/08/2010.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DUCATTI, F. **Recuperação de solos degradados**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 111-16.

GREENLAND, D. J.; NYE, P. H. Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. **Journal of Soil Science**, v.10, p.284-299, 1959.

GUEDES, R. R. Composição florística e estrutura de um trecho de mata perturbada de baixada no Município de Magé, Rio de Janeiro. **Arq. Jard. Bot. Rio de Janeiro**, v.29, p.155-200. 1988.

GUEDES-BRUNI, R. R.; LIMA, H. C.; PESSOA, S. V. A.; KURTZ, B. C. **Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um trecho preservado de floresta Montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima**. In: LIMA, H. C. & GUEDES- BRUNI, R. R. (eds.) Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p.127-145. 1997.

GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon Stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, **Oxford**, v.8, p.345-360, 2002.

HÖGBERG, P. <sup>15</sup>N natural abundance in soil-plant systems. **New Phytologist**, v.137 (2), p.179-203, 1997.

HUBBELL, S. P. & FOSTER, R. B. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In: SOULÉ, M. E. (ed.). **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity**. Massachusetts, Sinauer. p.205-231. 1986.

HUSTON, M.A. **Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes**. New York, Cambridge University Press. 1995. 681p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas de Biomas do Brasil**. 2004. Disponível: < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) > Acesso em 20/06/2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**. Disponível: < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) > Acesso em 20/06/2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível: < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) > Acesso em 20/06/2010.

INSTITUTO BIOATLÂNTICA. **A bacia Guapi-Macacu**. In: Projeto entre Serras & Águas, elaboração da Proposta de Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Macacu. Material de apoio escolar para o ensino fundamental. Rio de Janeiro. Instituto BioAtlântica. 2010. 72p.

IVANAUSKAS, N. M. **Caracterização florística e fisionomia da floresta atlântica sobre a formação de Pariquera-Açu, na Zona da Morraria Costeira do Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. UNICAMP: Campinas, SP. 1997. 232 p.

IVANAUSKAS, N. M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R. R. Estrutura de um trecho de floresta Amazônica na bacia do alto rio Xingu. **Acta Amazonica**, v.34(2) 2004, p.275-299. 2004.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Supplement, WMO / UNEP, 2000. 77 p.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2001: the scientific basis. 2001. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch> >. Acesso em: 13/06/2011.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Use, Land-Use Change and Forestry. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch> > Acesso em 20/06/2010.

JACOVINE, L. A. G.; **Composição, estrutura e biomassa de fragmentos florestais**. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. UFV, Viçosa, MG, 2006. p.111-134.

JAHNEL, V. **Proposta de Delineamento de um Pomar de Sementes de Espécies Florestais Nativas**. Monografia. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2008. 50p.

JARDIM, P. S. **Crescimento e biomassa de espécies arbóreas nativas da floresta estacional em reflorestamentos no Norte do Paraná, Brasil.** Dissertação de Mestrado. UEL. Londrina, PR. 2006. 86p.

JORDANO, P.; GALETTI, M.; PISO, M. A.; SILVA, W. R. **Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação.** In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M. (eds.) *Biologia da conservação: essências.* São Carlos, SP: Rima Editora, 2006. p.411-436.

KER, J.C. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. **Geonomos**, v.5(1), p.17-40. 1993.

KINDEL, A. **A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus.** Tese de Doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 2001. 188p.

KINDEL, A.; CARMO, C. A. F. S.; LIMA, J.A.S.; SIMÕES, B.; ALVARENGA, A.P.; PÉREZ, D.V. **Ciclagem de nutrientes e estoque de carbono na serrapilheira em seringais e fragmentos da Mata Atlântica.** In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. *Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural.* UFV, Viçosa, MG, 2006. p.135-158.

KNIGHT, D.H. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. **Ecological Monographs**, v.45, p.259-28. 1975.

KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. D. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v.71, n.78/79, p.69-112, 2000.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment. **Soil and Tillage Research**, v.43, p.81-107, 1997.

LAL, R. Soil erosion and the global carbon budget. **Environment International**, Cumbria, v.29, p.437-450, 2003.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v.304, p.1623-1627, 2004.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.220, p.242-258, 2005.

LEHMANN, J.; ZECH, W. Fine root turnover of irrigated hedgerow intercropping in Northern. Kenya. **Plant and Soil**, v.198, p.19-31, 1998.

LEITÃO FILHO, H. F. (coord.). **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP).** São Paulo: UNESP: UNICAMP, 1993. 184 p.

LIBARDI, G. L.; TAMASCIA, M. L.; OLIVEIRA, H. Avaliação de um reflorestamento em uma área degradada no município de Cosmópolis, São Paulo. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu: 2007.

LINDNER, A; SATTLER, D. Biomass estimations in forests of different disturbance history in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil. **New Forests**, Published online. DOI 10.1007/s11056-011-9281-9, 2011.

LINO, C. F.; DIAS, H. **Águas e florestas da Mata Atlântica: por uma gestão integrada**. Séries políticas públicas, caderno nº27. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2003. 132 p.

LISBOA, A. C. **Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio** Dissertação de Mestrado. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2010. 49p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum, Nova Odessa. Vol.1, 5ª Ed. 2008. 384p.

LOSS, A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no Cerrado goiano**. Tese de Doutorado. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2011. 133p.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.175-187, 2004.

MACDICKEN, K. G. **A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects**. Forest Carbon Monitoring Program, Institute for Agricultural Development. Arlington: Winrock International Institute for Agricultural Development, 1997.

MANTOVANI, W. **Estrutura e Dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape-SP**. Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo. 1993. 126p.

MARTINELLI, L. A.; PICCOLO, M. C.; TOWNSEND, A. R.; VITOUSEK, P. M.; CUEVAS, E.; MCDOWELL, W.; ROBERTSON, G. P.; SANTOS, O. C.; TRESEDER, K. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. **Biogeochemistry**, v.46, p.45-65. 1999.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. 2ª ed. Campinas, Ed. da UNICAMP (Série Teses), 1993. 246p.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.3, p. 405-412, 1999.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES R. R. Gap-phase regeneration in Semideciduous Mesophytic Forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v.163, p.51-62, 2002.

MARTINS, S. C.; PICCOLO, M. C.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A.; ALMEIDA, D. Q. A.; ROSADA, C. A. Caracterização físico-química e isotópica do solo sob Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e restinga em Ubatuba, SP. *In*: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu – MG. **Anais...** Caxambu: 2007.

MATSUI, E. Utilização de isótopos estáveis em pesquisas. **Jornal Brasileiro de Ciência**, v.1, p.73-76, 1981.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington, D. C.: The general Secretariat of the Organization of American States, 1982. 162p.

MAY, P.; BOHRER, C. B. A.; OLIVEIRA NETO, S. N.; NOLASCO, S.; CAMPAGNANI, S.; VINHA, V.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J. C. L.; MOYA, P. Sistemas agroflorestais e reflorestamento para captura de carbono e geração de renda. *In*: VI Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica - ECO, 2005, Brasília - DF. **Anais do VI Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica - ECO**, 2005.

MELLO, M. C. S.; FREITAS, S. R.; CERQUEIRA, R. Estrutura da vegetação em fragmentos florestais de Mata Atlântica com base no sensoriamento remoto. *In*: VI Congresso de Ecologia do Brasil, 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003. p.133-134.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.71, p.149-154, 2006.

MONDENESI, M. C.; MATSUI, E.; VOLKOFF, B. **Relação  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  nos horizontes húmiferos superficiais e nos horizontes escuros profundos dos solos de campo e mata na região de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil**. *In*: Proc. Regional Colloquium in soil organic matter, Piracicaba, SP. p.155-160, 1982.

MORELLATO, L. P.; HADDAD, C. F. B. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, Washington, v.32, p.786-792, 2000.

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T. & KURTZ, B. C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais diferentes em Mata Atlântica de encosta na região do Imbé - RJ: primeira aproximação. *In*: IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Águas de Lindóia, SP. **Anais**, v.2, p.64-70, 1998.

MÜELLER – DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, Wiley & Sons. 1974.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. E.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspot for conservation priorities. **Nature**, 403(6772): 853-858. 2000.

NAMBIAR, S. E. K.; BROWN, A. G. Management of soil nutrients and water in tropical plantations forests. Canberra, Austrália: CSIRO, **ACIAR Monograph**, n.43. 1997. 571p.

NAPPO, M. E.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Suficiência amostral e análise do tamanho de parcela para o estudo da regeneração natural do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., em área minerada, em Poços de Caldas-MG. **Revista Árvore**, v.23, n.4, p.443-453, 1999.

NEFF, J. C.; TOWNSEND, A. R.; GLEIXNERK, G.; LEHMAN, S. J.; TURNBULL, J.; BOWMAN, W. D. Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. **Nature**, v.419, p.915-917, 2002.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região Noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.5, p.1038-1046, 2004.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídio para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, v.1, n.1, p.64-72, 1994.

OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R.; VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, P. D. **Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro**. In: ESTEVES, F. A. (ed.) *Oecologia brasiliensis: estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros*. Rio de Janeiro, Ed. da UFRJ, v.1, p.523-541. 1995.

OLIVEIRA, F. P. M.; JARDIM, M. A. G. Composição florística de uma floresta secundária no município de Igarapé-Açu, estado do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Botânica**, v.14(2), p.127-144, 1998.

ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia Forestalis**, v.38 (85), p.39-52, 2010.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de Eucalipto. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.411-420, 2006.

PEICHL, M.; ARAIN, M. A., Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, Volume 140, Issues 1-4, Pages 51-63. 2006.

PESSOA, S. V. A.; GUEDES-BRUNI, R. R.; KURTZ, B. C. **Composição florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um trecho secundário de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima**. In: LIMA, H. C. & GUEDES-BRUNI, R. R. (eds.) *Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica*. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 147-167, 1997.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Willey, 1975. 165p.

PINHEIRO, H. S. K. **Mapeamento Digital de Solos por Redes Neurais Artificiais da Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ**. Dissertação de Mestrado. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2012. 151p.

POST, W. M.; KWON, K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. **Global Change Biology, Oxford**, v.6, p.317-327, 2000.



PROGRAMA MATA ATLÂNTICA. Relatório Técnico. Jardim Botânico do Rio de Janeiro/IBAMA, Linhas de Ação em Botânica/CNPq, JOHN D. & CATHERINE T. MacArthur Foundation, Shell do Brasil S.A., **Instituto Pró-Natura**, 1992. 75p.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária.** Dissertação de Mestrado. UFV. Viçosa, MG. 2007. 128p.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.917-926, 2009.

RIZZINI, C. T. **Floresta Atlântica.** In: Rizzini, C. T. Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos. São Paulo: HUCITEC / Ed. USP, 1979. p.65-78.

ROCHA, A. E. S.; SILVA, M. F. F. **Catálogo de espécies de floresta secundária.** Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2002. 212p.

ROCHA, M. T. **O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema.** In: SANGUETA, C. R. et al. (ed.). As florestas e o carbono. Curitiba: 2002. p.1-34.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; VAN-SLUYS, M. A **biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica.** São Carlos-SP: Rima Editora. 2003. 160p.

RODERJAN, C. V. **O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro do Anhangava, Quatro Barras, PR: Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos.** Tese de Doutorado. UFPR. Curitiba, PR. 1994. 119 p.

RODRIGUES, H. C. **Composição florística e fitossociológica de um trecho de Mata Atlântica na Reserva Biológica do Tinguá, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado. Museu Nacional, UFRJ. 1996. 77p.

RODRIGUES, P. J. F. P. **A Vegetação da Reserva Biológica União e os Efeitos de Borda na Mata Atlântica.** Tese de doutorado. EENF. Campos dos Goytacases, RJ. 2004. 136p.

RODRIGUES, P. J. F. P.; ABREU, R.; QUINET, A. **Levantamento Florístico e Fitossociológico.** In: Plano de Manejo APA da Bacia do Rio Macacu, Encarte 4-APA da Bacia do Rio Macacu e sua área de influência. Rio de Janeiro, Instituto BioAtlântica e PDA/MMA. 2009. p.45-63.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento.** In. DIAS, L. E.; MELO, J. W. V. (eds.). Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.203-215.

RODRIGUES, R. R. **A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno.** Circular Técnica IPEF, n.189. Piracicaba: IPEF, 1999. 17p.

ROLIM, S. G.; NASCIMENTO, H. E. M. Análise da riqueza, diversidade e relação espécie-abundância de uma comunidade arbórea tropical em diferentes intensidades amostrais. **Scientia Forestalis**, n. 52, p.7-16, 1997.

ROSSMANN, A. Determination of stable isotope ratios in food analysis. **Food Reviews International**, v.17, p.347-381, 2001.

SALATI, E. Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub> - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: Seminário emissão x sequestro de CO<sub>2</sub> - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. 1994, Rio de Janeiro: **Anais**. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio doce, 1994. p.15-37.

SANQUETTA, C. R. **Métodos de determinação de biomassa florestal**. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLIOTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed.). As florestas e o carbono. 2002, cap. 6, p. 119-140.

SANQUETTA, C. R., WATZLAWICK, L. F., SCHUMACHER, M. V., MELLO, A. A. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *araucária angustifolia* e *pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.3, p. 33-40, jul./set, 2003.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. **Metodologias para determinação de biomassa florestal**. In: SANQUETA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. (Eds.). Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: UFPR/Ecoplan, p.77-93, 2004.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. 2º Simpósio Latino Americano Sobre Fixação de Carbono, Curitiba: UFPR, p.211, 2004.

SANTANA, C. A. A. **Estrutura e Dinâmica de Florestas Secundárias de Encosta no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. UFRRJ. Seropédica, RJ. 2000. 133p.

SANTANA, C. A. A.; LIMA, C. C. D.; MAGALHÃES L. M. S. Estrutura horizontal e composição florística de três fragmentos secundários na cidade do Rio de Janeiro. Maringá – PR, **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.26, n°4, p.443-451, 2004.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C., ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92 p.

SANTOS, F. C. C.; TANIZAKI, K.; MENDONÇA, A. R.; SANTOS, H. F.; RAMOS, P. T.; FERNANDES, F. S. Estimativa do estoque de carbono na biomassa viva acima do solo em floresta secundária de Mata Atlântica - município Engenheiro Paulo de Frontin, RJ. In: IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG, 2009. **Anais...** São Lourenço, 2009.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; SOBRINHO, V. G.; SCHNEIDER, P. S. P. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.4, p.391-402, 2005.

SCHOLES, M.C.; POWLSON, D.; TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**, v.79, p.25-47, 1997.

SCHROTH, G. et al. Root research methods for humid tropical agro-forestry systems A management perspective. *In: Workshop sobre sistema radicular: metodologias e estudos de casos. Anais...* Aracajú: 1999. p.255-268.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana. University of Illinois Press. 1949. 117pp.

SILVA JÚNIOR, W. M., MARTINS, S. V.; SILVA, A. F.; JÚNIOR, P. M. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, n.66, p.169-179, 2004.

SILVA, K. E.; MATOS, F. D. A.; FERREIRA, M. M. Composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental. **Acta Amazônica**, v.38(2), p.213-222, 2008.

SILVA, W. R. **A importância das interações planta-animal nos processos de restauração.** *In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (eds.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.* Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p.77-90.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v.38, n.1, 2008. SIQUEIRA, L. P.; MESQUITA, C. A. B. **Meu Pé de Mata Atlântica.** Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007. 190p.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in: Carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.76, p.39-58, 2004.

SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. **Experiências agroflorestais na Amazônia Brasileira: Restrições e Oportunidades.** Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 1998. 146p.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.533-539, 2002.

SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A.; SCHETTINO, S. **Avaliação florística, fitossociológica e paramétrica de um fragmento de Floresta Atlântica secundária, Município de Pedro Canário, Espírito Santo.** UFV: Viçosa, 1998. 117 p.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; GAMA, J. R. V.; LEITE, H. G. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidâneas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.1, p.59-63, 2003.

SOUZA, F. M. **Estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e da regeneração natural em áreas reflorestadas.** Dissertação de Mestrado. ESALQ, USP. Piracicaba, SP. 2000. 100p.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v.191, p.185-200, 2004.

STAPE, J. L.; GANDARA, F. B.; SANTOS, J. D.; GUSSON, E.; CAMPOE, O. C; SIXEL, R. M. M. Taxas iniciais de sequestro de carbono em área de restauração florestal são dependentes dos sistemas de implantação e manejo adotados? *In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007. Anais...* Caxambu, 2007.

SUGANUMA, M.S.; BOURLEGAT, L.E. J.M.G.; OLIVEIRA C.C.C.; BIRELLI, J.M.; CAVALHEIRO, A.L.; TOREZAN, J.M.D. Biomassa em reflorestamentos de diferentes idades e fragmentos florestais no norte do Paraná. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil.**Caxambu – MG. 2007.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v.75, p.81-86. 1988.

TABARELLI, M.; VILLANI, J. P.; MANTOVANI, W. Estudo comparativo da vegetação de dois trechos da floresta secundária no Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual Serra do Mar, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.6, p.1-11. 1994.

TANIZAKI, K. **Impacto do uso da terra no estoque e fluxo de carbono na área de domínio da Mata Atlântica: estudo de caso, estado do Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado. UFF. Niterói, RJ. 2000. 212p.

TANIZAKI, K; MOULTON, T. P. **A fragmentação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e a perda de biodiversidade.** In: BERGALLO, H .G.; ROCHA, C. F. D.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M. (Org). A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2000. p.23-35.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effects of the presence of a forage leguminous on nitrogen and carbon levels in soils under brachiaria pasture in the Atlantic Forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant Soil**, v.234, p.15-26, 2001.

TEIXEIRA, L. A .J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, v.18, p.207-214, 1994.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.. MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, p.107-114, 1992.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERRETTI, A. R. Measuring and Monitoring Carbon Stocks at the Guaraqueçaba Climate Action Project, Paraná, Brazil. *In: International Symposium on*

Forest Carbon Sequestration and Monitoring. **Extension Series Taiwan Forestry Research Institute**, n.153, p.98-115, 2002.

TUKEY, J. W. **Bias and confidence in not quite large samples**. *Annals of Mathematics and Statistics*, v.29. 1958. 614p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 1991. 123p.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Tese de Doutorado. UFRG. Porto Alegre, RS. 2001. 184p.

VIANA, H.; FERNANDES, P.; ROCHA, R.; LOPES, D. ARANHA, J. Alometria, dinâmicas da biomassa e do carbono fixado em algumas espécies arbustivas de Portugal. **Acta do 6º Congresso Florestal Nacional**. 2009.

VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, vol.29, n.4, p.541-554. 2006.

VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; AIDAR, M. P. M.; ARAÚJO, L. S.; BAKER, T.; BATISTA, J. L. F.; CAMPOS, M. C. R.; CAMARGO, P. B.; CHAVE, J.; DELITTI, W. B.; HIGUCHI, N.; HONÓRIO, E.; JOLY, C. A.; KELLER, M.; MARTINELLI, L. A.; MATTOS, E. A.; METZKER, T.; PHILLIPS, O.; SANTOS, F. A. M.; SHIMABUKURO, M. T.; SILVEIRA, M.; TRUMBORE, S. E. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, Campinas, SP, vol.8, n.2, p.21-29. Abr/Jun, 2008.

VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Carbon isotopic fractionation in subtropical Brazilian grassland soils. Comparison with tropical forest soils. **Plant and Soil**, v.102, p.27-31, 1987.

WADSWORTH, F. H. **Producción Forestal para América Tropical**. Washington: U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service. 2000. 603p.

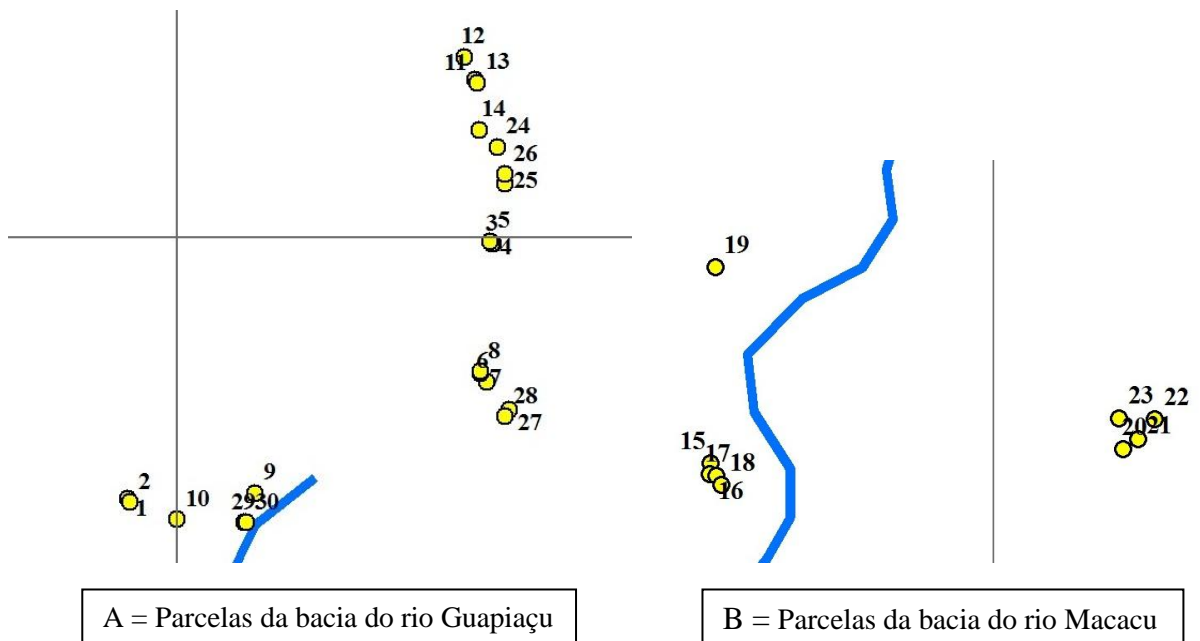
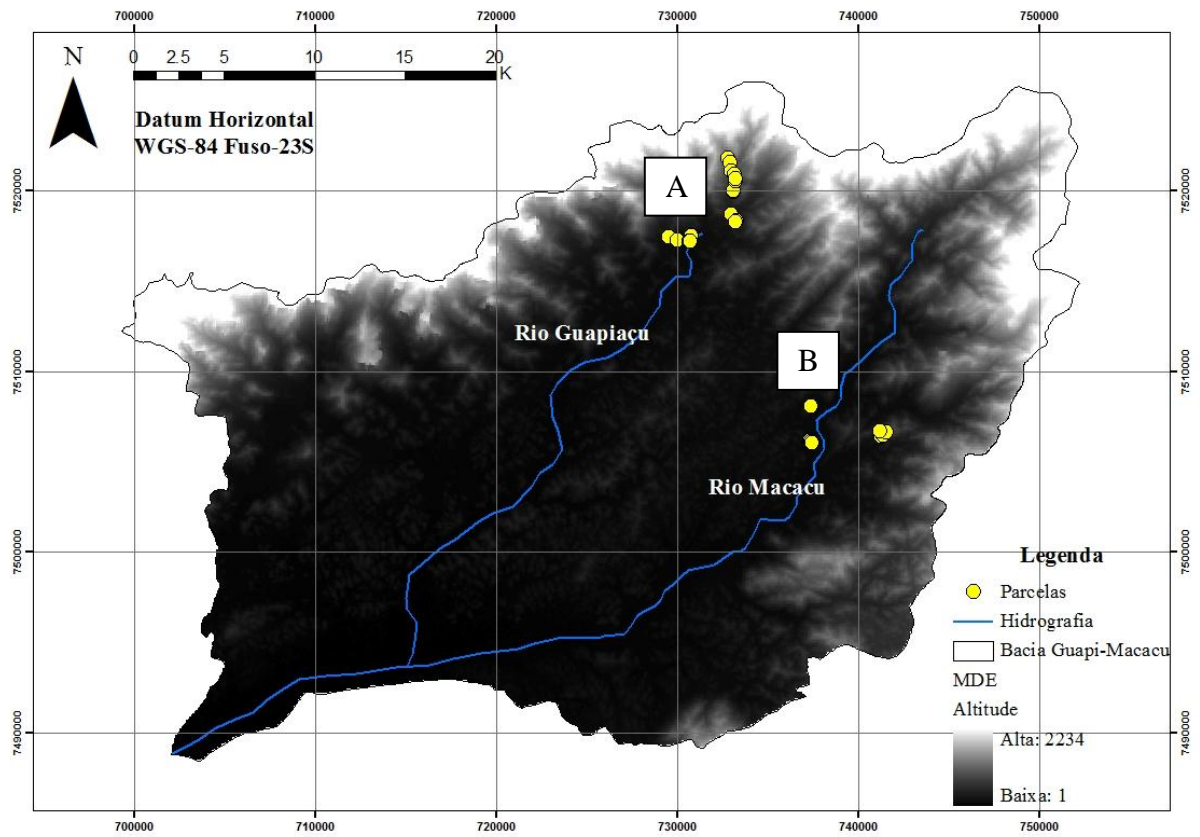
WEBER, K. S.; BALBINOT, R.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ambiente Guarapuava**, Paraná. v.2, n.2, p. 167-177, jul/dez 2006.

YEOMANS, J.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication in Soil Science Plant Analise*, v.19, p.1467-1476, 1988.

ZOTARELLI, L.; TORRES, E.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. Role of legumes in the N economy of cereal production in crop rotations under conventional and no-tillage. *In: CONGRESSO MUNDIAL DE CIENCIA DO SOLO*, 17., Bangkok, Tailândia, 2002. **Anais...** Bangkok: Srimuang Printing Co., 2002. CD-ROM.

## 9 ANEXOS

### ANEXO A: Coordenadas geográficas das parcelas florísticas, abrangendo as bacias hidrográficas dos rios Guapiaçú e Macacu (bacia Guapi-Macacu).



<b>Parcela</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>	<b>Parcela</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>	<b>Parcela</b>	<b>Leste</b>	<b>Norte</b>
<b>1</b>	729510	7517484	<b>11</b>	732914	7521567	<b>21</b>	741354	7506511
<b>2</b>	729537	7517446	<b>12</b>	732802	7521793	<b>22</b>	741517	7506698
<b>3</b>	733086	7519965	<b>13</b>	732931	7521540	<b>23</b>	741179	7506711
<b>4</b>	733078	7519971	<b>14</b>	732956	7521080	<b>24</b>	733125	7520914
<b>5</b>	733054	7519996	<b>15</b>	737325	7506281	<b>25</b>	733207	7520558
<b>6</b>	733028	7518622	<b>16</b>	737319	7506180	<b>26</b>	733204	7520647
<b>7</b>	732967	7518706	<b>17</b>	737379	7506166	<b>27</b>	733245	7518347
<b>8</b>	732963	7518721	<b>18</b>	737429	7506079	<b>28</b>	733208	7518283
<b>9</b>	730761	7517536	<b>19</b>	737374	7508136	<b>29</b>	730652	7517249
<b>10</b>	729997	7517280	<b>20</b>	741216	7506414	<b>30</b>	730677	7517248

## ANEXO B: Composição Florística e Parâmetros Fitossociológicos

**Tabela 1.** Abundância de indivíduos por espécie, densidade, dominância e frequência relativa e o índice de valor de importância das espécies totais registradas no levantamento florístico em remanescentes de floresta nativa no município de Cachoeiras de Macacu, RJ. (continua)

Espécie	Abundância	Dens rel (%)	Dom rel (%)	Freq rel (%)	IVI (%)
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip.	2	0,38	0,26	6,67	7,30
<i>Alchornea sidifolia</i> Mull. Arg.	1	0,19	0,03	3,33	3,56
<i>Alchornea</i> sp	1	0,19	0,19	3,33	3,71
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	2	0,38	1,16	6,67	8,20
<i>Allophylus heterophyllus</i> Radlk.	2	0,38	0,14	6,67	7,18
<i>Allophylus sericeus</i> Radlk.	3	0,56	0,11	6,67	7,34
<i>Alseis blackiana</i> Hemsl.	1	0,19	0,07	3,33	3,59
<i>Alseis floribunda</i> Schott	2	0,38	0,12	6,67	7,16
<i>Amaioua guianenses</i> Aubl.	1	0,19	0,03	3,33	3,56
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	2	0,38	0,39	6,67	7,44
<i>Anadenanthera</i> sp	1	0,19	0,92	3,33	4,44
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprangue & Sandwith	3	0,56	0,18	3,33	4,07
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) J.F. Macbr.	1	0,19	0,18	3,33	3,70
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	2	0,38	0,09	6,67	7,13
<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	1	0,19	0,09	3,33	3,61
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	1	0,19	0,15	3,33	3,67
<i>Aniba</i> sp	2	0,38	0,02	6,67	7,07
<i>Annona cacans</i> Warm.	2	0,38	0,32	3,33	4,03
<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	1	0,19	0,20	3,33	3,72
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	2	0,38	2,18	6,67	9,22
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	15	2,82	0,82	20,00	23,64
<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) K. Schum.	3	0,56	0,10	6,67	7,33
<i>Bathysa gymnocarpa</i> K. Schum.	3	0,56	0,19	6,67	7,42
<i>Bathysa</i> sp	3	0,56	0,07	6,67	7,30
<i>Bathysa stipulata</i> (Vell.) C. Presl	5	0,94	0,25	13,33	14,52
<i>Beilschmiedia emarginata</i> (Meisn.) Kosterm.	1	0,19	0,04	3,33	3,57
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	5	0,94	2,68	13,33	16,95
<i>Calyptranthes aff concinna</i> DC.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Calyptranthes aromatica</i> A. St.-Hil.	2	0,38	0,03	3,33	3,73
<i>Calyptranthes concinna</i> DC.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	1	0,19	0,01	3,33	3,54
<i>Carica papaya</i> L.	1	0,19	0,34	3,33	3,86
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	1	0,19	0,02	3,33	3,54



Tabela 1. Continuação

<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) Endl.	1	0,19	0,04	3,33	3,56
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	5	0,94	0,20	13,33	14,47
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	5	0,94	5,55	10,00	16,49
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	3	0,56	1,17	10,00	11,73
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	1	0,19	0,14	3,33	3,66
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemain ex Benth.	1	0,19	0,74	3,33	4,26
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	12	2,26	2,09	16,67	21,01
<i>Chrysophyllum</i> sp	11	2,07	4,95	23,33	30,35
<i>Cinnamomum</i> aff <i>estrellense</i> (Meisn.) Kosterm.	2	0,38	0,33	6,67	7,38
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Clethra scabra</i> Pers.	1	0,19	0,19	3,33	3,71
<i>Coffea arabica</i> L.	2	0,38	0,04	3,33	3,75
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	1	0,19	0,23	3,33	3,75
<i>Cordia taguahyensis</i> Vell.	1	0,19	0,06	3,33	3,58
<i>Coussapoa</i> sp	1	0,19	0,15	3,33	3,67
<i>Coussarea</i> aff <i>contracta</i> (Walp.) Müll. Arg.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) Müll. Arg.	1	0,19	0,03	3,33	3,55
<i>Coussarea nodosa</i> (Benth.) Müll. Arg.	20	3,76	0,63	20,00	24,39
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	4	0,75	0,52	13,33	14,60
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	4	0,75	0,20	6,67	7,62
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	15	2,82	1,66	26,67	31,15
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Dendropanax</i> sp	1	0,19	0,16	3,33	3,68
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk	1	0,19	0,01	3,33	3,54
<i>Didymopanax anomalus</i> Taub.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Didymopanax</i> sp	1	0,19	0,13	3,33	3,65
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	3	0,56	0,13	3,33	4,03
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	1	0,19	0,07	3,33	3,59
<i>Eugenia</i> aff <i>excelsa</i> O. Berg	2	0,38	0,02	3,33	3,72
<i>Eugenia</i> aff <i>schuchiana</i> O. Berg	1	0,19	0,05	3,33	3,57
<i>Eugenia neoaustralis</i> Sobral	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Eugenia prasina</i> O. Berg	2	0,38	0,02	3,33	3,73
<i>Eugenia</i> sp	3	0,56	0,74	10,00	11,31
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	25	4,70	0,69	23,33	28,73
<i>Exostyles venusta</i> Schott ex Spreng.	1	0,19	0,03	3,33	3,56
<i>Faramea martiana</i> Müll. Arg.	4	0,75	0,05	6,67	7,47
<i>Ficus clusiifolia</i> Schott ex Spreng.	1	0,19	1,42	3,33	4,94
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	5	0,94	0,41	10,00	11,35
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	2	0,38	0,26	6,67	7,30
<i>Geissospermum laevis</i> Miers	1	0,19	2,01	3,33	5,53
<i>Geonoma</i> sp	3	0,56	0,02	6,67	7,25

Tabela 1. Continuação

<i>Gomidesia</i> sp	1	0,19	0,13	3,33	3,65
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	18	3,38	1,29	40,00	44,67
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	40	7,52	20,22	70,00	97,74
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	2	0,38	0,16	6,67	7,20
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	5	0,94	0,14	13,33	14,41
<i>Guatteria burchellii</i> R.E. Fr.	2	0,38	0,03	3,33	3,74
<i>Guatteria pubens</i> (Mart.) R.E. Fr.	1	0,19	0,05	3,33	3,57
Hippocrateaceae sp1	1	0,19	0,03	3,33	3,55
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	3	0,56	0,30	10,00	10,86
<i>Ilex</i> sp	2	0,38	0,33	6,67	7,37
Indeterminada 1	1	0,19	0,41	3,33	3,94
<i>Inga aff edulis</i> Mart.	1	0,19	0,51	3,33	4,03
<i>Inga capitata</i> Desv.	1	0,19	0,14	3,33	3,66
<i>Inga edulis</i> Mart.	2	0,38	0,04	6,67	7,08
<i>Inga striata</i> Benth.	1	0,19	0,89	3,33	4,41
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D. Penn.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	1	0,19	0,03	3,33	3,56
<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	12	2,26	0,33	16,67	19,25
<i>Lacistema</i> sp	1	0,19	0,03	3,33	3,55
Lauraceae sp1	1	0,19	0,04	3,33	3,56
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	1	0,19	0,10	3,33	3,63
<i>Lecythis</i> sp	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Licania riedelli</i> Prance	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Licaria</i> sp	2	0,38	0,08	6,67	7,12
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	4	0,75	0,61	13,33	14,69
<i>Machaerium</i> sp	2	0,38	0,03	6,67	7,08
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng	1	0,19	0,03	3,33	3,55
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	2	0,38	0,12	6,67	7,16
<i>Margaritaria nobilis</i> L. F.	1	0,19	0,08	3,33	3,60
<i>Marlierea</i> sp	2	0,38	0,04	6,67	7,08
<i>Matayba leucodictya</i> Radlk.	1	0,19	0,23	3,33	3,75
<i>Maytenus robusta</i> Reissek	1	0,19	1,90	3,33	5,42
<i>Miconia aff brasiliensis</i> (Spreng.) Triana	2	0,38	0,09	3,33	3,80
<i>Miconia aff lepidota</i> Schrank & Mart. ex DC.	1	0,19	0,02	3,33	3,54
<i>Miconia aff pussiliflora</i> (DC.) Naudin	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Miconia calvensis</i> DC.	5	0,94	0,16	10,00	11,10
<i>Miconia discolor</i> DC.	2	0,38	0,05	3,33	3,76
<i>Miconia</i> sp	2	0,38	0,71	6,67	7,75
<i>Mollinedia aff cinerea</i> Tul.	3	0,56	0,04	3,33	3,94
<i>Mollinedia aff cyathantha</i> Perkins	1	0,19	0,59	3,33	4,11
<i>Mollinedia aff micrantha</i> Perkins	2	0,38	0,04	3,33	3,75
<i>Mollinedia micrantha</i> Perkins	1	0,19	0,02	3,33	3,54
<i>Mollinedia</i> sp	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Myrceugenia</i> sp	11	2,07	0,20	16,67	18,94
<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	2	0,38	0,05	3,33	3,76

Tabela 1. Continuação

<i>Myrciaria aff floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	2	0,38	0,06	3,33	3,77
<i>Myrciaria</i> sp	1	0,19	0,02	3,33	3,54
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	16	3,01	5,44	43,33	51,78
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	1	0,19	0,34	3,33	3,86
<i>Ocotea aff schottii</i> (Meisn.) Mez	2	0,38	0,07	3,33	3,78
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	1	0,19	0,07	3,33	3,59
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	1	0,19	0,02	3,33	3,54
<i>Oratea</i> sp	1	0,19	0,06	3,33	3,58
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	4	0,75	0,35	6,67	7,77
<i>Pera</i> sp	2	0,38	0,92	6,67	7,96
<i>Picramnia ramiflora</i> Planch.	1	0,19	0,03	3,33	3,55
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	2	0,38	0,03	3,33	3,74
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	9	1,69	4,27	23,33	29,30
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	7	1,32	0,35	10,00	11,67
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	1	0,19	1,05	3,33	4,57
<i>Pouteria</i> sp	1	0,19	0,07	3,33	3,59
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	1	0,19	0,39	3,33	3,92
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	2	0,38	0,74	6,67	7,78
<i>Pseudopiptadenia inaequalis</i> (Benth.) Rauschert	1	0,19	0,07	3,33	3,59
<i>Pseudopiptadenia schumanniana</i> (Taub.) G.P. Lewis & M.P.Lima	1	0,19	0,05	3,33	3,57
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P. Lewis & M.P. Lima	1	0,19	0,08	3,33	3,60
<i>Psychotria densecostata</i> Müll. Arg.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltdl.) Wawra	4	0,75	0,92	6,67	8,34
<i>Psychotria</i> sp	1	0,19	0,03	3,33	3,55
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	5	0,94	1,94	13,33	16,22
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir.	2	0,38	0,04	3,33	3,75
<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	1	0,19	0,05	3,33	3,58
<i>Rollinia laurifolia</i> Schltdl.	1	0,19	0,05	3,33	3,58
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	1	0,19	0,03	3,33	3,55
<i>Rudgea recurva</i> Müll. Arg.	1	0,19	0,02	3,33	3,54
<i>Ruprechtia</i> sp	1	0,19	0,07	3,33	3,60
<i>Savia dyctiocarpa</i> Mull. Arg.	3	0,56	0,10	6,67	7,34
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	2	0,38	0,56	6,67	7,60
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat	1	0,19	0,07	3,33	3,60
<i>Simira viridifolia</i> (Allem. & Saldanha) Steyerl	1	0,19	0,04	3,33	3,56
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	16	3,01	0,46	30,00	33,46
<i>Siphoneugena densiflora</i> O. Berg	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	1	0,19	0,01	3,33	3,53

Tabela 1. Continuação

<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. - Hil.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Solanum</i> sp	1	0,19	0,40	3,33	3,93
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	3	0,56	0,32	10,00	10,88
<i>Stiffitia chrysantha</i> Mikan	1	0,19	0,26	3,33	3,78
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	1	0,19	0,73	3,33	4,25
<i>Symplocos</i> sp	2	0,38	2,71	6,67	9,75
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	3	0,56	0,95	6,67	8,18
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	1	0,19	0,05	3,33	3,57
<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	1	0,19	0,23	3,33	3,75
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	2	0,38	1,11	6,67	8,15
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	4	0,75	0,30	3,33	4,39
<i>Tournefortia bicolor</i> Sw.	1	0,19	0,11	3,33	3,64
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	1	0,19	0,14	3,33	3,66
<i>Trichilia aff elegans</i> A. Juss.	2	0,38	0,03	3,33	3,73
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	3	0,56	0,13	10,00	10,70
<i>Trichilia hirta</i> L.	2	0,38	0,05	6,67	7,10
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	2	0,38	0,09	6,67	7,13
<i>Trichilia martiana</i> C. D.C.	1	0,19	0,01	3,33	3,53
<i>Trichilia pallens</i> C. DC.	1	0,19	2,15	3,33	5,67
<i>Trichilia silvatica</i> C. DC.	3	0,56	0,08	3,33	3,98
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	1	0,19	0,62	3,33	4,14
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott) Warb.	5	0,94	1,01	10,00	11,95
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	4	0,75	1,03	13,33	15,12
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	2	0,38	1,57	3,33	5,28
<i>Zollernia aff latifolia</i> (Brongn.) Vog.	1	0,19	0,09	3,33	3,61
<b>Total geral</b>	<b>532</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabela 2.** Total de espécies registradas no levantamento florístico da regeneração natural das áreas de reflorestamento avaliadas na Reserva Ecológica do Guapiaçu, RJ, por ordem decrescente de ocorrência do total de 20 parcelas amostradas e seus respectivos grupos ecológicos e síndrome de dispersão. (continua)

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Grupo ecológico</b>	<b>Sínd. dispersão</b>	<b>Frequência 20 parcelas</b>
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Curindiba	P	Zoocoria	20
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Capororoca	P	Zoocoria	20
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Carrapeta-verdadeira	P	Zoocoria	17
<i>Cecropia glaziovi</i> Sneathlage	Embaúba	P	Zoocoria	16
<i>Piper aduncum</i> L.	Aperta-ruão	P	Zoocoria	15
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	Pixirica	P	Zoocoria	13
<i>Miconia stenostachya</i> (Schr.& Mart ex.DC.) DC.	Pixirica	P	Zoocoria	13
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	Pixirica	P	Zoocoria	11
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	Cambará	P	Autocoria	10
<i>Piper mollicomum</i> Kunth.	Aperta-ruão	P	Zoocoria	9
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Maricá	P	Autocoria	7
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Griseb.	Canela-de-agosto	P	Zoocoria	7
<i>Cupania</i> sp	Camboatã	NE	Zoocoria	7
<i>Aureliana</i> sp	Aureliana	NE	Zoocoria	7
<i>Vernonia polyanthes</i> Less	Assa-peixe	P	Anemocoria	6
<i>Triplaris americana</i> L.	Pau-formiga	P	Anemocoria	6
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Limão-bravo	P	Zoocoria	6
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Jurubeba	P	Zoocoria	4
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	Pindaíba	SI	Zoocoria	3
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Jacarandá-do-campo	P	Anemocoria	3
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Guamirim	P	Zoocoria	3
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Biribá	SI	Zoocoria	2
<i>Carica papaya</i> L.	Mamoeiro	P	Zoocoria	2
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip	Farinha-seca	P	Autocoria	2
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemín ex Benth.	Araribá	P	Anemocoria	2
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-cipó	P	Zoocoria	2
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng) Mez	Canela-louro	C	Zoocoria	2
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Quaresmeira	P	Autocoria	2
<i>Tibouchina stenocarpa</i> Cogn.	Quaresma	P	Autocoria	2
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Camboatã	SI	Zoocoria	2
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Abiu	SI	Zoocoria	2
<i>Rollinia laurifolia</i> Schtdl.	Araticum-mirim	SI	Zoocoria	1
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Coco-de-catarro	P	Zoocoria	1
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq..	Dendezeiro	P	Zoocoria	1
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê-verde	P	Anemocoria	1
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.	Ipê-amarelo	P	Anemocoria	1

DC.) Mattos

Tabela 2. Continuação

<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-roxo	ST	Anemocoria	1
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Mamoninha- do-mato	P	Autocoria	1
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Pau-leiteiro	P	Zoocoria	1
<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme	Guaraná- timbó	SI	Barocoria	1
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvu	P	Autocoria	1
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	Banha-de- galinha	C	Zoocoria	1
<i>Nectandra</i> sp	Canela	NE	Zoocoria	1
<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	Abricó-de- macaco	SI	Barocoria / Zoocoria	1
<i>Lecythis lanceolata</i> Poir.	Sapucaia- mirim	C	Barocoria / Zoocoria	1
<i>Eugenia florida</i> DC.	Pitanga	ST	Zoocoria	1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	P	Zoocoria	1
<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O. Berg	Jabuticaba	ST	Zoocoria	1
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Aperta-ruão	P	Zoocoria	1
<i>Psychotria densecostata</i> Müell.	Psicotria	SI	Zoocoria	1
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de- porca	P	Zoocoria	1
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatonga	P	Zoocoria	1
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Abiurana	SI	Zoocoria	1
<i>Simarouba</i> sp	Simarouba	NE	Zoocoria	1
<i>Solanum leucodendron</i> Sendtn.	Fumeiro	P	Zoocoria	1
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bobola	P	Zoocoria	1
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Barbaso	P	Zoocoria	1
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Embaúba- prateada	P	Zoocoria	1
<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	P	Zoocoria	1
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Tamanqueiro	P	Zoocoria	1

P=Pioneira; SI=Secundária inicial; ST=Secundária tardia; C=Clímax; NE=Não especificado

**Tabela 3.** Estimativa da biomassa acima do solo, em Mg, estoque e carbono e o percentual de contribuição do mesmo para todas as espécies registradas com indivíduos de DAP  $\geq 4$  no levantamento florístico em remanescentes de floresta nativa na região do estudo (continua).

Espécie	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Contribuição %	Área Basal (G)
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	0,005	0,003	0,01	0,00156
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip.	0,144	0,072	0,18	0,03162
<i>Alchornea sidifolia</i> Mull. Arg.	0,010	0,005	0,01	0,00421
<i>Alchornea</i> sp	0,120	0,060	0,15	0,02321
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	1,058	0,529	1,32	0,14211
<i>Allophylus heterophyllus</i> Radlk.	0,076	0,038	0,09	0,01650
<i>Allophylus sericeus</i> Radlk.	0,038	0,019	0,05	0,01367
<i>Alseis blackiana</i> Hemsl.	0,027	0,014	0,03	0,00815
<i>Alseis floribunda</i> Schott	0,055	0,027	0,07	0,01487
<i>Amaioua guianenses</i> Aubl.	0,010	0,005	0,01	0,00421
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	0,255	0,128	0,32	0,04817
<i>Anadenanthera</i> sp	0,820	0,410	1,02	0,11269
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprangue & Sandwith	0,074	0,037	0,09	0,02156
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) J.F. Macbr.	0,109	0,054	0,14	0,02152
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	0,038	0,019	0,05	0,01099
<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	0,045	0,023	0,06	0,01149
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	0,088	0,044	0,11	0,01834
<i>Aniba</i> sp	0,005	0,002	0,01	0,00179
<i>Annona cacans</i> Warm.	0,197	0,099	0,25	0,03919
<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	0,132	0,066	0,17	0,02496
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	2,097	1,049	2,62	0,26740
<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) K. Schum.	0,028	0,014	0,04	0,01175
<i>Bathysa gymnocarpa</i> K. Schum.	0,090	0,045	0,11	0,02372
<i>Bathysa</i> sp	0,018	0,009	0,02	0,00746
<i>Bathysa stipulata</i> (Vell.) C. Presl	0,101	0,050	0,13	0,03014
<i>Beilschmiedia emarginata</i> (Meisn.) Kosterm.	0,014	0,007	0,02	0,00538
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	2,361	1,181	2,95	0,32874
<i>Calyptanthes aromatica</i> A. St.-Hil.	0,010	0,005	0,01	0,00314
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	0,005	0,002	0,01	0,00179
<i>Carica papaya</i> L.	0,251	0,125	0,31	0,04125
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	0,005	0,003	0,01	0,00156
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	0,006	0,003	0,01	0,00287
<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) Endl.	0,010	0,005	0,01	0,00434
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	0,069	0,035	0,09	0,02449
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	5,144	2,572	6,43	0,68105
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	0,976	0,488	1,22	0,14360

Tabela 3. Continuação

<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	0,083	0,041	0,10	0,01758
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemain ex Benth.	0,641	0,320	0,80	0,09085
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	1,526	0,763	1,91	0,25620
<i>Chrysophyllum</i> sp	4,674	2,337	5,84	0,60502
<i>Cinnamomum</i> aff <i>estrellense</i> (Meisn.) Kosterm.	0,220	0,110	0,27	0,04090
<i>Clethra scabra</i> Pers.	0,120	0,060	0,15	0,02321
<i>Coffea arabica</i> L.	0,013	0,007	0,02	0,00543
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	0,158	0,079	0,20	0,02865
<i>Cordia taguahyensis</i> Vell.	0,022	0,011	0,03	0,00716
<i>Coussapoa</i> sp	0,088	0,044	0,11	0,01834
<i>Coussarea</i> aff <i>contracta</i> (Walp.) Müll. Arg.	0,005	0,003	0,01	0,00156
<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) Müll. Arg.	0,009	0,005	0,01	0,00389
<i>Coussarea nodosa</i> (Benth.) Müll. Arg.	0,202	0,101	0,25	0,07605
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	0,296	0,148	0,37	0,06331
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	0,089	0,044	0,11	0,02309
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1,143	0,571	1,43	0,20193
<i>Dendropanax</i> sp	0,093	0,046	0,12	0,01911
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk	0,005	0,002	0,01	0,00179
<i>Didymopanax</i> sp	0,069	0,035	0,09	0,01541
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	0,066	0,033	0,08	0,01538
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	0,027	0,014	0,03	0,00815
<i>Eugenia</i> aff <i>schuchiana</i> O. Berg	0,016	0,008	0,02	0,00580
<i>Eugenia neoaustralis</i> Sobral	0,005	0,003	0,01	0,00135
<i>Eugenia prasina</i> O. Berg	0,010	0,005	0,01	0,00269
<i>Eugenia</i> sp	0,621	0,311	0,78	0,09031
<i>Exostyles venusta</i> Schott ex Spreng.	0,010	0,005	0,01	0,00421
<i>Faramea martiana</i> Müll. Arg.	0,010	0,005	0,01	0,00360
<i>Ficus clusifolia</i> Schott ex Spreng.	1,336	0,668	1,67	0,17431
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	0,214	0,107	0,27	0,04891
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	0,170	0,085	0,21	0,03165
<i>Geissospermum laevis</i> Miers	1,954	0,977	2,44	0,24650
<i>Gomidesia</i> sp	0,069	0,035	0,09	0,01541
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	0,674	0,337	0,84	0,15792
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	17,738	8,869	22,16	2,48107
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	0,073	0,036	0,09	0,01943
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	0,047	0,023	0,06	0,01614
<i>Guatteria burchellii</i> R.E. Fr.	0,010	0,005	0,01	0,00386
<i>Guatteria pubens</i> (Mart.) R.E. Fr.	0,018	0,009	0,02	0,00624
Hippocrateaceae sp1	0,007	0,004	0,01	0,00318
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	0,153	0,077	0,19	0,03673
<i>Ilex</i> sp	0,231	0,116	0,29	0,04024
Indeterminada 1	0,324	0,162	0,40	0,05093
<i>Inga aff edulis</i> Mart.	0,418	0,209	0,52	0,06303



Tabela 3. Continuação

<i>Inga capitata</i> Desv.	0,078	0,039	0,10	0,01684
<i>Inga edulis</i> Mart.	0,013	0,007	0,02	0,00485
<i>Inga striata</i> Benth.	0,789	0,394	0,99	0,10893
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D. Penn.	0,005	0,003	0,01	0,00156
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	0,010	0,005	0,01	0,00421
<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	0,111	0,055	0,14	0,03824
<i>Lacistema</i> sp	0,007	0,004	0,01	0,00318
Lauraceae sp1	0,011	0,006	0,01	0,00458
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	0,053	0,026	0,07	0,01273
<i>Licania riedelli</i> Prance	0,005	0,003	0,01	0,00135
<i>Licaria</i> sp	0,025	0,013	0,03	0,00942
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	0,418	0,209	0,52	0,07451
<i>Machaerium</i> sp	0,006	0,003	0,01	0,00287
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng	0,007	0,004	0,01	0,00318
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	0,048	0,024	0,06	0,01417
<i>Margaritaria nobilis</i> L. F.	0,036	0,018	0,04	0,00975
<i>Marlierea</i> sp	0,010	0,005	0,01	0,00421
<i>Matayba leucodictya</i> Radlk.	0,152	0,076	0,19	0,02770
<i>Maytenus robusta</i> Reissek	1,835	0,918	2,29	0,23269
<i>Miconia aff brasiliensis</i> (Spreng.) Triana	0,033	0,016	0,04	0,01157
<i>Miconia aff lepidota</i> Schrank & Mart. ex DC.	0,006	0,003	0,01	0,00287
<i>Miconia calvensis</i> DC.	0,057	0,028	0,07	0,01989
<i>Miconia discolor</i> DC.	0,015	0,008	0,02	0,00600
<i>Miconia</i> sp	0,602	0,301	0,75	0,08607
<i>Mollinedia aff cinerea</i> Tul.	0,011	0,005	0,01	0,00453
<i>Mollinedia aff cyathantha</i> Perkins	0,488	0,244	0,61	0,07182
<i>Mollinedia aff micrantha</i> Perkins	0,008	0,004	0,01	0,00351
<i>Mollinedia micrantha</i> Perkins	0,005	0,003	0,01	0,00236
<i>Myrceugenia</i> sp	0,057	0,029	0,07	0,02161
<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	0,015	0,008	0,02	0,00577
<i>Myrciaria aff floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	0,023	0,012	0,03	0,00758
<i>Myrciaria</i> sp	0,006	0,003	0,01	0,00258
<i>Nectandra membranacea</i> (Swartz) Gris.	4,553	2,277	5,69	0,66638
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	0,251	0,125	0,31	0,04125
<i>Ocotea aff schottii</i> (Meisn.) Mez	0,019	0,010	0,02	0,00809
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	0,027	0,014	0,03	0,00815
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	0,006	0,003	0,01	0,00258
<i>Oratea</i> sp	0,023	0,012	0,03	0,00739
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	0,174	0,087	0,22	0,04260
<i>Pera</i> sp	0,759	0,379	0,95	0,11288
<i>Picramnia ramiflora</i> Planch.	0,009	0,004	0,01	0,00385
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	0,005	0,003	0,01	0,00204
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	3,723	1,861	4,65	0,52438

Tabela 3. Continuação

<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	0,201	0,101	0,25	0,04003
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	0,950	0,475	1,19	0,12835
<i>Pouteria</i> sp	0,027	0,014	0,03	0,00815
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	0,305	0,152	0,38	0,04842
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	0,566	0,283	0,71	0,09105
<i>Pseudopiptadenia inaequalis</i> (Benth.) Rauschert	0,030	0,015	0,04	0,00867
<i>Pseudopiptadenia schumanniana</i> (Taub.) G.P.Lewis & M.P.Lima	0,016	0,008	0,02	0,00580
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P. Lewis & M.P. Lima	0,036	0,018	0,04	0,00975
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltl.) Wawra	0,776	0,388	0,97	0,11178
<i>Psychotria</i> sp	0,008	0,004	0,01	0,00351
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	1,704	0,852	2,13	0,23846
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir.	0,012	0,006	0,01	0,00517
<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	0,020	0,010	0,03	0,00669
<i>Rollinia laurifolia</i> Schltl.	0,020	0,010	0,03	0,00669
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	0,008	0,004	0,01	0,00351
<i>Rudgea recurva</i> Müll. Arg.	0,005	0,003	0,01	0,00230
<i>Ruprechtia</i> sp	0,033	0,016	0,04	0,00920
<i>Savia dyctiocarpa</i> Mull. Arg.	0,033	0,016	0,04	0,01288
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	0,398	0,199	0,50	0,06848
<i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat	0,033	0,016	0,04	0,00920
<i>Simira viridifolia</i> (Allem. & Saldanha) Steyerl	0,014	0,007	0,02	0,00520
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	0,163	0,082	0,20	0,05402
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	0,005	0,003	0,01	0,00156
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. - Hil.	0,005	0,003	0,01	0,00135
<i>Solanum</i> sp	0,314	0,157	0,39	0,04966
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	0,213	0,106	0,27	0,03928
<i>Stiffitia chrysantha</i> Mikan	0,179	0,090	0,22	0,03158
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	0,629	0,315	0,79	0,08941
<i>Symplocos</i> sp	2,675	1,337	3,34	0,33290
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	0,738	0,369	0,92	0,11634
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	0,018	0,009	0,02	0,00624
<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	0,152	0,076	0,19	0,02770
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	0,962	0,481	1,20	0,13583
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	0,176	0,088	0,22	0,03698
<i>Tournefortia bicolor</i> Sw.	0,061	0,030	0,08	0,01404
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	0,078	0,039	0,10	0,01684
<i>Trichilia aff elegans</i> A. Juss.	0,005	0,003	0,01	0,00230
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	0,058	0,029	0,07	0,01503
<i>Trichilia hirta</i> L.	0,016	0,008	0,02	0,00580
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	0,031	0,016	0,04	0,01101
<i>Trichilia martiana</i> C. D.C.	0,005	0,003	0,01	0,00156

Tabela 3. Continuação

<i>Trichilia pallens</i> C. DC.	2,102	1,051	2,63	0,26359
<i>Trichilia silvatica</i> C. DC.	0,024	0,012	0,03	0,00965
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	0,524	0,262	0,66	0,07643
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott) Warb.	0,767	0,384	0,96	0,12209
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	0,753	0,376	0,94	0,12674
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1,485	0,742	1,86	0,19275
<i>Zollernia aff latifolia</i> (Brongn.) Vog.	0,045	0,023	0,06	0,01149
<b>Total geral</b>	<b>80,027</b>	<b>40,014</b>	<b>100</b>	
Biomassa acima do solo, em Mg, estoque e carbono e o percentual de contribuição do mesmo para todas as espécies registradas de palmeiras, com indivíduos de DAP $\geq 2,5$				
<b>Espécie</b>	<b>Biomassa (Mg)</b>	<b>Carbono (Mg)</b>	<b>Contribuição %</b>	<b>Área Basal (G)</b>
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott)				
Burret	0,781	0,390	39,48	0,10054
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	1,129	0,564	57,07	0,08527
<i>Geonoma</i> sp	0,068	0,034	3,46	0,00239
<b>Total geral</b>	<b>1,978</b>	<b>0,989</b>	<b>100</b>	

## **ANEXO C: Descrição morfológicas dos perfis dos solos**

### **A – DESCRIÇÃO GERAL**

#### **PERFIL 01**

DATA - 01.06.2011

CLASSIFICAÇÃO SIBCS - NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleissólico, textura arenosa / siltosa, A moderado, fase floresta tropical higrófila de várzea, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO, COORDENADAS - Estrada do Carmo, propriedade particular (Fazenda do Carmo), comunidade do Guapiaçu, 3º Distrito do município de Cachoeiras de Macacu - RJ. UTM: 23K 729678,167 E e 7515604,127 N.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em trincheira aberta em relevo plano sob pastagem de *Brachiaria decumbens*.

ALTITUDE - 33 metros.

LITOLOGIA - Sedimentos aluviais.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Aluviões do Holoceno, depósitos flúvio-lagunares e colúvio-aluvionar.

CRONOLOGIA - Quaternário. Holoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Montanhoso.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Higrófila de várzea.

USO ATUAL - Pastagem de capim braquiária.

CLIMA - Tropical, Af, da classificação de Köppen.

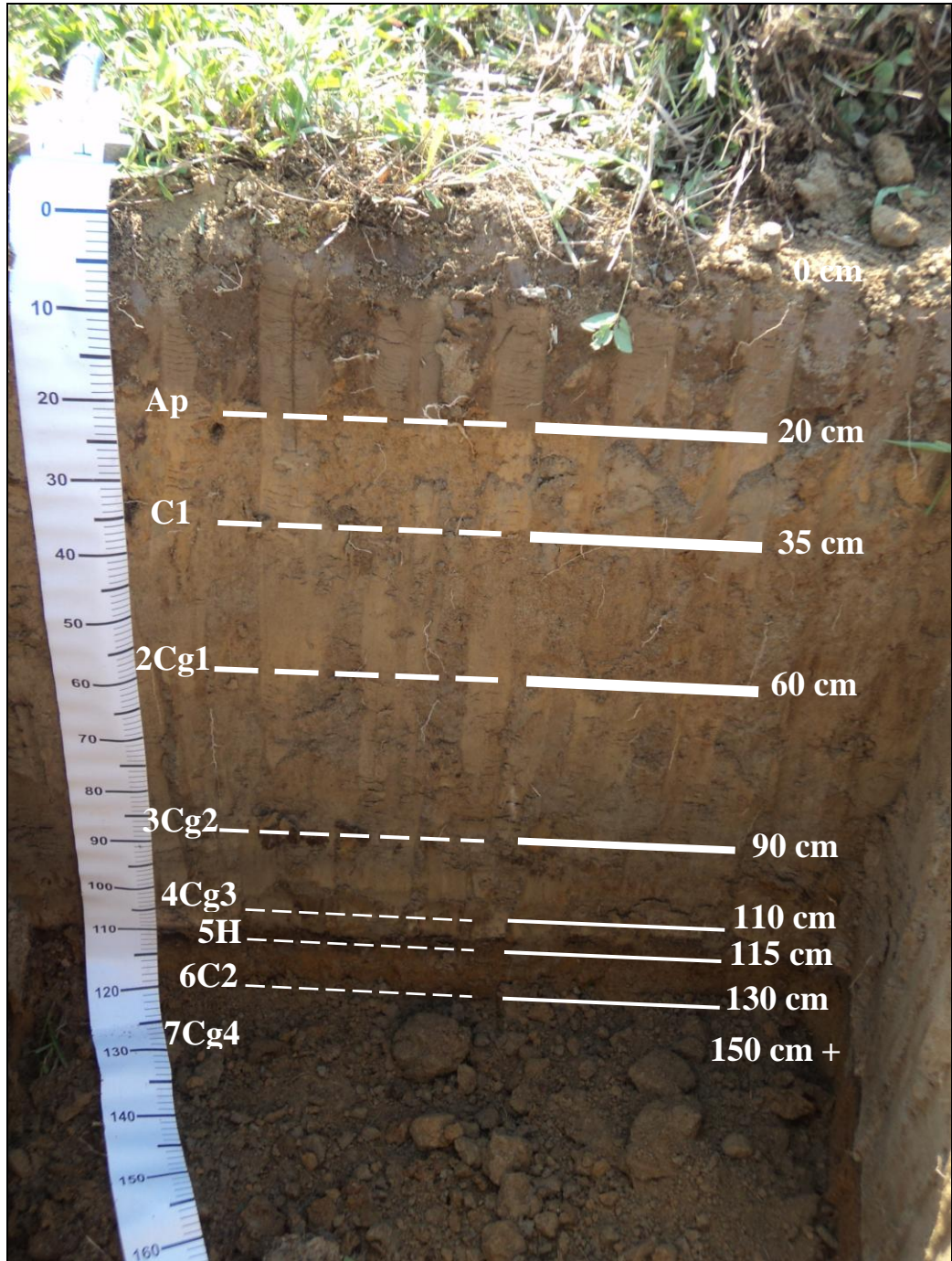
DESCRITO E COLETADO POR - Aline Damasceno de Azevedo e Marcio Rocha Francelino.

## B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0-20 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seca); franca; fraca a moderada pequena blocos angulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.
- C1** 20-35 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); franca; maciça; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- 2Cg1** 35-60 cm, bruno (10YR 5/3); areia franca; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- 3Cg2** 60-90 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2); mosqueado bruno-avermelhado (5YR 4/4) comum, médio e distinto; franco-arenosa; maciça; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- 4Cg3** 90-110 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2); mosqueado bruno-avermelhado (5YR 4/3) comum, médio e distinto; franco-siltosa; maciça; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.
- 5H** 110-115 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2); mosqueado vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3) abundante, médio e proeminente; material orgânico; moderada pequena granular e muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, firme, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.
- 6C2** 115-130 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); mosqueado vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4) abundante, médio e proeminente; franco-argilo-arenosa; fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e abrupta.
- 7Cg4** 130-150 cm +, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa.

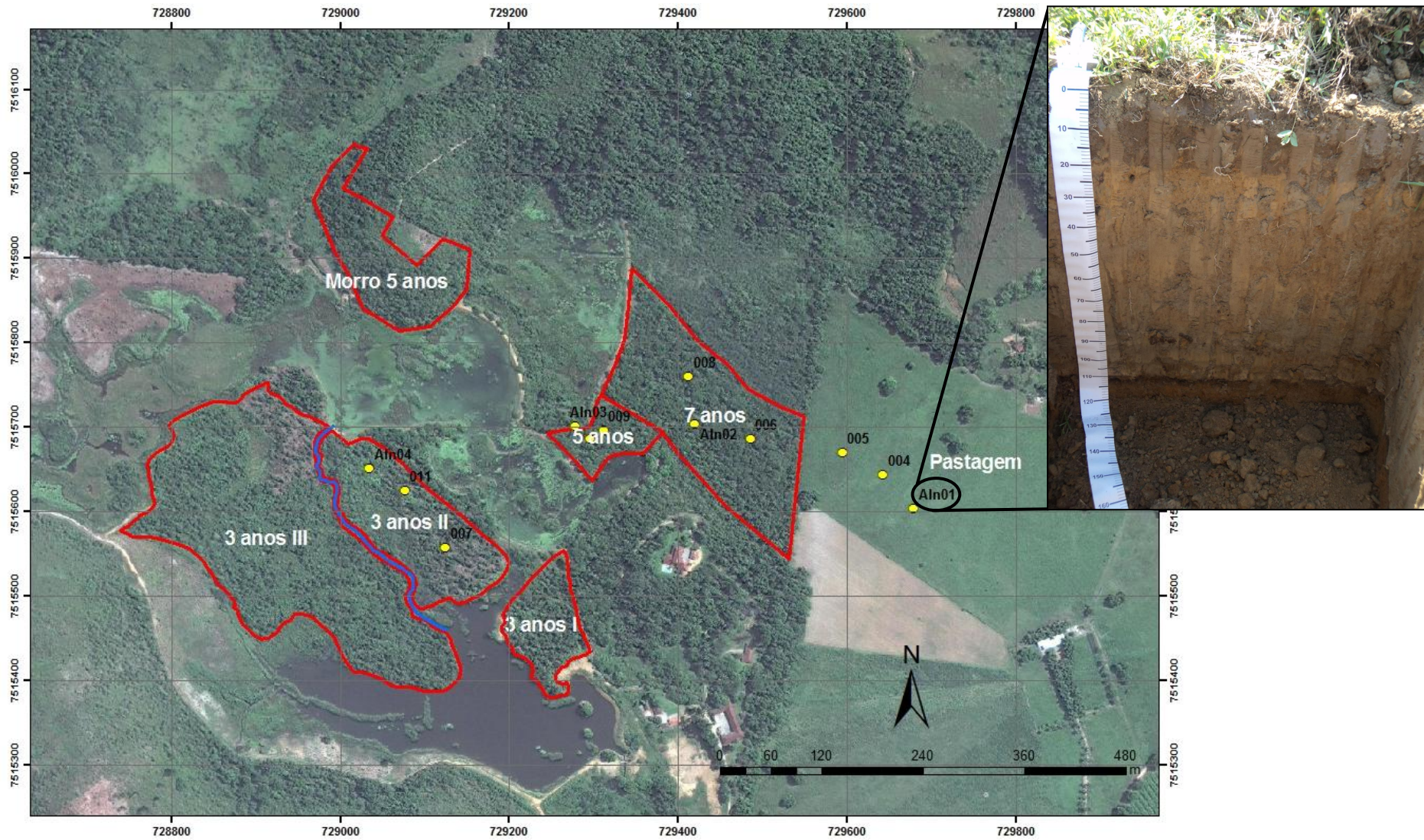
**RAÍZES** – Poucas finas e médias nos horizontes Ap, C1, 2Cg1 e 3Cg2; raras finas em 4Cg3, 5H e 6C2; e ausentes em 7Cg4.

**OBSERVAÇÃO** – Aparenta ser solo enterrado; presença de material saprolítico, apresentando fragmentos vegetais intactos no horizonte H; presença de material primário em todo o perfil (mica).



**Figura 1.** Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO, localizado na área de pastagem adjacente às áreas do reflorestamento





**Figura 2.** Localização do perfil de NEOSSOLO FLÚVICO na tipologia vegetal caracterizada como pastagem

**C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina				Arg. Disp. em H <sub>2</sub> O	Grau de Floculação	Silte/Arg	Densidade		Porosidade			
Símb	Prof.	Calhau	Casc.	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		%		Solo	Part.				
	cm	g kg <sup>-1</sup>										Mg m <sup>-3</sup>		dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>			
Ap	0-20				70	390	340	200	70	65	1,70	1,21					
C1	20-35				90	320	410	180	70	61	2,28	1,07					
2Cg1	35-60				500	360	10	130	20	85	0,08	1,21					
3Cg2	60-90				160	480	260	100	50	50	2,60	1,09					
4Cg3	90-100				10	240	550	200	70	65	2,75	1,08					
5H	110-115				140	90	330	440	80	82	0,75	1,08					
6C2	115-130				500	110	170	220	110	50	0,77	1,08					
7Cg4	130-150+				800	120	40	40	20	50	1,00	1,08					
Hor	C-org	pH (1:2,5)		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Valor S	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T	Valor V	Sat. Al <sup>+3</sup>	P Assimilável		Equiv. CaCO <sub>3</sub>	
		H <sub>2</sub> O	KCl											mg kg <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>	
		g kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								%	(m)	Mehlich	Olsen			
Ap	16,43	5,91	4,34	2,1	1,0	0,26	0,06	3,42	0,15	6,34	9,91	34,50	4,20	26			
C1	8,37	5,88	4,36	0,8	0,8	0,04	0,12	1,76	0,15	5,52	7,43	23,72	7,85	50			
2Cg1	4,16	5,74	4,31	0,3	0,4	0,11	0,04	0,86	0,15	4,20	5,20	16,45	14,85	65			
3Cg2	4,78	5,66	4,18	0,3	0,4	0,08	0,06	0,84	0,4	4,44	5,68	14,82	32,26	71			
4Cg3	8,49	5,66	4,00	0,7	0,7	0,04	0,12	1,56	1,1	5,72	8,38	18,63	41,35	80			
5H	86,17	4,92	3,98	1,1	0,5	0,08	0,14	1,82	2,2	30,20	34,22	5,33	54,73	81			
6C2	9,73	5,42	4,25	0,5	0,4	0,09	0,10	1,09	0,2	6,46	7,75	14,09	15,50	45			
7Cg4	3,17	5,80	4,22	0,3	0,2	0,04	0,04	0,58	0,1	2,60	3,28	17,71	14,71	51			



## **A – DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL 02**

DATA - 01.06.2011

CLASSIFICAÇÃO SIBCS - NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleissólico, textura arenosa / siltosa, A moderado, fase floresta tropical higrófila de várzea, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO, COORDENADAS - Propriedade particular, Reserva Ecológica do Guapiaçu - REGUA, Fazenda São José de Guapiaçu, Guapiaçu, 3º Distrito do município de Cachoeiras de Macacu - RJ. UTM: 23K 729419,867 E e 7515704,266 N.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em trincheira aberta em relevo plano sob plantio de espécies de essência florestal arbórea, exóticas e nativas da Mata Atlântica, com sete anos de idade (reflorestamento para fim de preservação ambiental).

ALTITUDE - 33 metros.

LITOLOGIA - Sedimentos aluviais.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Aluviões do Holoceno, depósitos flúvio-lagunares e colúvio-aluvionar.

CRONOLOGIA - Quaternário. Holoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Montanhoso.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Higrófila de várzea.

USO ATUAL - Recomposição florestal.

CLIMA - Tropical, Af, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Aline Damasceno de Azevedo e Marcio Rocha Francelino.

## B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0-5 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmida) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seca); franco-arenosa; fraca a moderada pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- Cg1** 5-35 cm (30-35 cm), bruno-acinzentado (10YR 5/2); franco-arenosa; fraca pequena granular e blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e abrupta.
- 2Cg2** 35-50 cm (45-50 cm), bruno-acinzentado (2,5Y 5/2); areia franca; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara.
- 3Cg3** 50-60 cm (55-65 cm), cinzento-brunado-claro (2,5Y 6/2); mosqueado vermelho-amarelado (5YR 5/6) comum, pequeno e distinto; franco-argilo-arenosa; maciça; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e abrupta.
- 4H1** 60-80 cm (75-85 cm), cinzento-escuro (10YR 4/1); mosqueado vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3) abundante, grande e proeminente; material orgânico; moderada pequena granular e muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e abrupta.
- 5Cg4** 80-90 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2); mosqueado bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4) comum, pequeno e distinto; franco-argilo-arenosa; maciça; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- 6H2** 90-100 cm +, bruno muito escuro (10YR 2/2); mosqueado vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3) abundante, grande e proeminente; material orgânico; moderada muito pequena e pequena granular e blocos subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

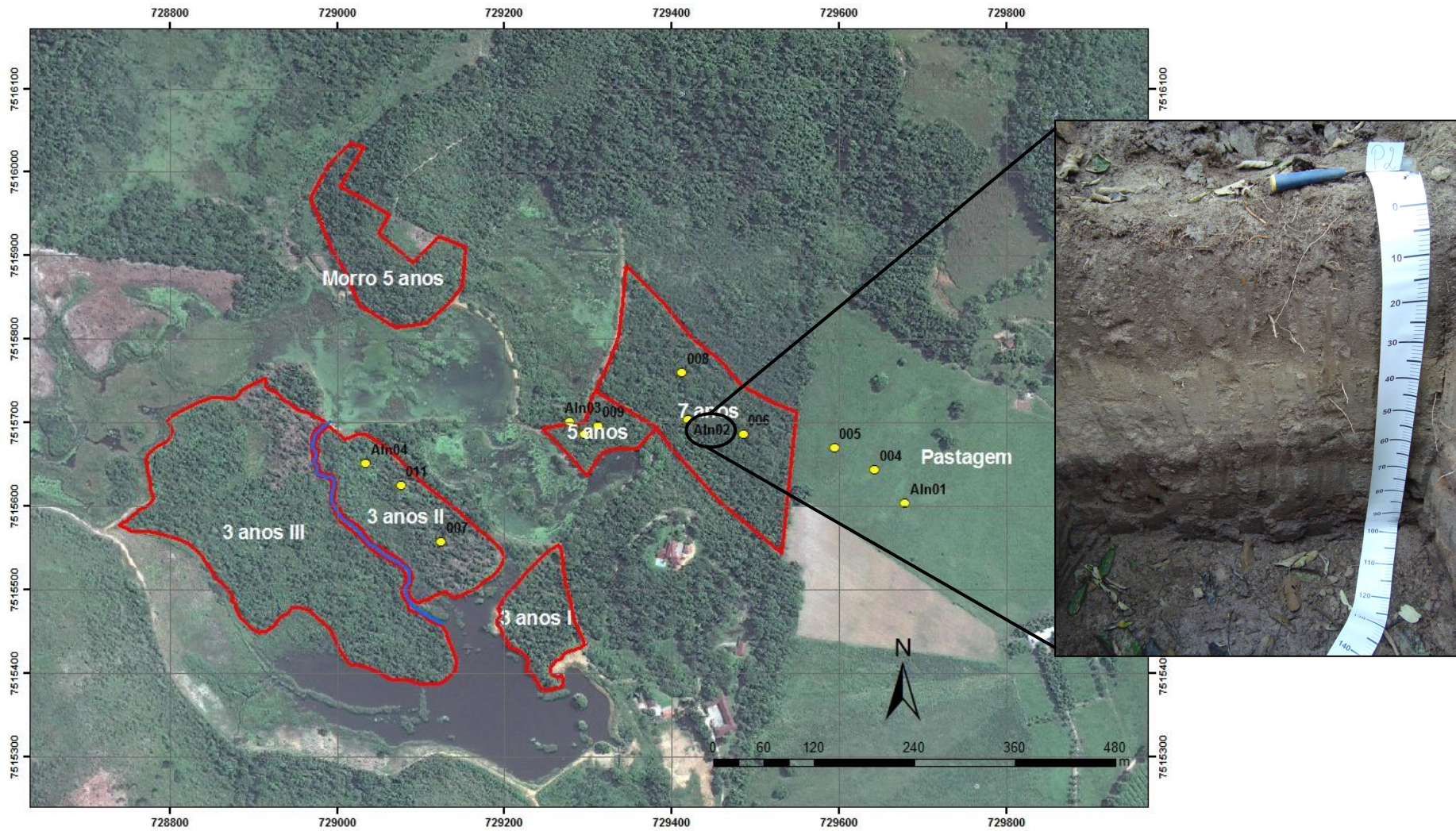
**RAÍZES** – Muitas médias e grossas no horizonte Ap; comuns finas e médias em Cg1, 2Cg2, 3Cg3 e 4H1; e raras finas em 5Cg4 e 6H2.

**OBSERVAÇÃO** – Aparenta ser solo enterrado; presença de material saprolítico, apresentando fragmentos vegetais intactos nos horizontes 4H1 e 6H2; presença de material primário em todo o perfil (mica).



**Figura 3.** Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO, localizado na área de reflorestamento datado em 7 anos





**Figura 4.** Localização do perfil de NEOSSOLO FLÚVICO descrito na tipologia vegetal caracterizada como reflorestamento com 7 anos de idade

**C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina				Arg. Disp. em H <sub>2</sub> O	Grau de Floculação	Silte/Arg	Densidade		Porosidade		
Símb	Prof.	Calhau	Casc.	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		%		Solo	Part.			
	cm	g kg <sup>-1</sup>										Mg m <sup>-3</sup>		dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>		
Ap	0-5				490	140	280	90	40	56	3,11	0,98				
Cg1	5-35 (30-35)				510	160	170	160	80	50	1,06	1,16				
2Cg2	35-50 (45-50)				720	110	130	40	30	25	3,25	1,32				
3Cg3	50-60 (55-65)				350	150	250	250	160	36	1,00	1,08				
4H1	60-80 (75-85)				50	190	330	430	100	77	0,77	0,54				
5Cg4	80-90				280	240	270	210	90	57	1,29	0,73				
6H2	90-100+				50	50	440	460	130	72	0,96	0,73				
Hor	C-org	pH (1:2,5)		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Valor S	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T	Valor V	Sat. Al <sup>+3</sup>	P Assimilável	Equiv. CaCO <sub>3</sub>	
		g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>							%	(m)	mg kg <sup>-1</sup>	Olsen	g kg <sup>-1</sup>
														Mehlich		
Ap	21,07	4,69	3,61	1,4	1,3	0,19	0,06	2,95	0,9	9,22	13,07	22,58	23,38	32		
Cg1	12,95	4,74	3,62	0,4	0,1	0,05	0,04	0,59	1,3	7,17	9,06	6,50	68,78	16		
2Cg2	3,92	5,03	3,91	0,2	0,3	0,02	0,02	0,54	0,5	3,85	4,89	11,11	48,08	22		
3Cg3	9,98	4,83	3,85	0,4	0,5	0,04	0,06	1,00	1,6	6,05	8,65	11,57	61,54	17		
4H1	87,61	4,39	3,86	0,5	0,2	0,10	0,06	0,86	2,4	24,72	27,97	3,07	73,62	16		
5Cg4	46,42	4,77	3,80	0,4	0,1	0,04	0,04	0,58	1,7	7,60	9,88	5,87	74,56	11		
6H2	105,75	4,82	3,73	4,5	1,2	0,03	0,06	5,79	1,7	33,67	41,16	14,07	22,70	13		

## A – DESCRIÇÃO GERAL

### PERFIL 03

DATA - 01.06.2011

CLASSIFICAÇÃO SIBCS - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média / argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO, COORDENADAS - Propriedade particular, Reserva Ecológica do Guapiáçu - REGUA, Fazenda São José de Guapiáçu, Guapiáçu, 3º Distrito do município de Cachoeiras de Macacu - RJ. UTM: 23K 729278,198 E e 7515701,831 N.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em trincheira aberta em relevo suave ondulado sob plantio de espécies de essência florestal arbórea, predominantemente nativas da Mata Atlântica, com cinco anos de idade (reflorestamento para fim de preservação ambiental).

ALTITUDE - 38 metros.

LITOLOGIA - Granito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Unidade Santo Aleixo.

CRONOLOGIA - Neoproterozóico.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Montanhoso.

EROSÃO - Laminar Ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perenifólia.

USO ATUAL - Recomposição florestal.

CLIMA - Tropical, Af, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Aline Damasceno de Azevedo e Marcio Rocha Francelino.

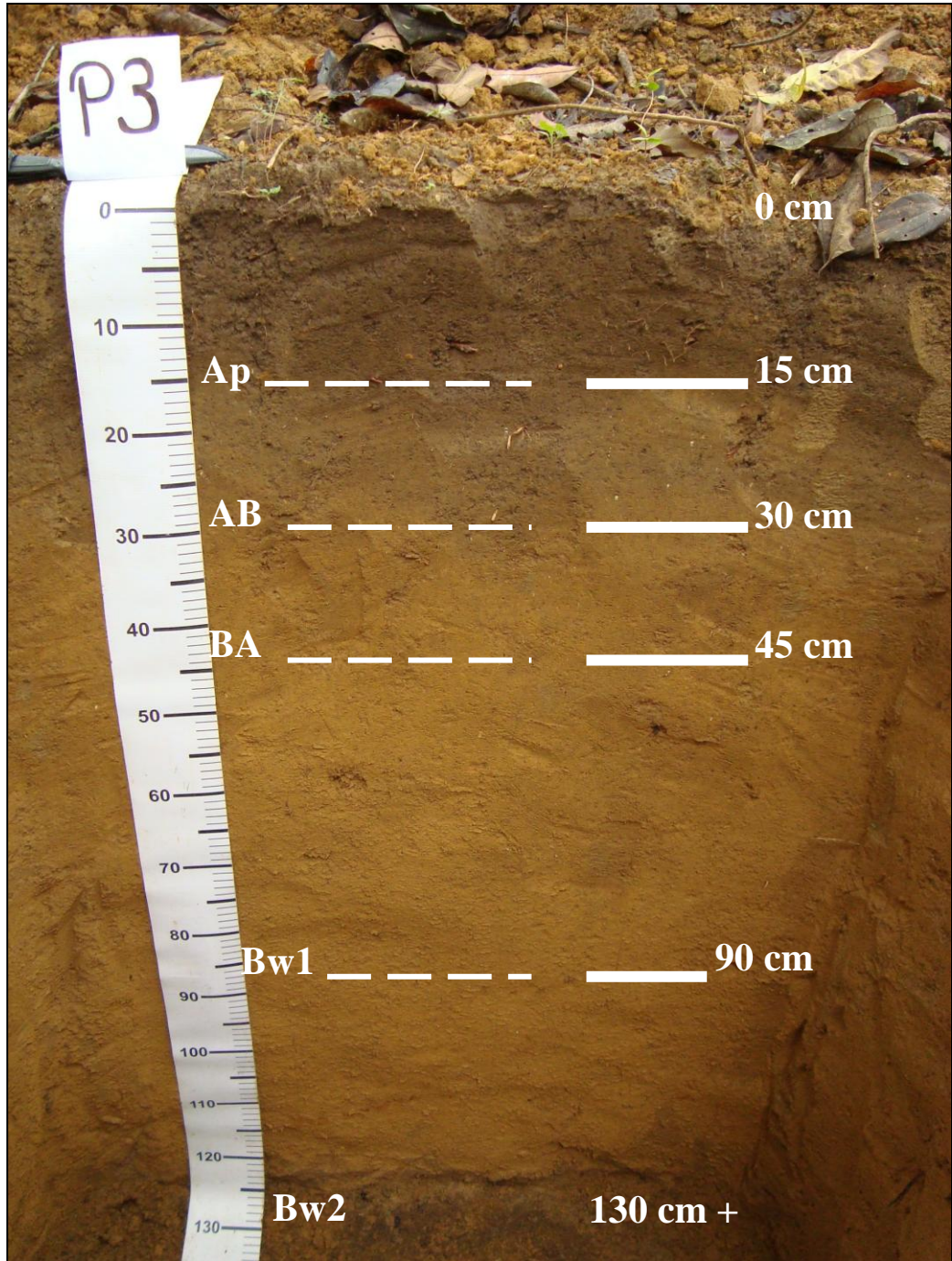
## B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0-15 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada média granular e pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- AB** 15-30 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, úmida) e bruno (10YR 5/3, seca); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada pequena granular e blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- BA** 30-45 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, úmida) e bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seca); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- Bw1** 45-90 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); argilo-arenosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
- Bw2** 90-130 cm +, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa.

**RAÍZES** – Comuns finas, médias e grossas nos horizontes A, AB e BA; poucas e raras finas em Bw1 e Bw2.

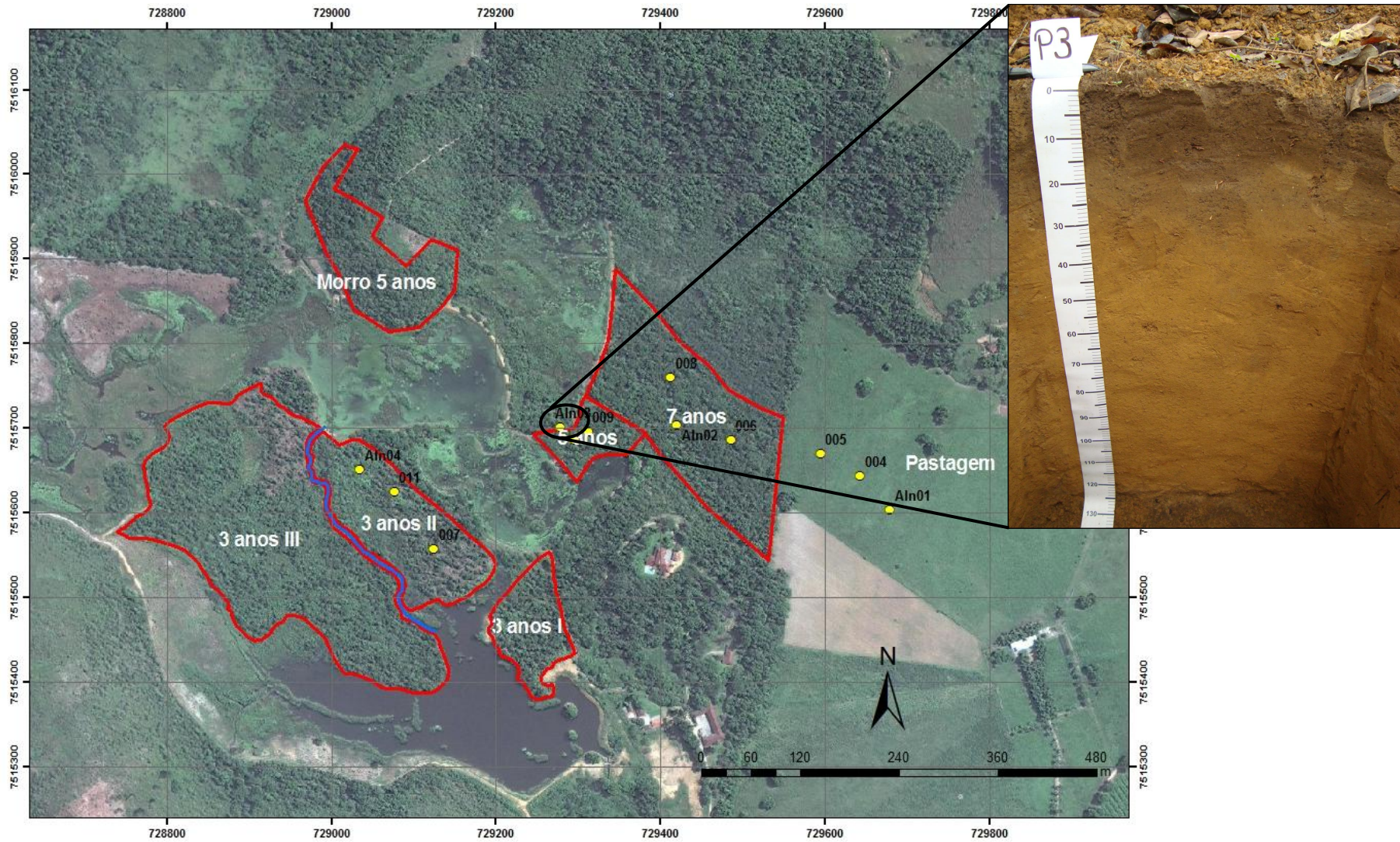
**OBSERVAÇÃO** – Perfil descrito ligeiramente úmido; presença de material biogênico (carvão vegetal).





**Figura 5.** Perfil de LATOSSOLO AMARELO, localizado na área de reflorestamento datado em 5 anos





**Figura 6.** Localização do perfil de LATOSSOLO AMARELO descrito na tipologia vegetal caracterizada como reflorestamento com 5 anos de idade

**C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina				Arg. Disp. em H <sub>2</sub> O	Grau de Floculação	Silte/Arg	Densidade		Porosidade		
Símb	Prof.	Calhau	Casc.	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		%		Solo	Part.			
	cm	g kg <sup>-1</sup>										Mg m <sup>-3</sup>		dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>		
Ap	0-15				330	200	210	260	130	50	0,81	1,37				
AB	15-30				350	200	180	270	140	48	0,67	1,47				
BA	30-45				340	190	170	300	200	33	0,57	1,55				
Bw1	45-90				280	170	180	370	50	86	0,49	1,34				
Bw2	90-130+				300	210	150	340	20	94	0,44	1,25				
Hor	C-org	pH (1:2,5)		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Valor S	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T	Valor V	Sat. Al <sup>+3</sup>	P Assimilável	Equiv. CaCO <sub>3</sub>	
	g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								%	(m)	Mehlich	Olsen	g kg <sup>-1</sup>
Ap	20,00	4,77	3,76	0,8	0,5	0,16	0,02	1,48	1,1	9,68	12,26	12,05	42,64	6		
AB	13,56	4,82	3,80	0,4	0,4	0,05	0,02	0,88	1,4	5,42	7,70	11,39	61,40	2		
BA	10,22	5,44	3,94	0,5	0,0	0,04	0,02	0,56	1,0	3,35	4,90	11,41	64,10	0		
Bw1	6,64	5,65	4,07	0,4	0,1	0,04	0,02	0,56	0,6	3,09	4,24	13,19	51,72	2		
Bw2	5,03	5,90	4,15	0,2	0,1	0,03	0,02	0,35	0,4	3,62	4,37	8,05	53,33	4		

## A – DESCRIÇÃO GERAL

### PERFIL 04

DATA - 01.06.2011

CLASSIFICAÇÃO SIBCS - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média / argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO, COORDENADAS - Propriedade particular, Reserva Ecológica do Guapiçu - REGUA, Fazenda São José de Guapiçu, Guapiçu, 3º Distrito do município de Cachoeiras de Macacu - RJ. UTM: 23K 729035,039 E e 7515651,764 N.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em trincheira aberta em relevo suave ondulado sob plantio de espécies de essência florestal arbórea, predominantemente nativas da Mata Atlântica, com três anos de idade (reflorestamento para fim de preservação ambiental).

ALTITUDE - 36 metros.

LITOLOGIA - Granito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Unidade Santo Aleixo.

CRONOLOGIA - Neoproterozóico.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Não rochoso.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Montanhoso.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perenifólia.

USO ATUAL - Recomposição florestal.

CLIMA - Tropical, Af, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Aline Damasceno de Azevedo e Marcio Rocha Francelino.

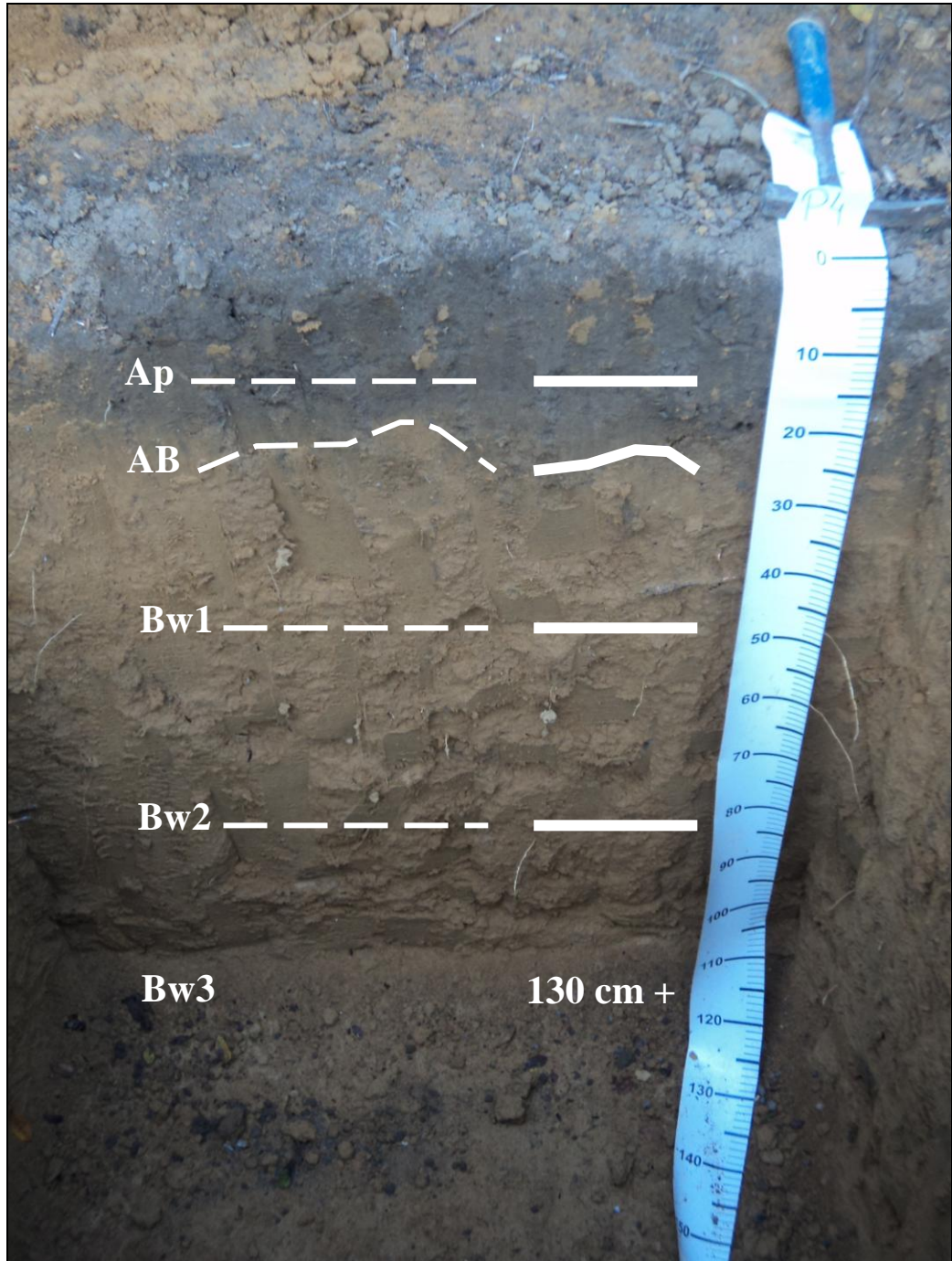
## B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0-15 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argilo-arenosa; fraca pequena granular e blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- AB** 15-25 cm (20-30 cm), bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno (10YR 5/3, seca); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada muito pequena granular e pequena blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara.
- Bw1** 25-50 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- Bw2** 50-85 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares e média blocos angulares; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
- Bw3** 85-130 cm +, bruno-amarelado (10YR 5/4); franco-argilo-arenosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares e média blocos angulares; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

**RAÍZES** – Poucas médias nos horizontes A e AB; poucas médias e raras finas em Bw1; comuns finas e médias em Bw2; e raras finas no horizonte Bw3.

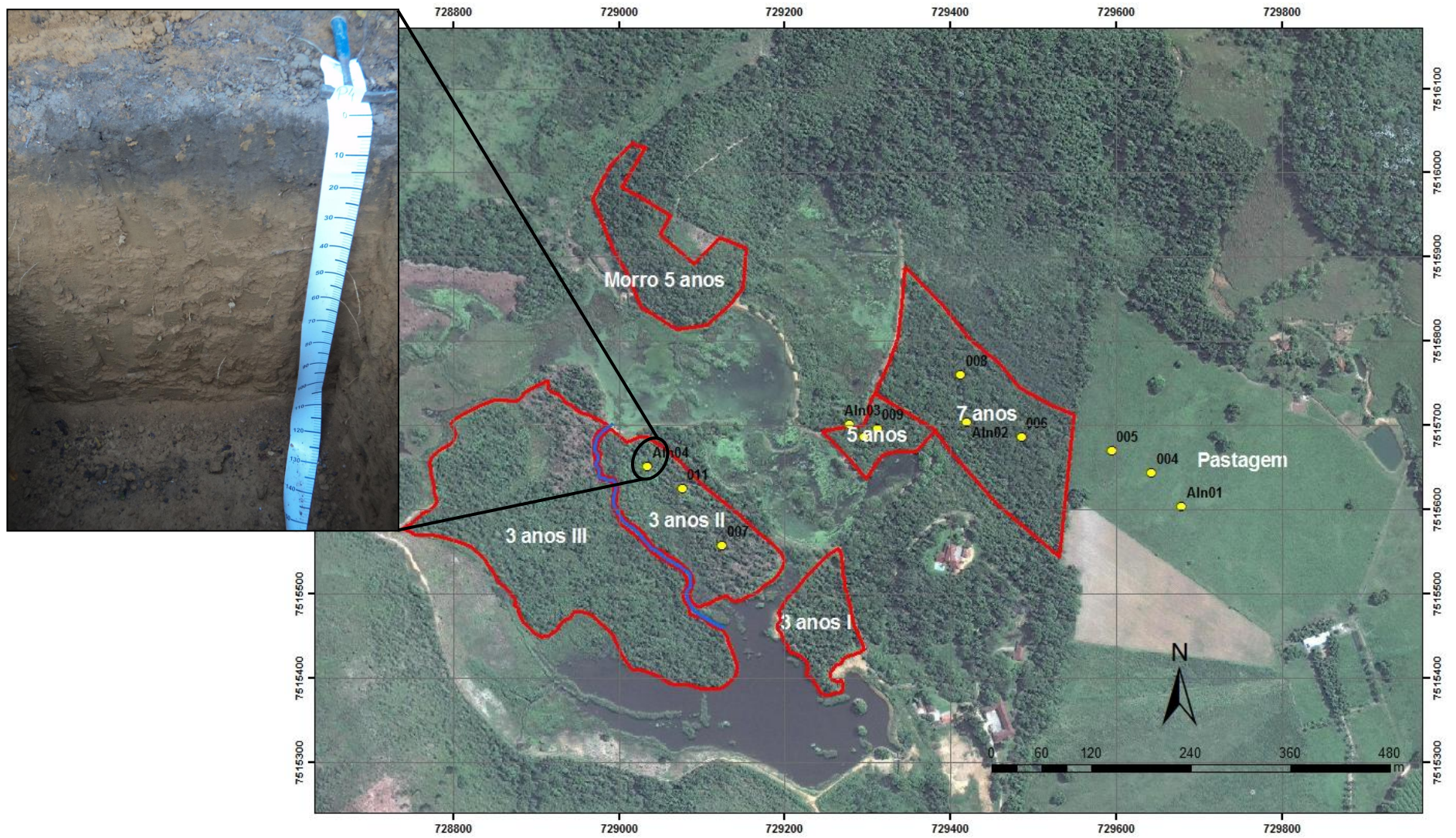
**OBSERVAÇÃO** – Perfil descrito ligeiramente úmido; presença de material biogênico (carvão vegetal).





**Figura 7.** Perfil de LATOSSOLO AMARELO, localizado na área de reflorestamento com 3 anos





**Figura 8.** Localização do perfil de LATOSSOLO AMARELO descrito na tipologia vegetal caracterizada como reflorestamento com 3 anos de idade

### C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina				Arg. Disp. em H <sub>2</sub> O	Grau de Flocculação	Silte/Arg	Densidade		Porosidade		
Símb	Prof.	Calhau	Casc.	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		%		Solo	Part.			
	cm	g kg <sup>-1</sup>										Mg m <sup>-3</sup>		dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>		
Ap	0-15				440	200	140	220	160	27	0,64	1,44				
AB	15-25 (20-30)				370	170	230	230	170	26	1,00	1,51				
Bw1	25-50				390	160	160	290	160	45	0,55	1,52				
Bw2	50-85				370	150	190	290	50	83	0,66	1,43				
Bw3	85-130+				360	170	150	320	50	84	0,47	1,57				
Hor	C-org	pH (1:2,5)		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Valor S	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T	Valor V	Sat. Al <sup>+3</sup>	P Assimilável	Equiv. CaCO <sub>3</sub>	
	g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								%	(m)	mg kg <sup>-1</sup>	Olsen	g kg <sup>-1</sup>
Ap	15,17	5,12	3,95	1,0	0,2	0,33	0,02	1,55	0,2	6,13	7,88	19,72	11,43	1		
AB	12,45	5,14	3,97	1,0	0,1	0,06	0,02	1,19	0,3	5,37	6,85	17,30	20,13	0		
Bw1	8,12	5,70	4,22	1,1	0,2	0,04	0,04	1,38	0,2	3,98	5,56	24,82	12,66	0		
Bw2	6,76	5,45	4,09	0,9	0,1	0,05	0,02	1,07	0,5	4,01	5,58	19,15	31,85	0		
Bw3	5,40	5,55	4,10	0,6	0,2	0,04	0,02	0,86	0,6	3,75	5,20	16,52	41,10	1		

## **A – DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL 05**

DATA - 22.08.2011

CLASSIFICAÇÃO SIBCS – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo montanhoso.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO, COORDENADAS – Trilha Verde, Reserva Ecológica do Guapiaçu - REGUA, Fazenda São José de Guapiaçu, Guapiaçu, 3º Distrito do município de Cachoeiras de Macacu - RJ. UTM: 23K 732929 E e 7521552 N.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço superior de encosta com 80% de declive, sob floresta nativa.

ALTITUDE - 420 metros.

LITOLOGIA - Gnaisse, Migmatito Feldspático.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Unidade Santo Aleixo.

CRONOLOGIA - Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso.

ROCHOSIDADE - Rochoso.

RELEVO LOCAL - Escarpado.

RELEVO REGIONAL - Escarpas da Serra do Mar.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical perenifólia.

USO ATUAL - Preservação florestal de área de fragmento sob domínio da Mata Atlântica.

CLIMA - Tropical, Af, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR - Aline Damasceno de Azevedo e Marcio Rocha Francelino.

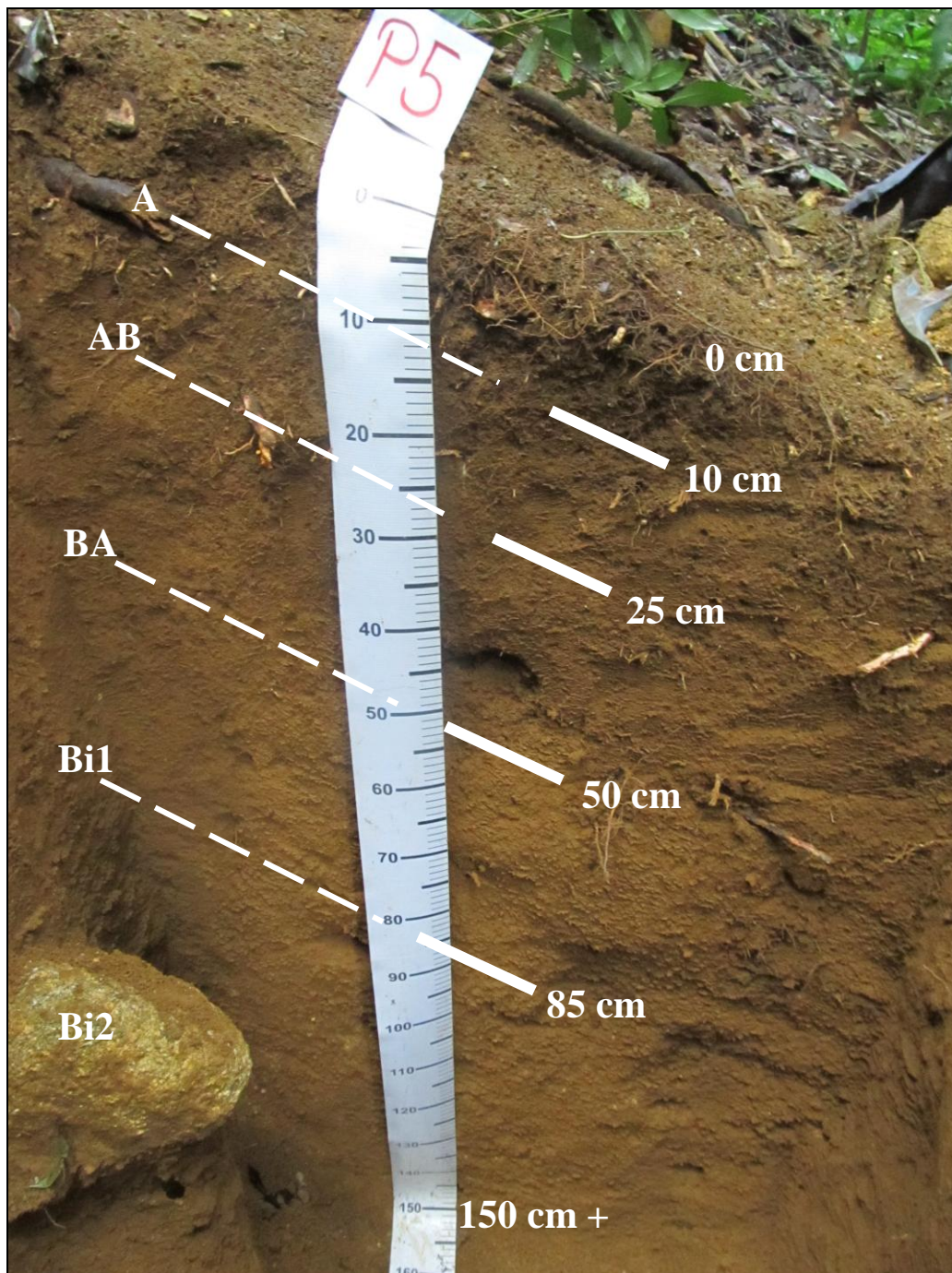


## B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A** 0-10 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno (10YR 5/3, seca); argila; fraca a moderada pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- AB** 10-25 cm, bruno (7,5YR 4/2, úmida) e bruno-amarelado (10YR 5/6, seca); argila; fraca a moderada pequena granular e blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- BA** 25-50 cm, bruno (7,5YR 4/2); muito argilosa; fraca a moderada pequena blocos angulares e blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- Bi1** 50-85 cm, cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2); muito argilosa; moderada a forte pequena e média blocos angulares e blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
- Bi2** 85-150 cm +, cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2); muito argilosa; moderada a forte pequena e média blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa.

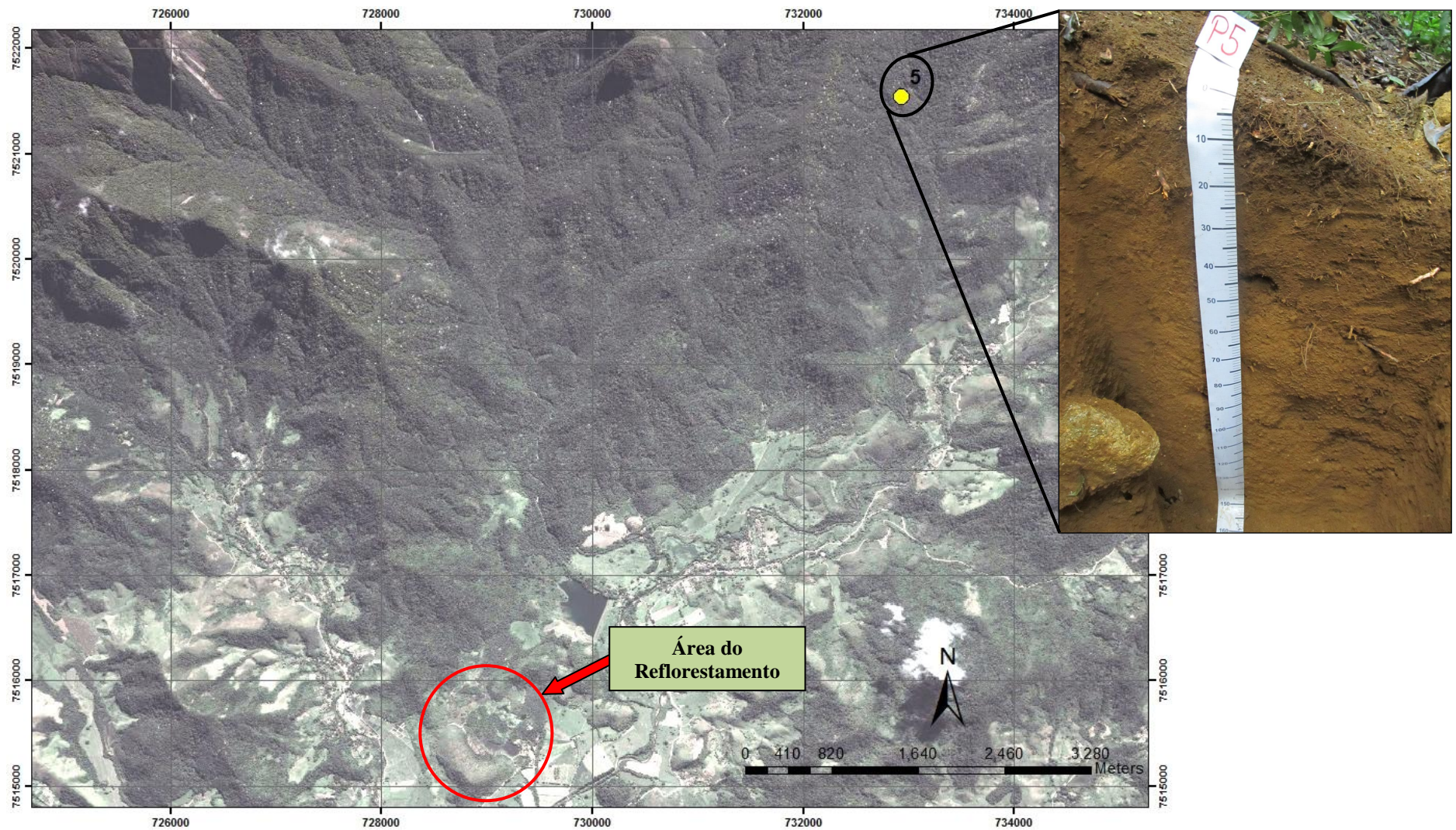
**RAÍZES** – Muitas finas e médias e comuns grossas e muito grossas no horizonte A; comuns finas, médias e grossas em AB e BA; raras médias em Bi1; e raras finas no horizonte Bi2.

**OBSERVAÇÃO** – Perfil descrito úmido; 36° de declividade; face 45°, onde apresentou atração magnética.



**Figura 9.** Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO, localizado na área de mata nativa da REGUA





**Figura 10.** Localização do perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO descrito na tipologia vegetal caracterizada como floresta nativa, onde destaca-se a área do reflorestamento (em vermelho)

**C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina				Arg. Disp. em H <sub>2</sub> O	Grau de Flocculação	Silte/Arg	Densidade		Porosidade		
Símb	Prof.	Calhau	Casc.	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		%		Solo	Part.			
	cm	g kg <sup>-1</sup>										Mg m <sup>-3</sup>		dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>		
A	0-10				250	160	80	510	260	49	0,16	0,87				
AB	10-25				200	150	110	540	220	59	0,20	1,00				
BA	25-50				170	130	90	610	20	97	0,15	1,02				
Bi1	50-85				150	130	100	620	20	97	0,16	1,07				
Bi2	85-150+				180	140	140	540	40	93	0,26	0,98				
Hor	C-org	pH (1:2,5)		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Valor S	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T	Valor V	Sat. Al <sup>+3</sup>	P Assimilável	Equiv. CaCO <sub>3</sub>	
	g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								%	(m)	mg kg <sup>-1</sup>	Olsen	g kg <sup>-1</sup>
														Mehlich		
A	44,15	4,52	3,65	0,5	0,0	0,28	0,08	0,86	1,7	14,20	16,76	5,16	66,41	1		
AB	21,56	4,72	4,06	0,3	0,0	0,11	0,04	0,46	0,6	9,52	10,58	4,31	56,60	0		
BA	14,55	4,72	4,21	0,3	0,0	0,04	0,04	0,38	0,3	7,84	8,52	4,46	44,12	0		
Bi1	7,38	5,31	5,25	0,2	0,1	0,03	0,02	0,35	0,0	5,17	5,52	6,36	0,00	0		
Bi2	5,40	5,24	5,34	0,2	0,1	0,02	0,02	0,34	0,0	4,68	5,02	6,84	0,00	0		