



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

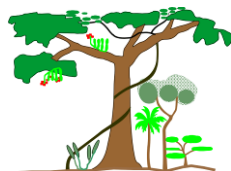
GABRIELA OLIVEIRA SCOLARI

**BIOMASSA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM  
REFLORESTAMENTOS NO NORTE DO PARANÁ, BRASIL**



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---



LABRE



m e s t r a d o  
ciências biológicas  
zoologia e botânica



C A P E S



Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico



## BIOMASSA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM REFLORESTAMENTOS NO NORTE DO PARANÁ, BRASIL.

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Marcelo Domingues Torezan

Londrina  
2011

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

S422b Scolari, Gabriela Oliveira

Biomassa de espécies arbóreas nativas em reflorestamentos no norte do Paraná,  
Brasil / Gabriela Oliveira Scolari. – Londrina, 2011.  
55 f. : il.

Orientador: José Marcelo Domingues Torezan  
Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Londrina,  
Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Botânica, 2011.  
Inclui bibliografia.

1. Biomassa – Teses. 2. Fixação de carbono – Teses. 3. Reflorestamento. Teses. I.  
Torezan, José Marcelo Domingues. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro  
de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica. III. Título.

CDU 634.02(816.)

GABRIELA OLIVEIRA SCOLARI

**BIOMASSA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM  
REFLORESTAMENTOS NO NORTE DO PARANÁ, BRASIL**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Dr. Antônio Carlos Galvão de Melo  
Instituto Florestal - Assis - SP

---

Prof. Dr. José Antonio Pimenta  
UEL – Londrina - PR

---

Prof. Dr. Jose Marcelo Domingues Torezan  
UEL – Londrina - PR

Londrina, 25 de abril de 2013.

SCOLARI, Gabriela Oliveira. **Biomassa de espécies arbóreas nativas em reflorestamento no norte do Paraná, Brasil**. 2011. 55f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## RESUMO

A implantação de reflorestamentos com espécies nativas, e o conseqüente crescimento dessas espécies têm potencial para captar e fixar o carbono atmosférico, incorporando-o na biomassa. Estudos envolvendo a estimativa de biomassa vegetal permitem identificar padrões que podem ser úteis no planejamento da restauração. Desse modo, este trabalho teve como objetivo relacionar a estrutura florestal e a fertilidade do solo com a biomassa viva, acima do solo, de espécies arbóreas. O estudo foi desenvolvido em 12 reflorestamentos de espécies nativas com idades entre 40 e 89 meses, situados no entorno do Reservatório de Capivara, no norte do Paraná. Para tanto, foram instaladas dez parcelas (10x10m) em cada reflorestamento, onde foram medidos e identificados todos os indivíduos arbóreos com circunferência à altura da base (CAB)  $\geq 5$  cm. Para a estimativa da biomassa foram utilizadas equações alométricas espécie-específicas. Um total de 2031 indivíduos foram amostrados, distribuídos em 27 famílias, 49 gêneros e 57 espécies. A biomassa variou de 27 a 85 Mg.ha<sup>-1</sup>. A idade dos reflorestamentos, a riqueza de espécies (que variou de 11 a 34) e a porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras (59 a 91,7% do total de árvores medidas) não apresentaram correlação com a biomassa. Apenas a densidade de indivíduos por hectare explicou a variação de biomassa ( $p=0,0078$ ;  $r^2 = 0,5241$ ). Uma análise de agrupamento indicou a formação de cinco grupos compostos por parcelas de composição florística similar. A biomassa viva acima do solo não variou entre os grupos ( $p>0,05$ ). Em relação às variáveis químicas do solo a biomassa apenas se relacionou com tais variáveis dentro dos grupos de composição florística similar: concentração de fósforo (grupo 3 -  $r^2= 0,27$  e  $p= 0,0084$ ), pH (grupo 4 -  $r^2= 0,16$  e  $p= 0,020$ ) e saturação de bases (grupo 4 -  $r^2= 0,13$  e  $p= 0,032$ ).

**Palavras-chave:** Biomassa. Fixação de carbono. Reflorestamento.

SCOLARI, Gabriela Oliveira. **Biomass of tree native species in reforestations in North of Parana, Brazil.** 2011. 55f. Dissertation (Master's degree in Botanic) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

### ABSTRACT

The implementation of reforestation with native species, and the subsequent growth of these species have the potential to capture and fix atmospheric carbon, incorporating it into biomass. Studies involving the estimation of plant biomass can identify patterns that may be useful in planning the restoration. Thus, this study aimed to relate forest structure and soil fertility with aboveground biomass of native tree species. The study was conducted in 12 reforestations of native species between the ages of 40 and 89 months, located in the vicinity of Capivara Reservoir in northern Paraná. For this, we installed ten plots (10x10m) in each reforestation, which were measured and identified all trees with high circumference of the base (CAB)  $\geq 5$  cm. To estimate the biomass species-specific equations were used. A total of 2031 individuals were sampled, distributed in 27 families, 49 genera and 57 species. The biomass ranged from 27 to 85 Mg.ha<sup>-1</sup>. The age of reforestation, species richness (which ranged from 11 to 34) and the percentage of individuals of pioneer species (59 to 91.7% of total trees measured) showed no correlation with biomass. Only the density of trees per hectare explained the variation in biomass ( $p = 0.0078$ ,  $r^2 = 0.5241$ ). A cluster analysis indicated the formation of groups consisting of five parcels of similar floristic composition. The aboveground biomass does not vary between groups ( $p > 0.05$ ). In relation to soil chemical variables only biomass was related to such variables within groups of similar species composition: the concentration of phosphorus (group 3 -  $r^2 = 0.27$  and  $p = 0.0084$ ), pH (group 4 -  $r^2 = 0.16$ ,  $p = 0.020$ ) and saturation (group 4 -  $r^2 = 0.13$  and  $p = 0.032$ ).

**Keywords:** Biomass. Carbon sequestration. Reforestation.

Aos meus pais Cacá Scolari e Márcia Oliveira Gonçalves.

## **AGRADECIMENTOS**

A Duke Energy, FAUEL e ao Programa de Mestrado em Ciências Biológicas da UEL, pelo apoio financeiro, imprescindível para a realização deste trabalho.

Aos Professores Antônio Carlos Galvão de Melo e José Antonio Pimenta, pelas contribuições com críticas e sugestões.

Ao meu orientador José Marcelo D. Torezan, pelos ensinamentos, apoio, paciência e amizade.

A equipe do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas, em especial aos amigos Odair do C. Pavão e Jézili Dias, pela dedicação nos dias de campo, risadas e aventuras; a Alba L. Cavalheiro por toda sua ajuda na realização deste trabalho.

A professora Inês Cristina de Batista Fonseca por sua ajuda nas análises estatísticas.

Aos amigos Gabriela R. Andrade, Lya Carolina da Silva, Mariana Mota, Carolina C, Caineli, Ângela C. R. Batista, Maurício Mantoani e Maria A. A. Fonte por tantas conversas, risadas e companheirismo nesses anos de mestrado.

Um agradecimento muito especial para os meus pais Cacá e Márcia, e a Júlia, Luciano e Regina, pelo apoio e estímulo em todas as etapas da minha vida.

Ao Eduardo por continuar sempre me apoiando, com toda sua paciência, dedicação e carinho em mais uma fase de nossas vidas.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Reservatório de Capivara, no norte do estado do Paraná, Brasil. Os números marcam os municípios de (1) Rancho Alegre, (2) Sertaneja, (3) Alvorada do Sul, (4) Primeiro de Maio e (5) Sertanópolis onde se localizam os reflorestamentos estudados. Fonte: Adaptado de Suganuma (2008)..... 23
- Figura 1** - Um dos reflorestamentos estudados (83 meses) no Reservatório de Capivara em Rancho Alegre, PR. .... 24
- Figura 3** - Representação da distribuição das parcelas nos reflorestamentos estudados. .... 25
- Figura 4** - Variação da porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras nos 12 reflorestamentos estudados ..... 29
- Figura 5** - Riqueza de espécies encontrada nos 12 reflorestamentos estudados ..... 30
- Figura 6** - Classificação das unidades amostrais em cinco grupos através na Análise de Cluster, caracterizando as subformações internas dos reflorestamentos amostrados com base em suas similaridades de composição florística. As parcelas agrupadas pelos colchetes pertencem ao mesmo reflorestamento..... 32
- Figura 7** - Regressão entre os dados do grupo três de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função da abundância de indivíduos por parcela ( $r^2= 0,18$  e  $p= 0,034$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha contínua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95% ..... 33
- Figura 8** - Regressão entre os dados do grupo quatro de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função da idade em meses dos reflorestamentos ( $r^2= 0,13$  e  $p= 0,036$ ). Os valores de BAS foram transformados através do

Logaritmo Natural (Log N). A linha continua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.....	33
<b>Figura 9</b> - Regressões entre os dados do grupo cinco de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função: (a) idade em meses dos reflorestamentos ( $r^2= 0,13$ e $p= 0,011$ ); (b) riqueza de espécies ( $r^2= 0,11$ e $p= 0,020$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha continua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicar o intervalo de confiança de 95%.....	34
<b>Figura 10</b> -Porcentagens de indivíduos distribuídos em classes de altura (m), nos 12 reflorestamentos estudados.....	36
<b>Figura 11</b> -Porcentagens de indivíduos distribuídos em classes de diâmetro à altura da base (cm), nos 12 reflorestamentos estudados.....	37
<b>Figura 12</b> -Regressão linear entre a Biomassa viva acima do solo (BAS) em função da Densidade de Indivíduos por hectare ( $\beta=0,724$ ; $p=0,0078$ ; $r^2 = 0,5241$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha continua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95% .....	38
<b>Figura 13</b> -Regressões entre os dados do grupo três e quatro de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função: (a) concentração de fósforo (P) ( $r^2= 0,27$ e $p= 0,0084$ ); (b) valores de Ph ( $r^2= 0,16$ e $p= 0,020$ ); (c) saturação de bases (V) em (%) ( $r^2= 0,13$ e $p= 0,032$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha continua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.....	40

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Área, idade e localização dos reflorestamentos estudados na margem paranaense do Reservatório de Capivara, Paraná, Brasil ..... 24
- Tabela 2** - Espécies e equações alométricas produzidas por Jardim, 2006. Onde **BAS**: biomassa viva acima do solo; **DAB**: diâmetro à altura da base; **Ht**: altura total; **r<sup>2</sup>** : índice de determinação..... 27
- Tabela 3** – Médias de área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ), biomassa viva acima do solo ( $Mg \cdot ha^{-1}$ ) e densidade (indivíduos/hectare) encontradas nos 12 reflorestamentos estudados. Onde BAS: biomassa viva acima do solo ..... 31
- Tabela 4** - Biomassa acima do solo ( $Mg \cdot ha^{-1}$ ) de espécies arbóreas em diferentes classes de diâmetro à altura da base (DAB – cm) ..... 35
- Tabela 5** - Parâmetros de estrutura do estrato arbóreo de 15 áreas de restauração de mata ciliar às margens do Reservatório de Capivara, PR e Vale do Paranapanema, SP ..... 43

## LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A-** Famílias e espécies encontradas nos 12 reflorestamentos estudados, Represa de Capivara, Norte do Paraná, Brasil. Onde, NP: não pioneira; P: pioneira; (\*): espécies ausentes no momento do plantio  
52
- APÊNDICE B -** Resultado da Análise química do solo em áreas de restauração de floresta estacional com diferentes idades ..... 54
- APÊNDICE C -** Correlação de Pearson entre as variáveis encontradas na Análise química do solo e a Biomassa acima do solo de espécies arbóreas nativas em áreas de restauração de floresta estacional com diferentes idades ..... 55

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	16
<b>RESUMO</b> .....	19
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	21
2.2 COLETA DE DADOS .....	25
2.2.1 Composição Florística e Biomassa Viva Acima do Solo .....	25
2.2.2 Classificação Ecológica das Espécies .....	26
2.2.3 Fertilidade do Solo .....	28
2.3 ANÁLISE DE DADOS .....	28
<b>3 RESULTADOS</b> .....	29
3.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO .....	29
3.2 ESTRUTURAS DE TAMANHO E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO.....	35
3.3 FERTILIDADE DO SOLO.....	38
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO .....	41
4.2 ESTRUTURAS DE TAMANHO E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO.....	44
4.3 FERTILIDADE DO SOLO.....	44
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>APÊNDICES</b> .....	51

<b>APÊNDICE A -</b>	Famílias e espécies encontradas nos 12 reflorestamentos estudados, Represa de Capivara, Norte do Paraná, Brasil. Onde, NP: não pioneira; P: pioneira; (*): espécies ausentes no momento do plantio .....	52
<b>APÊNDICE B -</b>	Análise química do solo em áreas de restauração de floresta estacional com diferentes idades .....	54
<b>APÊNDICE C -</b>	Correlação de Pearson entre as variáveis encontradas na Análise química do solo e a Biomassa acima do solo de espécies arbóreas nativas em áreas de restauração de floresta estacional com diferentes idades .....	55

## Biomass of tree native species in reforestations in North of Parana, Brazil

Gabriela Oliveira Scolari<sup>1</sup> e José Marcelo Domingues Torezan<sup>1\*</sup>

### RESUMO

A implantação de reflorestamentos com espécies nativas, e o conseqüente crescimento dessas espécies têm potencial para captar e fixar o carbono atmosférico, incorporando-o na biomassa. Estudos envolvendo a estimativa de biomassa vegetal permitem identificar padrões que podem ser úteis no planejamento da restauração. Desse modo, este trabalho teve como objetivo relacionar a estrutura florestal e a fertilidade do solo com a biomassa viva, acima do solo, de espécies arbóreas. O estudo foi desenvolvido em 12 reflorestamentos de espécies nativas com idades entre 40 e 89 meses, situados no entorno do Reservatório de Capivara, no norte do Paraná. Para tanto, foram instaladas dez parcelas (10x10m) em cada reflorestamento, onde foram medidos e identificados todos os indivíduos arbóreos com circunferência à altura da base (CAB)  $\geq 5$  cm. Para a estimativa da biomassa foram utilizadas equações alométricas espécie-específicas. Um total de 2031 indivíduos foram amostrados, distribuídos em 27 famílias, 49 gêneros e 57 espécies. A biomassa variou de 27 a 85 Mg.ha<sup>-1</sup>. A idade dos reflorestamentos, a riqueza de espécies (que variou de 11 a 34) e a porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras (59 a 91,7% do total de árvores medidas) não apresentaram correlação com a biomassa. Apenas a densidade de indivíduos por hectare explicou a variação de biomassa ( $p=0,0078$ ;  $r^2 = 0,5241$ ). Uma análise de agrupamento indicou a formação de cinco grupos compostos por parcelas de composição florística similar. A biomassa viva acima do solo não variou entre os grupos ( $p>0,05$ ). Em relação às variáveis químicas do solo a biomassa apenas se relacionou com tais variáveis dentro dos grupos de composição florística similar: concentração de fósforo (grupo 3 -  $r^2= 0,27$  e  $p= 0,0084$ ), pH (grupo 4 -  $r^2= 0,16$  e  $p= 0,020$ ) e saturação de bases (grupo 4 -  $r^2= 0,13$  e  $p= 0,032$ ).

**Palavras-chave:** Biomassa. Fixação de carbono. Reflorestamento.

### ABSTRACT

The implementation of reforestation with native species, and the subsequent growth of these species have the potential to capture and fix atmospheric carbon, incorporating it into biomass. Studies involving the estimation of plant biomass can identify patterns that may be useful in planning the restoration. Thus, this study aimed to relate forest structure and soil fertility with aboveground biomass of native tree species. The study was conducted in 12 reforestations of native species between the ages of 40 and 89 months, located in the vicinity of Capivara Reservoir in northern Paraná. For this, we installed ten plots (10x10m) in each reforestation, which were measured and identified all trees with high circumference of the base (CAB)  $\geq 5$  cm. To estimate the biomass species-specific equations were used. A total of 2031 individuals were sampled, distributed in 27 families, 49 genera and 57 species. The biomass ranged from 27 to 85 Mg.ha<sup>-1</sup>. The age of reforestation, species richness (which ranged from 11 to 34) and the percentage of individuals of pioneer species (59 to 91.7% of total trees measured) showed no correlation with biomass. Only the density of trees per hectare explained the variation in biomass ( $p = 0.0078$ ,  $r^2 = 0.5241$ ). A cluster analysis indicated the formation of groups consisting of five parcels of similar floristic composition.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina

\*autor para correspondência: torezan@uel.br

The aboveground biomass does not vary between groups ( $p > 0.05$ ). In relation to soil chemical variables only biomass was related to such variables within groups of similar species composition: the concentration of phosphorus (group 3 -  $r^2 = 0.27$  and  $p = 0.0084$ ), pH (group 4 -  $r^2 = 0.16$ ,  $p = 0.020$ ) and saturation (group 4 -  $r^2 = 0.13$  and  $p = 0.032$ ).

**Keywords:** Biomass. Carbon sequestration. Reforestation.

## INTRODUÇÃO GERAL

As atividades humanas tiveram importante papel no aumento das concentrações de Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera desde o começo da revolução industrial, devido principalmente à queima de combustíveis fósseis, desmatamento em áreas tropicais, atividades químicas industriais e implantação da agricultura (Brown e Lugo, 1992; Fearnside, 2000; Mearns, 2000). Dentre esses gases, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) recebe grande atenção, uma vez que 60% do aquecimento global observado é devido ao aumento de sua concentração, de cerca de 0,028% (período pré-industrial) para 0,036% nos dias de hoje (Mearns, 2000).

Os ecossistemas terrestres possuem importância significativa na absorção do carbono antropogênico, removendo aproximadamente 3 bilhões de toneladas todos os anos, sendo as florestas as maiores contribuintes para esse processo (período 2000-2006 -2.8 PgC ano<sup>-1</sup> ou 10.3 PgC ano<sup>-1</sup>) (Canadell e Raupach, 2008). Desse modo as estratégias visando à atenuação das emissões e a absorção do  $\text{CO}_2$  envolvem atividades florestais, como a redução do desmatamento e a restauração ecológica dos ecossistemas perturbados (Engel e Parrota, 2003; Canadell e Raupach, 2008).

A restauração de áreas degradadas e o reflorestamento de áreas abandonadas de pastagens ou agrícolas tinham, até pouco tempo, como objetivos o restabelecimento da diversidade biológica e a restauração dos processos ecológicos do ecossistema original que fora destruído, como o aumento da produtividade primária e fixação de  $\text{CO}_2$  (Engel e Parrota, 2003; Kageyama e Gandara, 2003; Melo e Durigan, 2006).

Atualmente, porém, um novo serviço ambiental passou a ser esperado das florestas: a fixação do carbono excedente no ambiente (Sanquetta e Balbinot, 2004) na forma de matéria lenhosa (Chang, 2004).

O mecanismo de sequestrar o carbono da atmosfera foi contextualizado na Convenção do Clima da ONU, no início da década de 90, como uma ferramenta de flexibilização dos compromissos de redução das emissões de Gases do Efeito Estufa dos

países com metas de redução, sendo uma das modalidades dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto (Chang, 2004).

Melo e Durigan (2006) afirmam que após o estabelecimento da idéia de que as florestas podem funcionar como sumidouros de carbono, uma nova questão foi direcionada para as pesquisas em áreas restauradas: a quantificação desse serviço ambiental prestado pelos diferentes modelos de plantio em diferentes situações ambientais e a discussão sobre a eficácia dessa iniciativa na redução dos níveis de CO<sub>2</sub> atmosférico.

O conhecimento da biomassa florestal, além de ser um dos pontos mais relevantes para a caracterização estrutural dos ecossistemas, serve como um parâmetro necessário para estimativas de estoque de carbono, uma vez que sua descrição é fundamental para os estudos de ciclagem mineral (Golley et al., 1978; Burger & Delitti, 1999; Silveira et al., 2008).

De acordo com Golley et al. (1978) a biomassa representa a matéria orgânica armazenada no ecossistema, expressada segundo Burger e Delitti, 1999 e Silveira et al., 2008 pelo potencial de acumulação de energia e de ciclagem de nutrientes pela biota em interação com fatores ambientais.

Biomassa florestal refere-se a toda a biomassa existente na floresta ou somente na sua fração arbórea (Sanquetta e Balbinot, 2004). Golley et al., (1978) afirmam que a biomassa viva florestal é formada principalmente de água, sendo o material restante composto por carboidratos, como a celulose e a lignina, e quantidades menores de proteína e minerais.

Segundo Araújo et al., (1999) os componentes que formam a biomassa vegetal total de um ecossistema são: biomassa viva acima do solo, formada por árvores e arbustos (sem considerar as raízes); biomassa morta acima e abaixo do solo ou necromassa, composta por serapilheira, troncos caídos e matéria orgânica incorporada no solo; e biomassa abaixo do solo, constituída pelas raízes.

A quantificação da biomassa de espécies arbóreas em florestas tropicais pode ser realizada por meio de métodos diretos e indiretos (Higuchi et al., 1998; Araújo et al., 1999). Os métodos diretos também chamados de destrutivos consistem no corte e pesagem do material vivo acima do solo de uma determinada área, sendo feita em seguida a extrapolação da avaliação amostrada para área total escolhida ou a elaboração de equações alométricas (Higuchi et al., 1998; Araújo et al., 1999; Nelson et al., 1999 Silveira et al. 2008).

As equações alométricas são definidas a partir da relação entre a massa seca, obtida através das amostras de diferentes porções da árvore secadas em estufa, e outros valores alométricos, como o diâmetro e a altura (Jardim, 2006).

Os métodos indiretos ou não destrutivos podem ser realizados de duas maneiras segundo Somogy et al. (2007): uma consiste em realizar a estimativa do volume cilíndrico por meio dos dados de diâmetro e altura, aplicar um fator de correção para a forma do fuste (geralmente entre 0,5 e 0,7) e multiplicando o volume corrigido pela densidade da madeira, e segundo é realizar o ajuste de equações pelo uso de técnicas de regressão, obtidas previamente por métodos destrutivos.

Segundo Brown et al. (1989) a biomassa total acima do solo pode variar em função da região geográfica, tipo de região, tipo florestal, estrutura florestal e grau de distúrbio da floresta. Russo (1983) ainda relaciona seis fatores que afetam a biomassa: a idade do povoamento, a variabilidade genética, a nutrição, a altitude, a umidade do solo e os desbastes.

Woodward (1994) destaca que a riqueza de espécies está relacionada com um funcionamento eficiente dos ecossistemas, e que um aumento na riqueza pode gerar uma maior complexidade das funções, o que inclui a absorção e perda de dióxido de carbono nos ecossistemas florestais.

Estudos envolvendo a quantificação da biomassa vegetal estão relacionados com sua estimativa em várias formações vegetacionais e em vários estágios da sucessão, como em áreas de florestas maduras (Brown et al., 1989; Brown e Lugo, 1992; Higushi et al., 1994; Burguer e Delitti, 1999) ou florestas secundárias (Brown e Lugo, 1990; Brown et al., 1995 e Burguer e Delitti, 2008), ou ainda em reflorestamentos comerciais (Soares e Oliveira, 2002; Soares et al., 2005; Junior et al., 2006; Corte e Sanquetta, 2007; Fernandes et al., 2007; Melo e Gonçalves, 2008; Santana et al., 2008; Silva et al., 2008). No entanto, existem poucos trabalhos (Laurance et al., 1999; Clark e Clark, 2000; Castilho et al. 2006 e Kirby e Potvin, 2007) que relacionam a influência da estrutura florestal como, por exemplo, a composição e riqueza de espécies, e a fertilidade dos solos sobre a estimativa de biomassa da floresta.

Dentro deste contexto, este estudo teve como objetivo investigar a influência da composição e riqueza de espécies e da fertilidade do solo sobre a biomassa viva acima do solo de espécies arbóreas nativas em reflorestamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, T.M., Higushi, N., Júnior, J.A.A., 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 117(1), 43-52.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R.; Lugo, A.E., 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4), 881-902.
- Brown, S., Lugo, A. E., 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6, 1-32.
- Brown, S., Lugo, A.E., 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*, 17, 8–18.
- Brown, I.F., Martinelli, L.A., Thomas, W.W., Moreira, M.Z., Ferreira, C.A.C., Victoria, R.A., 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: An example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 75(1), 175-189.
- Burger, D.M., Dellitti, W., 1999. Fitomassa epigéa da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira – SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 22(3), 429-435.
- Burger, D.M., Dellitti, W., 2008. Allometric models for estimating the phytomass of a secondary Atlantic Forest area of southeastern Brazil. *Biota Neotropical*, 8(4), 1 31-136.
- Canadell, J.G., Raupach, M.R., 2008. Managing Forests for Climate Change Mitigation. *Science*, 320, 1456-1457.
- Castilho, C. V de., Magnusson, W.E., Araújo, N.O de., Luizão, R.C.C., Luizão, F.J., Lima, A.P., Higuchi, N., 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234(1), 85–96.
- Chang, M.Y. Seqüestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas, in: Sanqueta, C.R., Balbinot, R., Ziliotto, M.A.B. (Eds.), *Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas*, Curitiba: UFPR/Ecoplan, pp. 15-37.
- Clark, D.B., Clark, D.A., 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 137(1), 185- 198.
- Corte, A.P.D., Sanqueta, C.R., 2007. Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamentos de *Pinus* na área de domínio da Floresta Ombrófila Mista. *Revista Cerne*, 13(1), 32-39.
- Engel, V.L., Parrotta, J.A., 2003. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais, in: Kageyama, P.Y., Oliveira, R.E., Moraes, L.F.D., Engel

V.L., Gandara, F.B. (Eds.), *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*, Botucatu: FEPAF, pp. 01-26.

Fearnside, P.M., 2000. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46(1-2), 115- 158.

Fernandes, T.J.G., Soares, C.P.B., Jacovine, L.A.G., Alvarenga, A de. P., 2007. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. *Revista Árvore*, 31(4), 657-665.

Golley, F.B., Mcguinness, J.T., Clements, R.G., Child, G.I., Deuver, M.J., 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*, São Paulo, EPU-EdUSP, 256pp.

Higushi, N., Santos, J.M., Imanaga, M., Yoshida, S., 1994. Aboveground biomass estimate for Amazon dense tropical moist forests. *The memoirs of the Faculty of Agriculture Kagoshima University*, 30, 43-95.

Higuchi, N., Santos, J., Ribeiro, R.J., Minette, L., Biot, Y., 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, 28(2), 153-166.

Jardim, P. S., 2006. *Crescimento e biomassa de espécies arbóreas nativas da floresta estacional em reflorestamentos no norte do Paraná, Brasil*. Dissertação de mestrado do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, PR, 88pp.

Junior, C.R.S., Nakajima, N.Y., Geromini, M.P., 2006. Captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. Na região de rio negrinho, SC. *Floresta*, 36(1), 33-44.

Kageyama, P.Y, Gandara, F.B., 2003. Restauração e Conservação de ecossistemas tropicais, in: Cullen, L.Jr., Valladares-padua, C., Rudran, R. (Eds.), *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*, Curitiba: UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, pp. 383-394.

Kirby, K.R., Potvin, C., 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink Project. *Forest Ecology and Management*, 246(2), 208–221.

Laurance, W.F., Fearnside, P.M., Laurance, S.G., Delamonica, P., Lovejoy, T.E., Merona, J.M.R de., Chambers, J.Q., Gascon, C., 1999. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*, 118(1), 127-138.

Mearns, L.O., 2000. Climatic change and variability, in: Reddy, K.R., Hodges, H.F. (Eds.), *Climate change and global crop productivity*, New York, pp. 7-29.

Melo, A.C.G., Durigan, G., 2006. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, 71, 149-154.

- Mello, S.L de. M., Gonçalves, J.L de. M., 2008. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. *Revista Árvore*, 32(1), 101-111.
- Nelson, B.W., Mesquita, R., Pereira, J.L.G., Souza, S.G.A de., Batista, G.T., Couto, L.B., 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 117, 149-167.
- Russo, R.O., 1983. Mediciones de biomassa em sistemas agroflorestales, Turrialba: CATIE, 27 pp.
- Sanquetta, C.R., Balbinot, R., 2004. Metodologias para determinação de biomassa florestal, in: Sanqueta, C.R., Balbinot, R., Ziliotto, M.A.B. (Eds.), *Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas*, Curitiba: UFPR/Ecoplan, pp.77-93.
- Santana, R.C., Barros, N.F., Leite, H.G., Comerford, N.B., Novais, R.F de., Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Árvore*, 32(4), 697-706.
- Silva, R.F da., Soares, C.P.B., Jacovine, L.A.G., Silva, M.L da., Leite, H.G., Silva, G.F da., 2008. Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de Eucalipto. *Revista Árvore*, 32(6), 979-992.
- Silveira, P., Koehler, H.S., Sanquetta, C.R., Arce, J.E., 2008. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, 38(1), 185- 206.
- Soares, C.P.B., Oliveira, M.L.R., 2002. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de Eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26(5), 533-539.
- Soares, C.P.B., Leite, G.L., Görgens, E.B., 2005. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de Eucalipto. *Revista Árvore*, 29(5), 711-718.
- Somogyi, Z., Cienciala, E., Mäkipää, R., Muukkonen, P., Lehtonen, A., Weiss, P., 2007. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *Eur J Forest Res.*,126, 197–207.
- Woodward, F.I.,1994 How Many Species Are Required for a Functional Ecosystem?, in: Schulze, E.D., Mooney, H.A. (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Function*. Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 271-291.

## **Efeitos da estrutura florestal e da fertilidade do solo sobre a biomassa viva acima do solo em reflorestamentos com espécies nativas.**

Artigo a ser submetido a Forest Ecology and Management

Efeitos da estrutura florestal e da fertilidade do solo sobre a biomassa viva acima do solo em reflorestamentos com espécies nativas.

Gabriela Oliveira Scolari<sup>1</sup> e José Marcelo Domingues Torezan<sup>1\*</sup>

### **RESUMO**

Os reflorestamentos com espécies nativas, que são uma das formas de restaurar ecossistemas florestais, podem captar e fixar o carbono atmosférico, a taxas maiores do que as obtidas por meio da sucessão espontânea. Estimativas de biomassa vegetal e do carbono fixado nestes ecossistemas permitem identificar padrões que podem ser úteis no planejamento da restauração. Este estudo teve como objetivo relacionar a riqueza de espécies, a densidade de árvores, a porcentagem de pioneiras, a idade e a fertilidade do solo com a biomassa viva, acima do solo, de espécies arbóreas. O estudo foi desenvolvido em 12 reflorestamentos de espécies nativas com idades entre 40 e 89 meses, situados no entorno do Reservatório de Capivara, no norte do Paraná. Para tanto, foram instaladas dez parcelas (10x10m) em cada reflorestamento, onde foram medidos e identificados todos os indivíduos arbóreos com circunferência à altura da base (CAB)  $\geq 5$  cm. Para a estimativa da biomassa foram utilizadas equações alométricas espécie-específicas. Um total de 2031 indivíduos foram amostrados, distribuídos em 27 famílias, 49 gêneros e 57 espécies. A biomassa variou de 27 a 85 t.ha<sup>-1</sup>. A idade dos reflorestamentos, a riqueza de espécies (que variou de 11 a 34) e a porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras (59 a 91,7% do total de árvores medidas) não apresentaram correlação com a biomassa. Apenas a densidade de indivíduos por hectare explicou a variação de biomassa ( $p=0,0078$ ;  $r^2 = 0,5241$ ). Uma análise de agrupamento indicou a formação de cinco grupos compostos por parcelas de composição florística similar. A biomassa viva acima do solo não variou entre os grupos ( $p>0,05$ ). Em relação às variáveis químicas do solo a biomassa apenas se relacionou com tais variáveis dentro dos grupos de composição florística similar: concentração de fósforo (grupo 3 -  $r^2= 0,27$  e  $p= 0,0084$ ), pH (grupo 4 -  $r^2= 0,16$  e  $p= 0,020$ ) e saturação de bases (grupo 4 -  $r^2= 0,13$  e  $p= 0,032$ ).

**Palavras-chave:** Estimativa de biomassa. Fixação de carbono. Reflorestamento. Riqueza de espécies. Composição florística.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina

\* autor para correspondência: torezan@uel.br

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Society of Ecological Restoration International (SER) (2004) a restauração ecológica é o processo de assistência ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído, visando sua auto-sustentabilidade e resistência às perturbações externas.

O sucesso das iniciativas de restauração depende de um conjunto de atributos que devem ser observados nos ecossistemas restaurados (SER, 2004). Ruiz-Jaen e Aide (2005) relatam que na prática, a maioria dos estudos avaliam três grandes atributos como forma de estimativa do êxito da restauração, sendo (1) diversidade; (2) estrutura da vegetação; e (3) processos do ecossistema.

O conhecimento da biomassa florestal é um dos pontos mais relevantes para a caracterização estrutural dos ecossistemas (Burger e Delitti, 1999; Silveira et al. 2008), e o seu ritmo de acúmulo é um exemplo de indicador dos processos do ecossistema, e do ritmo da recuperação dos reflorestamentos (Suganuma, 2008).

A biomassa total acima do solo varia amplamente entre as diferentes formações florestais, podendo ser alterada em função da idade do povoamento florestal, da região geográfica, do grau de distúrbio da floresta (Russo 1983; Brown et al. 1989; Rolim et al., 2005; Malhi et al., 2006), e da densidade da madeira das espécies mais comuns (Baker et al., 2004; Chave et al., 2005; Urquiza-Haas et al., 2007; Nogueira et al., 2008).

Outros autores ainda relacionam a variação da biomassa com a estrutura da floresta (Vieira et al., 2004; Malhi et al., 2006; Muller-Landau et al., 2006; Vieira et al., 2008) e fertilidade do solo (Clark e Clark, 2000; De Walt e Chave, 2004; Castilho et al., 2006).

De acordo com Brown e Lugo (1990) a biomassa tende a aumentar rapidamente nos primeiros 15 anos de sucessão natural, devido, principalmente à presença de espécies de crescimento rápido (pioneiras), as quais geralmente não duram mais de uma geração e não se regeneram em sua própria sombra. Com a morte destas árvores, espécies de crescimento mais lento e mais duradouras vão gradualmente sendo inseridas no ecossistema (Salimon e Brown, 2000). Esse processo levaria a um modelo de acúmulo de biomassa em função do tempo de forma não linear, com altas taxas de crescimento inicial, seguida de valores decrescentes ao longo dos anos (chegando próximo a zero), até o ponto em que a quantidade ganha e perda de biomassa entraria em equilíbrio (Salimon e Brown, 2000). Nos reflorestamentos compostos predominantemente de espécies pioneiras, na ausência do

ingresso de espécies tardias, o ritmo de acúmulo de biomassa poderia ser levado a uma estagnação.

Embora ainda sejam escassos na literatura, estudos sobre o acúmulo de biomassa em reflorestamentos com espécies nativas podem estabelecer padrões para o monitoramento da restauração ecológica (Suganuma, 2008). Além disso, os reflorestamentos são ambientes sucessionais com estrutura simples e histórico conhecido, o que configura oportunidade especial para testar hipóteses ecológicas (SER, 2004). Dentre os trabalhos em reflorestamentos com espécies nativas, destacam-se os estudos de Melo e Durigan (2006), Bufo (2008) e Suganuma (2008).

Este estudo objetivou estimar a biomassa em doze talhões de reflorestamento com espécies nativas da mata atlântica (floresta estacional semidecidual) e verificar a influência de fatores como a idade, a densidade de árvores, a composição de espécies e a fertilidade do solo sobre a biomassa. Para tanto, procurou-se testar as seguintes hipóteses: (1) a biomassa acumulada está associada à composição e à distribuição de abundância das espécies e grupos de espécies; (2) os reflorestamentos mais antigos possuem maior biomassa acumulada; (3) a riqueza de espécies nos reflorestamentos se correlaciona positivamente com a biomassa acumulada; (4) a biomassa acumulada nos ecossistemas vai ser maior em áreas com maior fertilidade do solo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na região norte do Estado do Paraná, na bacia do rio Paranapanema, em 12 reflorestamentos de mata ciliar com espécies nativas situados no entorno do Reservatório de Capivara (Figura 1).

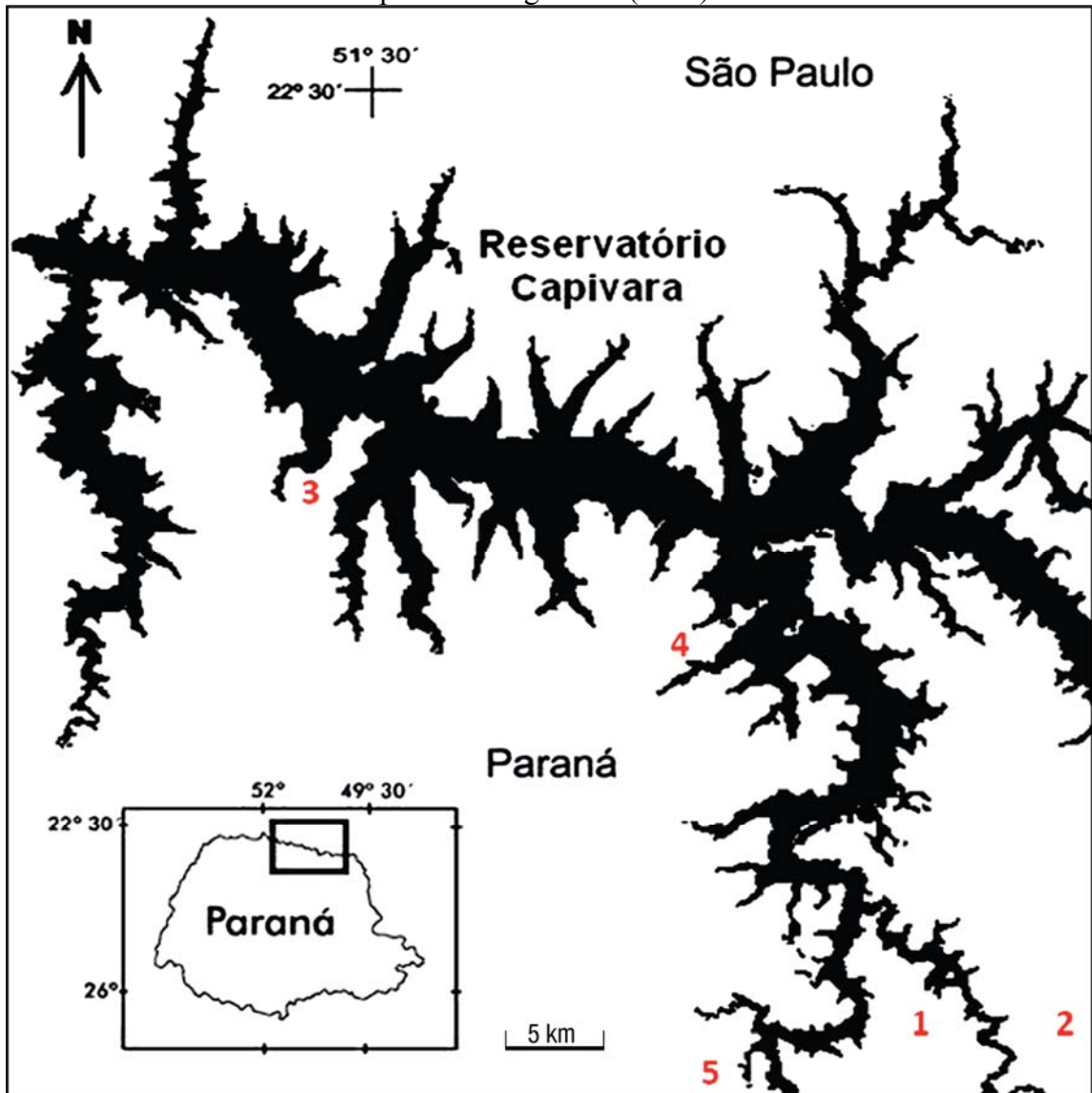
A região onde estão localizados os reflorestamentos era ocupada originalmente por Floresta Estacional Semidecidual, a qual passou por um processo intenso de fragmentação, restando nessa paisagem um mosaico de pequenos fragmentos (Torezan, 2002), em uma matriz dominada pelo cultivo de grãos, especialmente soja e milho.

Todas as áreas reflorestadas fazem parte de um programa de reflorestamento de 4.200 ha desenvolvido desde 2001 pela Duke Energy - Geração Paranapanema S/A em parceria com o Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE). Este Programa é desenvolvido na faixa desapropriada para segurança do Reservatório, de modo que todos os talhões situam-se entre 334 e 338 m acima do nível do mar. O reservatório tem

uma distribuição aproximadamente leste-oeste, o que concorre, juntamente com a uniformidade de altitude, para uma forte homogeneidade climática. O clima da região é do tipo Cfa subtropical úmido, com verões quentes e úmidos, geadas poucos frequentes e tendência à concentração de chuvas nos meses de verão, entretanto sem que haja estação de seca definida (Köppen, 1948). A temperatura média no mês mais quente é de aproximadamente 23,8 °C e no mês mais frio 16,8 °C com precipitação em torno de 201,4 mm em janeiro e 56,5 mm em julho (Maack, 2002).

Os reflorestamentos estudados foram selecionados considerando-se o histórico (todos os talhões eram usados para o cultivo de grãos) e a idade, que variou entre 40 e 89 meses (no período da coleta de dados) (Tabela 1). Reflorestamentos com idades inferiores a 40 meses não foram incluídos para evitar impactos das atividades de manutenção, especialmente roçagem mecanizada.

**Figura 1** - Reservatório de Capivara, no norte do estado do Paraná, Brasil. Os números marcam os municípios de (1) Rancho Alegre, (2) Sertaneja, (3) Alvorada do Sul, (4) Primeiro de Maio e (5) Sertanópolis onde se localizam os reflorestamentos estudados. Fonte: Adaptado de Suganuma (2008).



Os reflorestamentos, como por exemplo o de 83 meses (Figura 2), foram implantados segundo Cavalheiro et al. (2002), com alta densidade de mudas pioneiras e secundárias iniciais a fim de proporcionar rápido sombreamento e controle de gramíneas invasoras, com redução dos custos de manutenção. O preparo do solo foi mecanizado, e o plantio realizado manualmente, com espaçamento 3 x 2 m, com mudas produzidas em tubetes de 50 ml. No entorno das mudas foi realizada capina manual e nas entrelinhas, roçada mecanizada. Estas atividades se estenderam por 24 a 36 meses. Foram utilizadas espécies arbóreas nativas da floresta estacional semidecidual da região (Apêndice I).

Os solos da região são oriundos de derrames de basalto, apresentando, de modo geral, alta fertilidade (Stipp, 2002). Os talhões selecionados para o estudo estão sobre Latossolos Roxos Eutróficos. Contando com a alta fertilidade natural e com os resíduos de adubação agrícola, os reflorestamentos foram implantados sem qualquer tipo de adubação.

**Tabela 1** - Área, idade e localização dos reflorestamentos estudados na margem paranaense do Reservatório de Capivara, Paraná, Brasil.

Reflorestamento	Área Total (ha)	Município	Localização	Idade (meses)
R1	18,99	Rancho Alegre	Rio Tibagi	74
R2	13,37	Rancho Alegre	Rio Tibagi	75
R3	11,78	Rancho Alegre	Rio Congonhas	83
R4	17,90	Sertaneja	Rio Tibagi	71
R5	46,70	Sertaneja	Rio Tibagi	76
R6	7,80	Alvorada do Sul	Ribeirão Bonitinho	65
R7	17,87	Primeiro de Maio	Rio Paranapanema	57
R8	18,09	Rancho Alegre	Rio Tibagi	62
R9	33,40	Sertanópolis	Rio Tibagi	89
R10	30,00	Primeiro de Maio	Rio Paranapanema	86
R11	12,27	Rancho Alegre	Rio Congonhas	64
R12	22,40	Primeiro de Maio	Córrego do Jacu	40

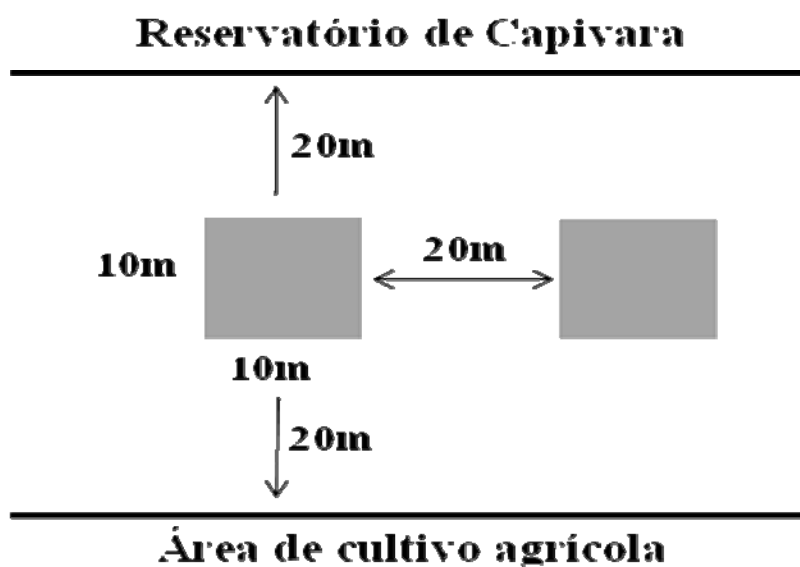
**Figura 2** - Um dos reflorestamentos estudados (83 meses) no Reservatório de Capivara em Rancho Alegre, PR.



## 2.2 COLETA DE DADOS

Para cada local amostrado foram distribuídas 10 parcelas com dimensões de 10 metros de comprimento por 10 metros de largura totalizando uma área amostral de 1000 m<sup>2</sup> para cada local. Foi mantida uma distância mínima de 20 metros das parcelas entre si, das bordas dos reflorestamentos e das margens do Reservatório de Capivara (Figura 3).

**Figura 3** - Representação da distribuição das parcelas nos reflorestamentos estudados.



### 2.2.1 Composição Florística e Biomassa Viva Acima do Solo dos Reflorestamentos

Para a avaliação da composição florística e da biomassa viva acima do solo foram medidos e identificados todos os indivíduos arbóreos com circunferência da base (CAB) maior ou igual a 5 cm. A identificação foi feita em campo, quando possível, ou foi coletado material e preparadas exsicatas para posterior identificação e depósito no Herbário da Universidade Estadual de Londrina (FUEL).

Para cada indivíduo amostrado foram tomadas as medidas da altura total, estimada visualmente com auxílio de um bastão graduado, da circunferência do caule na base (CAB a 5 cm do solo) e na altura do peito (CAP a 130 cm do solo), medidos com uma fita métrica de 1,50 m de comprimento, com precisão de 0,5 cm.

Para as estimativas de biomassa foram utilizadas 25 equações alométricas espécie-específicas (Tabela 2) desenvolvidas por Jardim (2006). Para as espécies sem equação

específica, foram utilizadas equações de espécies com alometrias e densidade da madeira similar.

### 2.2.2 Classificação Ecológica das Espécies

A classificação ecológica das espécies amostradas foi realizada de acordo com os critérios definidos por Zangaro et al. (2003).

**Tabela 2** - Espécies e equações alométricas produzidas por Jardim, 2006. Onde **BAS**: biomassa viva acima do solo; **DAB**: diâmetro à altura da base; **H<sub>T</sub>**: altura total; **r<sup>2</sup>**: índice de determinação.

Espécie	Equações	r <sup>2</sup>
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	BAS = 14313*DAB <sup>3.3651</sup>	0.96
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	BAS = 995.58* DAB <sup>2</sup> - 71.428* DAB + 1.5315	0.97
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	BAS = 0.3577* H <sub>T</sub> <sup>2</sup> - 1.2202* H <sub>T</sub> + 1.47	0.98
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan.	BAS = 18693* DAB <sup>3.0371</sup>	0.90
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	BAS = 181.77*DAB-3,5746	0,95
<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. Et Arn.) Hass.	BAS = 20754* DAB <sup>3.3984</sup>	0.99
<i>Bauhinia forficata</i> Link.	BAS = 0.0423* H <sub>T</sub> <sup>3.6233</sup>	0.99
<i>Cecropia</i> spp.	BAS = 491.26* DAB <sup>1.9874</sup>	0.87
<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.	BAS = 0.3069* H <sub>T</sub> <sup>2</sup> - 0.4081* H <sub>T</sub> + 0.2278	0.97
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	BAS = 0.101* H <sub>T</sub> <sup>2.3074</sup>	0.98
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	BAS = 0.0472* H <sub>T</sub> <sup>3.1181</sup>	0.95
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	BAS = 3877.4* DAB <sup>2</sup> - 542.41* DAB + 21.501	0,96
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	BAS = 0.3286* H <sub>T</sub> <sup>2</sup> - 0.2166* H <sub>T</sub> + 0.1689	0.91
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	BAS = 617.27* DAB <sup>2</sup> - 24.818* DAB + 0.2661	0.99
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	BAS = 607.74* DAB <sup>2</sup> - 21.935* DAB + 0.2406	0.98
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	BAS = 2075* DAB <sup>2</sup> - 156.56* DAB + 3.0848	0.99
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	BAS = 0.7749* H <sub>T</sub> <sup>2</sup> - 1.6563* H <sub>T</sub> + 2.0594	0.93
<i>Pelthophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	BAS = 1886.7* DAB <sup>2</sup> - 127.4* DAB + 2.3686	0.97
<i>Phytolacca dioica</i> L.	BAS = 579.16* DAB <sup>3.0043</sup>	0.97
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	BAS = 19025* DAB <sup>3.2904</sup>	0.98
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	BAS = 13065* DAB <sup>3.0142</sup>	0.95
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi var.	BAS = 1543.7* DAB <sup>2</sup> - 97.365* DAB + 2.6009	0.97
<i>Senna multijuga</i> (L.C.Rich) H.S. Irwin & Barneby.	BAS = 1468.9* DAB <sup>2.4994</sup>	0.98
<i>Tabernaemontana hystrix</i> (A. DC.) Miers	BAS = 26735* DAB <sup>3.3343</sup>	0.95
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume.	BAS = 1.8637* H <sub>T</sub> <sup>2</sup> - 8.4074* H <sub>T</sub> + 11.858	0.97

### 2.2.3 Fertilidade do Solo

Foram coletadas amostras da camada superficial do solo (0 – 20 cm) compostas de quatro coletas em cada parcela, e as amostras foram enviadas ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) para análise química de rotina que incluiu: concentração de fósforo (P), carbono orgânico (C), cálcio (Ca), magnésio ( $Mg^{++}$ ), potássio (K), alumínio trocável (Al), soma de bases (S), grau de acidez (pH), acidez potencial (H+Al), saturação total de bases (V), capacidade de troca de cátions (T) e matéria orgânica (Mo).

### 2.3 ANÁLISE DE DADOS

Para analisar os padrões de distribuição dos dados coletados em campo (altura e diâmetro à altura da base) foi necessário distribuí-los em classes. Para que esta distribuição fosse clara, foi definido um intervalo entre classes com valor ideal. Este valor levou em conta a amplitude dos dados, de modo que não ocorresse acúmulo de dados em poucos intervalos nem classes sem nenhum representante.

Testes de Kolmogorov –Smirnov foram realizados para verificar a normalidade das variáveis estudadas. Caso a distribuição apresentada fosse normal, foram realizadas análises paramétricas (Regressões lineares e ANOVA unifatorial).

A relação entre as variáveis (dependentes – biomassa e dados alométricos - e independentes – riqueza de espécies; abundância de indivíduos, idade e porcentagem de pioneiras) contínuas foi avaliada através de análise de regressão ( $\alpha= 0,05$ ).

Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis encontradas na análise de solo e os valores de biomassa viva acima do solo.

A Análise de Cluster foi empregada para desenvolver subgrupos significativos de indivíduos com base em suas similaridades de composição florística.

Para comparar os valores totais de biomassa viva acima do solo dos grupos definidos pela análise de Cluster foi feita uma análise de variância (ANOVA) ( $\alpha= 0,05$ ). Os resultados foram exibidos acompanhados do intervalo de confiança.

Foram construídos histogramas de freqüência de classes de altura, com amplitude de 5m, e de freqüência de classes de diâmetro à altura da base (DAB), com intervalo de 5cm.

Todos os valores de biomassa viva acima do solo utilizados nas análises foram transformados através do logaritmo natural (Log N).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO

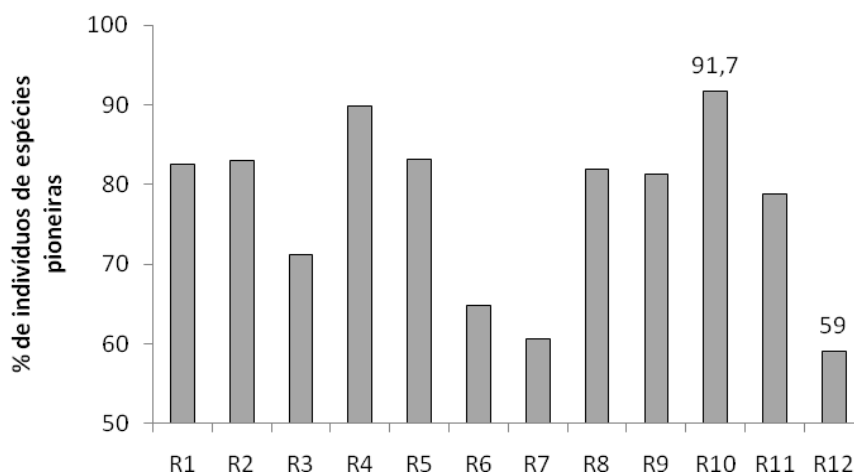
Nos 12 reflorestamentos escolhidos para a instalação das parcelas foram amostrados 2031 indivíduos em uma área total de 1,2 ha, distribuídos em 26 famílias, 50 gêneros e 56 espécies (Apêndice I).

De acordo com a classificação sucessional, do total de espécies amostradas 21 (37,5%) pertencem ao grupo das pioneiras e 35 (62,5%) ao grupo das não pioneiras. Cinco espécies (8,9%) não intencionalmente introduzidas são exóticas (*Eriobotrya japônica* (Thunb.) Lindl.; *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex R. Br.; *Melia azedarach* L.; *Psidium guajava* L. e *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth).

As espécies que apresentaram maior frequência dentro dos reflorestamentos foram *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Heliocarpus americanus* L., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. que apareceram em 100% das áreas amostradas, e todas, com exceção da última, pertencem à categoria das pioneiras.

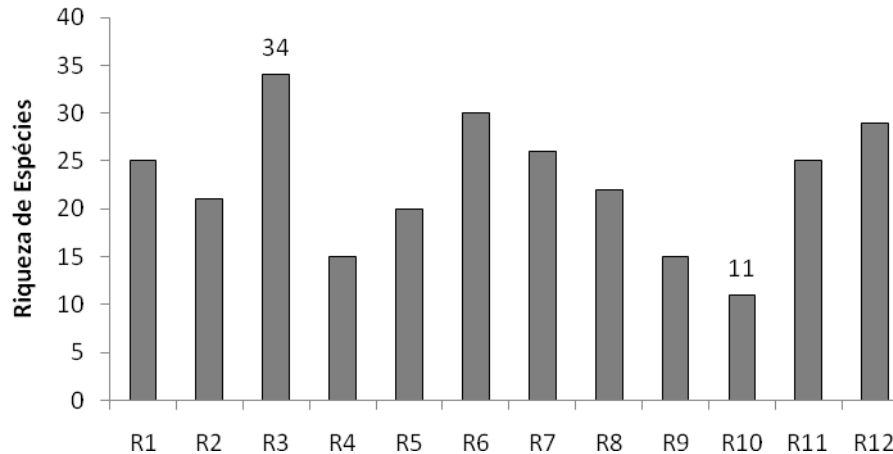
A porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras variou de 59 a 91,7% do total de árvores medidas (Figura 4).

**Figura 4** - Porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras nos 12 reflorestamentos estudados



A riqueza de espécies variou de 11 em R10 a 34 espécies em R3 (Figura 5). Os valores de riqueza de espécies não mostraram correlação com a idade dos reflorestamentos.

**Figura 5** - Riqueza de espécies encontrada nos 12 reflorestamentos estudados.



As médias de biomassa viva acima do solo dos reflorestamentos variaram de  $2,7 \pm 0,10$  em R12 a  $8,5 \pm 0,39$  Mg.ha<sup>-1</sup> em R3 (Tabela 3).

A idade dos reflorestamentos, a riqueza de espécies e a porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras não mostraram correlação com a biomassa viva acima do solo.

As médias da área basal dos reflorestamentos variaram de  $2,4 \pm 0,08$  em R2 a  $5,1 \pm 0,06$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> em R6 (Tabela 3). A idade dos reflorestamentos, a abundância de indivíduos, a riqueza de espécies e a porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras não apresentaram correlação com a área basal ( $p > 0,05$ ).

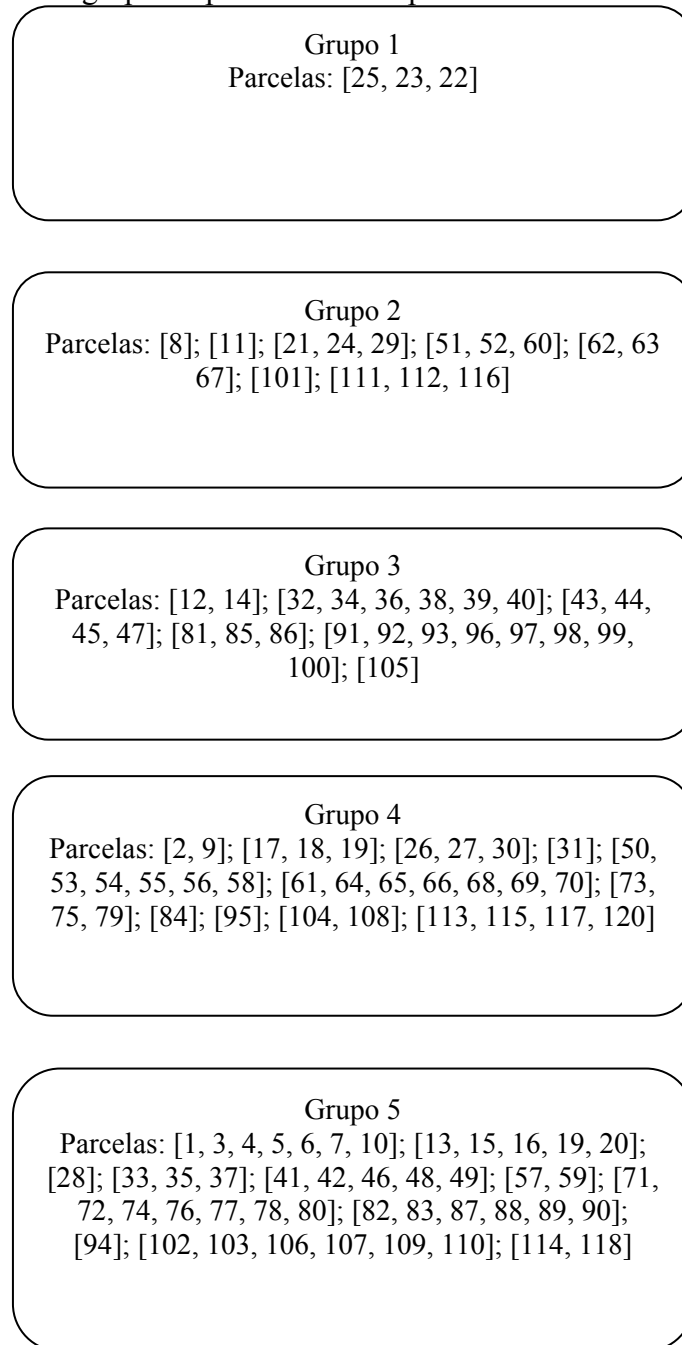
**Tabela 3** – Área basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ), biomassa viva acima do solo ( $\text{Mg}.\text{ha}^{-1}$ ) e densidade (indivíduos/hectare) encontradas nos 12 reflorestamentos estudados. Onde BAS: biomassa viva acima do solo. Os valores demonstrados ao lado da área basal e BAS referem-se ao Desvio padrão dos dados.

Sítios de Estudo	Idade (meses)	Densidade (ind./ha)	Área Basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ )	BAS ( $\text{Mg}.\text{ha}^{-1}$ )
R1	74	1380	$4,1 \pm 0,11$	$5,0 \pm 0,16$
R2	75	1710	$2,4 \pm 0,08$	$3,9 \pm 0,18$
<b>R3</b>	<b>83</b>	<b>2920</b>	<b><math>4,4 \pm 0,10</math></b>	<b><math>8,5 \pm 0,39</math></b>
R4	71	2160	$4,9 \pm 0,15$	$6,9 \pm 0,31$
R5	76	1550	$3,1 \pm 0,09$	$3,1 \pm 0,09$
R6	54	1760	$5,1 \pm 0,06$	$5,1 \pm 0,17$
R7	57	1650	$3,6 \pm 0,06$	$4,1 \pm 0,14$
R8	62	1550	$2,8 \pm 0,03$	$3,3 \pm 0,12$
R9	89	1230	$3,7 \pm 0,05$	$5,2 \pm 0,15$
R10	86	1690	$2,6 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,09$
R11	64	1320	$2,6 \pm 0,05$	$2,9 \pm 0,11$
R12	40	1390	$2,5 \pm 0,09$	$2,7 \pm 0,10$

A análise de Cluster determinou a formação de cinco grupos (corte de 25%), compostos por uma quantidade variável de parcelas de composição florística similar (Figura 6). A biomassa viva acima do solo não variou entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

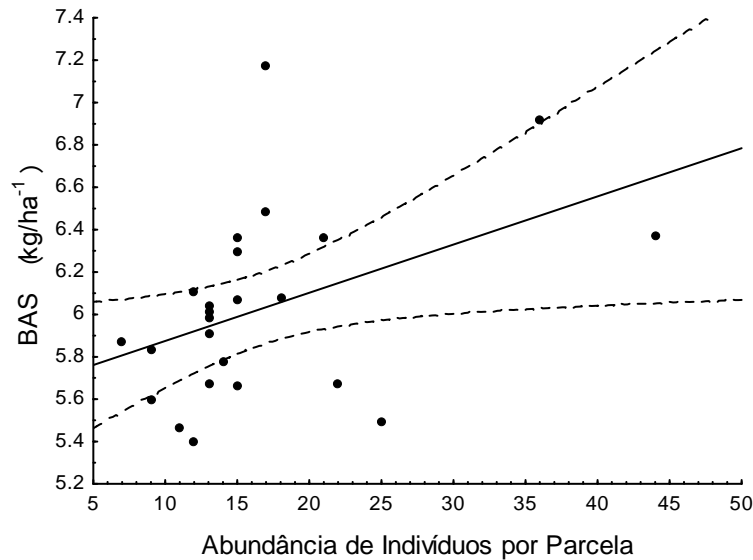
Devido ao baixo número de parcelas reunidas, os grupos um e dois foram excluídos das análises de regressão.

**Figura 6 -** Classificação das unidades amostrais em cinco grupos através na Análise de Cluster, caracterizando as subformações internas dos reflorestamentos amostrados com base em suas similaridades de composição florística. As parcelas agrupadas pelos colchetes pertencem ao mesmo reflorestamento.



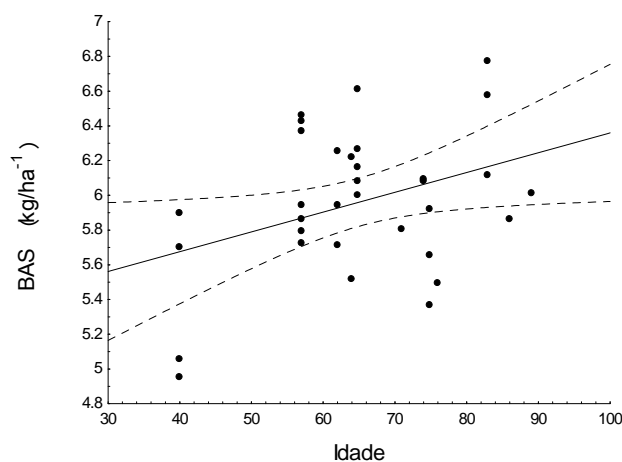
No grupo três, a regressão entre os valores de biomassa viva acima do solo e a abundância de indivíduos por parcela ( $r^2= 0,18$  e  $p= 0,034$ , Figura 7) foi significativa.

**Figura 7** - Regressão entre os dados do grupo três de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função da abundância de indivíduos por parcela ( $r^2= 0,18$  e  $p= 0,034$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha contínua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.



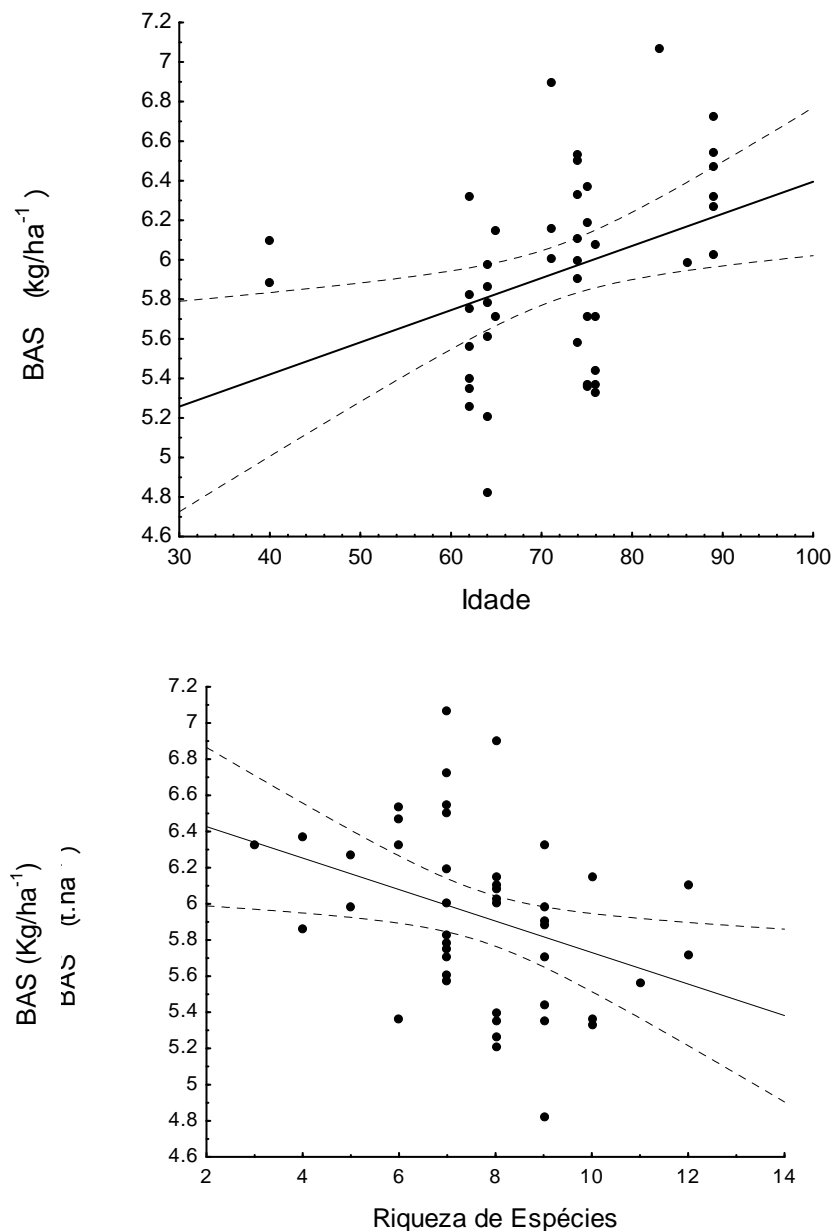
O grupo quatro apresentou regressão significativa entre os valores de biomassa viva acima do solo e a idade dos reflorestamentos ( $r^2= 0,13$  e  $p= 0,036$ , Figura 8).

**Figura 8** - Regressão entre os dados do grupo quatro de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função da idade em meses dos reflorestamentos ( $r^2= 0,13$  e  $p= 0,036$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha contínua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.



Já no grupo cinco a biomassa viva acima do solo apresentou correlação significativa com as variáveis: idade dos reflorestamentos ( $r^2= 0,13$  e  $p= 0,011$ , Figura 9a) e riqueza de espécies ( $r^2= 0,11$  e  $p= 0,020$ , Figura 9b).

**Figura 9** - Regressões entre os dados do grupo cinco de Biomassa viva acima do solo (BAS) em função: (a) idade em meses dos reflorestamentos ( $r^2= 0,13$  e  $p= 0,011$ ); (b) riqueza de espécies ( $r^2= 0,11$  e  $p= 0,020$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha contínua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.



### 3.2 ESTRUTURAS DE TAMANHO E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO

O componente arbóreo dos reflorestamentos apresentou altura média de 6,7m, sendo que grande parte dos indivíduos (43%) ficaram concentrados na primeira classe de tamanho de 0<5m. A menor altura encontrada foi para a espécie *Bougainvillea* sp. (0,35m) e a maior para a espécie *Mimosa incurialis* (20 m) (Figura 10).

O diâmetro médio encontrado para os indivíduos amostrados no presente estudo foi de 13,1cm, sendo o valor 1,6cm o menor verificado e 60,5cm o maior. Grande parte dos indivíduos está na classe de menor diâmetro (29,8%), 0<5cm, e na de maior diâmetro (23,3% ), > 20cm (Figura 11).

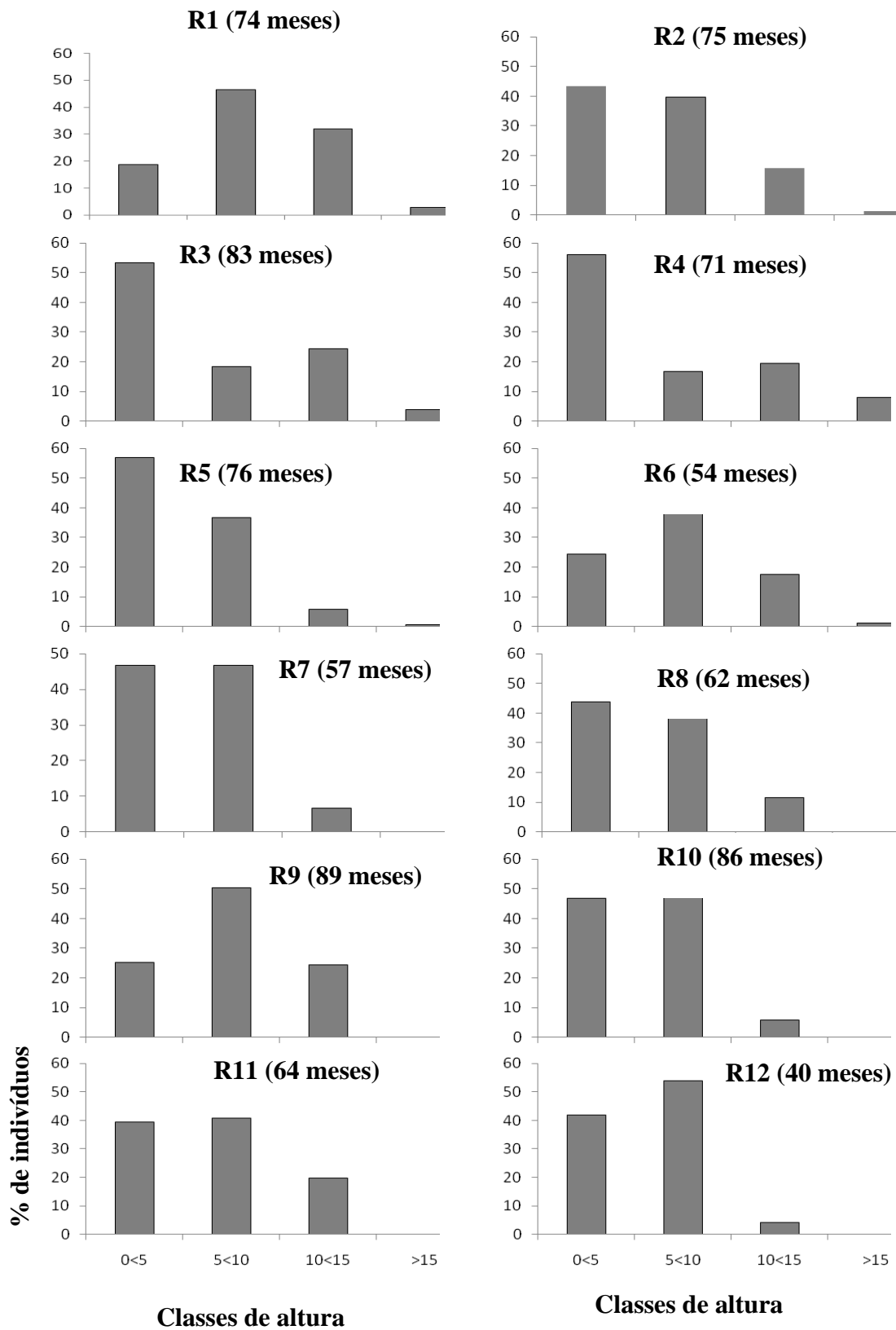
Apesar de grande parte dos indivíduos amostrados estarem na classe de menor diâmetro, estes representam pequena parte da biomassa estimada (Tabela 4).

Para parte dos reflorestamentos, com exceção das áreas R2, R8, R10, R11 e R12, 50% ou mais da biomassa concentrou-se nas árvores presentes na classe de maior diâmetro (Tabela 4).

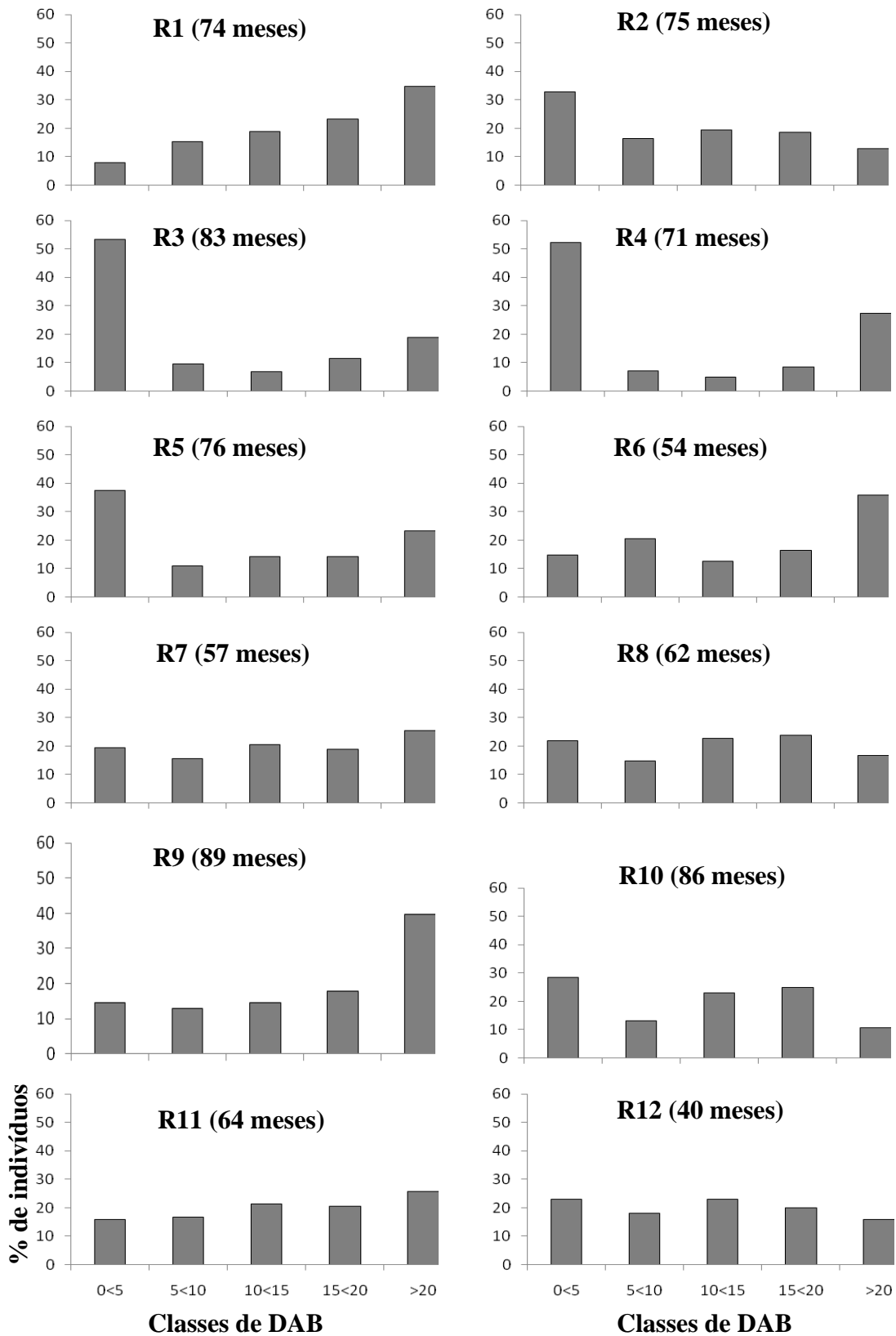
**Tabela 4** - Biomassa acima do solo ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de indivíduos de espécies arbóreas de diferentes classes de diâmetro à altura da base (DAB – cm).

Classes de DAB (cm) – BAS ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )					
Sítios de Estudo	0<5 cm	5<10 cm	10<15 cm	15<20 cm	>20
R1	0,14	1,86	4,6	11,2	32,52
R2	1,46	2,12	5,20	11,20	19,04
R3	5,0	3,04	9,42	14,41	53,33
R4	1,73	0,75	8,74	6,89	51,08
R5	0,64	0,87	3,87	7,38	18,34
R6	0,37	2,61	4,44	10,25	33,82
R7	0,57	1,47	6,10	11,35	22,24
R8	0,63	1,16	6,39	12,51	12,31
R9	0,29	1,77	5,24	8,76	36,84
R10	1,04	1,13	6,85	16,31	9,41
R11	0,14	1,65	3,82	9,25	14,21
R12	0,43	1,28	5,15	7,63	12,57

**Figura 10** - Porcentagens de indivíduos distribuídos em classes de altura (m), nos 12 reflorestamentos estudados.



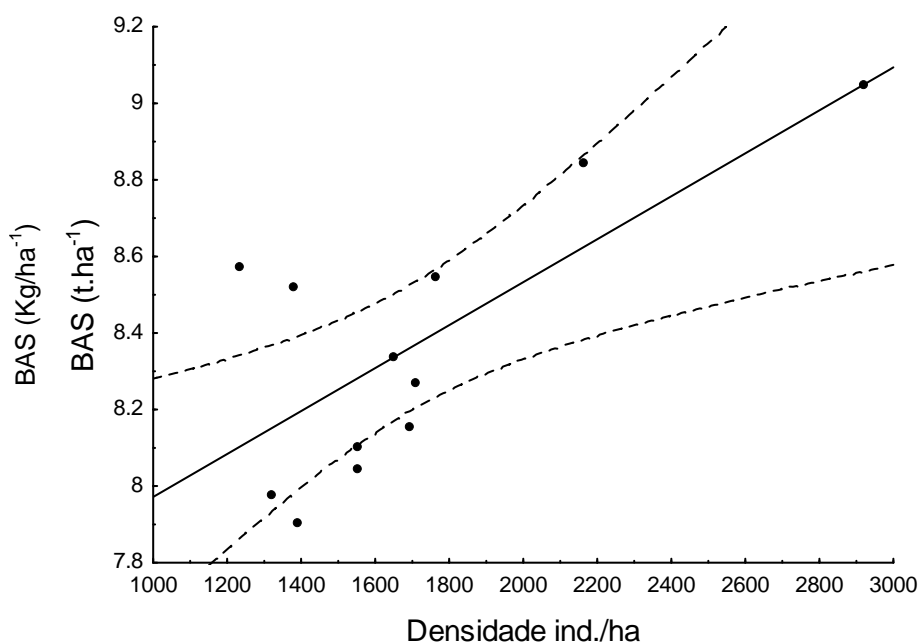
**Figura 11** -Porcentagens de indivíduos distribuídos em classes de diâmetro à altura da base (cm), nos 12 reflorestamentos estudados.



A densidade calculada para os reflorestamentos variou de 1230 em R9 a 2920 indivíduos.ha<sup>-1</sup> em R3 (Tabela 3).

A densidade (número total de indivíduos amostrados por parcela) apresentou correlação com a biomassa ( $\beta=0,724$ ;  $p=0,0078$ ;  $r^2 = 0,5241$ ) (Figura 12).

**Figura 12** - Regressão linear entre a Biomassa viva acima do solo (BAS) em função da Densidade de Indivíduos por hectare ( $\beta=0,724$ ;  $p=0,0078$ ;  $r^2 = 0,5241$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha contínua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.



### 3.3 FERTILIDADE DO SOLO

Os resultados da análise química do solo dos 12 reflorestamentos estudados encontram-se no Apêndice II.

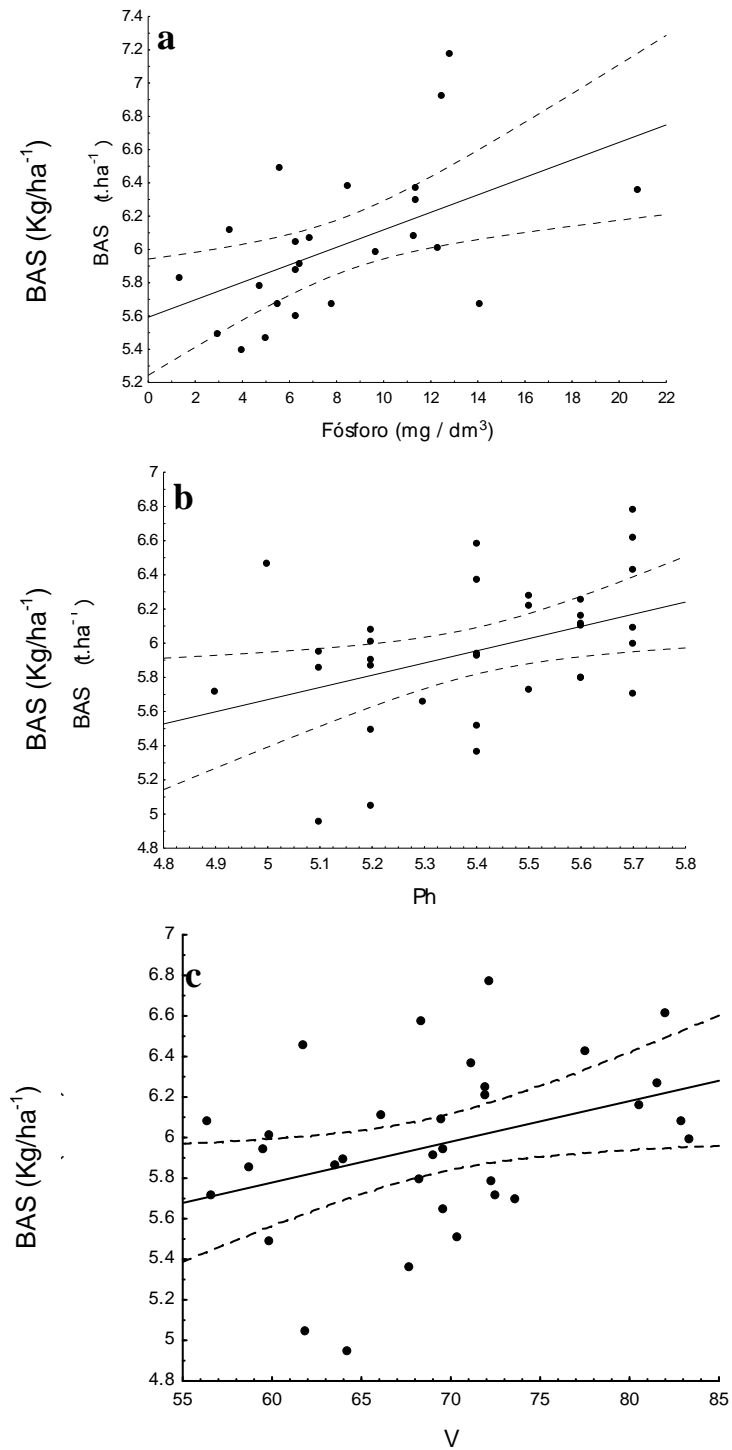
Com base nos resultados da correlação de Pearson (Apêndice III) foi possível identificar quais variáveis do solo tinham uma importância relevante sobre uma possível influência em relação à variação das demais variáveis, principalmente em relação à biomassa viva acima do solo.

Desse modo as variáveis selecionadas com base nessa correlação foram: fósforo (P), Ph, cálcio (Ca), magnésio (Mg), saturação total de bases (V) e capacidade de troca de cátions (T) e alumínio (Al). A análise de regressão entre essas variáveis e a biomassa

viva acima do solo não foi significativa ( $p > 0,05$ ) quando os valores foram analisados reunindo todos os reflorestamentos.

Apenas quando foram definidos os grupos com base na similaridade florística (Análise de Cluster) é que houve correlação ( $p < 0,05$ ) entre a biomassa e algumas variáveis do solo: P (grupo 3 -  $r^2 = 0,27$  e  $p = 0,0084$ , Figura 13a), Ph (grupo 4 -  $r^2 = 0,16$  e  $p = 0,020$ , Figura 13b), V (grupo 4 -  $r^2 = 0,13$  e  $p = 0,032$ , Figura 13c).

**Figura 13** -Regressões entre os dados do grupo três e quatro de biomassa viva acima do solo (BAS) em função: (a) concentração de fósforo (P) ( $r^2= 0,27$  e  $p= 0,0084$ ); (b) valores de Ph ( $r^2= 0,16$  e  $p= 0,020$ ); (c) saturação de bases (V) em (%) ( $r^2= 0,13$  e  $p= 0,032$ ). Os valores de BAS foram transformados através do Logaritmo Natural (Log N). A linha contínua é a reta da regressão e as linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 95%.



De maneira geral todos os reflorestamentos possuem fertilidade consideravelmente alta, sendo seus solos classificados como eutróficos (saturação de bases  $\geq 50\%$ ), considerados assim de boa capacidade de troca catiônica efetiva e de acidez média (Tome Jr., 1997; Furtini Neto et al., 2000).

## **4 DISCUSSÃO**

### **4.1 IDADE, COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO**

Os resultados obtidos neste estudo indicaram que a idade e a riqueza de espécies não influenciaram a variação da biomassa viva acima do solo nos reflorestamentos.

De acordo com Salimon e Brown (2000), as áreas de sucessão secundária possuem um padrão de acúmulo de biomassa em função do tempo de forma não linear, com altas taxas de incremento inicial, seguida de valores decrescentes ao longo dos anos (chegando próximo a zero), até o ponto em que a quantidade ganha e perdida de biomassa entraria em equilíbrio.

De acordo com Guarigata e Ostertag (2001) quando fontes de sementes estão próximas às áreas em processo de sucessão secundária, a riqueza de espécies tende a aumentar desde os primeiros anos de sucessão. O reflorestamento com maior número de espécies (R3 = 34 espécies) corrobora esta afirmação, uma vez que está localizado às margens de um fragmento florestal e possui a maior porcentagem (32,3%) de espécies amostradas que não fazem parte da lista de espécies implementadas.

Estudos de sucessão secundária sugerem que a biomassa tende a aumentar quando espécies tardias na sucessão passam a dominar o dossel (Guarigata e Ostertag, 2001), situação que não pode ser observada dentro do intervalo de idade dos reflorestamentos estudados, embora seja óbvio que houve acúmulo de biomassa desde a implantação dos mesmos.

As taxas de acúmulo de biomassa tendem a aumentar durante o desenvolvimento das áreas em sucessão secundária, sendo o ritmo e o limite do seu crescimento dependentes das condições do sítio (Peet, 1981; Brown e Lugo, 1990). Com o avanço da sucessão secundária, à medida que novas espécies são inseridas, a biomassa tende a aumentar (Salimon e Brown, 2000) mas, ao contrário de sítios de sucessão secundária espontânea, nos reflorestamentos estudados aqui os resultados sugerem que o acúmulo de

biomassa ocorreria em dois momentos: da implantação ao crescimento completo dos indivíduos, a maioria das espécies pioneiras *senso lato*, seguida de uma estabilidade relativa, e posteriormente, com o estabelecimento de espécies tardias na sucessão, uma nova fase de acúmulo. A duração da fase assintótica e o perfil de acúmulo baseado em espécies tardias dependeria do ingresso natural de novas espécies ou do manejo do reflorestamento. Embora o reservatório de Capivara ofereça condições privilegiadas para testar estas idéias, será necessário um longo tempo para que estes padrões eventualmente se manifestem.

Os valores de acúmulo de biomassa encontrados nos reflorestamentos são bastante inferiores aos das florestas tropicais em geral (Castilho et al., 2006), que possuem média de biomassa variando entre 300 a 650 Mg.ha<sup>-1</sup> (McWilliam et al. 1993). No entanto, situam-se bastante próximos a áreas em processo de sucessão secundária de idade similar (Brown e Lugo, 1990; Silver et al., 2000) e em regiões de vegetação semelhante (Melo e Durigan, 2006).

Para efeito de discussão dos resultados de BAS são apresentados na tabela 5 resultados de outros dois trabalhos (Melo, 2004 e Suganuma, 2008), desenvolvidos em reflorestamentos com espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual, sendo que o primeiro está localizado na região do Médio Paranapanema, São Paulo, e o segundo na mesma região deste estudo.

A estimativa do valor de BAS do trabalho de Melo (2004) foi extraída do estudo de Melo e Durigan (2006), no qual os autores estimaram a biomassa acima do solo de 33 reflorestamentos localizados em parte na região de Floresta Estacional Semidecidual e parte em região de domínio de Cerrado. Todas as estimativas foram feitas utilizando-se a equação alométrica desenvolvida para florestas tropicais por Brown (1997).

Já os valores descritos por Suganuma (2008) foram estimados por meio da equação para florestas semidecíduas de Burguer e Dellitti (1999) e através das mesmas equações espécie-específicas produzidas Jardim (2006) também utilizadas nesta pesquisa.

O valor de acúmulo de biomassa estimado para R3 (85 Mg.ha<sup>-1</sup>) é ligeiramente superior ao apresentado por Melo (2004) em reflorestamento com idade semelhante (79 Mg.ha<sup>-1</sup>). Esta diferença pode estar relacionada com a menor densidade de indivíduos amostrados na região de São Paulo (1300 ind.ha<sup>-1</sup>), além das variações das espécies utilizadas no plantio e das condições ambientais específicas de cada local (Brown e Lugo, 1990, Melo e Durigan, 2006).

As áreas estudadas por Suganuma (2008) em Rancho Alegre e Alvorada do Sul correspondem aos reflorestamentos R3 e R6, respectivamente. Os valores de BAS tiveram um aumento maior em R6 (22 Mg a mais), do que em R3 (4 Mg acima) (Tabela 5).

O acréscimo acentuado de biomassa em R6 possivelmente tem uma forte ligação com o crescimento dos indivíduos em diâmetro, sendo que a maior concentração das árvores amostradas (35,8%) ficou na classe de maior diâmetro (>20 cm) (Figura 11), embora, como discutido acima, este crescimento possa estar próximo do seu limite.

**Tabela 5** - Parâmetros de estrutura do estrato arbóreo de 15 áreas de restauração de mata ciliar às margens do Reservatório de Capivara, PR e Vale do Paranapanema, SP.

	R 1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R1 0	R1 1	R1 2	(1)	(2)	(3)
Idade (meses)	7 4	75	83	71	76	65	57	62	89	86	64	40	60	42	84
Densidade (ind/ha)	1 3 8	17 10	29 20	21 60	15 50	17 60	16 50	15 50	12 30	16 90	13 20	13 90	21 60	20 40	1300
Biomassa (Mg.ha <sup>-1</sup> )	5 0	39	85	69	31	51	41	33	52	34	29	27	81	29	79,2

(1) Suganuma (2008) – Rancho Alegre

(2) Suganuma (2008) – Alvorada do Sul

(3) Melo (2004)

Os valores de biomassa acima do solo não diferiram estatisticamente entre os grupos definidos pela análise de Cluster. Este fato pode ser explicado pela estrutura dos reflorestamentos, compostos por espécies pioneiras e secundárias iniciais, que possuem padrões de acúmulo de biomassa similares, sugerindo, assim, que as variações na composição de espécies observadas nos reflorestamentos não influenciaram o acúmulo de biomassa. No entanto, variações mais intensas na composição de espécies teriam maior potencial de ocasionar variações na composição funcional (e.g., incluindo mais espécies tardias na sucessão, com maior densidade da madeira ou crescimento mais lento).

Bufo (2008) estudando reflorestamentos com 32 meses de idade e com diferentes modelos de plantio, constatou que diferenças na composição de espécies e no espaçamento dos plantios não tiveram influência significativa sobre a biomassa acumulada por hectare. Neste caso o autor destaca que os valores de biomassa parecem ser mais afetados pelas condições do ambiente, como a fertilidade do solo (Melo e Durigan, 2006) e ataque de formigas, do que pelo modelo de plantio utilizado. No entanto, estas diferenças nos modelos

de restauração empregados poderiam resultar em diferenças maiores em idades mais avançadas.

#### 4.2 ESTRUTURAS DE TAMANHO E BIOMASSA VIVA ACIMA DO SOLO

Embora tenha havido forte variação entre os talhões, foi observada uma tendência de maior quantidade de indivíduos nas classes de menor altura (43%), com decréscimo nas classes de maior tamanho. O padrão observado para as classes de DAB não foi o mesmo encontrado para as classes de altura, uma vez que houve uma grande concentração de indivíduos nas classes de menor diâmetro (29,8%). Estes padrões sugerem diferenças importantes na capacidade de crescimento entre as espécies, uma vez que a maioria dos indivíduos são plantados, portanto apresentam idade homogênea.

A concentração de 50% ou mais da biomassa nas árvores presentes na classe de maior diâmetro é similar aos resultados encontrados por DeWalt e Chave (2004) e Castilho et al. (2006).

Embora tenha ocorrido uma correlação positiva, mas fraca, entre a BAS e a densidade de indivíduos, o reflorestamento com o menor número de árvores amostradas ( $R^9 = 1230$  ind./ha) apresentou valor de BAS superior a todas as áreas com densidade maior. Este fato possivelmente está ligado a idade (89 meses) e à alta porcentagem (39,8%) de indivíduos nas classes com  $DAB > 20$  cm, indicando altas taxas de crescimento.

#### 4.3 FERTILIDADE DO SOLO

O fato da biomassa viva acima do solo dos reflorestamentos não ter se correlacionado com nenhuma das variáveis selecionadas pela correlação de Pearson sugere que existem diferentes exigências por nutrientes disponíveis por cada espécie (preferências nutricionais) (Hooper e Vitousek, 1997), não sendo possível observar padrões de utilização desses nutrientes válidos para todas as áreas amostradas. Com efeito, dentro dos grupos emersos do agrupamento por composição de espécies, foi possível observar tendências de correlação da biomassa com diferentes variáveis indicadoras de fertilidade do solo.

Por outro lado, a alta fertilidade natural dos solos da região (Stipp, 2002), associada ao histórico de monocultura de grãos, pode ter influenciado estes resultados, uma vez que todas as árvores nativas dispõem de quantidades de nutrientes que podem ser

consideradas muito altas, acima, inclusive, daqueles observados em fragmentos florestais da região (Suganuma, 2008).

De acordo com Laurance (1999), muitos estudos que tentam relacionar a vegetação com as características do solo têm limitações, uma vez que os parâmetros do solo são bastante inter-relacionados. Nestas condições, a associação entre a disponibilidade de nutrientes do solo e a quantidade de biomassa é improvável, a não ser em casos extremos, em que a fertilidade do solo se torna um fator limitante (Vitousek e Sanford, 1986).

Estudos em florestas tropicais que tentaram relacionar as variações de fertilidade do solo e a BAS apresentaram resultados contraditórios: Castilho et al. (2006) estudando os efeitos do solo e da topografia sobre a variação de BAS de árvores com diâmetro > 1cm verificaram que os nutrientes do solo não se associaram fortemente com a variação de BAS. No entanto, Laurance (1999) relatou efeitos positivos das concentrações de nitrogênio (N), carbono (C) e capacidade de troca de bases sobre a biomassa acima do solo em área de estudo na Amazônia brasileira, e no Peru, DeWalt e Chave (2004) encontraram maiores valores de BAS em florestas com solos ricos em nutrientes do que em florestas com solos pobres em nutrientes.

No presente estudo a correlação da BAS com algumas variáveis do solo somente ocorreu dentro dos grupos com composição florística similar, fato que pode estar relacionado com a configuração desses grupos. Essa configuração possibilitou, apesar dos baixos valores do coeficiente de correlação, a observação dos efeitos da maneira como as plantas acessaram os nutrientes disponíveis (Hooper e Vitousek, 1997).

A relação entre a BAS e a concentração de fósforo ( $r^2 = 0,27$  e  $p = 0,0084$ ) no grupo três (Figura 13a) pode ser explicada pelo fato do P ser essencial para o desenvolvimento inicial de espécies pioneiras, estimulando principalmente o crescimento das raízes (Furtini Neto et al., 2000).

Ainda que a BAS tenha se correlacionado com algumas variáveis do solo dentro dos grupos é necessária uma investigação mais cuidadosa das características funcionais (fisiologia das espécies, por exemplo) de cada espécie presente nesses grupos.

## 5 CONCLUSÃO

A variação no acúmulo de biomassa viva acima do solo entre os diferentes reflorestamentos estudados não se mostrou associada a diferenças de composição florística, mas sim a diferenças na distribuição de abundância das espécies. Os reflorestamentos mais

antigos e os com altos valores de riqueza de espécies não apresentaram maiores valores de biomassa acumulada.

Dentre todas as variáveis analisadas a única que explicou satisfatoriamente a variação da biomassa quando todos os reflorestamentos foram reunidos foi a densidade de árvores, e somente após o isolamento da variável composição florística é que foi possível a observação de correlações entre a biomassa e a idade e riqueza de espécies.

Não houve correlação entre as variáveis químicas do solo e a biomassa quando os valores foram analisados agrupando todos os reflorestamentos, sendo esta correlação observada somente quando foram definidos os grupos com base na similaridade florística (Análise de Cluster) (P, pH e V).

Uma vez que não houve uma relação clara entre as variáveis estruturais e de fertilidade do solo com a biomassa viva acima do solo, sugere-se que um monitoramento de longo prazo desses reflorestamentos possa gerar respostas mais objetivas dos padrões de acúmulo de biomassa. Apesar de que o isolamento da variável composição florística tenha mostrado efeitos sobre a variação da biomassa, os solos das áreas de estudo são todos bastante férteis, o que limitou a explicação das variações da biomassa pela fertilidade do solo. No entanto, estudos mais detalhados podem indicar diferentes padrões de utilização dos nutrientes por parte das espécies presentes nos grupos de composição florística similar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhij, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neillh, D.A., Patiño, S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M., Martínez, R.V., 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10, 545-562.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R.; Lugo, A.E., 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4), 881-902.
- Brown, S., Lugo, A.E., 1990. Tropical Secondary Forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6(1), 1-32.
- Brown, S., 1997. Estimating biomass and biomass changing of tropical forests: a primer. *FAO Forestry Paper*, Rome, 134, 1-55.
- Bufo, L.V.B., 2008. Restauração florestal e estoque de carbono em modelos de implantação de mudas sob diferentes combinações de espécies e espaçamentos. Dissertação de mestrado em Ecologia Aplicada – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz” – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 90pp.

- Burger, D.M., Dellitti, W., 1999. Fitomassa epigéa da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira – SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 22(3), 429-435.
- Castilho, C.V de., Magnusson, W.E., Araújo, R.N'O de., Luizão, R.C.C., Luizão, F.J., Lima, A.P., Higuchi, N., 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234, 85–96.
- Cavalheiro, A.L., Torezan, J.M.D., Fadelli, L., 2002. Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas, in: Medri, M.E., Bianchini, E., Shibatta, O.A., Pimenta, J.A. (Eds.), *A bacia do rio Tibagi*, Londrina, pp. 213-224.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87–99.
- Clark, D.B., Clark, D.A., 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 137(1), 185- 198.
- DeWalt, S.J., Chave, J., 2004. Structure and Biomass of Four Lowland Neotropical Forests. *Biotropica*, 36(1), 7–19.
- Furitni Neto, A. E., Siqueira, J. O., Curi, N., Moreira, F. M. S. 2000. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas, in: Gonçalves J. L. M., V. Benedetti (Eds.), *Nutrição e fertilização florestal*, Piracicaba, SP: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, pp. 351-383.
- Guarigata, M.R., Ostertag, R., 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148, 185-205.
- Hooper, D.U., Vitousek, P.M., 1997. The Effects of Plant Composition and Diversity on Ecosystem Processes. *Science*, 277, 1302-1305.
- Ipardes – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Anuário Estatístico do Estado do Paraná. Disponível em: <[http://www.ipardes.pr.gov.br/anuario\\_2009/index.html](http://www.ipardes.pr.gov.br/anuario_2009/index.html)>, acessado em outubro de 2010.
- Jardim, P. S., 2006. Crescimento e biomassa de espécies arbóreas nativas da floresta estacional em reflorestamentos no norte do Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, PR, 88pp.
- Köeppen, W., 1948. *Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 478pp.

- Laurance, W.F., Fearnside, P.M., Laurance, S.G., Delamonica, P., Lovejoy, T.E., Rankin-de Merona, J.M., Chambers, Q.J., Gascon, C., 1999. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*, 118, 127-138.
- Maack, R., 2002. Geografia física do Estado do Paraná 3ª edição. Curitiba: Imprensa Oficial, 438pp.
- Malavolta, E., 1989. ABC da Adubação. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 292pp.
- Malhi, Y., Wood, D., Baker, T.R., Wright, J., Phillips, O.L., Cochrane, T., Meir, P., Chave, J., Almeida, S., Arroyo, L., Higuchi, N., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Monteagudo, A., Neill, D.A., Vargas, P.N., Pitman, N.C.A., Quesada, C.A., Salomão, R., Silva, J.N.M., Lezama, A.T., Terborgh, J., Martínez, R.V., Vicenti, B., 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*, 12, 1107–1138.
- McWilliam, A.L.C., Roberts, J.M., Cabral, O.M.R., Leitão, M.V.B.R., Costa, A.C.L., Maitelli, G.T., Zamparoni, C.A.G.P., 1993. Leaf area index above-ground biomass of terra firme rain forest and adjacent clearings in Amazonia. *Functional Ecology*, 7, 310-317.
- Melo, A.C.G., 2004. Reflorestamentos de restauração de matas ciliares: análise estrutural e método de monitoramento no Médio Vale do Paranapanema (SP). Dissertação de mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 141pp.
- Melo, A.C.G., Durigan, G., 2006. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, 71, 149-154.
- Muller-Landau, H.C., Condit, R.S., Harms, K.E., Marks, C.O., Thomas, S.C., Bunyavejchewin, S., Chuyong, G., Co, L., Davies, S., Foster, R., Guanatilleke, S., Gunatilleke, N., Hart, T., Hubbell, S.P., Itoh, A., Kassim, A.R., Kenfack, D., LaFrankie, J.V., Lagunzad, D., Lee, H.S., Losos, E., Makana, J-R., Ohkubo, T., Samper, C., Sukumar, R., Sun, I-F., Supardi, N.M.N., Tan, S., Thomas, D., Thompson, J., Valencia, R., Vallejo, M.I., Muñoz, G.V., Yamakura, T., Zimmerman, J. K., Dattaraja, H.S., Esufali, S., Hall, P., He, F., Hernandez, C., Kiratiprayoon, S., Suresh, H.S., Wills, C., Ashton, P., 2006. Comparing tropical forest tree size distributions with the predictions of metabolic ecology and equilibrium models. *Ecology Letters*, 9, 589–602.
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I., Keizer, E.W.H., 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256, 1853–1867.
- Peet, R.K., 1981. Changes in biomass and production during secondary forest succession, in: West, D.C., Shugart, H.H., Botkin, D.B. (Eds.), *Forest succession – Concepts and Application*, New York: Springer – Verlag, pp. 324-338.

- Rolim, S.G., Jesus, R.M., Nascimento, H.E.M., Couto, H.T.Z do., Chambers, J.Q., 2005. Biomass change in an Atlantic tropical moist forest: the ENSO effect in permanent sample plots over a 22-year period. *Oecologia*, 142, 238–246.
- Ruiz-Jaen, M. C., Aide, T. M., 2005. Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology*, 13(3), 569-577.
- Russo, R.O., 1983. Mediciones de biomassa em sistemas agroflorestales, Turrialba: CATIE, 27 pp.
- Salimon, C.I., Brown, I.F., 2000. Secondary forests in western amazonia: significant sinks for carbon released from deforestation. *Interciencia*, 25(4), 198-202.
- Silveira, P., Koehler, H.S., Sanquetta, C.R., Arce, J.E., 2008. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, 38(1), 185- 206.
- Silver, W.L., Ostertag, R., Lugo, A.E., 2000. The Potential for Carbon Sequestration Through Reforestation of Abandoned Tropical Agricultural and Pasture Lands. *Restoration Ecology*, 8 (4), 394-407.
- Spiegel, M.R., 1976. Estatística. São Paulo: Mac-Graw-Hill, 580pp.
- SPVS – Sociedade de pesquisa em vida selvagem e educação ambiental, 1996. Manual para Recuperação da Reserva Florestal Legal. Curitiba, 84pp.
- Stipp, N. A., 2002. Principais tipos de solo da bacia do rio Tibagi, in: Medri, M.E., Bianchini, E., Shibatta, O.A., Pimenta, J.A. (Eds.), A bacia do rio Tibagi, Londrina, pp. 39-44.
- SER (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group), 2004. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. Disponível em <http://www.ser.org>, acessado em outubro de 2010. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona.
- Suganuma, M.S., 2008. Avaliação de sucesso da restauração florestal baseada em estrutura florestal e processos do ecossistema. Dissertação de mestrado do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, PR, 94pp.
- Tome Jr., J. B. 1997. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, Guaíba, RS, 247pp.
- Torezan, J.M. D. 2002. Nota sobre a vegetação da bacia do rio Tibagi, in: Medri, M.E., Bianchini, E., Shibatta, O.A., Pimenta, J.A. (Eds.), A bacia do rio Tibagi, Londrina, pp. 103-107.
- Urquiza-Haas, T., Dolman, P.M., Peres, C.A., 2007. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 247, 80–90.
- Vieira, S., Camargo, P.B de., Selhorst, D., Silva, R da., Hutyra, L., Chambers, J.Q., Brown, I.F., Higuchi, N., Santos, J dos., Wofsy, S.C., Trumbore, S.E., Martinelli,

- L.A., 2004. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. *Oecologia*, 140, 468–479.
- Vieira, S.A., Alves, L.F., Aidar, M., Araújo, L.S., Baker, T., Batista, J.L.F., Campos, C.M., Camargo, P.B., Chave, J., Delitti, W.B.C., Higuchi, N., Honorio, E., Joly, C.A., Keller, M., Martinelli, L.A., Mattos, E.A de., Metzker, T., Phillips, O., Santos, F.A.M dos., Shimabukuro, M.T., Silveira, M., Trumbore, S.E., 2008. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. *Biota Neotrop.*, 8(2), 21-29.
- Vitousek, P. M., Sanford, R.L.Jr., 1986. Nutrient cycling in moist Tropical forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 17, 137-167.
- Zangaro, W., Nisizaki, S.M.A., Domingos, J.C.B., Nakano, E.M., 2003. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 315–324.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

**Apêndice A** - Famílias e espécies encontradas nos 12 reflorestamentos estudados, Represa de Capivara, Norte do Paraná, Brasil. Onde, NP: não pioneira; P: pioneira; (\*): espécies ausentes no momento do plantio.

Família/Espécie	Grupo Sucessional
<b>ANACARDIACEAE</b>	
<i>Astronium graveolens</i> Jacq. (*)	NP
<i>Lithraea molleoides</i> Engl.	P
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	P
<b>APOCYNACEAE</b>	
<i>Tabernaemontana hystrix</i> (A. DC.) Miers	NP
<b>ASTERACEAE</b>	
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC. (*)	P
<b>BIGNONIACEAE</b>	
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth (*)	P
<b>BORAGINACEAE</b>	
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	NP
<b>CANNABACEAE</b>	
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	P
<b>CARICACEAE</b>	
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	NP
<b>EUPHORBIACEAE</b>	
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	NP
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P
<i>Croton urucurana</i> Baill.	P
<b>FABACEAE</b>	
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	NP
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	NP
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	NP
<i>Bauhinia forficata</i> Link	NP
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	NP
<i>Inga striata</i> Benth.	NP
<i>Lonchocarpus</i> sp. (*)	NP
<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth. (*)	NP
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) Tozzi & H.C.Lima (*)	NP
<i>Mimosa incurialis</i> Vell.	NP
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	NP
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	NP
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	NP
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	NP
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	P
Fabaceae sp. 1(*)	NP
<b>LAMIACEAE</b>	
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	P
<b>LAURACEAE</b>	
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J. F. McBride (*)	NP
<b>LOGANIACEAE</b>	
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	NP
<b>MALVACEAE</b>	
<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassl.	P
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	NP
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	P
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	P
<i>Luehea</i> sp.	NP
<b>MELIACEAE</b>	
<i>Melia azedarach</i> L. (*)	NP
<i>Trichilia pallida</i> Sw. (*)	NP

---

<b>MORACEAE</b>	
<i>Ficus</i> sp.	NP
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	NP
<b>MYRTACEAE</b>	
<i>Psidium guajava</i> L. (*)	P
<b>NYCTAGINACEAE</b>	
<i>Bougainvillea</i> sp.	NP
<b>PHYTOLACCACEAE</b>	
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	NP
<i>Phytolacca dioica</i> L.	P
<b>PROTEACEAE</b>	
<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. Ex R. Br. (*)	NP
<b>RHAMNACEAE</b>	
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	NP
<b>ROSACEAE</b>	
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl. (*)	NP
<i>Prunus</i> sp.	NP
<b>RUTACEAE</b>	
<i>Zanthoxylum</i> sp.	NP
<b>SAPINDACEAE</b>	
<i>Cupania vernalis</i> Cambess. (*)	NP
<b>SOLANACEAE</b>	
<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn. (*)	P
<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav. (*)	P
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	P
<b>URTICACEAE</b>	
<i>Cecropia glaziovi</i> Snethlage	P
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	P
<b>VERBENACEAE</b>	
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	P

---

## APÊNDICE B

**APÊNDICE B -** Análise química do solo em áreas de restauração de floresta estacional com diferentes idades.

<b>Reflorestamento</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R1
<b>Idade (meses)</b>	40	54	57	62	64	71	74	75	76	83	86	89
<b>P (mg.dm<sup>-3</sup>)</b>	12,8	15,4	10,4	10,3	8,0	5,0	5,6	7,1	2,9	7,6	3,3	15,1
<b>C (g.dm<sup>-3</sup>)</b>	15,4	16,3	17,0	16,5	11,0	24,1	16,8	18,2	18,3	9,7	14,6	14,6
<b>pH</b>	5,5	5,4	5,5	5,2	5,0	5,6	5,4	5,2	5,4	5,2	5,5	5,3
<b>Al.10<sup>-2</sup> (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	0,0	0,0	0,0	1,2	2,6	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>H+Al</b>	3,5	3,8	3,5	3,9	3,5	4,0	4,0	4,5	3,9	3,7	4,4	5,2
<b>Ca (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	4,7	4,9	6,0	5,1	2,2	12,7	6,1	5,4	4,8	2,4	8,1	5,8
<b>Mg<sup>++</sup> (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	2,0	2,3	1,9	2,1	1,4	3,2	2,4	2,3	2,1	1,7	3,0	2,9
<b>K (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,3	0,5
<b>S (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	7,2	7,5	8,3	7,5	3,9	16,6	9,1	8,1	7,1	4,3	11,4	9,3
<b>T (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>	10,7	11,3	11,8	11,4	7,3	20,6	13,1	12,6	11,0	8,0	15,7	14,4
<b>V (%)</b>	66,7	65,9	70,0	65,7	51,9	80,4	69,5	63,9	64,8	53,7	72,2	64,1

**APÊNDICE C** - Correlação de Pearson entre as variáveis encontradas na Análise química do solo e a Biomassa acima do solo de espécies arbóreas nativas em áreas de restauração de floresta estacional com diferentes idades.

	<b>P (mg.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>C (g.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>Al (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>H+Al</b>	<b>Ca (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Mg<sup>++</sup> (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>K (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>S (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>T (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>V (%)</b>
<b>P (mg.d m<sup>-3</sup>)</b>	1.00	-0.22	-0.13	-0.02	0.07	-0.30	-0.12	0.18	-0.26	-0.23	-0.19
<b>C (g.dm<sup>-3</sup>)</b>	-0.22	1.00	0.67	-0.35	0.16	0.82	0.61	0.64	0.80	0.78	0.85
<b>pH</b>	-0.13	0.67	1.00	-0.70	-0.04	0.75	0.59	0.60	0.74	0.69	0.89
<b>Al (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	-0.02	-0.35	-0.70	1.00	-0.24	-0.41	-0.53	-0.42	-0.45	-0.45	-0.56
<b>H+Al</b>	0.07	0.16	-0.04	-0.24	1.00	0.31	0.69	0.27	0.38	0.50	0.21
<b>Ca (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	-0.30	0.82	0.75	-0.41	0.31	1.00	0.86	0.66	1.00	0.98	0.92
<b>Mg<sup>++</sup> (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	-0.12	0.61	0.59	-0.53	0.69	0.86	1.00	0.61	0.90	0.94	0.78
<b>K (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	0.18	0.64	0.60	-0.42	0.27	0.66	0.61	1.00	0.69	0.69	0.75
<b>S (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	-0.26	0.80	0.74	-0.45	0.38	1.00	0.90	0.69	1.00	0.99	0.92
<b>T (cmolc.dm<sup>-3</sup>)</b>	-0.23	0.78	0.69	-0.45	0.50	0.98	0.94	0.69	0.99	1.00	0.89
<b>V (%)</b>	-0.19	0.85	0.89	-0.56	0.21	0.92	0.78	0.75	0.92	0.89	1.00
<b>Biomassa (kg/ha<sup>-1</sup>)</b>	0.01	0.44	0.42	-0.14	-0.54	0.17	-0.20	0.20	0.11	0.03	0.37