

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

OILIAM CARLOS STOLARSKI

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE
RÁPIDO CRESCIMENTO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL NO SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2015

OILIAM CARLOS STOLARSKI

**DESEMPENHO SILVICULTURAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE
RÁPIDO CRESCIMENTO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Romero Gorenstein

DOIS VIZINHOS

2015

S875d Stolarski, Oiliam Carlos.
Desempenho silvicultural de espécies arbóreas de rápido crescimento em área de restauração florestal no sudoeste do Paraná / Oiliam Carlos Stolarski – Dois Vizinhos :[s.n], 2015.
89f.:il.

Orientador: Mauricio Romero Gorenstein
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2015.
Bibliografia p.78-89

1.Plantio de florestas. 2.Recuperação ecológica
3.Árvores I.Gorenstein, Mauricio Romero, orient.
II.Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos.III.Título

CDD: 634.9

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

DESEMPENHO SILVICULTURAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE RÁPIDO CRESCIMENTO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO SUDOESTE DO PARANÁ

por

OILIAM CARLOS STOLARSKI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 05 de fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. (Maurício Romero Gorenstein)
Orientador

Prof. Dr. (Fernando Campanhã Bechara)
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr. (Eleandro José Brun)
Membro titular (UTFPR)

Dedico este trabalho aos colegas e professores que auxiliaram para que a sua realização fosse possível, principalmente a minha família, que esteve sempre ao meu lado, incentivando e apoiando em todos os momentos.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela minha família, que foi meu alicerce durante toda essa caminhada. Em especial, a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Mauricio Romero Gorenstein que através de sua experiência me auxiliou a concluir a este importante trabalho.

Ao Prof. Dr. Fernando Campanhã Bechara, que sempre esteve apoiando a realização desta pesquisa e colaborando nas demais atividades.

Aos demais professores, que ao longo da minha formação compartilharam do seu conhecimento.

Não poderia deixar de agradecer ao Anderson William Klein, pela amizade construída durante essa jornada. Além de Ana Suelem Sgarbi e Marcos Lubke, que colaboraram na coleta dos dados. Reconheço a importância de cada um e o quanto foram essenciais para mim.

Gostaria de deixar registrado o meu reconhecimento a Marcia Aparecida Stolarski e aos meus pais, Onofre Stolarski e Amaria Stolarski, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

De forma especial, agradeço a Juliana Gurkevicz Caetano, pelo incentivo, apoio e colaboração neste trabalho, certamente foi de fundamental importância.

Agradeço a Secretaria do Curso, pela cooperação.

Ao grupo PET Agricultura Familiar que contribuiu para minha formação pessoal e profissional.

Por fim, a todos os que em algum momento contribuíram para a realização desta pesquisa.

Obrigado!

“O atual desenvolvimento começa a mostrar necessidade de conciliar as áreas produtivas com áreas de conservação de forma a provocar uma sinergia entre estas paisagens drasticamente fragmentadas.

Para isto, a restauração de áreas degradadas, principalmente no sentido de aumentar a conectividade entre fragmentos, torna-se uma ação vital para manter a qualidade de vida sobre o planeta Terra.”

(REIS; TRES e BECHARA, 2006)

RESUMO

STOLARSKI, Oiliam Carlos. **Desempenho silvicultural de espécies arbóreas de rápido crescimento em área de restauração florestal no sudoeste do Paraná.** 2015. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

Procurando mitigar os danos causados pelas atividades antrópicas, a restauração ecológica tornou-se a principal alternativa para proteger os recursos naturais e conservar a biodiversidade. No entanto, são poucas as informações encontradas a respeito do desempenho silvicultural de espécies nativas utilizadas em projetos de restauração. O presente trabalho teve por objetivo analisar o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas pioneiras e o seu potencial para uso em projetos de restauração. O plantio foi realizado em dezembro de 2010, formando modelos de linhas alternadas, com espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas. O experimento foi feito em quatro blocos casualizados, sendo cada bloco uma parcela de 40 x 54 m, contendo 360 mudas de 70 espécies nativas. Neste trabalho optou-se por avaliar 13 espécies de rápido crescimento, representadas por 756 indivíduos. A coleta de dados ocorreu semestralmente até os 3,5 anos de idade, obtendo-se informações de diâmetro do colo, altura, diâmetros de copa, densidade de copa e sobrevivência. Foram construídos gráficos de dispersão para verificar a correlação entre as variáveis, relações alométricas, modelos de crescimento e análise de agrupamento. A espécie que apresentou menor sobrevivência foi *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr (58,54%). Constatou-se maior crescimento em altura nos estágios iniciais, o que diminui com o tempo, ocorrendo maiores investimentos em área de copa e no diâmetro do colo. A taxa de crescimento em diâmetro do colo foi maior para *Mimosa scabrella* Benth. ($8,88354 \text{ mm.mês}^{-1}$); em altura para *Croton floribundus* Spreng. ($0,20425 \text{ m.mês}^{-1}$) e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. ($0,23537 \text{ m.mês}^{-1}$); em área de copa para *M. scabrella* ($0,98285 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$), *Croton urucurana* Baill. ($0,94160 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$) e *C. floribundus* ($0,92060 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$). As espécies que apresentaram um rápido crescimento em área de copa e densidade de copa, cumprindo o papel de sombreadoras foram: *M. scabrella*, *Solanum mauritianum* Scop., *Trema micrantha* (L.) Blume. e *C. urucurana*. *Inga uruguensis* Hook. & Arn., classificada como não pioneira, mostrou um elevado crescimento em cobertura de copa e uma excelente densidade de copa. *Bauhinia forficata* Link., *P. gonoacantha*, *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg., foram às espécies com menor desempenho silvicultural que mostraram ser ineficientes como sombreadoras. Para acelerar o estabelecimento de uma floresta contínua e sustentável na região, recomenda-se intensificar o uso de espécies com maior desempenho silvicultural, aumentando a garantia de sucesso.

Palavras-chave: Crescimento inicial. Recuperação de áreas degradadas. Espécies arbóreas nativas. Plantio em grupos funcionais. Cobertura de copa.

ABSTRACT

STOLARSKI, Oiliam Carlos. **Silvicultural performance of tree species of fast-growing forest restoration area in the southwest of Paraná.** 2015. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado ou Tecnologia em Engenharia Florestal) - Federal Technology University - Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

To mitigate the damage caused by human activities, ecological restoration has become the main alternative to protect natural resources and conserve biodiversity. However, there is little information about the silvicultural performance of native species used in restoration projects. This study aimed the initial development of pioneer tree species and their potential for use in restoration projects. The tree seedlings were planted in December 2010, forming models of alternate rows, spaced 3 m between rows and 2 m between plants. The experiment was done in four randomized blocks, each block being a portion of 40 x 54 m, containing 360 seedlings of 70 native species. In this work we chose to evaluate 13 species of rapid growth, represented by 756 individuals. Data collection occurred every six months until 3.5 years of age, there was obtained stem diameter information, height, crown diameter, crown density and survival. Scatter plots were constructed to verify the correlation between the variables, allometric relationships, growth models and cluster analysis. The species that showed a less survival was *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr (58,54%). Was found greater growth in height in the early stages, which decreases over time, occurring greater investments in crown area and stem diameter. The growth rate in stem diameter was greater for *Mimosa scabrella* Benth. ($8.88354 \text{ mm.mês}^{-1}$); height *Croton floribundus* Spreng. ($0.20425 \text{ m.mês}^{-1}$) and *Zanthoxylum rhoifolium* Lam ($0.23537 \text{ m.mês}^{-1}$); canopy area for *M. scabrella* ($0.98285 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$), *Croton urucurana* Baill. ($0.94160 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$) and *C. floribundus* ($0.92060 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$). The species showing a rapid growth in area of canopy and canopy density, fulfilling the role of *sombreadoras* were: *M. scabrella*, *Solanum mauritianum* Scop., *Trema micrantha* (L.) Blume. and *C. urucurana*. *Inga uruguensis* Hook. & Arn. classified how non-pioneer, showed an rapid growth and excellent canopy density. *Bauhinia forficata* Link., *P. gonoacantha* and *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. were the species with smaller silvicultural performance that proved to be inefficient as *sombreadoras*. To accelerate the establishment of a continuous and sustainable forest in the region is recommended intensify the use of species with greater silvicultural performance, increasing the guarantee of success.

Keywords: Initial growth. Degraded areas recuperation. Native tree species. Planting into functional groups. Crown cover.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1– Imagem da área experimental situada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, Paraná. | 28 |
| Figura 2 - Distribuição espacial das espécies na parcela de acordo com os grupos de plantio..... | 30 |
| Figura 3 - Representação da forma de medição de diâmetros para o cálculo da área de projeção de copa (S_c). | 33 |
| Figura 4 - Linhas de regressão ajustada para <i>A. triplinervia</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 43 |
| Figura 5 - Linhas de regressão ajustada para <i>B. forficata</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 44 |
| Figura 6 - Linhas de regressão ajustada para <i>C. floribundus</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 44 |
| Figura 7 - Linhas de regressão ajustada para <i>C. urucurana</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 45 |
| Figura 8 - Linhas de regressão ajustada para <i>G. polymorpha</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m). | 46 |
| Figura 9 - Linhas de regressão ajustada para <i>G. ulmifolia</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 46 |
| Figura 10 - Linhas de regressão ajustada para <i>I. uruguensis</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m). | 47 |
| Figura 11 - Linhas de regressão ajustada para <i>M. scabrella</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 47 |
| Figura 12 - Linhas de regressão ajustada para <i>P. gonoacantha</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m). | 48 |
| Figura 13 - Linhas de regressão ajustada para <i>S. terebinthifolius</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m). | 48 |
| Figura 14 - Linhas de regressão ajustada para <i>S. mauritianum</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m). | 49 |
| Figura 15 - Linhas de regressão ajustada para <i>T. micrantha</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 50 |
| Figura 16 - Linhas de regressão ajustada para <i>Z. rhoifolium</i> : relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m)..... | 50 |
| Figura 17 - Linhas de regressão ajustada para <i>A. triplinervia</i> : relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m)..... | 53 |
| Figura 18 - Linhas de regressão ajustada para <i>B. forficata</i> : relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m)..... | 53 |
| Figura 19 - Linhas de regressão ajustada para <i>C. floribundus</i> : relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m)..... | 54 |
| Figura 20 - Linhas de regressão ajustada para <i>C. urucurana</i> : relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m)..... | 54 |
| Figura 21 - Linhas de regressão ajustada para <i>G. polymorpha</i> : relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m)..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 22 - Linhas de regressão ajustada para <i>G. ulmifolia</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 56 |
| Figura 23 - Linhas de regressão ajustada para <i>I. uruguensis</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 56 |
| Figura 24 - Linhas de regressão ajustada para <i>M. scabrella</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 57 |
| Figura 25 - Linhas de regressão ajustada para <i>P. gonoacantha</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 57 |
| Figura 26 - Linhas de regressão ajustada para <i>S. terebinthifolius</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 58 |
| Figura 27 - Linhas de regressão ajustada para <i>S. mauritianum</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 58 |
| Figura 28 - Linhas de regressão ajustada para <i>T. micrantha</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 59 |
| Figura 29 - Linhas de regressão ajustada para <i>Z. rhoifolium</i> : relação alométrica entre área de copa (m ²) e a altura total (m)..... | 59 |
| Figura 30 - Curva do crescimento médio em diâmetro do colo para as espécies analisadas ao longo de 42 meses..... | 63 |
| Figura 31 - Curva do crescimento médio em altura para as espécies analisadas ao longo de 42 meses..... | 65 |
| Figura 32 - Curva do crescimento médio em área de copa para as espécies analisadas ao longo de 42 meses..... | 67 |
| Figura 33 - Histograma da densidade de copa para treze espécies arbóreas nativas aos 42 meses de idade, com base no índice proposto por Jones et al. (2004, p.174) e Wishnie et al. (2007, p.43). Os índices representam a porção da copa ocupada com folhas: 0 (0%); 1 (< 25%); 2 (> 25% < 50%); 3 (> 50% < 75%); 4 (> 75%)..... | 69 |
| Figura 34 - Média do índice de densidade de copa e da área de copa de 13 espécies arbóreas com 42 meses de idade. A densidade de copa e a área de copa apresentaram baixo coeficiente de determinação: R ² = 0,1923, ns (P>0,05)..... | 71 |
| Figura 35 - Dendrograma mostrando a similaridade de trezes espécies arbóreas nativas aos 42 meses de idade, pelo método de algoritmos hierárquicos de ligação completa..... | 73 |

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Descrição das espécies utilizadas no estudo quanto à família, grupo de plantio, síndrome de dispersão, e número de indivíduos por espécie..... | 31 |
| Tabela 2 - Modelo matemático testado para ajuste dos dados de crescimento de treze espécies nativas de rápido crescimento. Dois Vizinhos, 2013. | 35 |
| Tabela 3 - Sobrevivência total das treze espécies arbóreas nativas. Dois Vizinhos, PR. | 37 |
| Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros das regressões lineares entre diâmetro do colo (mm) e altura total (m) aos 42 meses, para espécies arbóreas de rápido crescimento. ($\log dc = B_0 + B_1 \log h$). Dois Vizinhos, PR. | 42 |
| Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros das regressões lineares entre área de projeção da copa (m^2) e altura total (m) aos 42 meses, para as treze espécies arbóreas de rápido crescimento ($\log Sc = B_0 + B_1 \log h$). Dois Vizinhos, PR..... | 52 |
| Tabela 6 - Parâmetros estatísticos da equação testada para estimar o crescimento em diâmetro do colo para as treze espécies arbóreas ($dc = a.(1-b.e^{-kt})$). Dois Vizinhos, PR..... | 62 |
| Tabela 7 - Parâmetros estatísticos da equação testada para estimar o crescimento em altura para as treze espécies arbóreas ($h = a.(1-b.e^{-kt})$). Dois Vizinhos, PR. | 64 |
| Tabela 8 - Parâmetros estatísticos da equação testada para estimar o crescimento em área de copa para as treze espécies arbóreas ($sc = a.(1-b.e^{-kt})$). Dois Vizinhos, PR. | 66 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|--|
| dc | Diâmetro do colo |
| D | Diversidade |
| GP | Grupo de plantio |
| h | Altura total |
| NI | Número de indivíduos |
| P | Preenchimento |
| sc | Área de projeção de copa |
| UNEPE | Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL | 15 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 15 |
| 2.1 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: CONCEITUALIZAÇÃO | 16 |
| 2.2 RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO BRASIL..... | 17 |
| 2.3 LINHAS DE PREENCHIMENTO E DIVERSIDADE (LPD)..... | 20 |
| 2.4 COBERTURA E DENSIDADE DE COPA | 21 |
| 2.4.1 Conceitualização e importância | 21 |
| 2.4.2 Metodologias para avaliação da cobertura de copa e densidade de copa | 22 |
| 2.5 ALOMETRIA | 25 |
| 2.6 MODELO DE CRESCIMENTO | 26 |
| 3 METODOLOGIA | 28 |
| 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 28 |
| 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ESPÉCIES AVALIADAS | 29 |
| 3.3 COLETA DE DADOS | 31 |
| 3.3.1 Diâmetro do colo (dc)..... | 32 |
| 3.3.2 Medição de altura total (h) | 32 |
| 3.3.3 Área de projeção da copa (sc)..... | 32 |
| 3.3.4 Densidade de copa (Dcopa) | 33 |
| 3.3.5 Sobrevivência | 33 |
| 3.4 ANÁLISE DOS DADOS | 34 |
| 3.4.1 Alometria..... | 34 |
| 3.4.2 Modelos de crescimento | 35 |
| 3.4.3 Análise de agrupamento | 36 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 4.1 SOBREVIVÊNCIA..... | 37 |
| 4.2 ALOMETRIA | 41 |
| 4.2.1 Diâmetro do colo (dc) em relação à altura total (h) | 41 |
| 4.2.2 Área de projeção de copa (sc) em relação à altura total (h) | 41 |
| 4.3 TAXA DE CRESCIMENTO | 61 |
| 4.4 COBERTURA E DENSIDADE DE COPA | 68 |
| 4.5 AGRUPAMENTO (CLUSTER)..... | 71 |
| 5 CONCLUSÃO | 74 |
| 6 RECOMENDAÇÕES DE MANEJO | 76 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 78 |

1 INTRODUÇÃO

Os desmatamentos juntamente com a degradação das florestas ocasionam o empobrecimento de muitas paisagens, drástica redução da diversidade biológica e a diminuição da funcionalidade e produtividade dos ecossistemas (MAGINNIS e JACKSON, 2003, p.87). Procurando mitigar os danos causados pelas atividades antrópicas, a restauração ecológica (SER, 2004, p.2) tornou-se a principal alternativa para proteger os recursos naturais e conservar a biodiversidade (LAMB; ERSKINE e PARROTTA, 2005, p. 1632).

A restituição de ecossistemas degradados representa um desafio em iniciar um processo de sucessão, principalmente quando as atividades antrópicas ocasionam severas alterações nas características das formações florestais originais de um determinado local, demandando a utilização de técnicas de reflorestamento, tendo o plantio como uma das principais formas de reintroduzir as espécies de ocorrência natural.

O plantio de árvores em grupos funcionais, utilizado o plantio de alta diversidade em linhas de preenchimento e diversidade, é uma das principais técnicas de restauração utilizadas no Brasil (RODRIGUES et al., 2009, p.1242). O grupo de preenchimento é constituído por espécies de crescimento rápido e vigoroso, com grande investimento energético em altura e na formação de copas e conjuntos densos (FONTES, 1999, p.79-87; RODRIGUES et al., 2009, p.1245), pois quanto mais rápido recobrirem e sombrearem a área, mais acelerada será a dinâmica de sucessão florestal (WISHNIE et al., 2007, p.40),

Todavia, há uma restrição de informações a respeito do desempenho silvicultural de espécies nativas regionais que podem ser utilizadas nos projetos de restauração, pois são poucos os estudos que analisam o crescimento dessas espécies a longo prazo, principalmente utilizando a abordagem de ajuste de modelos de crescimento. São raríssimos trabalhos científicos sobre espécies pioneiras e suas funcionalidades em programas de restauração, especialmente na região Sudoeste do Paraná. Essa deficiência de dados silviculturais confiáveis dificulta o uso e o aperfeiçoamento de metodologias, e também o desenvolvimento de novas tecnologias de restauração de áreas naturais protegidas.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a performance de treze espécies arbóreas de rápido crescimento até os 3,5 anos de idade, para recomendação de projetos de restauração na região sudoeste do Paraná.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a sobrevivência;
- b) Avaliar o crescimento dimensional em diâmetro do colo, altura total e área de projeção de copa;
- c) Ajustar modelos alométricos que permitam analisar a estratégia de crescimento das espécies;
- d) Ajustar modelos de crescimento para as variáveis dimensionais, buscando interpretar os valores de seus parâmetros, como taxa de crescimento e crescimento assintótico.
- e) Indicar as espécies com maior potencial sombreador através de análise da densidade de copa e área de copa;
- f) Separar as espécies em grupos de similaridade através da análise de agrupamento (*clustering*) das variáveis silviculturais: densidade de copa, área de copa, altura total, diâmetro do colo e sobrevivência;
- g) Recomendar modelos de restauração para a região sudoeste do Paraná com base no desempenho silvicultural das espécies arbóreas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: CONCEITUALIZAÇÃO

A restauração pode ser entendida como o processo de “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original” (BRASIL, 2000 p.15). Trata-se de uma intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica (SMA, 2014, p.2).

A *International Society for Ecological Restoration* define restauração ecológica como “o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído”, capaz de suportar populações produtivas que ocorram em áreas de referência, tornando-o resiliente, autossustentável e integrado com a matriz ecológica ou a paisagem local (SER, 2004, p.2).

Com a restauração dos processos ecológicos é possível a construção de uma floresta funcional, sustentável e perpétua (PINTO et al., 2009, p.14), resultando em um ciclo contínuo de nascimentos e mortes, onde ocorrem diferentes níveis de interações entre produtores, consumidores e decompositores (TRES, 2006, p.2).

Assim, a restauração ecológica é entendida como uma atividade deliberada, que procura retornar um ecossistema à sua trajetória histórica, ao passo que o ecossistema manipulado não necessite mais de ajuda externa para assegurar sua integridade. Quando a trajetória desejada é alcançada, e os recursos bióticos e abióticos apresentam-se de maneira suficiente para continuar seu desenvolvimento sem intervenções adicionais, considera-se a restauração finalizada (SER, 2004, p.2). A partir disso, através da utilização de medidas conservacionistas, procura-se garantir que a área restaurada não retornará à condição de degradada (PINTO et al., 2009, p.14).

2.2 RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO BRASIL

A supressão das matas e a escassez de água no Brasil resultaram em sérios problemas ambientais. No século XIX, a falta de água para a população carioca devido à supressão da vegetação original pelo extrativismo e pelas plantações de café, desencadeou um processo de desapropriação das terras das bacias hidrográficas dos rios que abasteciam a cidade do Rio de Janeiro (KAGEYAMA e CASTRO, 1989, p.86). Nesse cenário, Dom João VI, rei de Portugal, ordenou em agosto de 1817 o término da devastação florestal nas nascentes próximas a cidade, e o plantio de árvores junto às nascentes de alguns rios (DRUMMOND, 1988, p.285).

O reflorestamento iniciado naquela época foi resultado de experiências pioneiras com diferentes espécies nativas e exóticas de remanejamento florestal de nascentes e de planejamento urbano (DRUMMOND, 1988, p.277), que resultou na criação do Parque Nacional do Rio de Janeiro pelo Decreto 50.923, de 6 de julho de 1961, alterado para Parque Nacional da Tijuca (PNT) pelo Decreto 60.183, de 8 de fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967, p.1). Sendo assim, o PNT é considerado a primeira grande ação governamental de recuperação florestal no Brasil (FREITAS; NEVES e CHERNICHARO, 2006, p.976) e a primeira de floresta tropical no mundo.

Processos semelhantes de recomposição de matas ciliares foram então iniciados no Brasil, entre eles o reflorestamento realizado em 1954 em uma parte da mata do Parque Nacional de Itatiaia, com a plantação de espécies de rápido crescimento, como bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), visando promover a regeneração natural de espécies características dos estágios finais da sucessão (KAGEYAMA e CASTRO, 1989, p.87).

No município de Cosmópolis no ano de 1955, outro reflorestamento foi realizado as margens do rio Jaguari, utilizando-se 71 espécies arbustivo-arbóreas, a maioria nativas, sem espaçamento definido, distribuídas de forma a não constituírem grupos homogêneos (NOGUEIRA, 1977 Apud BELLOTTO; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009, p.15; NAVE, 2005, p.113). Mesmo com poucos fundamentos científicos, estes trabalhos tiveram sucesso em seus objetivos, apresentando hoje uma floresta com sua estrutura e processos recuperados (NAVE, 2005, p.113).

Até o início dos anos 1980, as metodologias de recomposição utilizadas eram incipientes e a sistematização de regras era controvertida e insuficiente, devido ao pouco conhecimento do comportamento biológico das espécies nativas e a forma de utilizá-las em plantios heterogêneos. Além disso, existiam poucos resultados que permitissem avaliar a eficiência dos projetos de restauração (BARBOSA, 2006, p.8). O foco nessa época era a proteção de recursos naturais ou a mitigação pontual de impactos anteriormente causados, buscando apenas a reconstrução de uma fisionomia florestal. Essa visão simplificada do processo de restauração florestal se restringia apenas a um plantio de árvores sem critérios ecológicos estabelecidos para a escolha e disposição das espécies no plantio (BELLOTTO; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009, p.15).

Nesse sentido, as primeiras metodologias e técnicas de restauração florestal resultaram em plantios mistos de espécies arbóreas, nativas e exóticas, sem a preocupação de combinar espécies segundo suas exigências ecológicas, deixando de lado os conceitos de grupos ecológicos e o papel da diversidade na restauração de áreas degradadas. Além disso, priorizava-se o uso de espécies finais de sucessão, geralmente esciófitas, de crescimento mais lento (NAVE, 2005, p.113).

A partir dos anos de 1980 percebeu-se que a falta de consideração aos processos sucessionais e o uso de espécies exóticas estava comprometendo as iniciativas de restauração florestal. Isso resultou no início de uma nova fase histórica do avanço no conhecimento da restauração ecológica (BRANCALION et al., 2009, p.18). Os trabalhos de restauração passaram a combinar diferentes espécies nativas, agrupadas segundo suas características e papel no grupo ecológico pertencente (BELLOTTO; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009, p.17; KAGEYAMA e CASTRO, 1989, p.84).

Autores brasileiros (KAGEYAMA e CASTRO, 1989, p.89), baseados em Budowski (1965, p.2), propuseram categorias que permitiram classificar as espécies segundo seus respectivos grupos sucessionais, usualmente utilizados termos como “pioneiras”, “secundárias iniciais”, “secundárias tardias” e “climácicas”. Os critérios adotados para as classificações das espécies nos grupos ecológicos levaram em consideração a velocidade de crescimento, a tolerância à sombra, o tamanho das sementes, dispersão de frutos, dormência das sementes, idade da primeira reprodução e o tempo de vida.

O rápido recobrimento do solo conferido pela copa das espécies iniciais da sucessão e pela formação de um dossel em um curto período de tempo fornece condições ideais para o estabelecimento das espécies de final de sucessão (KAGEYAMA e CASTRO, 1989, p.92; RODRIGUES et al., 2009, p.1245). Além disso, desfavorecem o crescimento de gramíneas competidoras, minimizando os custos iniciais com a manutenção operacional dos reflorestamentos (HOLL et al., 2000, p. 339-349).

Nesse contexto, os projetos de reflorestamento com nativas passaram a priorizar a escolha de espécies de rápido crescimento como forma de acelerar o recobrimento e a recuperação da área (CHAZDON, 2003, p. 51-71). Assim, procurou-se intensificar o plantio de espécies arbóreas de início de sucessão e ampla distribuição, como por exemplo, aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), fumeiro-bravo (*Solanum bulbatum* Vell.), grandiúva (*Trema micranta* (L.) Blume.) e sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.).

Porém, a utilização desequilibrada dessas espécies nos reflorestamentos pode resultar em projetos de restauração com baixa riqueza de espécies e também com baixa equabilidade, acarretando baixa diversidade de espécies (BARBOSA, 2006, p.9; BRANCALION et al., 2009, p.18). Assim, durante a elaboração de projetos de restauração baseado na sucessão ecológica, o planejamento deve ser minucioso, analisando todas as possibilidades, eliminando possíveis erros que possam acarretar na perda de qualidade da restauração, afetando no estabelecimento de uma floresta contígua.

Além do conhecimento e compreensão dos aspectos morfológicos das espécies florestais, de acordo com suas características e grupo ecológico a qual pertence em dada região, é necessária a definição de metodologias que viabilizem a implantação da floresta e possibilite os trabalhos de restauração. Dessa forma, a restituição de ecossistemas florestais degradados trilha um caminho cada vez mais específico, pois é contínua a necessidade de estabelecer um modelo de restauração florestal que resulte em um determinado período, numa floresta pronta, com elevada diversidade, interações e funções ecológicas reestabelecidas.

2.3 LINHAS DE PREENCHIMENTO E DIVERSIDADE (LPD)

O plantio de grupos funcionais, conhecidos como “Grupos de Diversidade” e “Grupos de Preenchimento” tem como premissa o rápido recobrimento da área e o uso de alta diversidade (RODRIGUES et al., 2009, p.1245-1251; RODRIGUES et al., 2011, p.1605–1613).

O grupo de preenchimento é formado por espécies pioneiras, que têm como função o rápido recobrimento e sombreamento da área, o que possibilita a existência de um ambiente favorável ao desenvolvimento dos indivíduos do grupo de diversidade; ao mesmo tempo, desfavorece o reestabelecimento e recolonização por espécies competidoras, principalmente gramíneas exóticas invasoras (HOLL et al., 2000, p. 339-349; IGNÁCIO; ATTANASIO e TONIATO, 2007, p.46; NAVE, 2005, p.123; RODRIGUES et al., 2009, p.1245-1251).

Geralmente são usadas em torno de 15 a 30 espécies iniciais, com o máximo de diversidade possível para potencializar a complexidade do ambiente restaurado (NAVE, 2005, p.123; RODRIGUES et al., 2009, p.1245-1251). As espécies pertencentes ao grupo de preenchimento devem possuir, dentre suas principais características, o rápido crescimento em altura e formação de copa. Além disso, o florescimento precoce e a produção abundante de sementes em curto prazo, também é uma qualidade, permitindo a atração de fauna e a constituição do banco de sementes (IGNÁCIO; ATTANASIO e TONIATO, 2007, p.46; RODRIGUES et al., 2009, p.1245-1251).

No grupo de diversidade são incluídas as demais espécies que não possuem as características do grupo de preenchimento (espécies secundárias tardias e climáticas). Este grupo deve apresentar um grande número de espécies com poucos indivíduos, sendo esta uma característica indispensável para a restauração da dinâmica florestal. Nesta categoria incluem-se espécies que possuem grande interação com a fauna, que podem criar ambientes para a recolonização da área com outras formas de vida (epífitas, lianas, arbustos, etc.), servindo de abrigo e poleiro para animais, formação de sub-bosque, resultando em melhorias microclimáticas (IGNÁCIO; ATTANASIO; TONIATO, 2007, p.46; NAVE, 2005, p.123; RODRIGUES et al., 2009, p.1245-1251).

Os plantios em linha de preenchimento e diversidade podem ser estabelecidos com espaçamentos variáveis, formando um plantio de alta diversidade, aumentando as interações bióticas. Nesse cenário, as espécies de diversidade garantem a gradual substituição de indivíduos pertencentes ao grupo de preenchimento quando estes, entrarem em senescência, passando a ocupar definitivamente a área restaurada, possibilitando a condução da sucessão de forma mais sustentável (BRANCALION et al., 2009, p. 27).

2.4 COBERTURA E DENSIDADE DE COPA

2.4.1 Conceitualização e importância

A cobertura de copa é um dos parâmetros estruturais que merece destaque em trabalhos de restauração florestal. Alguns sinônimos incluem o fechamento do dossel, fechamento de copa ou simplesmente, cobertura arbórea (RAUTIAINEN; STENBERGP e NILSON, 2005, p.137). Greig-Smith (1983, p.1-299) a define como a proporção do solo que é ocupada pela projeção perpendicular da parte aérea dos indivíduos da população ou comunidade analisada. Trata-se de um conceito comum no setor florestal e de grande interesse científico (RAUTIAINEN; STENBERGP e NILSON, 2005, p.137).

O incremento da cobertura promove a estruturação do dossel, que controla a quantidade, qualidade e a distribuição espacial e temporal de luz incidente sobre o solo (JENNINGS; BROW e SHEIL, 1999, p.59), possibilitando a formação de um micro-habitat interno numa floresta, atuando no crescimento e sobrevivência de plântulas, determinando a composição florística da comunidade, afetando processos de decomposição da matéria orgânica e controlando processos erosivos (MELO; MIRANDA e DURIGAN, 2007, p.322), através da interceptação das chuvas, que reduz o impacto direto sobre o solo (BUFO, 2008, p.20). Também influencia na umidade do ar, temperatura e as condições de umidade do solo dentro da floresta (JENNINGS; BROW e SHEIL, 1999, p.59).

O tamanho da árvore, cobertura de copa e densidade da copa são descritas como as características mais importantes no suporte à estabilização do solo e recrutamento de vegetação para o sub-bosque (JONES et al., 2004, p.171-181; WISHNIE et al., 2007, p.39-48). A densidade de copa pode ser entendida como a quantidade de folha existente em relação ao volume por ela ocupado. Indica percentualmente a área do solo que é coberta pela projeção vertical da copa das árvores (KRETZER, 2013, p.22). Está relacionada com a caracterização nos níveis de interceptação da luz incidente sobre o solo, que é influenciado pela quantidade, dimensão e disposição foliar.

2.4.2 Metodologias para avaliação da cobertura de copa e densidade de copa

As inúmeras técnicas para medir a cobertura de copa resumem-se em três categorias, com base em diferentes unidades geométricas: linhas, pontos e plano (FLOYD e ANDERSON, 1987, p.221). O método baseado na interseção de linhas considera como cobertura de copa o somatório de interseções das projeções sobre uma linha, que deve ser dividido pelo comprimento total dessa linha, expresso em porcentagem (MELO; MIRANDA e DURIGAN, 2007, p.323). Recomenda-se para a sua realização, que seja colocada uma fita métrica estendida sobre o solo da floresta em estudo, medindo-se a extensão da interseção da projeção de cada uma das copas sobre a fita (MELO, 2004, p.111).

Os métodos de interseção de pontos baseiam-se na contagem do número de interseções pelas copas que ocorrem nas projeções verticais de cada um dos pontos para determinada área a ser amostrada, tornando possível estimar a cobertura a partir do cálculo da proporção de pontos interceptados (GREIG-SMITH, 1983, p.1-299; MELO; MIRANDA e DURIGAN, 2007, p.323). No entanto, métodos de estimativas por intersecção de pontos são influenciados pela deciduidade, sendo necessária a realização de pelo menos duas medidas anuais para uma boa caracterização da comunidade (MELO, 2004, p.112). Além disso, é de difícil medição para comunidades arbóreas (MELO; MIRANDA e DURIGAN, 2007, p.323). Este método é descrito por Mantovani (1987, p.9), adaptado e utilizado por Cunha et

al. (2003, p.503-515) para a avaliação de processos de restauração de dunas litorâneas na Paraíba.

Já os métodos baseados no plano utilizam a estimativa da cobertura de copas, através do somatório das áreas de projeção das copas em relação à área de amostragem. Depende da demarcação de parcelas, necessitando a mensuração das projeções de copa individualmente, resultando em maior tempo para coleta dos dados, além da imprecisão devido à variação do formato das copas. Esse método também é conhecido como método de parcelas ou dos diâmetros de copa (MELO, 2004, p.111; MELO; MIRANDA e DURIGAN, 2007, p.322-323).

Tradicionalmente, as metodologias mais utilizadas para estimar a cobertura do dossel envolvem observações oculares, por meio de tubos, grades, fotografias hemisféricas ou digitais e equipamentos eletrônicos, como o luxímetro, que não estima a cobertura diretamente (SILVA e VOLTOLINI, 2011, p.1). Comparando diferentes métodos para estimar a cobertura de dossel em floresta atlântica, Silva e Voltolini (2011, p.2) constataram que a utilização do tubo plástico e a grade apresentaram os melhores índices e praticamente a mesma eficácia, recomendando a sua utilização.

Certamente, uma das principais funções da copa é a interceptação de luz incidente sobre o solo. No entanto, a quantidade da radiação solar que atravessa a copa das árvores é bastante variada, devido a uma série de variáveis relacionadas às plantas, como a idade, arquitetura, deciduidade, época de floração e frutificação, desrama natural, entrelaçamento de copas, etc. (VASCONCELLOS, 2011, p.3). Assim, a cobertura de copa é capaz de estimar a forma de uma copa, sendo uma informação importante, mas que necessita ser complementada com outros dados qualitativos e quantitativos, que permitem caracterizar e descrever a estrutura foliar de uma copa. Sendo assim, também é necessário avaliar os aspectos de radiação solar, índice de área foliar, densidade de área foliar e densidade de copa.

Existem vários instrumentos comercialmente disponíveis que medem diferentes aspectos da radiação solar incidente. De acordo com Jennings; Brow e Sheil (1999, p.60), a radiação pode ser medida em três diferentes formas: fotométricas, radiométricas e quântica. Cada medida tem diferentes implicações ecológicas.

O índice de área foliar (IAF), por sua vez, é uma das variáveis mais usadas para descrever a área foliar. É definido como a variável que representa a relação

entre o total de uma das faces do tecido fotossintético com a superfície ocupada pela planta. Trata-se da área de folhas por área de solo (TAKEDA et al., 2008, p.428). Para Xavier e Vettorazzi (2003, p.426) o IAF é uma importante variável estrutural descritora da vegetação, e está diretamente associado com a evapotranspiração e a produtividade.

Os métodos para a obtenção do IAF podem ser diretos e indiretos. Os métodos diretos são destrutivos, e têm como limitação a impossibilidade de avaliação na mesma amostra e de outras características ao longo do tempo (ARAÚJO; SANTOS e PRADO, 2005, p.308-309). Já os métodos indiretos são indestrutíveis, baseiam-se em medidas da transmitância da luz através das copas ou do dossel, considerando que geralmente as folhas apresentam uma distribuição aleatória nas copas. São métodos baseados na utilização de equipamentos modernos (ANTUNES JUNIOR et al., 2009, p.1625). Outra variável importante para descrever a área foliar é a densidade de área foliar (F), descrita por Takeda et al. (2008, p.428) como a área de folhas encontradas em um volume, sendo utilizada principalmente em estudos de interceptação da luz por árvores.

A densidade de copa utilizada neste trabalho baseia-se nos estudos de Jones et al. (2004, p.174) e Wishnie et al. (2007, p.43). Trata-se de uma medida qualitativa, estimada ocularmente, atribuindo a cada indivíduo uma nota de 0 a 4, cujo: 0 indica ausência de dossel reconhecível; 1 indica que menos de 25% do espaço de copa foi preenchido com as folhas; 2 indica uma ocupação entre 25% e 50%; 3 indica uma ocupação entre 50% e 75%; e 4 indica que mais de 75% do espaço de copa foi ocupado com folhas.

Dentre as variáveis apresentadas, acredita-se que a densidade de copa é uma das características mais importantes, pois outras tantas variáveis estão envolvidas na sua estruturação, como a forma, altura e largura da copa, além do tamanho, forma e a distribuição das folhas no caule (VASCONCELLOS, 2011, p.3). Espera-se que através da densidade, juntamente com a cobertura de copa, seja possível obter uma estimativa da eficácia de sombreamento das espécies estudadas.

2.5 ALOMETRIA

As características morfológicas e o desenvolvimento de diferentes partes de uma planta variam de acordo com a arquitetura da espécie, microambiente e do grau de restrição ecológica (PORTELA e SANTOS, 2003, p.1). À medida que uma planta cresce, nem todas as partes de sua estrutura apresentam um desenvolvimento proporcional. As alterações na dimensão da estrutura do organismo refletem em estratégias adaptativas, que podem ser evidenciadas através do estudo da relação entre o tamanho e a forma das plantas. A estes distintos padrões de crescimento, denomina-se alometria (GAYON, 2000, p.748).

Diferentes conceitos de alometria no meio científico geralmente são utilizados: alometria ontogenética, referente ao crescimento relativo de indivíduos desde o embrião; alometria filogenética, que se refere a índices de crescimento diferencial constantes em linhagens; alometria intraespecífica, referente a indivíduos adultos dentro de uma espécie ou de uma determinada população local; e a alometria interespecífica, que trata de fenômenos que ocorrem entre as espécies relacionadas (GOULD, 1966, p.587-640).

Relações alométricas são estudadas para espécies de ambientes florestais, com o objetivo de extrair informações referentes à forma de crescimento e as estratégias adaptativas dos indivíduos ou comunidade, que modificam suas características físicas ou fisiológicas de acordo com as condições do ambiente. De acordo com Fontes (1999, p.80) as relações existentes entre tamanho e forma entre as espécies, apresentam um relevante efeito estrutural no funcionamento de uma floresta.

Os estudos alométricos permitem analisar as diferenças na arquitetura de indivíduos de diferentes comunidades arbóreas (LIBONI et al., 2010, p.125-136), através das relações entre circunferência, altura, profundidade, volume de copa e o grau de semelhança entre as espécies (FONTES, 1999, p.79-87). Araújo; Martins e Santos (2008, p.81-104) utilizando a alometria ontogênica, procuraram encontrar variações alométricas na relação comprimento e diâmetro do caule de plantas da Caatinga. Já Portela e Santos (2003, p.1-5) procuraram analisar a relação alométrica entre a copa e a altura, para uma comunidade de plântulas e indivíduos jovens de espécies arbóreas da Mata Atlântica. Fontes (1999, p.79-87) investigando a

existência de padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais da Mata Atlântica descreveu a existência de dois padrões distintos, descritas como pioneiras verticais e pioneiras horizontais. Liboni et al. (2010, p.125-136) analisando as relações alométricas da comunidade arbórea de duas áreas em diferentes estádios sucessionais na Floresta Ombrófila Mista do sul do Brasil, observaram que as plantas das áreas com estágio sucessional mais avançado, investiram mais no crescimento de diâmetro, em relação à altura, do que as plantas da borda.

O método mais utilizado para a descrição de relações alométricas em plantas tem sido a análise de regressão linear. A análise de regressão estima a relação funcional existente entre a variável dependente e independente. Em geral, a altura é considerada como variável independente, por influenciar o ambiente de luz e o espaço disponível para o crescimento da planta (ALVAREZ-BUYLLA e MARTINEZ-RAMOS, 1992, p.278), no entanto, nada impede da utilização do diâmetro como variável independente.

Sabendo que o desenvolvimento de indivíduos arbóreos e o estabelecimento de comunidades florestais ocorrem de diferentes formas, este estudo propõe a elaboração de um modelo alométrico que possibilite estimar o potencial de restauração de cada espécie florestal estudada, através da análise de suas variáveis dendrométricas.

2.6 MODELO DE CRESCIMENTO

A utilização de modelos de crescimento é uma forma de se obter conhecimento do aumento das dimensões de um ou mais indivíduos ao longo de um determinado período de tempo (CHASSOT et al., 2011, p.304; GOES, 2012, p.12; PRODAN et al., 1997, p.431; VANCLAY, 1994, p.1). Trata-se de uma representação simplificada de algum aspecto da realidade da dinâmica natural de um povoamento florestal (VANCLAY, 1994, p.2). São indicados para visualizar causa-efeito, isto é, explicar e prever o comportamento de sistemas por meio das análises das condições atuais (CHASSOT et al., 2011, p.304; VANCLAY, 1994, p.1). Deve ser objetivo, imparcial, bem documentado e disponível (VANCLAY, 1994, p.10).

O termo “modelo de crescimento” refere-se a uma série de equações matemáticas que podem prever o crescimento e produção de um organismo, população ou comunidade sob uma ampla variedade de condições (PRODAN et al., 1997, p.431; VANCLAY, 1994, p.4); é influenciado pelas características genéticas e sua interação com o meio, além das condições edáficas, climáticas e características topográficas (PRODAN et al., 1997, p.431).

Um modelo pode ser determinístico ou estocástico. Um modelo de crescimento determinístico fornece estimativa da tendência do crescimento esperado de um povoamento florestal. São eficazes para determinar o rendimento esperado, podem ser utilizados para indicar a condição ideal. Já os modelos estocásticos incorporam certo grau de incerteza, incluem a variação natural, com uma probabilidade específica de ocorrência. Podem indicar a confiabilidade das previsões, e os riscos associados com qualquer regime particular (GOES, 2012, p. 15; VANCLAY, 1994, p.7). Para Vanclay (1994, p.7), os modelos determinísticos e estocásticos são complementares. No entanto, a maioria dos trabalhos de produção florestal adotam metodologias que utilizam modelos determinísticos (GOES, 2012, p.15).

Tonini; Finger e Schneider (2003, p.85-90) ao estudar o crescimento de *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul, ajustaram os modelos de Mitscherlich e Sontag (1982), Backman (1943), Richards (1959) para obter as tendências de crescimento em diâmetro, volume comercial, fator de forma e incremento corrente anual. Já Chassot et al. (2011, p.303-313) trabalharam com modelos de crescimento diamétrico para árvores individuais da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Floresta Ombrófila Mista, obtendo funções de suas características dimensionais individuais, sociológicas e da concorrência, que resultou em boas estimativas para indivíduos emergentes. Ferreira et al. (2007, p.177-185) avaliaram o crescimento do estrato arbóreo de uma área degradada localizada no Município de Itutinga – MG, utilizaram modelos de regressão para estimar a densidade de plantas, altura e diâmetro médio.

De forma geral, os modelos de crescimento fornecem uma maneira confiável de analisar a silvicultura das espécies, porém, são de uso limitado, pois necessitam de uma sequência de dados auxiliares para fornecer informações úteis (VANCLAY, 1994, p.2).

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para este estudo está localizada na UNEPE Restauração Ecológica, pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, situada no município de Dois Vizinhos, sudoeste do Estado do Paraná, Brasil (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 25°41'37" S e 53°06'07" W, com altitude média de 502 m. Nesta região, os solos são profundos, mediamente férteis, caracterizados como Latossolo Vermelho Distroférico típico (EMBRAPA, 2006, p.74) com densidade variando de 1,1 a 1,4 g dm⁻³ e pH próximo a 5,0 (SGARBI, 2013, p.16).



Figura 1– Imagem da área experimental situada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, Paraná.
Fonte: Extraído de Google Earth (2014).

O clima é do tipo Cfa (classificação de Köppen), subtropical, sem estação seca, apresentando temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C; com temperaturas médias anuais entre 19°C e 20°C (IAPAR, 2014, p.1). Há uma frequente ocorrência de geadas (MAACK, 1981, p.1-450), precoces nos meses de maio a junho. De acordo com Possenti et al. (2007, p.141) a precipitação média anual do município é de 2.044 mm, sendo agosto e março os meses mais secos do ano e outubro o mês

mais chuvoso. A vegetação original da região é caracterizada por Floresta Ombrófila Mista com influência da Floresta Estacional Semidecidual.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ESPÉCIES AVALIADAS

Foi realizado um plantio de alta diversidade de árvores nativas em dezembro de 2010, com mudas de 30-50 cm de altura, distribuído em quatro blocos casualizados com parcelas de 40 x 54 m em uma área de 7,2 ha, totalizando uma área experimental de 0,864 ha. Cada parcela recebeu o plantio de 360 mudas: 180 plantas de espécies de preenchimento e 180 plantas de espécies de diversidade. Foi feito o plantio com espécies de preenchimento e diversidade alternadas dentro das linhas, com espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas (Figura 2).

O baixo número de espécies de preenchimento permitiu a utilização de uma quantidade superior de indivíduos, totalizando 18 mudas por espécie em cada parcela. O inverso ocorreu com as espécies de diversidade, pois o elevado número de espécies restringiu em três mudas por espécie em cada parcela.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P1 | D1 | P2 | D2 | P3 | D3 | P9 | D9 | P10 | D10 | P6 | D16 | P7 | D17 | P8 | D23 | P4 | D24 | P5 | D25 |
| D3 | P4 | D4 | P5 | D5 | P1 | D11 | P2 | D12 | P3 | D18 | P9 | D19 | P10 | D20 | P6 | D26 | P7 | D27 | P8 |
| P6 | D6 | P7 | D7 | P8 | D13 | P4 | D14 | P5 | D15 | P1 | D21 | P2 | D22 | P3 | D28 | P9 | D29 | P10 | D30 |
| D31 | P1 | D32 | P2 | D33 | P8 | D39 | P9 | D40 | P10 | D46 | P6 | D47 | P7 | D48 | P3 | D54 | P4 | D55 | P5 |
| P3 | D34 | P4 | D35 | P5 | D41 | P1 | D42 | P2 | D43 | P8 | D49 | P9 | D50 | P10 | D56 | P6 | D57 | P7 | D58 |
| D36 | P6 | D37 | P7 | D38 | P3 | D44 | P4 | D45 | P5 | D51 | P1 | D52 | P2 | D53 | P8 | D59 | P9 | D60 | P10 |
| P1 | D1 | P2 | D2 | P3 | D3 | P9 | D9 | P10 | D10 | P6 | D16 | P7 | D17 | P8 | D23 | P4 | D24 | P5 | D25 |
| D3 | P4 | D4 | P5 | D5 | P1 | D11 | P2 | D12 | P3 | D18 | P9 | D19 | P10 | D20 | P6 | D26 | P7 | D27 | P8 |
| P6 | D6 | P7 | D7 | P8 | D13 | P4 | D14 | P5 | D15 | P1 | D21 | P2 | D22 | P3 | D28 | P9 | D29 | P10 | D30 |
| D31 | P1 | D32 | P2 | D33 | P8 | D39 | P9 | D40 | P10 | D46 | P6 | D47 | P7 | D48 | P3 | D54 | P4 | D55 | P5 |
| P3 | D34 | P4 | D35 | P5 | D41 | P1 | D42 | P2 | D43 | P8 | D49 | P9 | D50 | P10 | D56 | P6 | D57 | P7 | D58 |
| D36 | P6 | D37 | P7 | D38 | P3 | D44 | P4 | D45 | P5 | D51 | P1 | D52 | P2 | D53 | P8 | D59 | P9 | D60 | P10 |
| P1 | D1 | P2 | D2 | P3 | D3 | P9 | D9 | P10 | D10 | P6 | D16 | P7 | D17 | P8 | D23 | P4 | D24 | P5 | D25 |
| D3 | P4 | D4 | P5 | D5 | P1 | D11 | P2 | D12 | P3 | D18 | P9 | D19 | P10 | D20 | P6 | D26 | P7 | D27 | P8 |
| P6 | D6 | P7 | D7 | P8 | D13 | P4 | D14 | P5 | D15 | P1 | D21 | P2 | D22 | P3 | D28 | P9 | D29 | P10 | D30 |
| D31 | P1 | D32 | P2 | D33 | P8 | D39 | P9 | D40 | P10 | D46 | P6 | D47 | P7 | D48 | P3 | D54 | P4 | D55 | P5 |
| P3 | D34 | P4 | D35 | P5 | D41 | P1 | D42 | P2 | D43 | P8 | D49 | P9 | D50 | P10 | D56 | P6 | D57 | P7 | D58 |
| D36 | P6 | D37 | P7 | D38 | P3 | D44 | P4 | D45 | P5 | D51 | P1 | D52 | P2 | D53 | P8 | D59 | P9 | D60 | P10 |

Figura 2 - Distribuição espacial das espécies na parcela de acordo com os grupos de plantio.
Onde: P1 - *Solanum mauritianum* Scop.; P2 - *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.; P3 - *Mimosa scabrella* Benth.; P4 - *Guazuma ulmifolia* Lam.; P5 - *Bauhinia forficata* Link.; P6 - *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg.; P7 - *Croton urucurana* Baill.; P8 - *Trema micrantha* (L.) Blume.; P9 - *Croton floribundus* Spreng.; P10 - *Schinus terebinthifolius* Raddi.; D40 - *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera; D37 - *Inga uruguensis* Hook. & Arn.; D12 - *Zanthoxylum rhoifolium* Lam..
Fonte: O Autor (2014).

Utilizou-se um total de 70 espécies nativas: 60 espécies de diversidade e 10 de preenchimento. Neste estudo, foram avaliadas 10 espécies de preenchimento e 3 espécies de diversidade (Tabela 1), que apresentam características semelhantes às pioneiras: florescimento precoce, produção abundante de sementes em curto prazo, atração da fauna e principalmente rápido crescimento em altura e formação de copa.

Tabela 1 - Descrição das espécies utilizadas no estudo quanto à família, grupo de plantio, síndrome de dispersão, e número de indivíduos por espécie.

| Família | Nome popular | Nome científico | GP | Dispersão | NI |
|---------------|--------------------|--|----|-------------|------------|
| Anacardiaceae | Aroeira pimenteira | <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi. | P | Zoocórica | 72 |
| Asteraceae | Cambará | <i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera | D | Anemocórica | 12 |
| Cannabaceae | Grandiúva | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume. | P | Zoocórica | 72 |
| Euphorbiaceae | Sangra d'água | <i>Croton urucurana</i> Baill. | P | Autocórica | 72 |
| Euphorbiaceae | Tapiá | <i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg. | P | Zoocórica | 72 |
| Euphorbiaceae | Capixingui | <i>Croton floribundus</i> Spreng. | P | Autocórica | 72 |
| Fabaceae | Pata de vaca | <i>Bauhinia forficata</i> Link. | P | Autocórica | 72 |
| Fabaceae | Bracatinga | <i>Mimosa scabrella</i> Benth. | P | Autocórica | 72 |
| Fabaceae | Pau jacaré | <i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr. | P | Autocórica | 72 |
| Fabaceae | Ingá de brejo | <i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn. | D | Zoocórica | 12 |
| Malvaceae | Mutambo | <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | P | Zoocórica | 72 |
| Rutaceae | Mamica de porca | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. | D | Zoocórica | 12 |
| Solanaceae | Fumeiro-bravo | <i>Solanum mauritianum</i> Scop. | P | Zoocórica | 72 |
| TOTAL | | | | | 756 |

Onde – GP: Grupo de plantio. P: Preenchimento. D: Diversidade. NI: Número de indivíduos.
Fonte: O Autor (2014).

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados teve início em maio de 2011, seguidas por avaliações semestrais. As informações obtidas a campo estão relacionadas ao diâmetro do colo (dc), altura total (h), diâmetro da projeção da copa, densidade de copa (D_{copa}) e sobrevivência. Neste trabalho, somente os indivíduos implantados na área foram avaliados, desconsiderando as espécies regenerantes.

3.3.1 Diâmetro do colo (dc)

Essa variável foi obtida através da utilização de um paquímetro digital, posicionado no colo da planta, próximo à superfície do solo, coletando as informações de diâmetro. Padronizou-se o sentido do maior comprimento da parcela como referência para o posicionamento do paquímetro.

Nos indivíduos que apresentaram diâmetro do colo superior ao possível de ser medido com o paquímetro ($>15,38$ cm), utilizou-se uma fita métrica, obtendo a medida de circunferência, e conseqüentemente, pela divisão por π , o seu diâmetro.

3.3.2 Medição de altura total (h)

As informações de altura foram coletadas com o auxílio de uma régua graduada de 10 m, com intervalos de 0,05 cm. O equipamento foi posicionado verticalmente o mais próximo possível da planta, deixando a sua base no mesmo nível do solo. Considerou-se como altura total a distância entre a base da árvore sobre o solo, até a ponta do ramo mais alto da copa.

3.3.3 Área de projeção da copa (sc)

A área de copa de cada indivíduo foi obtida com o uso de uma trena métrica, estendida através da copa, adotando o centro da planta como ponto de referência, realizando duas medidas de diâmetro. Padronizou a primeira medida do diâmetro de copa o sentido do comprimento da parcela (X), seguido pelo segundo diâmetro (Y), formando um ângulo de 90° em relação à medida anterior (X), conforme a Figura 3.

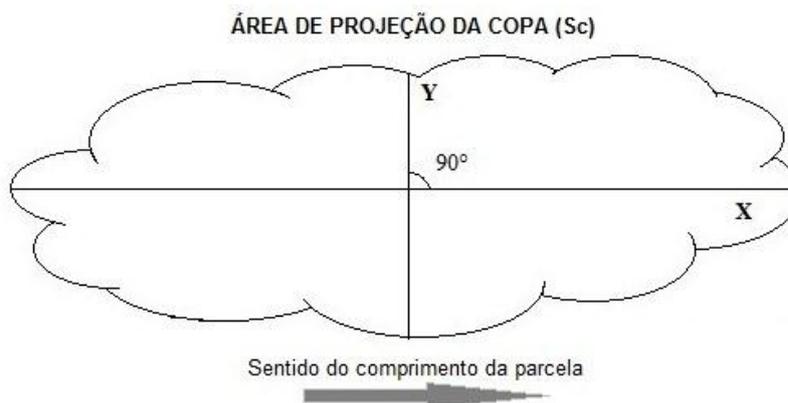


Figura 3 - Representação da forma de medição de diâmetros para o cálculo da área de projeção de copa (S_c).
Fonte: O Autor (2014).

3.3.4 Densidade de copa (D_{copa})

Trata-se de uma medida qualitativa, obtida através de observações visuais. A cada indivíduo foi atribuído um índice de 0 a 4. Cada índice possui a seguinte especificação:

- 0 (zero): Ausência de dossel reconhecível;
- 1 (um): Menos de 25% de copa preenchida com as folhas;
- 2 (dois): Mais de 25% e menos de 50% de copa preenchida com folhas;
- 3 (três): Mais de 50% e menos de 75% de copa preenchida com as folhas;
- 4 (quatro): Mais de 75% de copa ocupada com folhas.

3.3.5 Sobrevivência

As avaliações de sobrevivência antecederam o replantio que correu aos 3, 5, 12 e 24 meses após o plantio. A sobrevivência baseia-se na contagem de plantas vivas na área plantada. A porcentagem das plantas vivas corresponde à sobrevivência total dos indivíduos.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram armazenados em planilha eletrônica, que através de cálculos matemáticos possibilitou a obtenção das informações da área de copa, calculada segundo a fórmula da elipse: $Sc (m^2) = X.Y.\pi/4$, onde X e Y são os diâmetros da copa (m) e π equivale a 3,14159. A cobertura de copa obtida através da área de copa foi analisada juntamente com a densidade de copa para obter os padrões de sombreamento das espécies. Foram construídos histogramas para cada espécie a fim de observar a distribuição dos índices da variável densidade de copa, e através do gráfico de dispersão, foi possível verificar a relação desta variável com a cobertura de copa (área de copa).

3.4.1 Alometria

Para a elaboração dos modelos alométricos, construiu-se gráficos de dispersão das variáveis dendrométricas (dc, h, sc) por espécie. As relações alométricas dos indivíduos foram expressas por funções derivadas de regressões lineares das variáveis transformadas em logaritmos de base 10 (KOHYAMA e HOTTA, 1990, p.517; LIBONI et al., 2010, p.128; SPOSITO, 1994, p.54), com intuito de reduzir a amplitude dos dados visando melhorar a qualidade dos ajustes realizados (SANTOS et al., 2012, p.24). A equação que expressa estas relações é: $y = ax^b$, ou $\log y = \log a + b \log x$, onde a e b são parâmetros obtidos através de regressão linear (KOHYAMA e HOTTA, 1990, p.517; SPOSITO, 1994, p.54).

Nas comparações entre espécies, as diferenças podem ocorrer tanto em **a** (o intercepto de y) como em b (a inclinação da reta). Se o valor de **b** for diferente entre as espécies, o maior valor de **b** apresentará maior incremento de y por incremento de x. Se a inclinação não difere, mas a constante **a** é diferente entre espécies, aquelas com maiores valores de **a**, apresentarão maiores valores de y para qualquer valor de x (KOHYAMA e HOTTA, 1990, p.517).

Procurando caracterizar o padrão de crescimento e a arquitetura de cada espécie, foram realizadas as seguintes relações alométricas: h x dc; h x sc.

Utilizando a função ANOVA, os coeficientes alométricos (intercepto e inclinação da reta) foram comparados entre si através de seus intervalos de confiança, verificando também a precisão da equação ajustada por meio do coeficiente de determinação (R^2), que é a proporção da variação total associada à variável resposta que pode ser explicada pelo modelo ajustado (BATISTA; COUTO e SILVA FILHO, 2014, p.368).

3.4.2 Modelos de crescimento

Antes de iniciar a modelagem do crescimento em diâmetro e altura, realizou-se uma análise de consistência dos dados, com o intuito de eliminar possíveis falhas e incoerências (*out layers*). Através de análises gráficas, foi possível realizar a exclusão de observações consideradas anômalas, com baixa probabilidade de serem reais, eliminando todas as árvores que já se encontravam mortas ou que tenham morrido durante as avaliações (GOES, 2012, p.23). Estas análises permitiram identificar as variáveis que não se ajustaram bem, ou que apresentaram forte influência sobre a estimativa dos parâmetros (VENTICINQUE et al., 2007, p.28). Foram construídos modelos de crescimento das variáveis dendrométricas (dc, h) das espécies analisadas. Os modelos de crescimento testados foram os de Chapman-Richards, Logístico e o de Gompertz (Tabela 2).

Tabela 2 - Modelo matemático testado para ajuste dos dados de crescimento de treze espécies nativas de rápido crescimento. Dois Vizinhos, 2013.

| Modelo | Função matemática | Taxa de crescimento |
|--------------------------|---------------------------|---|
| Autocástico ou Logístico | $W = A / (1 + b e^{-kt})$ | $\partial W / \partial t = k W (A - W) / A$ |
| Chapman-Richards | $W = A (1 - b e^{-kt})$ | $\partial W / \partial t = k (A - W)$ |
| Gompertz | $W = A e^{-be^{-kt}}$ | $\partial W / \partial t = k W \ln (A / W)$ |

Onde – W = tamanho do organismo no tempo t ; A = valor assintótico que o organismo pode atingir; K = medida relativa da taxa de crescimento do organismo; B = usualmente sem importância biológica, refletindo somente a escolha do tempo zero; t = idade.

Serão apresentados os resultados relativos apenas ao modelo de Chapman-Richards, pois foi o que apresentou melhor ajuste em todos os casos. A equação de Chapman-Richards recebeu essa denominação por causa de estudos de Richards (1959), sobre o crescimento de plantas, e por Chapman (1961) com as populações de peixes, embora a equação já houvesse sido relatada por Mitscherlich (1919) e foi

usada por silvicultores alemães durante a década de 1950 (VANCLAY 1994, p.109; ZEIDE, 1993, p.599).

A função de Chapman-Richards tem sido amplamente utilizada na modelagem de fenômenos biológicos devido a sua acuracidade e flexibilidade, sendo mais utilizada em estudos de crescimento na área florestal (ZEIDE, 1993, p.599-600). De acordo com Scolforo (1998, p.149), o modelo de Chapman-Richards é uma generalização das três funções de crescimento biológicas mais conhecidas.

Os valores iniciais dos parâmetros do algoritmo das regressões não lineares foram obtidos a partir dos valores mínimos e máximos considerados possíveis. Todas as análises estatísticas foram feitas no software R Development Core Team (2009), que permitiu explorar a relação entre as variáveis de cada espécie.

3.4.3 Análise de agrupamento

Foi realizada uma análise de agrupamento, ou *clustering*, com o intuito de separar as espécies em grupos, baseando-se nas características que possuem. A ideia básica consiste em colocar em um mesmo conjunto espécies com valores de densidade de copa, área de copa, altura total, diâmetro do colo e sobrevivência, relativamente próximos. Utilizou-se a métrica de Canberra, cujo cálculo é baseado na soma das diferenças fracionárias entre as coordenadas de pares de objetos.

O agrupamento foi realizado pelo método de algoritmos hierárquicos de ligação completa (*complete-link*), criando uma hierarquia de relacionamentos entre os elementos. A estrutura hierárquica formada pela união entre os elementos foi representada através de um dendrograma, que segundo Linden (2009, p.18-36) é a forma mais usual de representação dos resultados de algoritmos hierárquicos e mostra intuitivamente a ordem do agrupamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SOBREVIVÊNCIA

Analisando a Tabela 3, percebe-se valores distintos de sobrevivência entre espécies, que possibilitou elaborar três grandes grupos de sobrevivência: Grupo 1, formado pelas espécies que sobrevivência igual e/ou superior a 90%; Grupo 2, formado pelas espécies com sobrevivência igual e/ou superior a 70% e menor que 90%; grupo 3, formado pelas espécies com sobrevivência inferior a 70%.

Tabela 3 - Sobrevivência total das treze espécies arbóreas nativas. Dois Vizinhos, PR.

| Espécies | Replântios | | | | Total | Sobrevivência (%) |
|---------------------------------|------------|---------|----------|----------|-------|-------------------|
| | 3 meses | 5 meses | 12 meses | 24 meses | | |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 96,00 |
| <i>Solanum mauritianum</i> | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 96,00 |
| <i>Bauhinia forficata</i> | 3 | 0 | 1 | 1 | 5 | 93,51 |
| <i>Gochnatia polymorpha</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 92,31 |
| <i>Inga uruguensis</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 92,31 |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 92,31 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 4 | 1 | 3 | 0 | 8 | 90,00 |
| <i>Croton urucurana</i> | 1 | 0 | 7 | 2 | 10 | 87,80 |
| <i>Trema micrantha</i> | 1 | 5 | 4 | 10 | 20 | 78,26 |
| <i>Alchornea triplinervia</i> | 1 | 5 | 0 | 36 | 42 | 63,16 |
| <i>Croton floribundus</i> | 14 | 8 | 7 | 14 | 43 | 62,61 |
| <i>Mimosa scabrella</i> | 19 | 18 | 0 | 11 | 48 | 60,00 |
| <i>Piptadenia gonoacantha</i> | 3 | 4 | 9 | 35 | 51 | 58,54 |

Fonte: O Autor (2014)

As espécies que se enquadraram no grupo 1 ($\geq 90\%$ de sobrevivência), foram: *S. terebinthifolius* (96%), *S. mauritianum* (96%), *B. forficata* (93,51%), *G. polymorpha* (92,31%), *I. uruguensis* (92,31%), *Z. rhoifolium* (92,31%) e *G. ulmifolia* (90%). Sugere-se que estas espécies possuem maior rusticidade e capacidade de suportar diferentes condições de estresse dentro de limites toleráveis, pois apresentam características que se atribui a espécies colonizadoras de ambientes degradados. Além disso, conseguiram se adaptar à condição de degradação (MORES et al., 2005, p.486), mostraram-se capazes de suportar as mesmas

condicionantes ambientais impostas as demais espécies a campo, que implicou na menor taxa de mortalidade inicial.

O resultado satisfatório de *S. terebinthifolius* é citado também por Melo; Durigan e Kawabata (2004, p.319), que encontraram valores de sobrevivência igual a 100% aos 12 meses de idade. A taxa de sobrevivência em plantio realizado em duas áreas na Reserva Biológica de Poço das Antas, estado do Rio de Janeiro foi de 94,1% (área 2) e 97,8% (área 3) aos 12 meses (MORAES et al., 2005, p.483). Devido à resistência e rusticidade, a espécie possui um enorme potencial pioneiro (STOLARSKI et al., 2012b, p.7), e têm grande capacidade de restabelecer processos ecológicos em áreas degradadas (MORAES et al., 2005, p.486). Sendo indicada para plantios a sol pleno, plantios de enriquecimento ou consorciada a outras espécies (CHIAMOLERA; ANGELO e BOEGER, 2011, p.774).

S. mauritianum por sua vez, é uma espécie de alta resiliência e de ocorrência natural bastante ampla. Em razão de sua agressividade, espécies arbóreas do gênero *Solanum* são amplamente indicadas para o uso em programas de recuperação de áreas degradadas. No entanto, são raros estudos sobre espécies deste gênero (RUSCHEL e NODARI, 2011, p.695). As plantas da família Solanaceae são destacadas por Carpanezi e Carpanezi (2006, p.25) como espécies promissoras, e com um bom desempenho cultural.

A sobrevivência para *G. polymorpha* foi relativamente alta, sobretudo, quando comparada ao trabalho realizado por Durigan et al. (2004, p.451), que apresentou sobrevivência menor que 50% aos 12 meses. Já *I. uruguensis* possui preferência por solos úmidos (LORENZI, 1992, p.178), e estabelece bem nas proximidades de rios, como é o caso deste estudo.

O baixo grau de mortalidade de *Z. rhoifolium*, associada a sua capacidade de se estabelecer no interior e bordas de matas, terreno inculto, campos abertos, mata nebulosa, floresta serrana e em solos com presença de afloramentos rochosos (MELO e ZICKEL, 2004, p.82), sugerem a sua utilização em programas de reflorestamentos mistos destinados ao povoamento de áreas degradadas (LORENZI, 1992, p.312).

No grupo 2 ($\geq 70\%$ e $< 90\%$ de sobrevivência), incluem-se *C. urucurana* e *T. micrantha*, espécies que registraram valores intermediários de sobrevivência, respectivamente com 87,8% e 78,26% (Tabela 3). Pressupõe-se que as baixas temperaturas que ocorrem no período de inverno na região (IAPAR, 2014, p.1;

MAACK, 1981, p.450), tenham corroborado para o aumento da mortalidade dos indivíduos das espécies nos estádios iniciais.

Os índices intermediários de mortalidade registrados para *C. urucurana* e *T. micrantha* associados às geadas, podem dificultar o estabelecimento destas espécies em trabalhos de restauração, principalmente quando são utilizados poucos exemplares por espécie. Constatou-se que as geadas de menor intensidade em primeiro momento ocasionam sérios danos fisiológicos as mudas, resultando na diminuição do crescimento e na perda da dominância apical. Porém, verificou-se que indivíduos da espécie *C. urucurana* que conseguiram resistir aos efeitos das geadas, passaram a mudar o comportamento e a estratégia de crescimento, visto pelo aumento do número de brotações de base, que aumentou a área de ocupação pela espécie, e conseqüentemente, seu estabelecimento. Assim, o efeito das geadas tornou-se benéfico para alguns indivíduos desta espécie.

As espécies que se enquadraram no grupo 3, com sobrevivência inferior a 70%, foram: *A. triplinervia* (63,16%), *C. floribundus* (62,61%), *M. scabrella* (60%) e *P. gonoacantha* (58,54%). Elevados índices de mortalidade são indesejáveis em projetos de restauração, podendo comprometer a composição do reflorestamento (TSUKADA; HATAMURA e ALMEIDA, 2013, p.1). Além disso, o aumento da mortalidade nos estágios iniciais de um plantio pode acarretar maiores gastos com mudas, fertilizantes e mão de obra no replantio, atrasando o desenvolvimento do projeto e o estabelecimento de uma floresta contígua.

Para Schorn e Galvão (2009, p.221-235), a mortalidade e o ingresso são maiores nos estágios iniciais, diminuindo gradualmente com o desenvolvimento da vegetação. O valor de sobrevivência encontrado para *A. triplinervia* aproxima do estudo realizado por Moraes et al. (2005, p.486), que encontraram uma taxa de sobrevivência de 68,6% aos 12 meses. Segundo Carvalho (2004b, p.5), *A. triplinervia* é uma espécie heliófila que não tolera baixas temperaturas nos dois primeiros anos de implantação.

Alguns fatores, como eventos climáticos, pedológicos, topográficos e biológicos (IMAÑA-ENCINAS; SILVA e PINTO, 2005, p.24) dificultaram o estabelecimento da espécie nos estágios iniciais, restringindo o desenvolvimento e a ocupação da área pela espécie. Em consequência disso, a competição com espécies arbóreas e outros vegetais aumentou nos meses seguintes, resultando no contínuo acréscimo na mortalidade. Essa hipótese corrobora com a afirmação de

Schorn e Galvão (2009, p.226), em que espécies pioneiras e secundárias iniciais apresentam limitações para o estabelecimento em vegetação mais fechada e com pouca luminosidade.

Os resultados obtidos para *C. floribundus* foi inferior ao estudo realizado por Salvador (1986, p.73-78) no município de Paraibuna, São Paulo, que avaliou o comportamento da espécie em área de depleção, apresentando sobrevivência de 77,2% para um período de três meses. Durigan et al. (2004, p.451) estudando o crescimento e sobrevivência da espécie em terreno úmido, observaram baixos valores de sobrevivência (13%) um ano após o plantio.

A mortalidade de *M. scabrella* foi relativamente alta se comparada ao trabalho de Sousa et al. (2007, p. 98), que encontraram uma taxa de sobrevivência de 9,1%. Os autores atribuem esse resultado a hipótese de déficit hídrico, qualidade do solo, plantio em época tardia e a evapotranspiração intensificada. Já Chiamolera; Angelo e Boeger (2011, p.770) obtiveram uma sobrevivência de 53,2% para *M. scabrella* em plantio com seis meses de idade, realizado em área aberta. Nesse mesmo estudo, os autores observaram que a sobrevivência foi maior nos plantios realizados em áreas de capoeira (63,24%).

No Estado do Paraná, em regiões como Campo Mourão, Quedas do Iguaçu, Toledo, Ponta Grossa e Paranaguá, a sobrevivência de *M. scabrella* variou de 62% a 86%. Dados obtidos no município de Dois Vizinhos apresentaram 91,7% sobrevivência para um período de 60 meses (CARPANEZZI e LAURENT, 1988, p.41).

O comportamento natural de *M. scabrella* é seguido de alta mortalidade inicial (CHIAMOLERA; ANGELO e BOEGER, 2011, p.773). As plântulas são sensíveis aos meses de primavera e verão (CARPANEZZI e LAURENT, 1988, p.34), principalmente à falta de água (SOUSA et al., 2007, p. 98). Sendo assim, a espécie apresenta dificuldade de estabelecimento, além disso, possui restrições quanto ao clima, que influencia no desenvolvimento inicial.

Assim, acredita-se que a alta taxa de mortalidade constatada no período esteja associada às fortes geadas que ocorreram nos meses de maio a junho de 2011 (STOLARSKI et al., 2012b, p.3), que ocasionara sérios danos fisiológicos aos indivíduos de espécies suscetíveis, que não toleram geadas muito frequentes, como é o caso de *P. gonoacantha* (CARVALHO, 2004a, p.4).

Nicodemo et al. (2009, p.90-92) verificaram que a sobrevivência de *P. gonoacantha* em sistemas silvipastoris na região sudoeste do estado de São Paulo foi inferior a 50%. Macedo et al. (2004, p.74) ao avaliar o desenvolvimento inicial de *P. gonoacantha* em áreas de pastagem degradada, encontraram sobrevivência de 65,22% aos sete meses após o plantio, que diminuiu com o passar do tempo, chegando a 61,36% aos 13 meses corroborando com Carvalho (2004a, p.4), que assegura que plantios de *P. gonoacantha* geralmente apresentam baixa porcentagem de sobrevivência, principalmente na fase inicial do projeto.

4.2 ALOMETRIA

4.2.1 Diâmetro do colo (dc) em relação à altura total (h)

Os coeficientes alométricos obtidos para a regressão entre o diâmetro do colo e a altura total para as treze espécies arbóreas nativas, incluindo o teste t de significância e o coeficiente de determinação (R^2), encontram-se na Tabela 4. Percebe-se que o modelo logarítmico da altura explica boa parte da variação do diâmetro de colo das árvores aos 42 meses de idade. No entanto, os coeficientes de determinação apresentaram diferentes valores, variando desde 0,1220 a 0,8733, devido à heterogeneidade do conjunto de dados das espécies estudadas. Logo, as equações que apresentaram os maiores coeficientes de determinação foram as quais possuem também maior precisão (SOARES; NETO e SOUZA, 2012, p.77).

Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros das regressões lineares entre diâmetro do colo (mm) e altura total (m) aos 42 meses, para espécies arbóreas de rápido crescimento. ($\log dc = B_0 + B_1 \log h$). Dois Vizinhos, PR.

| Espécie | B₀ | t | B₁ | t | R² | n |
|---------------------------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|----------|
| <i>Alchornea triplinervia</i> | 1,37819 | 44,790*** | 0,74637 | 14,78*** | 0,8687 | 35 |
| <i>Bauhinia forficata</i> | 1,38649 | 22,911*** | 0,73889 | 7,349*** | 0,4427 | 70 |
| <i>Croton floribundus</i> | 0,94678 | 19,000*** | 1,35005 | 18,88*** | 0,8478 | 66 |
| <i>Croton urucurana</i> | 1,30711 | 13,083*** | 0,89806 | 7,127*** | 0,4312 | 69 |
| <i>Gochnatia polymorpha</i> | 1,29627 | 16,438*** | 0,90830 | 7,022*** | 0,8314 | 12 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 1,32735 | 15,887*** | 0,89878 | 8,076*** | 0,4933 | 69 |
| <i>Inga uruguensis</i> | 1,40371 | 21,491*** | 0,83477 | 7,719*** | 0,8563 | 12 |
| <i>Mimosa scabrella</i> | 1,3726 | 5,630*** | 1,0301 | 3,511*** | 0,1658 | 64 |
| <i>Piptadenia gonoacantha</i> | 1,11205 | 31,55*** | 0,99222 | 13,60*** | 0,7460 | 65 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 1,7020 | 18,461*** | 0,4286 | 3,118** | 0,1220 | 72 |
| <i>Solanum mauritianum</i> | 1,5991 | 11,380*** | 0,7009 | 3,700*** | 0,1697 | 69 |
| <i>Trema micrantha</i> | 0,8883 | 8,385*** | 1,5024 | 11,042*** | 0,6523 | 67 |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> | 1,0613 | 9,336*** | 1,2419 | 7,877*** | 0,8733 | 11 |

Onde - B₀: intercepto em y; B₁: inclinação da reta; R²: coeficiente de determinação; n: número de indivíduos. ANOVA (***) p=0,001).

Nota-se que os coeficientes das equações geradas para as espécies foram significativos (p<0,001), tanto para o intercepto quanto a inclinação da reta, indicando que o aumento de uma unidade na altura provoca aumento no diâmetro do colo das espécies. Na comparação entre espécies, ocorreram diferenças no intercepto (B₀) como na inclinação da reta (B₁). Percebe-se que *C. floribundus*, *M. scabrella*, *T. micrantha* e *Z. rhoifolium* apresentaram maiores valores de inclinação, por tanto, apresentam maior incremento em diâmetro por incremento em altura. Isto indica que estas espécies tendem a investir mais no crescimento em diâmetro que em altura comparativamente as outras espécies.

Observam-se também valores baixos de inclinação, próximos entre espécies, neste caso, se a inclinação pouco difere, mas o intercepto é diferente entre espécies, aquelas com maiores valores de intercepto apresentarão maiores valores de diâmetro para qualquer valor de altura (KOHYAMA e HOTTA, 1990, p.517).

Sugere-se que o investimento na sustentação (diâmetro) das espécies esteja relacionado à capacidade do caule em suportar a estrutura da planta, resistindo a sua própria massa e às forças do vento (FONTES, 1999, p.83; STERCK e BONGERS, 1998, p.271) que é intensificado em ambientes abertos, bordas e corredores de florestas (SANTOS et al., 2012, p.324). Sendo assim, o aumento em diâmetro está diretamente relacionado com o porte, ou seja, quanto maior for à

altura da árvore e a dimensão de sua copa, maior será a sua massa, necessitando aumentar o diâmetro para poder suportar toda a sua estrutura.

Isso quer dizer que o aumento no diâmetro de uma planta ocorre na medida em que ela cresce (GUERIN e MENDONÇA, 2009, p.3) demandando maior suporte (STERCK e BONGERS 1998, p.271). Porém, quando os indivíduos atingem porte superior, a proporção de altura para uma dada circunferência tende a se estabilizar, ou seja, o crescimento torna-se contínuo nas duas dimensões (FONTES, 1999, p.83).

A estratégia adotada por *A. triplinervia* nos primeiros seis meses de idade foi de investir mais em diâmetro. A espécie apresentou uma radical mudança na inclinação da linha de crescimento com 12 meses, evidenciado pela redução do diâmetro do colo, seguido pelos maiores investimentos em altura. Nos meses seguintes houve um contínuo investimento em diâmetro, verificando um comportamento de crescimento semelhante com 24 e 30 meses de idade. O maior crescimento em diâmetro foi registrado aos 36 meses, constatando maior inclinação da reta. Com 42 meses a espécie apresentou uma mudança no comportamento, reduziu o crescimento em diâmetro, e aumentou os investimentos em altura (Figura 4).

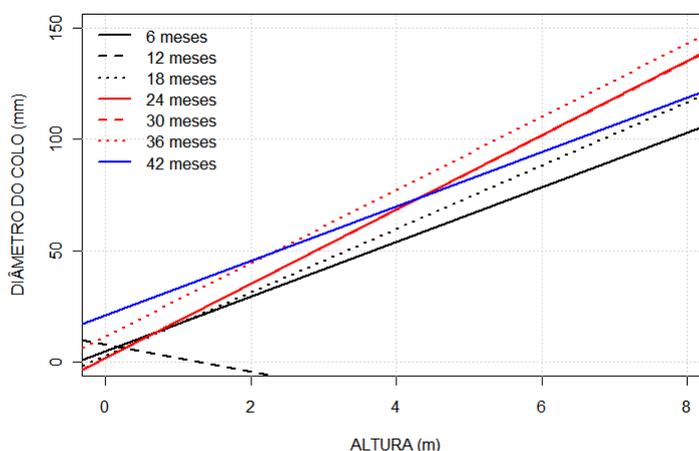


Figura 4 - Linhas de regressão ajustada para *A. triplinervia*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

A taxa de crescimento em altura de *B. forficata* foi maior aos seis meses de idade, reduzindo com o tempo, passando a investir mais em diâmetro do colo. O crescimento da espécie registrado aos 12 até os 36 meses foi contíguo, embora tenham ocorrido taxas diferentes. O desenvolvimento da espécie aos 42 meses foi

maior em altura, que resultou na alteração da inclinação da reta, e na modificação do padrão de crescimento que a espécie vinha apresentando até então (Figura 5).

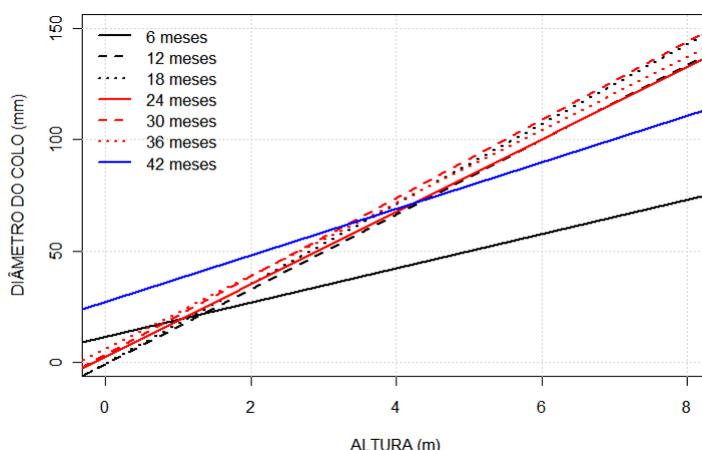


Figura 5 - Linhas de regressão ajustada para *B. forficata*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

Comportamentos distintos de crescimento foram observados para *C. floribundus*. A espécie incrementou mais em diâmetro do colo aos seis meses iniciais, diminuindo aos 12 meses, resultando em maior investimento em altura. A inclinação da reta aumentou nos meses seguintes, registrando um crescimento contínuo em diâmetro do colo até os 36 meses. Com 42 meses de idade houve um maior investimento no desenvolvimento em diâmetro do colo, mostrando um crescimento regular em altura e diâmetro no mesmo período (Figura 6).

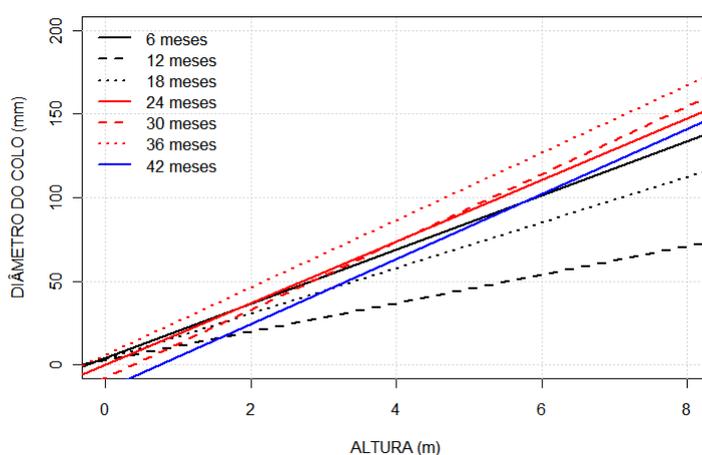


Figura 6 - Linhas de regressão ajustada para *C. floribundus*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

C. urucurana apresentou padrões de crescimento distintos nos 18 meses iniciais, que se aproximaram nos meses seguintes. Com seis meses de idade a

espécie priorizou o crescimento em diâmetro do colo, que diminuiu aos 12 meses, registrando maior investimento em altura. A partir dos 18 meses a espécie teve preferência pelo crescimento em diâmetro, chegando a alcançar o seu valor máximo aos 42 meses (Figura 7).

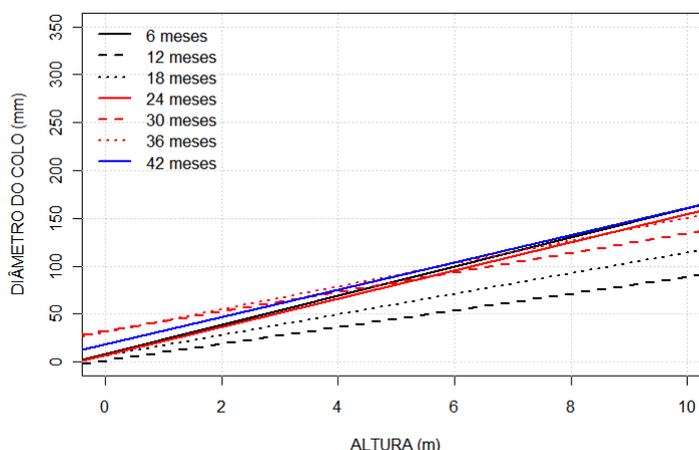


Figura 7 - Linhas de regressão ajustada para *C. urucurana*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

Analisando a estratégia adotada por *G. polymorpha*, percebe-se que ocorreram variações na inclinação da reta de crescimento para cada período. Nos seis meses iniciais observa-se um crescimento proporcional em altura e diâmetro, que é alterado nos meses que se seguem. Com 12 meses de idade a espécie apresentou o maior incremento em diâmetro do colo, e uma taxa de crescimento e padrão alométrico que se assemelha ao observado aos 36 meses. Depreende-se de um contínuo investimento em altura para a espécie com 18 meses, que foi ainda maior aos 24 meses, porém, com um diâmetro superior. A inclinação da reta aumentou aos 30 meses, tornando-se constante até apresentar as maiores taxas de incremento em diâmetro registradas aos 36 meses (Figura 8). Após esse período, o crescimento da espécie tornou-se contínuo em altura e diâmetro.

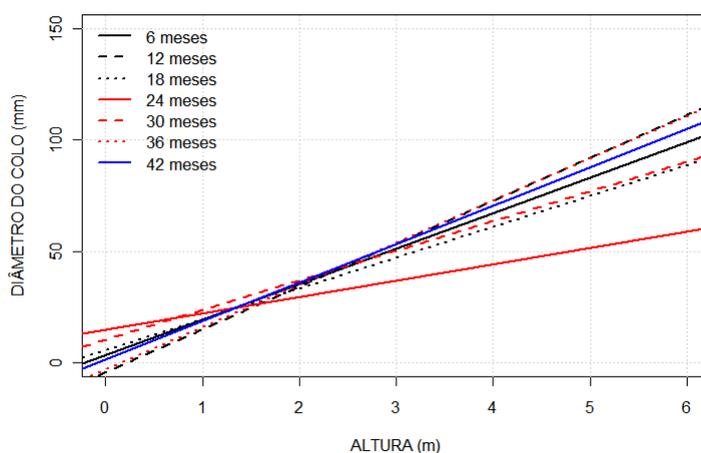


Figura 8 - Linhas de regressão ajustada para *G. polymorpha*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

O padrão de crescimento de *G. ulmifolia* aos seis meses idade assemelha-se ao observado para a espécie com 24 meses, que apresentou maiores investimentos em diâmetro. Aos 12 meses de idade *G. ulmifolia* priorizou o desenvolvimento em altura. A partir dos 18 meses foi registrado um crescimento contínuo em diâmetro, que reduziu aos 42 meses (Figura 9), período que ocorreu um equilíbrio no crescimento entre altura e diâmetro.

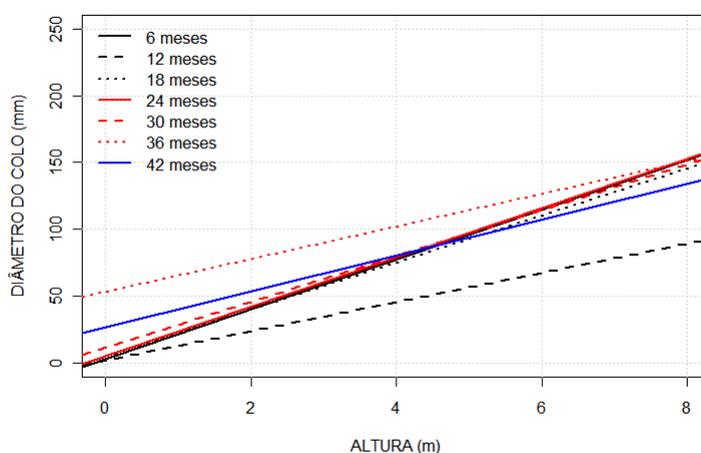


Figura 9 - Linhas de regressão ajustada para *G. ulmifolia*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

I. uruguensis expressou maior investimento em diâmetro do colo aos seis meses iniciais, diminuindo aos 12, 18 e 24 meses, detectando aumento do incremento em altura nestes períodos. A espécie continuou a crescer em diâmetro aos 30 meses, mas somente com 36 meses que foi registrado o maior investimento em diâmetro. A inclinação da reta em favor do diâmetro reduziu quando a espécie

atingiu 42 meses de idade (Figura 10), estágio em que o desenvolvimento entre a altura e o diâmetro manteve-se em proporções iguais.

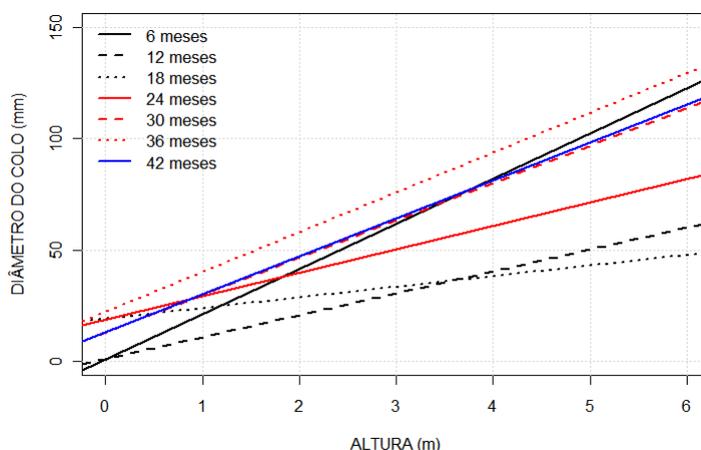


Figura 10 - Linhas de regressão ajustada para *I. uruguensis*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

A única espécie que apresentou relações alométricas entre diâmetro e altura com padrões contínuos de crescimento foi *M. scabrella*. No período entre 24 e 30 meses ocorreu uma semelhança no crescimento em altura e diâmetro, subsequente, a espécie continuou a investir em diâmetro (Figura 11). De acordo com o comportamento alométrico da espécie, pode-se perceber que é priorizado o desenvolvimento em altura nos estágios iniciais, ocorrendo um ininterrupto aumento na inclinação da reta na medida em que a espécie cresce, registrando maiores investimentos em diâmetro do colo.

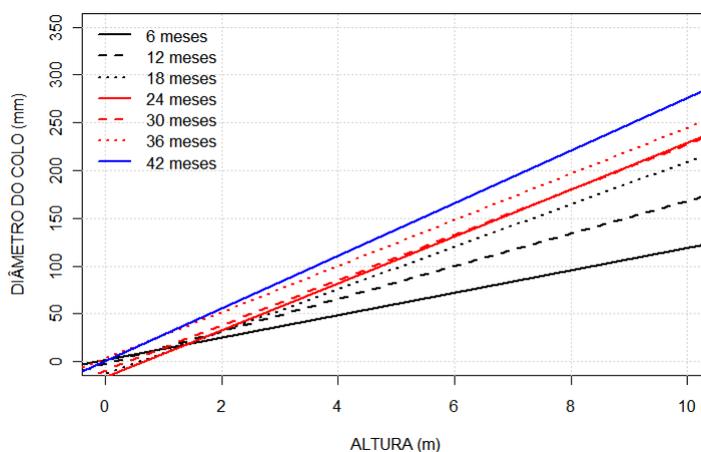
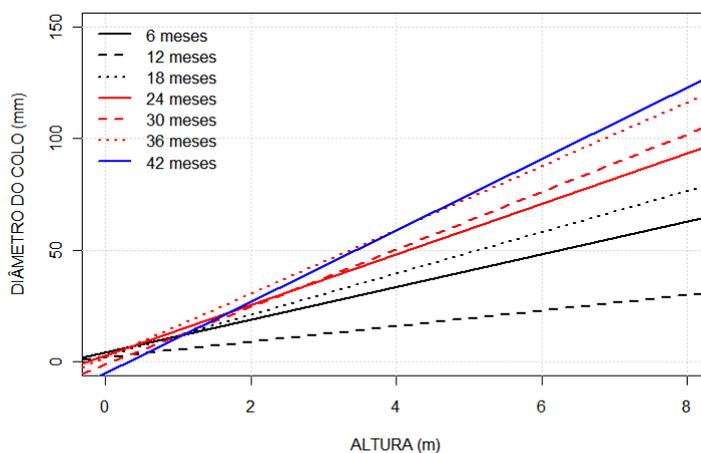


Figura 11 - Linhas de regressão ajustada para *M. scabrella*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

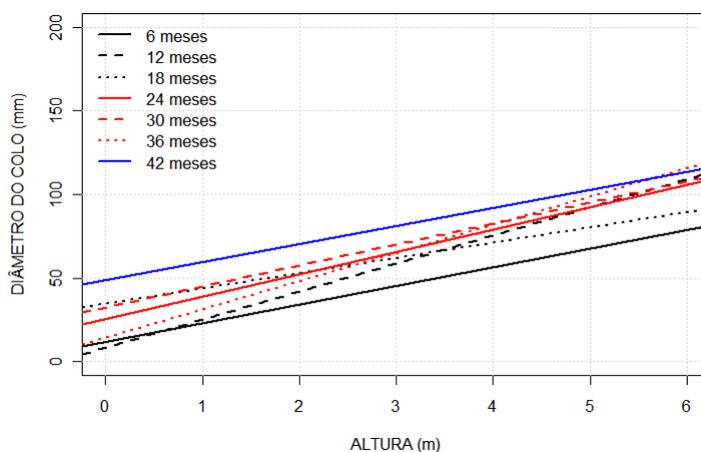
Fonte: O Autor (2014).

P. gonoacantha investiu em altura nos estágios iniciais, diminuindo gradativamente com o tempo, aumentando o crescimento em diâmetro. Aos 12 meses a espécie apresentou um crescimento anômalo, com maiores investimentos em altura, fugindo do padrão alométrico obtido nos meses seguintes, que registrou um crescente aumento na inclinação da reta (Figura 12).



**Figura 12 - Linhas de regressão ajustada para *P. gonoacantha*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).**

O crescimento de *S. terebinthifolius* aos seis meses iniciais foi superior em altura, passando a investir em diâmetro do colo aos 12 meses, mostrando uma redução da inclinação da reta e um aumento no crescimento em altura com 18 meses. A espécie expressou um contínuo aumento no incremento em diâmetro até os 42 meses (Figura 13), período que ocorreu uma estabilização na inclinação da reta.



**Figura 13 - Linhas de regressão ajustada para *S. terebinthifolius*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).**

A característica de crescimento de *S. mauritianum* aos seis meses foi de expandir em altura, priorizando o investimento em diâmetro com o aumento da inclinação da reta registrada aos 12 e 18 meses, períodos que a espécie comportou-se de maneira alometricamente semelhante. Nos meses seguintes houve uma diminuição do incremento em diâmetro, ambos a altura e diâmetro mantiveram-se em níveis proporcionais (Figura 14).

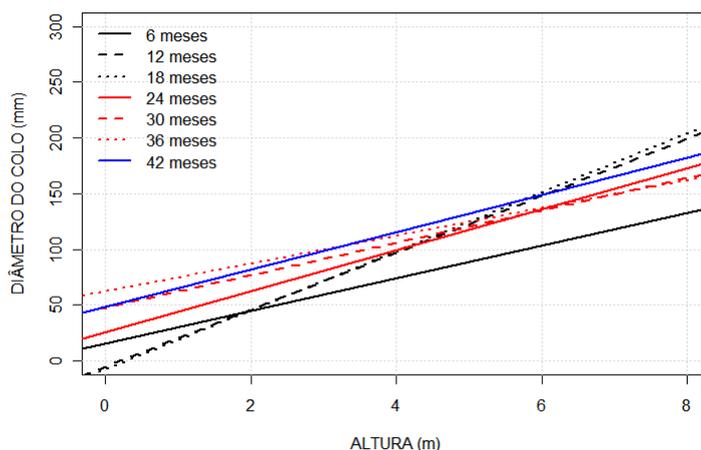


Figura 14 - Linhas de regressão ajustada para *S. mauritianum*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

O desenvolvimento de *T. micrantha* aos seis meses foi maior em diâmetro do colo, assemelhando ao padrão de crescimento inicial de *C. urucurana*, *G. ulmifolia* e *I. uruguensis*. Aos 12 e 18 meses foi registrado um aumento no investimento em altura de forma congênere para a espécie. A inclinação da reta foi maior nos meses seguintes, com destaque o período de 36 meses, que foi registrado o maior incremento em diâmetro para a espécie (Figura 15).

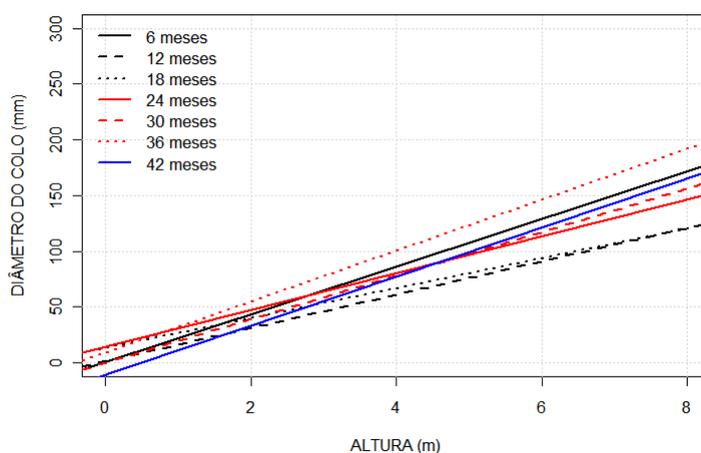


Figura 15 - Linhas de regressão ajustada para *T. micrantha*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

Com uma taxa de crescimento maior em altura no período de seis meses de idade, *Z. rhoifolium* passou a investir em diâmetro do colo aos 12 meses, alterando o padrão de crescimento aos 18 meses, mantendo o crescimento em altura e diâmetro em níveis proporcionais. Após atingir a idade de 24 e 30 meses, a espécie priorizou o desenvolvimento em diâmetro do colo, que reduziu com a diminuição da inclinação da reta aos 36 meses, com um comportamento similar ao apresentado aos 12 meses. Com diâmetro maior, a espécie priorizou a altura aos 42 meses (Figura 16).

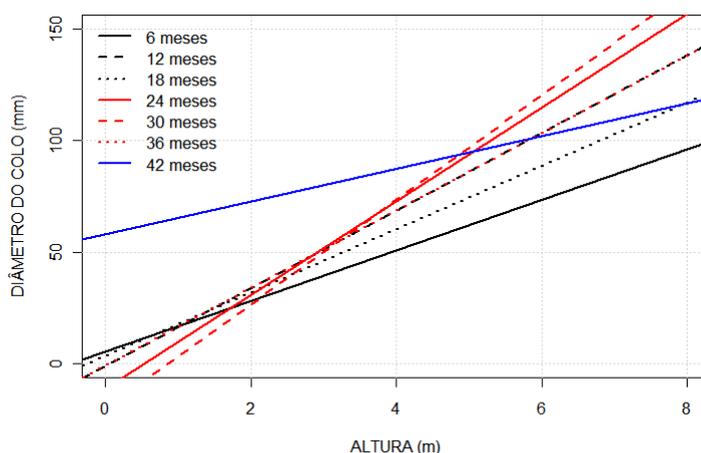


Figura 16 - Linhas de regressão ajustada para *Z. rhoifolium*: relação alométrica entre o diâmetro do colo (mm) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

De acordo com Fontes (1999, p.87), espécies investem mais em altura pela garantia de espaço no dossel durante a sucessão florestal. Pode-se dizer que o crescimento de *A. triplinervia*, *B. forficata*, *C. floribundus* e *Z. rhoifolium* em altura

aos 42 meses, esteja associado a deficiência por luz, precisando competir por ela no estrato superior.

A relação alométrica entre o diâmetro e altura foi descontínua aos 12 meses para *C. floribundus*, *C. urucurana*, *G. ulmifolia*, *I. uruguensis*, *P. gonoacantha* e principalmente *A. triplinervia*. Sugere-se que as alterações nos padrões de crescimento estejam associadas à ocorrência de geadas que reduziu o desenvolvimento e resultou na morte da parte aérea de alguns indivíduos destas espécies, induzindo a um novo crescimento do sistema caulinar. Esse resultado corrobora a hipótese de que indivíduos da mesma espécie podem apresentar diferentes relações alométricas ao longo de suas guildas (GUERIN e MENDONÇA, 2009, p.3). Sendo assim, sugere-se que em ambientes semelhantes, indivíduos podem traçar estratégias diferentes de crescimento.

4.2.2 Área de projeção de copa (sc) em relação à altura total (h)

Na Tabela 5 encontram-se os coeficientes alométricos obtidos pela regressão entre a área de projeção da copa e a altura total para as treze espécies arbóreas nativas aos 42 meses, incluindo o teste t de significância e o coeficiente de determinação (R^2). Nota-se que a altura pôde descrever boa parte da variação da área de copa das espécies, no entanto, os coeficientes de determinação apresentaram grandes variações (0,09819 e 0,8756) devido à desuniformidade do conjunto de dados das espécies avaliadas. Os maiores coeficientes de determinação foram obtidos por *I. uruguensis*, *T. micrantha* e *P. gonoacantha*.

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros das regressões lineares entre área de projeção da copa (m²) e altura total (m) aos 42 meses, para as treze espécies arbóreas de rápido crescimento (log Sc = B₀ + B₁ log h). Dois Vizinhos, PR.

| Espécie | B ₀ | t value | B ₁ | t value | R ² | n |
|---------------------------------|----------------|------------|----------------|-----------|----------------|----|
| <i>Alchornea triplinervia</i> | -0,35083 | -4,263 *** | 1,36631 | 9,939 *** | 0,7384 | 37 |
| <i>Bauhinia forficata</i> | -1,5737 | -4,897 *** | 3,3646 | 6,256 *** | 0,3723 | 68 |
| <i>Croton floribundus</i> | -0,4755 | -4,378 *** | 2,1516 | 13,635*** | 0,7351 | 69 |
| <i>Croton urucurana</i> | -0,9789 | -3,665 *** | 2,9357 | 8,701 *** | 0,5232 | 71 |
| <i>Gochnatia polymorpha</i> | 0,4804 | 3,801 ** | 0,7986 | 3,853** | 0,5975 | 12 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | -0,11177 | -1,251 ns | 1,50404 | 12,641*** | 0,7109 | 67 |
| <i>Inga uruguensis</i> | -0,3340 | -1,908 ns | 2,4325 | 8,391*** | 0,8756 | 12 |
| <i>Mimosa scabrella</i> | -0,7741 | -3,281 ** | 2,3855 | 8,528*** | 0,5606 | 59 |
| <i>Piptadenia gonoacantha</i> | -0,63828 | -9,729 *** | 2,16772 | 15,881*** | 0,8027 | 64 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 0,2326 | 1,304 ns | 1,2369 | 4,687*** | 0,2442 | 70 |
| <i>Solanum mauritianum</i> | 0,9053 | 5,160 *** | 0,6528 | 2,761** | 0,09819 | 72 |
| <i>Trema micrantha</i> | -0,8330 | -6,665 *** | 2,7415 | 16,849*** | 0,8045 | 71 |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> | -0,2550 | -1,24 ns | 1,4057 | 4,89** | 0,7493 | 10 |

Onde - B₀: intercepto em y; B₁: inclinação da reta; R²: coeficiente de determinação; n: número de indivíduos. ANOVA (***) p=0,001; ** p<0,01; * p<0,05; ns: não significativo).

A inclinação da reta apresentou coeficientes significativos (p<0,01), diferentemente dos coeficientes obtidos para o intercepto, com significância para grande parte das espécies, com exceção de *G. ulmifolia*, *I. uruguensis* e *S. terebinthifolius* (p<0,01). A variação indicada pelo coeficiente de determinação pode estar relacionada às características específicas de cada espécie, sugerindo pequenas diferenças alométricas nesse estágio de desenvolvimento (PORTELA e SANTOS, 2003, p.4).

Os coeficientes indicam que o aumento na área de copa é influenciado pela altura das espécies (Tabela 5). *B. forficata*, *C. floribundus*, *C. urucurana*, *I. uruguensis*, *M. scabrella*, *P. gonoacantha* e *T. micrantha* apresentaram maiores valores de inclinação, sendo assim, estas espécies apresentam maior incremento em área de copa por incremento em altura. Isto indica que para uma mesma altura a área de copa destas espécies tende a ser maior.

Foram obtidos baixos valores de inclinação para *G. polymorpha*, *S. terebinthifolius* e *S. mauritianum*, mostrando que a altura pouco influenciou no aumento da área de copa. No entanto, estas espécies possuem maior intercepto, indicando maior área de copa para qualquer valor em altura.

Nas linhas de regressão ajustada pode-se perceber que as espécies apresentaram um contínuo investimento em altura nos meses iniciais, como estratégia de ocupação do espaço vertical. Com seis meses de idade, *A. triplinervia*

creceu em altura, registrando o maior incremento nesta variável aos 12 meses. Ocorreu um contínuo aumento na inclinação da reta aos 30 meses, seguido por uma diminuição do crescimento em área de copa no período seguinte (36 meses), apresentando um comportamento alométrico semelhante ao período de 24 meses. Com o aumento das variáveis dimensionais, *A. triplinervia* voltou a investir em área de copa nos meses seguintes (42 meses) (Figura 17).

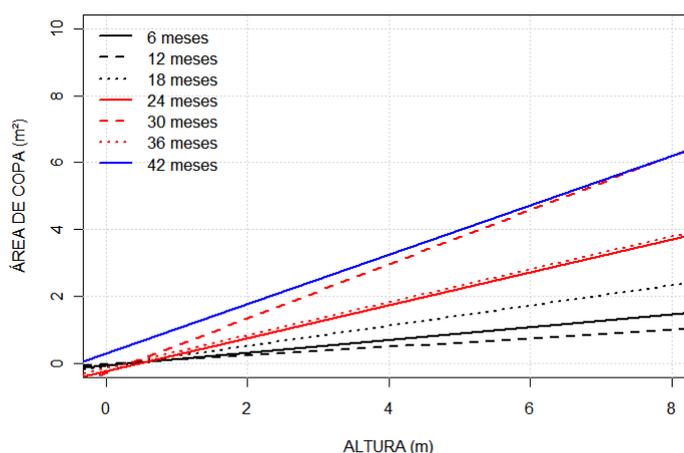


Figura 17 - Linhas de regressão ajustada para *A. triplinervia*: relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).

B. forficata investiu mais em altura nos períodos iniciais (12 meses), alterando seu ritmo de crescimento nos meses seguintes (Figura 18). O maior crescimento em área de copa ocorreu aos 30 meses, que reduziu nos meses seguintes, diminuindo a inclinação da reta, priorizando o crescimento em altura.

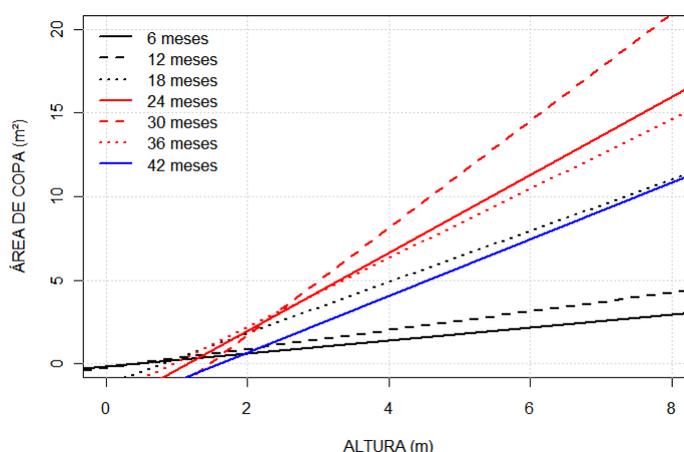


Figura 18 - Linhas de regressão ajustada para *B. forficata*: relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).

C. floribundus cresceu muito mais em altura nos 12 meses iniciais, aumentando gradativamente a inclinação da reta, com o maior incremento em área de copa por incremento em altura aos 30 meses, que reduziu aos 36 meses, mantendo a relação entre área de copa e a altura em níveis constantes. *C. floribundus* retornou o crescimento em área de copa aos 42 meses, aproximando-se ao patamar registrado pela espécie com 30 meses de idade (Figura 19).

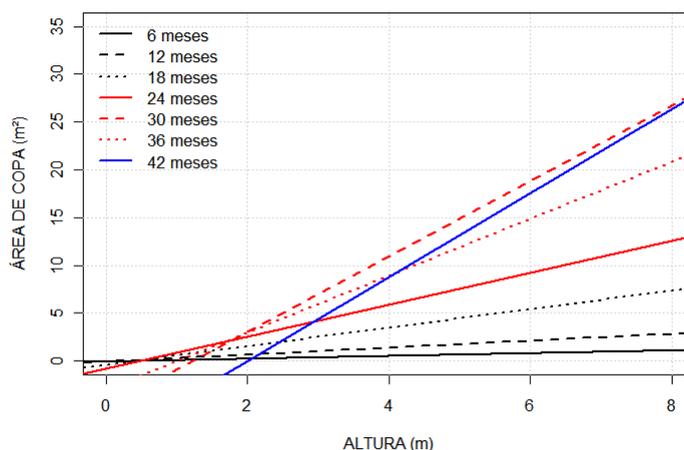


Figura 19 - Linhas de regressão ajustada para *C. floribundus*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

O padrão alométrico de *C. urucurana* nos meses iniciais (seis e 12 meses) foi análogo, priorizando o crescimento em altura (Figura 20). A espécie apresentou um contínuo investimento em área de copa nos meses seguintes, com uma pequena oscilação detectada aos 36 meses, diminuindo a inclinação da reta, mas que tornou a aumentar no período seguinte (42 meses), registrando os maiores investimentos em área de copa em relação aos meses anteriores.

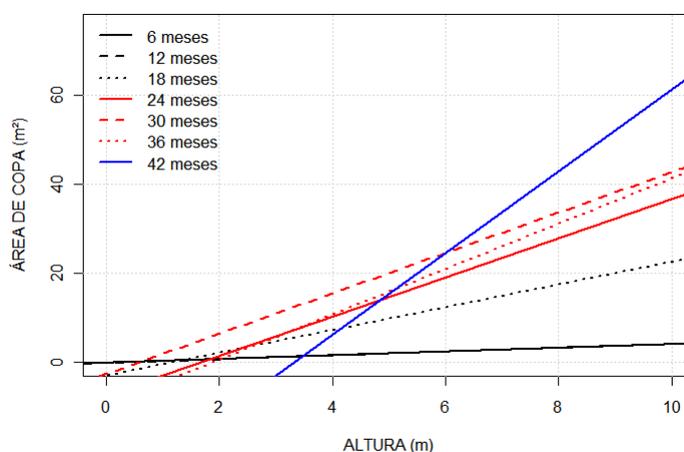


Figura 20 - Linhas de regressão ajustada para *C. urucurana*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

G. polymorpha apresentou três padrões distintos de crescimento no período avaliado. A espécie investiu em altura nos seis meses iniciais, diferenciando-se do comportamento registrado aos 12, 18 e 24 meses, constatando um equilíbrio no crescimento entre a área de copa e altura. O aumento na inclinação da reta nos meses seguintes (30, 36 e 42 meses) resultou no maior incremento em área de copa por incremento em altura (Figura 21).

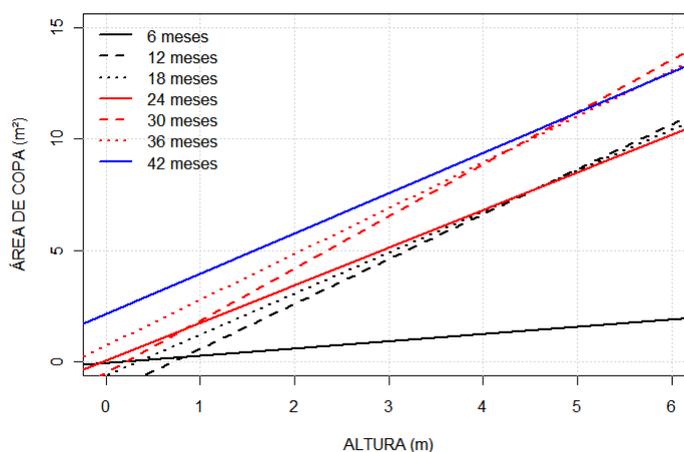


Figura 21 - Linhas de regressão ajustada para *G. polymorpha*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).

Com maior desempenho em altura aos seis meses iniciais, *G. ulmifolia* também investiu na área de copa, mas em taxas inferiores (Figura 22). A espécie registrou o maior crescimento em altura aos 12 meses comparativamente a área de copa. Houve um contínuo aumento da inclinação da reta nos meses seguintes, resultando no maior incremento em área de copa aos 30 meses, reduzindo nos meses seguintes, mantendo a relação alométrica (área de copa e altura) em níveis constantes de crescimento (Figura 22).

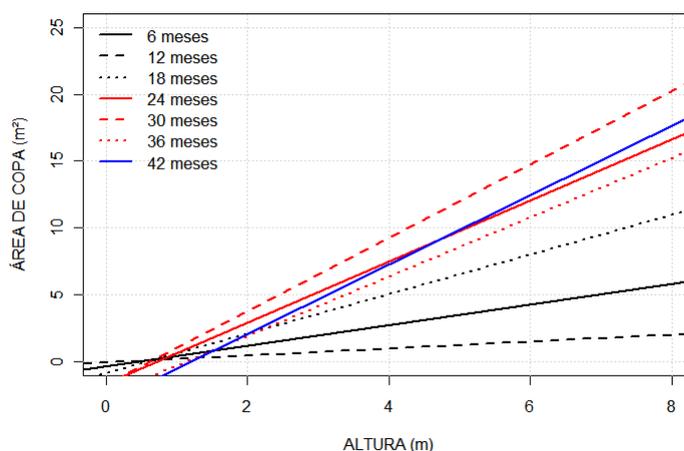


Figura 22 - Linhas de regressão ajustada para *G. ulmifolia*: relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).

I. uruguensis investiu em altura nos meses iniciais (seis e 12 meses), apresentando um comportamento alométrico semelhante ao observado para *A. triplinervia* e *G. ulmifolia*, registrando o maior investimento em altura aos 12 meses. Até os 30 meses o crescimento em área de copa foi constante, ocorrendo à diminuição do incremento em área de copa com 36 meses, e o aumento na altura. *I. uruguensis* optou pelo crescimento em área de copa nos meses seguintes (42 meses), priorizando a ocupação e a manutenção do espaço horizontal (Figura 23).

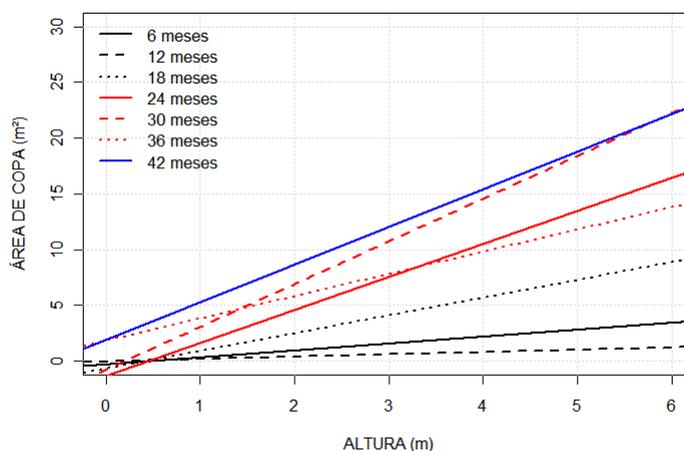


Figura 23 - Linhas de regressão ajustada para *I. uruguensis*: relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m).
Fonte: O Autor (2014).

M. scabrella também cresceu mais em altura nos estágios iniciais (seis e 12 meses), aumentando gradativamente a inclinação da reta, registrando um contínuo aumento no incremento em área de copa, mantendo o crescimento das variáveis alométrica em níveis constantes. Esse comportamento progressivo estabilizou-se

quando a espécie atingiu 42 meses de idade, com uma pequena redução da inclinação da reta, mantendo-se em níveis constantes (Figura 24).

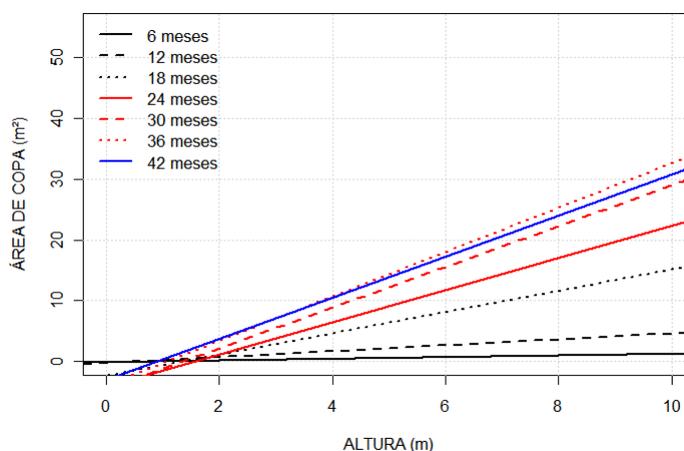


Figura 24 - Linhas de regressão ajustada para *M. scabrella*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

Depreende-se de um contínuo investimento em altura para *P. gonoacantha* aos seis e 12 meses iniciais, que ocorreu de forma similar entre os períodos. A espécie cresceu mais em área de copa até os 24 meses, diminuindo a inclinação da reta nos meses seguintes (30 e 36 meses), tornando a investir em área de copa aos 42 meses (Figura 25).

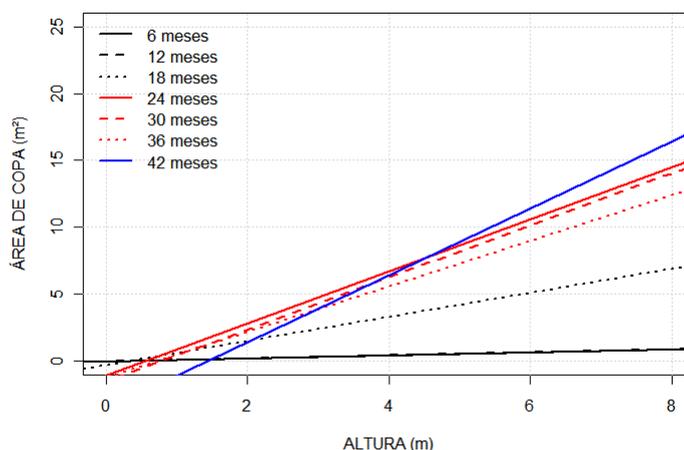


Figura 25 - Linhas de regressão ajustada para *P. gonoacantha*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

S. terebinthifolius apresentou dois padrões distintos de crescimento, com maior desempenho em altura nos estágios iniciais (seis, 12 e 18 meses), que diminuiu nos meses seguintes, passando a investir mais em área de copa, registrando maior inclinação da reta aos 30 e 36 meses de idade (Figura 26).

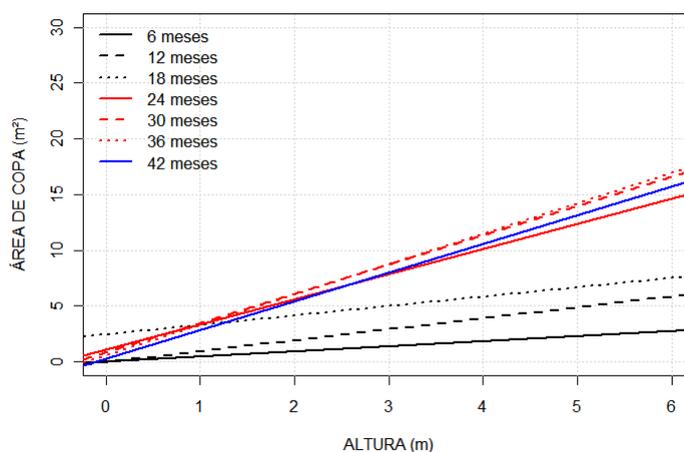


Figura 26 - Linhas de regressão ajustada para *S. terebinthifolius*: relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

A estratégia adotada por *S. mauritianum* nos meses iniciais (seis e 12 meses) foi de investir em altura, como garantia da ocupação do espaço vertical. A inclinação na linha de regressão ajustada para a espécie aumentou até os 36 meses, constatando um padrão de crescimento que se assemelha ao observado aos 30 meses. No mês seguinte a espécie diminuiu as taxas de crescimento em área de copa, mantendo as relações alométricas em níveis constantes (Figura 27).

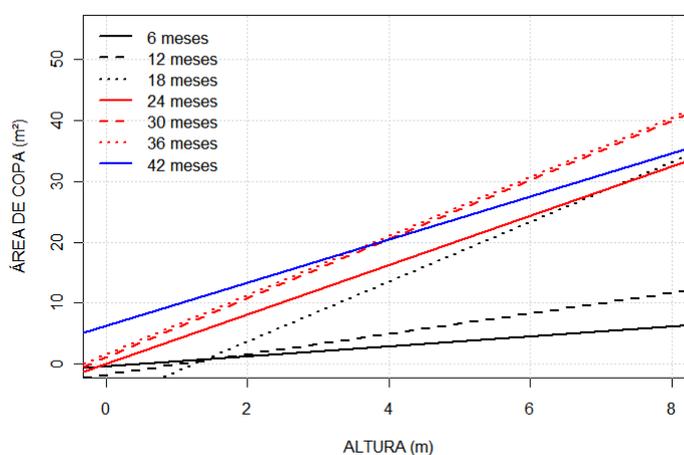


Figura 27 - Linhas de regressão ajustada para *S. mauritianum*: relação alométrica entre área de copa (m^2) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

T. micrantha que também cresceu altura nos meses iniciais (seis e 12 meses), apresentou um comportamento alométrico semelhante ao observado para *A. triplinervia*, *G. ulmifolia* e *I. uruguensis*, registrando o maior investimento em altura aos 12 meses. Até os 30 meses, o crescimento em área de copa foi constante,

ocorrendo à diminuição do incremento em área de copa nos meses seguintes (36 meses), tornando a crescer em área de copa aos 42 meses (Figura 28).

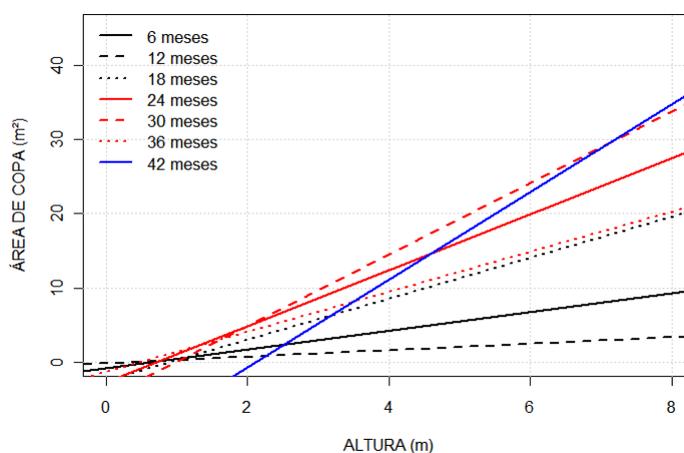


Figura 28 - Linhas de regressão ajustada para *T. micrantha*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

Z. rhoifolium priorizou o crescimento em altura nos meses iniciais (seis e 12 meses), assemelhando-se ao padrão alométrico encontrado para *C. urucurana* e *P. gonoacantha*. Com um contínuo investimento em área de copa nos meses seguintes, a espécie mostrou uma similaridade do crescimento aos 30 e 36 meses, aumentando a inclinação da reta no período seguinte (42 meses), expressando as maiores taxas de crescimento em área de copa por incremento em altura (Figura 29).

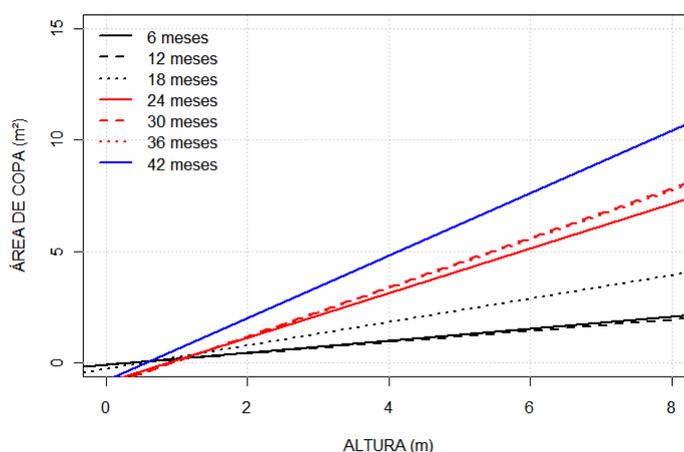


Figura 29 - Linhas de regressão ajustada para *Z. rhoifolium*: relação alométrica entre área de copa (m²) e a altura total (m).

Fonte: O Autor (2014).

O fato das espécies apresentarem uma tendência de serem mais altas nos estágios iniciais, sem um aumento proporcional no tamanho da copa, sugere que os

indivíduos jovens estariam investindo predominantemente no crescimento vertical, como forma de “fuga” a condições ambientais severas, como a falta de luz (PORTELA e SANTOS, 2003, p.4).

I. uruguensis, *A. triplinervia* e *G. ulmifolia*, cresceram muito mais em altura aos 12 meses de idade em relação aos demais períodos. Sugere-se que esse comportamento possa ser característico destas espécies, que procuram garantir, individualmente, espaço no dossel durante o desenvolvimento e adensamento da vegetação (FONTES, 1999, p.86), ou ainda, estar associado a fatores ecológicos que tenham influenciado à mudança na estratégia de crescimento (PORTELA e SANTOS, 2003, p.4), como por exemplo, as geadas registradas no inverno (STOLARSKI et al., 2012, p.7), que antecederam a coleta dos dados, e que podem ter influenciado na redução da cobertura de copa.

A partir do aumento no porte em altura as espécies passaram a investir no crescimento em área de copa, devido à maior penetração de luz, decorrente da menor densidade da vegetação arbórea, que permitiu a existência de galhos vivos mais baixos (SIQUEIRA, 2006, p.4) e a ocupação do espaço horizontal (COSTA et al., 2012, p.223; FONTES, 1999, p.87).

Por outro lado, a estruturação do dossel aumentou a competição da copa por luz, favorecendo os galhos mais altos em detrimento aos mais baixos (SIQUEIRA, 2006, p.4), demandando maiores investimentos em altura dos indivíduos à procura de luz. Esse raciocínio aplica-se para *G. ulmifolia*, *S. terebinthifolius*, *S. mauritianum* e principalmente *B. forficata*, que tornaram a investir no crescimento em altura aos 42 meses de idade. Outra hipótese relaciona-se ao nível de desenvolvimento de determinados indivíduos, que já estariam com copas iguais àquelas formadas quando adultos, portanto, o aumento da área de copa nos períodos mais avançados seria menor.

A presença de indivíduos mais altos sugere um maior investimento no crescimento vertical (COSTA et al., 2012, p.232; FONTES, 1999, p.87; PORTELA e SANTOS, 2003, p.4), como estratégia evasiva às condições adversas do meio (PORTELA e SANTOS, 2003, p.4), que aumenta com a idade, culminando com a dominação de algumas árvores e morte de outras (KRETZER, 2013, p.23). Costa et al. (2012, p.232) atribui as espécies com maior crescimento em altura o papel de “agentes modeladores naturais”, que possuem em todo o coletivo da comunidade a

capacidade de caracterizar a paisagem local, alterar a disponibilidade de luz, além de orientam e influenciar o crescimento de outras espécies vegetais.

Liboni et al. (2010, p.133) constataram que a principal causa das variações na arquitetura dos indivíduos da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista do Parque Ecológico da Klabin, Telêmaco Borba, foi a diferença de estágio sucessional com as respectivas espécies arbóreas adaptadas às condições de cada estágio. Fontes (1999, p.80-87) afirma que a existência de diferentes padrões alométricos entre espécies arbóreas esteja relacionada a estratégias de sucessão, que cria a possibilidade de ocorrência de formas distintas de crescimento entre árvores. Santos et al. (2012, p.325), atesta que os diferentes comportamentos apresentados pelas espécies em ambientes florestais podem ser explicados pelas guildas de regeneração a que pertencem e as estratégias adotadas para a obtenção de recursos que lhes são necessários para o seu desenvolvimento. Já Siqueira (2006, p.4), assegura que os fatores ecológicos podem ter um papel restritivo na alometria.

Sendo assim, sugere-se que as oscilações registradas na alometria são advindas da especificidade de cada espécie, que podem ser impulsionadas por eventos naturais sazonais ou esporádicos, exigindo respostas imediatas do indivíduo quanto à estratégia a ser tomada. Trata-se de uma decisão que é consenso em populações que possuem o mesmo papel no ecossistema e ocupam o mesmo nicho ecológico.

4.3 TAXA DE CRESCIMENTO

Os coeficientes ajustados para a função do diâmetro do colo, altura e área de copa não foram significativos para diversas espécies ($p > 0,1$), inferindo na diminuição do grau de certeza do valor ajustado. Sugere-se que a heterogeneidade do conjunto de dados das espécies estudadas tenha apresentado forte influência sobre a estimativa dos parâmetros, que resultou na diminuição da sagacidade das funções ajustadas, corroborando com Goes (2012, p.12), que afirma que a qualidade das observações possui influência direta sobre o ajuste do modelo.

Ajustou-se para algumas espécies valores negativos do coeficiente **a**, cujos parâmetros não têm uma interpretação biológica natural e, incorporam baixo

conhecimento e características teóricas dos dados, tais como as assíntotas (SARTORIO et al., 2012, p.1). Isso quer dizer que estas funções não apresentaram um comportamento sigmoidal, dificultando a pressuposição do máximo crescimento dimensional da espécie devido à ausência da assíntota.

As funções ajustadas para o diâmetro, altura e área de copa estão associadas a elevados valores de erro-padrão da estimativa, que variou, respectivamente, de 27,35% a 74,04% (Tabela 6), 19,70% a 69,80% (Tabela 7), 44,67% a 166,97% (Tabela 8). O erro padrão determina a precisão do ajuste, quanto menor, melhor é a sua precisão. Acredita-se que o erro-padrão elevado seja resultado da desuniformidade do conjunto de dados, que influenciou diretamente no ajuste das funções encontradas.

Com a derivada da equação de Chapman-Richards foi possível estimar a taxa de crescimento das espécies. *M. scabrella* apresentou a maior taxa de crescimento em diâmetro ($8,8354 \text{ mm.mês}^{-1}$) comparativamente as demais espécies (Tabela 7). As menores taxas de crescimento foram registradas por *B. forficata* e *S. terebinthifolius*, respectivamente com $1,70554$ e $1,52607 \text{ mm.mês}^{-1}$.

Tabela 6 - Parâmetros estatísticos da equação testada para estimar o crescimento em diâmetro do colo para as treze espécies arbóreas ($dc = a.(1-b.e^{-kt})$). Dois Vizinhos, PR.

| Espécie | a | t value | b | t value | k | t value | N | S _{yx} | S _{yx} (%) | Tx (mm.mês ⁻¹) |
|----------------------------|------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|-----|-----------------|---------------------|----------------------------|
| <i>A. triplinervia</i> | -2,61468 | -0,343 ns | 3,73218 | 0,423 ns | -0,04571 | -4,053 *** | 324 | 17,35 | 60,86 | 3,18163 |
| <i>B. forficata</i> | -306,2 | -0,689 ns | 1,015 | 36,096 *** | -0,004552 | -0,781 ns | 492 | 12,79 | 31,33 | 1,70554 |
| <i>C. floribundus</i> | -43,132355 | -1,404 ns | 0,981964 | 11,950 *** | -0,024931 | -2,617 ** | 431 | 23,76 | 60,54 | 3,11269 |
| <i>C. urucurana</i> | -30,505721 | -1,570 ns | 1,475833 | 3,812 *** | -0,026858 | -4,578 *** | 486 | 18,76 | 31,47 | 3,71462 |
| <i>G. polymorpha</i> | -45,01232 | -0,745 ns | 1,15189 | 4,022 *** | -0,01774 | -1,326 ns | 74 | 9,92 | 28,87 | 2,07988 |
| <i>G. ulmifolia</i> | 478,3 | 1,379 ns | 1,02 | 45,940 *** | 0,006645 | 1,202 ns | 485 | 21,00 | 34,81 | 2,48749 |
| <i>I. uruguensis</i> | -21,20527 | -1,101 ns | 1,20349 | 3,241 ** | -0,0344 | -3,218 ** | 70 | 11,46 | 28,20 | 3,49866 |
| <i>M. scabrella</i> | -65,290382 | -2,341 * | 0,890698 | 15,665 *** | -0,034958 | -5,169 *** | 428 | 41,43 | 50,78 | 8,88354 |
| <i>P. gonoacantha</i> | -0,52029 | -0,130 ns | 7,42132 | 0,141 ns | -0,05372 | -4,145 *** | 399 | 13,01 | 74,04 | 2,33630 |
| <i>S. mauritianum</i> | 303 | 2,526 * | 0,9268 | 51,580 *** | 0,01243 | 1,752 † | 490 | 25,45 | 27,63 | 2,01117 |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 212,9 | 3,165 ** | 0,9671 | 96,427 *** | 0,01348 | 2,236 * | 502 | 16,95 | 27,35 | 1,52607 |
| <i>T. micrantha</i> | 842,2 | 0,409 ns | 0,9979 | 212,729 *** | 0,0035 | 0,376 ns | 454 | 33,66 | 48,09 | 2,52742 |
| <i>Z. rhoifolium</i> | -27,61611 | -0,924 ns | 1,17554 | 3,073 ** | -0,03172 | -2,433 * | 75 | 15,65 | 34,28 | 3,84307 |

Onde: a, b, k - coeficientes ; t value - ANOVA (*** p=0,001; ** p<0,01; * p<0,05; † p<0,1; ns: não significativo); N: número de indivíduos; S_{yx} - erro-padrão da estimativa absoluto; S_{yx} (%) - erro-padrão da estimativa relativo; Tx - taxa de crescimento.

Fonte: O Autor (2014).

Analisando graficamente o crescimento médio em diâmetro, nota-se que *M. scabrella* apresentou o maior incremento, seguido por *S. mauritianum*, mas em taxas

inferiores. A linha que representa o ajuste do crescimento médio em diâmetro do colo ajustou-se de forma concisa para *G. polymorpha*, *S. mauritianum*, *P. gonoacantha*, *Z. rhoifolium* e *S. terebinthifolius*. Observa-se que aos 12 meses, *C. urucurana*, *C. floribundus*, *A. triplinervia*, *I. uruguensis*, *G. ulmifolia* e *T. micrantha*, mostraram uma diminuição na taxa de crescimento em diâmetro, que resultou na exclusão do ponto médio (12 meses) da linha ajustada, pois os valores se afastaram da curva média de crescimento da espécie. O mesmo ocorreu com *M. scabrella* aos 36 meses (Figura 30). Percebe-se que *C. urucurana*, *I. uruguensis* e *T. micrantha* apresentaram maior inflexão na curva de crescimento ajustada, em consequência da diminuição do ritmo de crescimento ocorrido aos 12 meses.

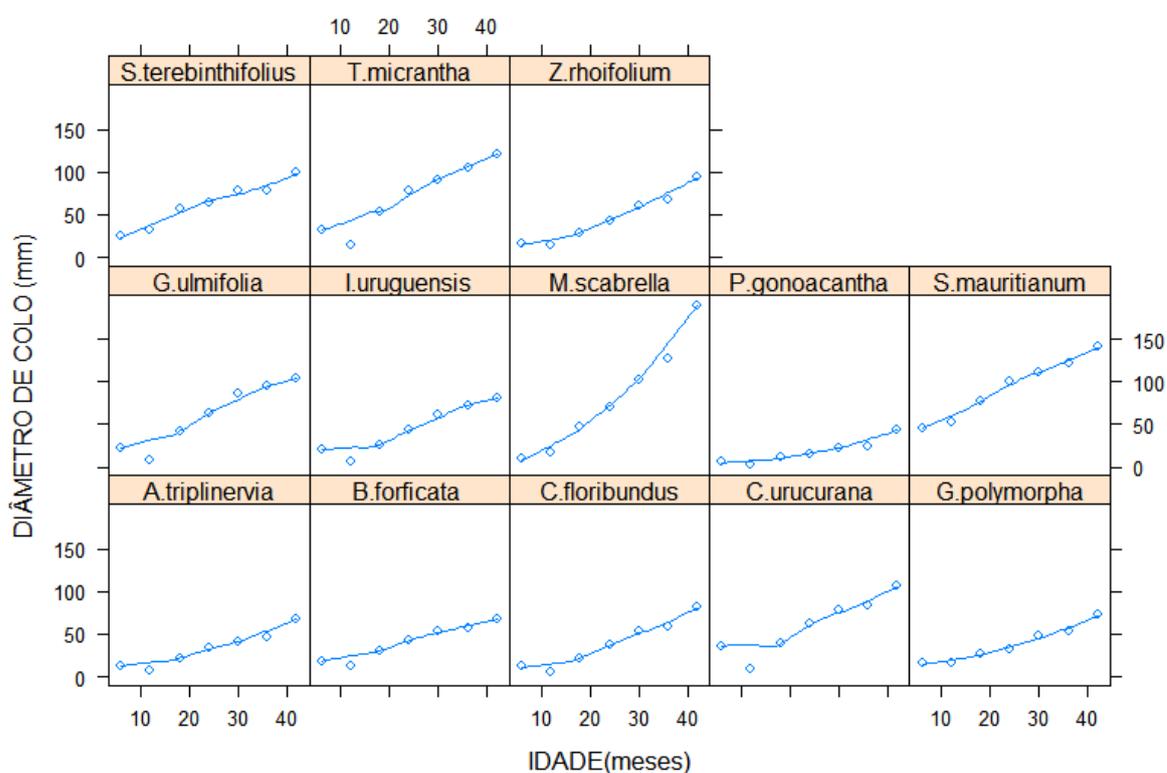


Figura 30 - Curva do crescimento médio em diâmetro do colo para as espécies analisadas ao longo de 42 meses.

Fonte: O Autor (2014).

A taxa de crescimento em altura foi maior para *C. floribundus* ($0,23537 \text{ m.mês}^{-1}$) e *Z. rhoifolium* ($0,20425 \text{ m.mês}^{-1}$). As menores taxas de crescimento foram registrados para *S. terebinthifolius* ($0,00938 \text{ m.mês}^{-1}$), *B. forficata* ($0,08788 \text{ m.mês}^{-1}$) e *S. mauritianum* ($0,08876 \text{ m.mês}^{-1}$). As demais espécies apresentaram crescimento intermediário, mas diferentes entre si (Tabela 8).

Tabela 7 - Parâmetros estatísticos da equação testada para estimar o crescimento em altura para as treze espécies arbóreas ($h = a.(1-b.e^{-kt})$). Dois Vizinhos, PR.

| Espécie | a | t value | B | t value | K | t value | N | Syx | Syx (%) | Tx (m.mês ⁻¹) |
|----------------------------|------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|-----|------|---------|---------------------------|
| <i>A. triplinervia</i> | -0,55727 | -0,764 ns | 1,52071 | 1,584 ns | -0,03692 | -2,907 ** | 327 | 1,11 | 69,80 | 0,15925 |
| <i>B. forficata</i> | 86,56 | 0,234 ns | 0,9982 | 150,612 *** | 0,001064 | 0,228 ns | 468 | 0,57 | 24,58 | 0,08788 |
| <i>C. floribundus</i> | -0,999253 | -1,521 ns | 1,081828 | 4,591 *** | -0,03949 | -4,695 *** | 433 | 1,21 | 54,71 | 0,23537 |
| <i>C. urucurana</i> | -6,739562 | -1,606 ns | 1,121566 | 11,745 *** | -0,012517 | -2,448 * | 458 | 0,87 | 24,52 | 0,16219 |
| <i>G. polymorpha</i> | -5,504222 | -0,939 ns | 1,040902 | 12,924 *** | -0,013138 | -1,341 ns | 72 | 0,53 | 23,11 | 0,12629 |
| <i>G. ulmifolia</i> | -11,918604 | -1,079 ns | 1,001123 | 55,194 *** | -0,008833 | -1,341 ns | 498 | 1,19 | 40,96 | 0,15601 |
| <i>I. uruguensis</i> | -4,43458 | -0,954 ns | 1,02611 | 13,270 *** | -0,01508 | -1,416 ns | 73 | 0,56 | 26,23 | 0,12670 |
| <i>M. scabrella</i> | 213 | 0,191 ns | 1,003000 | 64,105 *** | 0,000833 | 0,188 ns | 425 | 0,99 | 27,20 | 0,17165 |
| <i>P. gonoacantha</i> | -0,56292 | -1,242 ns | 1,07674 | 3,956 *** | -0,03853 | -3,648 *** | 378 | 0,79 | 65,87 | 0,13778 |
| <i>S. mauritianum</i> | 21,970242 | 1,2 ns | 0,94185 | 21,807 *** | 0,005406 | 0,995 ns | 490 | 0,74 | 19,70 | 0,08876 |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 38,267443 | 0,732 ns | 0,988891 | 76,484 *** | 0,0002794 | 0,677 ns | 502 | 0,57 | 19,94 | 0,00938 |
| <i>T. micrantha</i> | 19,317881 | 1,225 ns | 0,994314 | 88,741 *** | 0,008099 | 1,006 ns | 454 | 1,38 | 39,48 | 0,12433 |
| <i>Z. rhoifolium</i> | -1,538357 | -1,293 ns | 1,226475 | 3,927 *** | -0,031868 | -3,546 *** | 72 | 0,62 | 23,16 | 0,20425 |

Onde: a, b, k - coeficientes ; t value - ANOVA (*** p=0,001; ** p<0,01; * p<0,05; † p<0,1; ns: não significativo); N: número de indivíduos; Syx - erro-padrão da estimativa absoluto; Syx (%) - erro-padrão da estimativa relativo; Tx – taxa de crescimento.

Fonte: O Autor (2014).

Mesmo com uma taxa de crescimento inferior ao apresentado por *C. floribundus* e *Z. rhoifolium* (Tabela 8), *M. scabrella* registrou o maior crescimento médio em altura (Figura 31). *C. urucurana*, *S. mauritianum*, *G. ulmifolia* e *T. micrantha* também crescem em altura, mas em proporções inferiores, assim como as demais espécies. O menor crescimento médio em altura foi registrado por *P. gonoacantha* e *I. uruguensis*.

Nota-se a existências de pontos médios de altura que não se ajustaram a curva de crescimento (Figura 31), isso ocorreu para *G. polymorpha* (12 meses), *C. urucurana* (12 e 36 meses), *C. floribundus* (12 e 36 meses), *B. forficata* (12 meses), *A. triplinervia* (12 e 36 meses), *P. gonoacantha* (36 meses), *M. scabrella* (36 meses), *I. uruguensis* (12 e 36 meses), *G. ulmifolia* (12 e 36 meses), *Z. rhoifolium* (12 meses) e *T. micrantha* (12 e 36 meses).

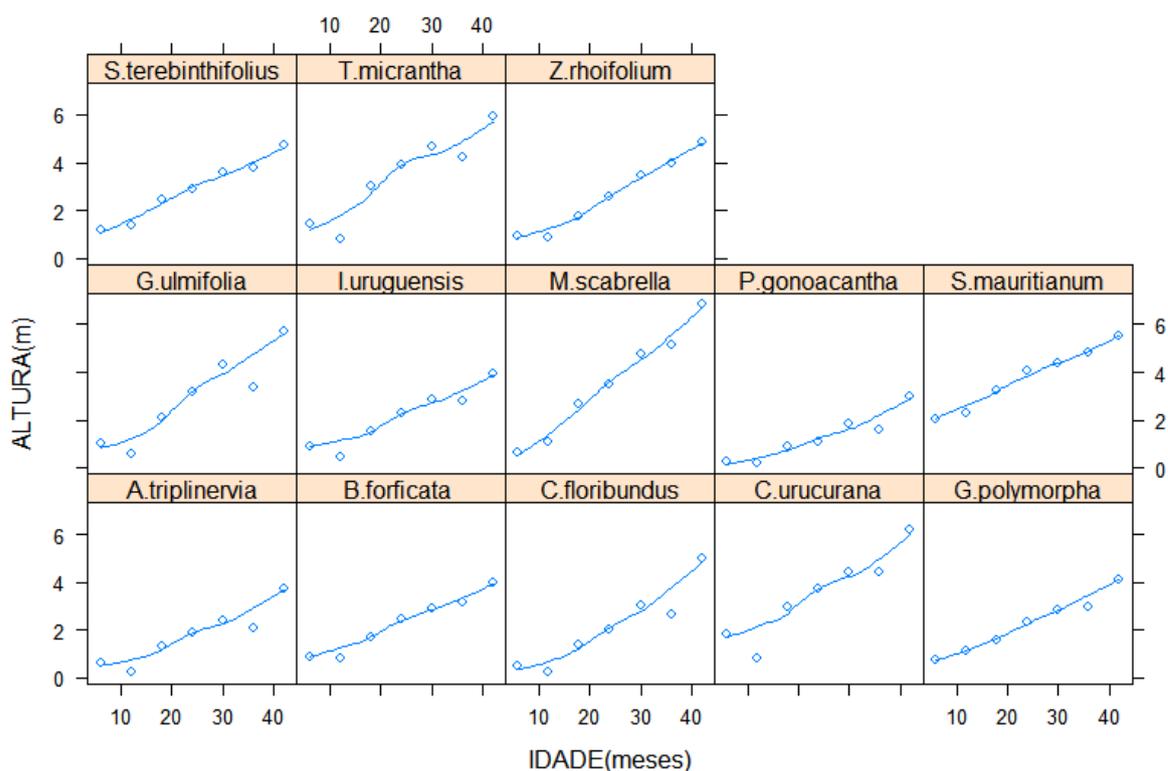


Figura 31 - Curva do crescimento médio em altura para as espécies analisadas ao longo de 42 meses.

Fonte: O Autor (2014).

A taxa de crescimento em área de copa foi maior para *M. scabrella* ($0,98285 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$), *C. urucurana* ($0,94160 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$) e *C. floribundus* ($0,92060 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$), seguidos por *I. uruguensis* ($0,68636 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$), *S. mauritianum* ($0,59506 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$) e *T. micrantha* ($0,55960 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$). Antagonicamente, *B. forficata* apresentou a menor taxa de crescimento, com $0,09865 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$ (Tabela 9).

Tabela 8 - Parâmetros estatísticos da equação testada para estimar o crescimento em área de copa para as treze espécies arbóreas ($sc = a.(1-b.e^{-kt})$). Dois Vizinhos, PR.

| Espécie | a | t value | B | t value | k | t value | N | Syx | Syx (%) | Tx (m ² .mês ⁻¹) |
|----------------------------|------------|-----------|----------|------------|-----------|------------|-----|------|---------|---|
| <i>A. triplinervia</i> | -0,07024 | -0,336 ns | 1,414460 | 0,439 ns | -0,079890 | -4,372 *** | 338 | 1,25 | 142,37 | 0,25015 |
| <i>B. forficata</i> | 7,24235 | 4,056 *** | 1,252580 | 9,748 *** | 0,030530 | 2,569 * | 497 | 2,23 | 86,18 | 0,09865 |
| <i>C. floribundus</i> | -1,36972 | -1,279 ns | 0,622180 | 3,793 *** | -0,064110 | -4,803 *** | 435 | 4,62 | 111,64 | 0,92060 |
| <i>C. urucurana</i> | -21,961229 | -1,700 † | 0,870939 | 21,156 *** | -0,019418 | -2,399 * | 479 | 6,57 | 71,30 | 0,94160 |
| <i>G. polymorpha</i> | -10,05608 | -0,886 ns | 0,890720 | 13,976 *** | -0,018490 | -1,253 ns | 83 | 2,18 | 51,38 | 0,36274 |
| <i>G. ulmifolia</i> | 177,6 | 0,218 ns | 1,001400 | 15,252 *** | 0,001801 | -0,211 ns | 485 | 3,64 | 71,95 | 0,29867 |
| <i>I. uruguensis</i> | -9,76863 | -1,189 ns | 0,796530 | 9,676 *** | -0,027390 | -1,887 † | 77 | 3,29 | 56,64 | 0,68636 |
| <i>M. scabrella</i> | -10,164717 | -2,509 * | 0,736118 | 15,835 *** | -0,032529 | -4,275 *** | 434 | 5,27 | 70,62 | 0,98285 |
| <i>P. gonoacantha</i> | -0,067 | -0,187 ns | 1,766770 | 0,226 ns | -0,080360 | -3,421 *** | 404 | 2,17 | 166,97 | 0,32120 |
| <i>S. mauritianum</i> | 59,449639 | 3,926 *** | 1,126763 | 21,161 *** | 0,017742 | 2,938 ** | 501 | 6,58 | 44,67 | 0,59506 |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 29,422023 | 3,191 ** | 1,107572 | 20,316 *** | 0,016045 | 2,438 * | 502 | 3,28 | 47,98 | 0,27302 |
| <i>T. micrantha</i> | 513,6 | 0,109 ns | 1,007000 | 14,601 *** | 0,001123 | 0,107 ns | 466 | 8,06 | 78,17 | 0,55960 |
| <i>Z. rhoifolium</i> | -0,72546 | -0,824 ns | 0,736630 | 2,606 * | -0,057510 | -2,886 ** | 79 | 1,41 | 73,99 | 0,38805 |

Onde: a, b, k - coeficientes ; t value - ANOVA (*** p=0,001; ** p<0,01; * p<0,05; † p<0,1; ns: não significativo); N: número de indivíduos; Syx - erro-padrão da estimativa absoluto; Syx (%) - erro-padrão da estimativa relativo; Tx – taxa de crescimento.

Fonte: O Autor (2014).

O crescimento médio em área de copa para *S. mauritianum* e *C. urucurana*, seguidos por *T. micrantha* e *M. scabrella* foi relativamente superior às demais espécies (Figura 32). *A. triplinervia*, *B. forficata*, *P. gonoacantha* e *Z. rhoifolium* com taxas de crescimento inferior (Tabela 9), pouco investiram em área de copa (Figura 32).

Percebe-se a existência de uma assíntota no crescimento em área de copa de *B. forficata*, que limita a curva, resultando na sua estabilização (Figura 32). A tendência é que o crescimento de todas as espécies se estabilize ao longo do tempo, com a formação de uma curva sigmóide (BARUSSO e RIBEIRO, 1976, p.22). *S. mauritianum* possui maior proximidade em formar uma assíntota e manter a proporção de área de copa já existente, visto pela diminuição do ritmo de crescimento aos 42 meses em relação ao período anterior (36 meses) (Figura 32). De acordo com Ribeiro (2006, p.17), esse comportamento é característico de árvores que já atingiram a fase de decrepitude, apresentando taxas menores de crescimento.

Detecta-se a existência de pontos médios de área de copa que não se ajustaram a curva de crescimento (Figura 32), isso ocorreu para *A. triplinervia* (36 meses), *C. floribundus* (36 meses), *C. urucurana* (12 e 36 meses), *G. ulmifolia* (30 meses), *T. micrantha* (6 e 36 meses), *S. terebinthifolius* (6 meses).

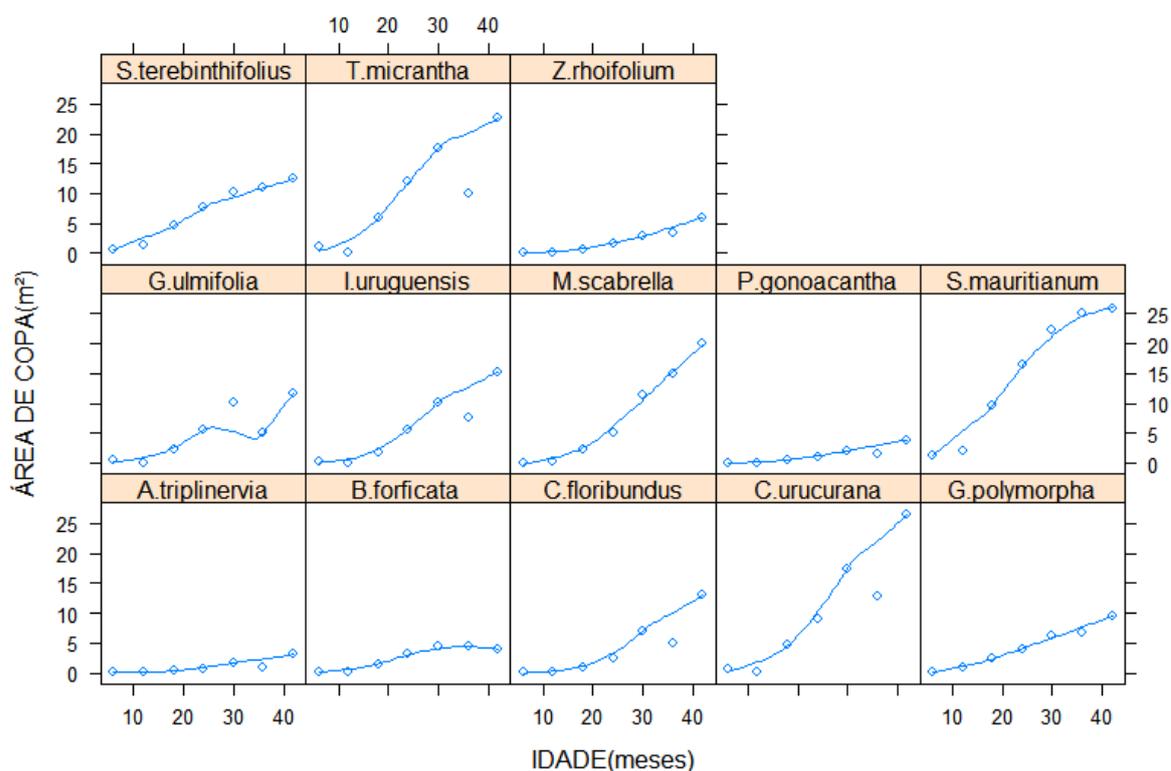


Figura 32 - Curva do crescimento médio em área de copa para as espécies analisadas ao longo de 42 meses.

Fonte: O Autor (2014).

Ocorreram variações do crescimento entre espécies, pois além da influência genética, provavelmente o tamanho, as condições de iluminação da copa e concorrência entre os indivíduos oscilou ao longo do período avaliado (TONINI; FINGER e SCHNEIDER, 2002, p.88).

A produtividade, condições edáficas e o espaçamento, são fatores que também influenciam na curva de crescimento em diâmetro e altura. Quanto maior o espaçamento entre plantas, maior será a média dos diâmetros que espaçamentos mais reduzidos, onde se registra maior crescimento em altura, já que a procura por luz pode induzir a um maior desenvolvimento que em espaçamentos mais amplos (RIBEIRO, 2013, p.14).

Além do tempo, o crescimento das espécies depende das condições fisiológicas e de sua interação com o meio; em circunstâncias favoráveis, possibilita o máximo rendimento (PRODAN et al.,1997, p.431; TONINI; FINGER e SCHNEIDER, 2002, p.89), situações de estresse, propicia a redução do crescimento.

Sugere-se que os pontos médios de altura que não se ajustaram a curva de crescimento estejam associados a fatores climáticos, que possivelmente ocasionaram problemas fisiológicos a indivíduos de espécies mais suscetíveis, reduzindo e alterando a taxa de crescimento. Visualiza-se a redução do ritmo de crescimento e a modificação da curva de crescimento aos 12 e 36 meses de idade (primavera, verão), período que as plantas estão retornando do estado vegetativo, recuperando-se dos danos causados pelo inverno, rigorosos nestes períodos, principalmente aos 12 meses, que se registrou a ocorrência de geadas (STOLARSKI et al., 2012, p.7).

4.4 COBERTURA E DENSIDADE DE COPA

A densidade de copa obtida pelo índice proposto por Jones et al. (2004, p.174) e Wishnie et al. (2007, p.43) mostrou diferentes proporções de ocupação da copa pelas folhas (0% a >75%). Sugere-se que o padrão de crescimento influenciado por fatores ambientais e intrínsecos das espécies, foi responsável pela variação da densidade de copa em indivíduos de mesma espécie.

A variação do índice de densidade de copa foi maior entre espécies. A única ausência de dossel reconhecível foi registrada em aproximadamente 10% dos indivíduos de *Z. rhoifolium* (Figura 33). Acredita-se que a ausência de folhas no período avaliado esteja associada ao ataque de insetos. Comportamento semelhante foi registrado por Souza, Anjos e Magistral (2009, p.43) que verificaram um desfolhamento em duas árvores de *Z. rhoifolium*, com idade de quatro anos. De acordo com os autores as árvores foram completamente desfolhadas pela espécie *Atta laevigata* (F. Smith).

Menores porcentagens de densidade de copa foram obtidas por *B. forficata* (<25% de copa preenchida com as folhas), e *P. gonoacantha* (>25% < 50% de copa preenchida com folhas). *S. terebinthifolius*, *T. micrantha*, *S. mauritianum*, *A. triplinervia*, *C. urucurana* e *G. polymorpha* apresentaram densidade de copa elevada (>50% <75% de copa preenchida com as folhas). As maiores porcentagens de densidade de copa (>75%) foram obtidas por *Z. rhoifolium*, *G. ulmifolia*, *C. floribundus*, *M. scabrella* e principalmente por *I. uruguensis* (Figura 33).

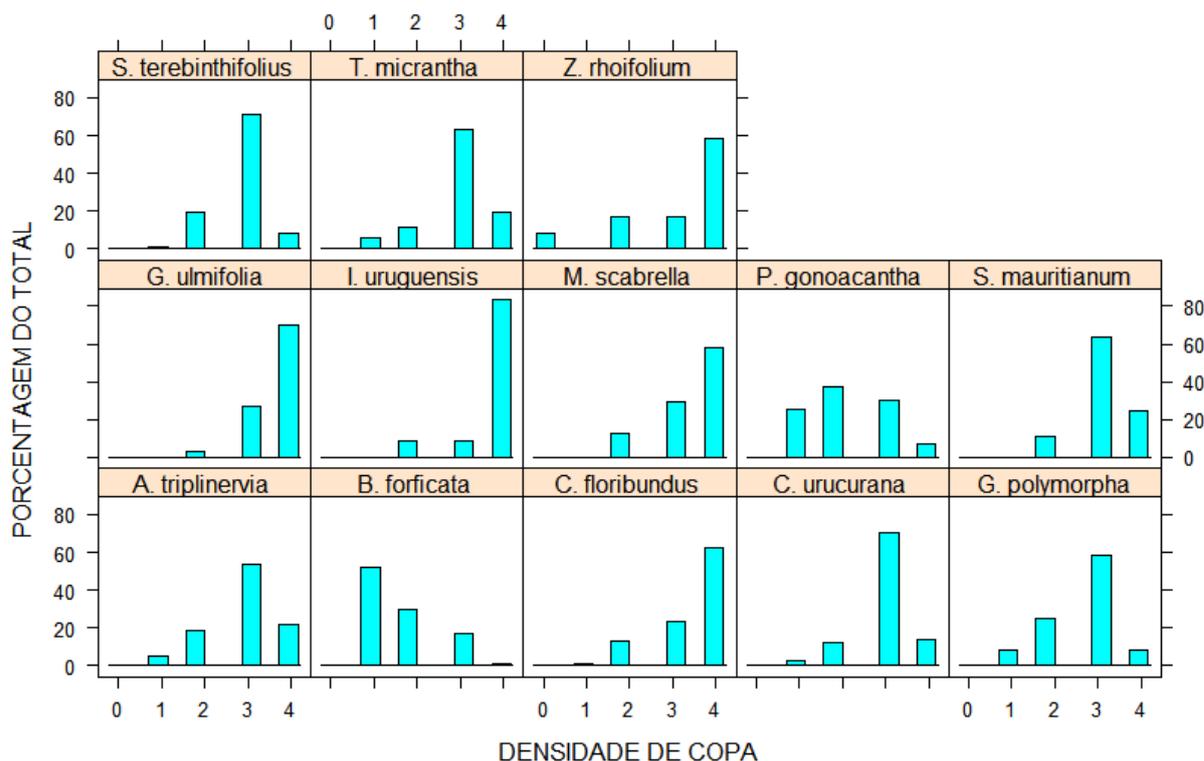


Figura 33 - Histograma da densidade de copa para treze espécies arbóreas nativas aos 42 meses de idade, com base no índice proposto por Jones et al. (2004, p.174) e Wishnie et al. (2007, p.43). Os índices representam a porção da copa ocupada com folhas: 0 (0%); 1 (< 25%); 2 (> 25% < 50%); 3 (> 50% < 75%); 4 (> 75%).

Fonte: O Autor (2014).

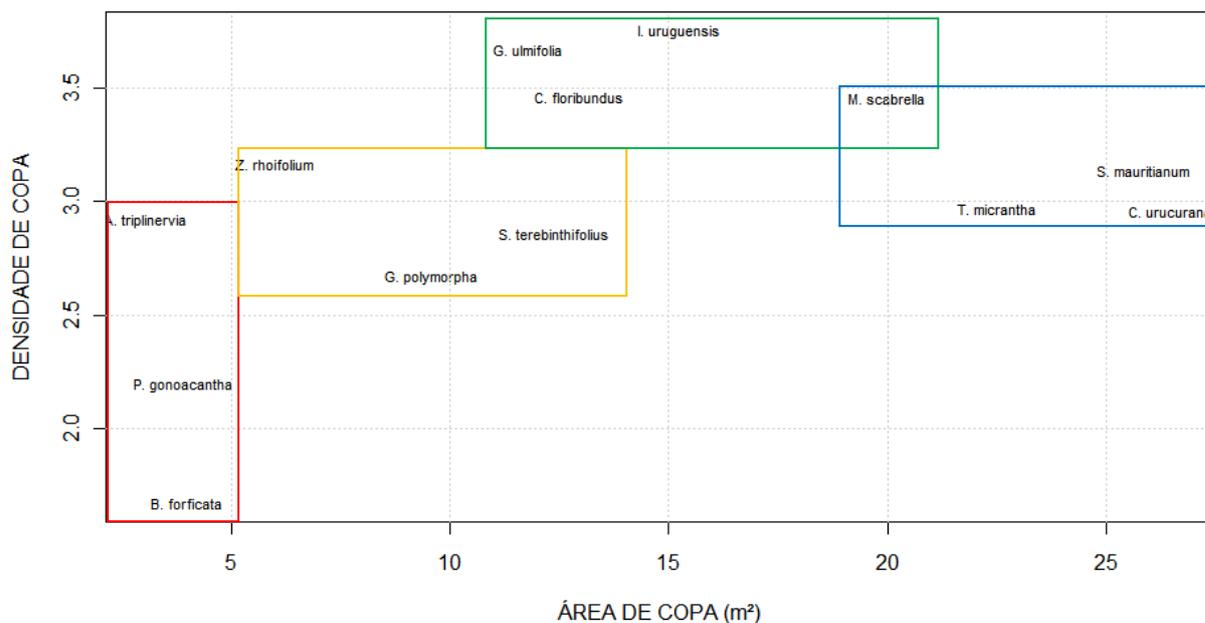
No gráfico de dispersão é possível observar uma distinção no desempenho das espécies devido a diferenças na relação entre a densidade e a área de copa. Espécies com maior quantidade de folhas em relação à copa possuem maior capacidade de sombrear o solo e de interceptar as águas das chuvas. A área de copa é entendida de maneira semelhante, pois o aumento na sua abrangência resulta na diminuição de espaços vazios existentes sobre o solo. Sendo maior a densidade e a área de copa, mais rápido tende ocorrer à formação do dossel, aumentando a capacidade de sombreamento da superfície do solo. Em resumo, quanto maior for a densidade e a área de copa, melhor será o potencial sombreador da espécie.

B. forficata, *P. gonoacantha*, *A. triplinervia* mostraram ser ineficientes como sombreadoras. *Z. rhoifolium* possui uma área de copa menor, no entanto, apresenta elevados índices de densidade de copa. *G. polymorpha* e *S. terebinthifolius* apresentaram valores próximos à média, com um potencial sombreador intermediário. *C. floribundus*, *I. uruguensis* e *G. ulmifolia* registraram elevados índices de densidade de copa, mas com área de copa menor (Figura 34). De acordo

com Wishnie et al. (2007, p. 43-48), *G. ulmifolia* é uma espécie de melhor desempenho em solos bem drenados, possui um rápido desenvolvimento inicial, formando copas densas e dossel depois um período de dois anos, corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

T. micrantha, *S. mauritianum*, *C. urucurana* e *M. scabrella* apresentaram as maiores áreas de copa, com densidade elevada (Figura 34). Conforme o padrão observado, atribui-se maior potencial sombreador para as espécies que possuem densidade superior a 50% (índice ≥ 3) com área de copa média maior ou igual a 15 m², aos 42 meses de idade as espécies que se enquadram neste critério são representadas por *I. uruguensis*, que são árvores de copa densa, propícias a facilitar o recrutamento de espécies lenhosas no sub-bosque, e a exclusão de herbáceas invasoras, como *Saccharum spontaneum* (L.) (JONES et al., 2004, p.175-181), além de atrativa à fauna; *M. scabrella*, como leguminosa fixadora de nitrogênio, também tem o potencial de aumentar a fertilidade do solo, e; *S. mauritianum*, que pode ser usada em projetos de restauração para estabilizar rapidamente solos e estabelecer a cobertura de copa, garantindo suporte ao recrutamento de vegetação para o sub-bosque, além de atrativa à fauna (JONES et al., 2004, p.171-181; WISHNIE et al., 2007, p.39-48).

Observou-se em campo baixa regeneração de herbáceas e gramíneas sob a copa das espécies com maior potencial sombreador (*I. uruguensis*, *M. scabrella* e *S. mauritianum*), indicando que o aumento na densidade de copa, aliado ao grande nível de sombreamento, podem dificultar a sobrevivência de plântulas competidoras (FONTES, 1999, p.86; MELO; MIRANDA e DURIGAN, 2007, p.322).



**Figura 34 - Média do índice de densidade de copa e da área de copa de 13 espécies arbóreas com 42 meses de idade. A densidade de copa e a área de copa apresentaram baixo coeficiente de determinação: $R^2 = 0,1923$, *ns* ($P > 0,05$).
Fonte: O Autor (2014).**

A correlação entre a densidade e a área de copa não foi significativa ($p > 0,05$). Isso indica que espécies com maior densidade de copa não apresentam tendência em possuir maior área de copa, o inverso também se aplica. Significa dizer que a densidade de copa pouco explica a área de copa, pois as duas variáveis movem-se em direções opostas. Esse resultado difere do estudo realizado por Wishnie et al. (2007, p.45), que encontraram correlação positiva ($R^2 = 0.481$, $P < 0.001$) entre o diâmetro de copa e a densidade copa para 24 espécies de árvores em três locais no Panamá.

4.5 AGRUPAMENTO (CLUSTER)

A elaboração do dendrograma permitiu determinar diferentes agrupamentos das espécies florestais por meio da similaridade das variáveis coletadas (sobrevivência, altura, diâmetro do colo, área de copa e densidade de copa). A estrutura hierárquica formada pela união entre os elementos mostra intuitivamente a ordem do agrupamento. De acordo com Linden (2009, p.27) a altura da linha que liga os clusters é proporcional à sua distância, e quanto mais alta for à linha, significa

dizer que mais tarde foi feito o agrupamento. Logo, linhas mais baixas correspondem aos clusters que foram gerados em primeira ordem, com espécies que apresentam maior similaridade entre si (Figura 35).

No agrupamento à direita, formado por *T. micrantha*, *C. urucurana*, *S. mauritianum* e *M. scabrella*, encontra-se as espécies com melhor desempenho silvicultural em altura, diâmetro do colo e área de copa. Analisando a sua hierarquia, percebe-se que a linha do cluster que liga *M. scabrella* as demais espécies foi gerada mais tarde. Pressupõe-se que a sobrevivência tenha sido a variável para a separação da espécie em relação às demais.

O agrupamento formado ao centro por *S. terebinthifolius*, *G. ulmifolia*, *C. floribundus*, *I. uruguensis*, *G. polymorpha* e *Z. rhoifolium*, também apresentou um bom desempenho nos índices avaliados. Além da similaridade de crescimento, acredita-se que estas espécies foram agrupadas por possuírem maiores valores de densidade de copa.

Já o grupo formado à esquerda por *P. gonoacantha*, *B. forficata* e *A. triplinervia*, possui as espécies com menor desempenho silvicultural em altura, diâmetro, área de copa e densidade de copa. Observa-se a existência de uma hierarquia dentro deste grupo, pois a linha que liga o cluster de *B. forficata* formou-se mais tarde. Sugere-se que essa separação de clusters dentro deste grupo esteja associada aos maiores valores de sobrevivência registrados pela espécie.

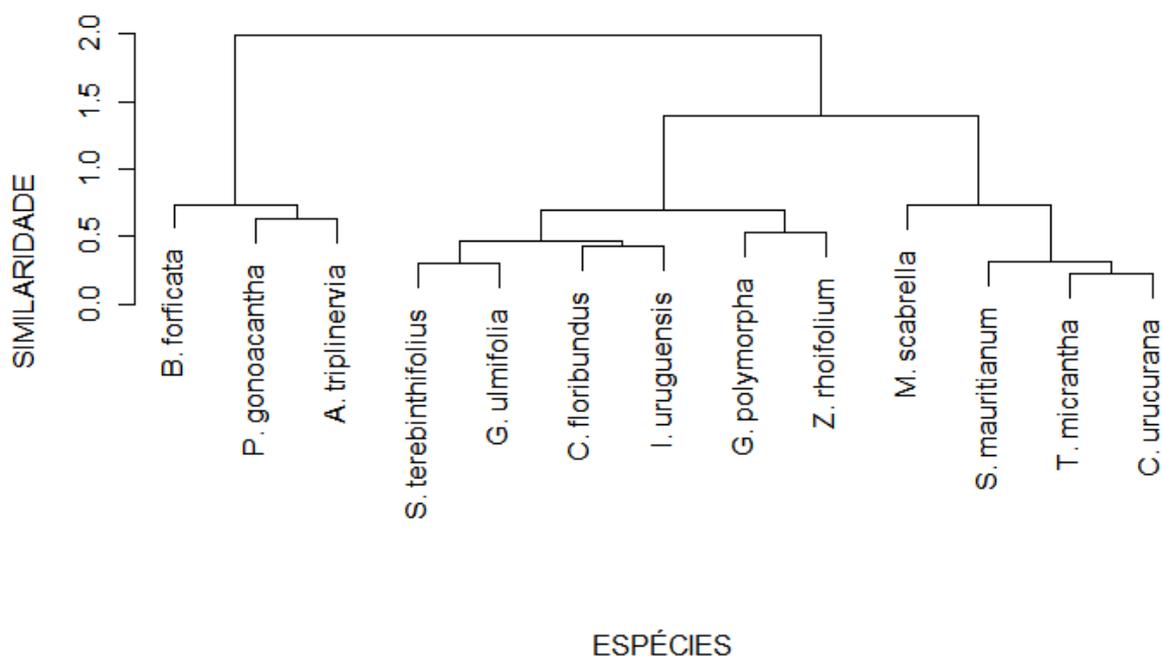


Figura 35 - Dendrograma mostrando a similaridade de trezes espécies arbóreas nativas aos 42 meses de idade, pelo método de algoritmos hierárquicos de ligação completa.
Fonte: O Autor (2014).

O particionamento dos dados diminuiu o efeito de quaisquer preconceitos e noções arbitrárias, e resultou na formação de grupos de espécies com atributos similares, permitindo a escolha de espécies com desempenho silvicultural mais apropriado para programas de restauração na região. Com base no dendrograma, sugere-se que a utilização de *P. gonoacantha*, *B. forficata* e *A. triplinervia* como espécies pioneiras em trabalhos de reflorestamento na região possa não ser uma boa opção, pois são espécies com baixo desempenho silvicultural (sobrevivência, altura, diâmetro do colo, área de copa e densidade de copa).

As demais espécies apresentaram um comportamento mais apropriado para colonização de áreas degradadas; investem mais em suas variáveis dimensionais (diâmetro, altura, área de copa); possuem taxas de mortalidade aceitável, e grande potencial em formação de copa e conjuntos densos.

5 CONCLUSÃO

A sobrevivência foi elevada para a maioria das espécies, com destaque para *terebinthifolius* (96%), *S. mauritianum* (96%), *B. forficata* (93,51%), *G. polymorpha* (92,31%), *I. uruguensis* (92,31%), *Z. rhoifolium* (92,31%) e *G. ulmifolia*. A menor porcentagem de sobrevivência foi registrada por *P. gonoacantha* (58,54%), sendo um valor relativamente baixo, que pode comprometer a integridade e a qualidade de projetos de restauração.

Constatou-se a existência de diferentes padrões alométricos de crescimento das espécies arbóreas estudadas. Os resultados indicam um maior crescimento em altura nos estágios iniciais, que diminui com o tempo, devido aos investimentos em área de copa, e conseqüentemente, no diâmetro, que aumenta com o ganho em biomassa, e garante a estabilidade da parte aérea da planta.

A taxa de crescimento entre espécie variou em função do tempo, com destaque para *M. scabrella*, que apresentou a maior taxa de crescimento em diâmetro do colo ($8,88354 \text{ mm.mês}^{-1}$); *C. floribundus* e *Z. rhoifolium*, respectivamente, com maiores crescimento em altura ($0,20425 \text{ m.mês}^{-1}$, $0,23537 \text{ m.mês}^{-1}$). As maiores taxas de crescimento em área de copa foram registradas para *M. scabrella* ($0,98285 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$), *C. urucurana* ($0,94160 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$) e *C. floribundus* ($0,92060 \text{ m}^2.\text{mês}^{-1}$).

Das espécies classificadas como de preenchimento, as que apresentaram melhor crescimento e cumprem o papel de sombreadoras foram: *M. scabrella*, *S. mauritianum*, *T. micrantha*, *C. urucurana*. No entanto, a espécie *I. uruguensis* que a priori fora classificada como espécie de diversidade, apresentou características desejadas para espécies de preenchimento, ou seja, rápido crescimento e uma excelente densidade de copa.

Algumas espécies classificadas como de preenchimento apresentaram crescimentos médios e valores intermediários ,para densidade de copa e cobertura de copa, sendo elas: *G. ulmifolia*, *C. floribundus* e *S. terebinthifolius*. Com um comportamento semelhante, *G. polymorpha* e *Z. rhoifolium* descritas como espécies de diversidade, possuem menor área de copa comparativamente as demais espécies intermediárias, porém, *Z. rhoifolium* apresenta elevados índices de densidade de copa.

As espécies com baixo desempenho silvicultural foram: *B. forficata*, *P. gonoacantha*, *A. triplinervia*, que apresentaram menor crescimento, e mostraram ser ineficientes como sombreadoras.

Como alternativa para acelerar o recobrimento do solo em novos projetos de restauração da região sudoeste do estado do Paraná, recomenda-se o aumento do número de indivíduos das espécies com maior potencial pioneiro nos estágios iniciais, como garantia da estruturação de um sistema contínuo e sustentável, constituindo a base de um programa de restauração floresta de qualidade.

Por se tratar de avaliações iniciais (42 meses), as informações contidas neste estudo são preliminares, necessitando aumentar a janela de observação temporal para possibilitar maior discernimento sobre o potencial silvicultural de cada espécie. Além disso, sugere-se a realização de trabalhos que busquem maximizar o referencial teórico sobre o comportamento destas espécies, como por exemplo, o estudo fenológico e a regeneração natural, corroborando para o aperfeiçoamento e ampliação do escopo das práticas de restauração ecológica, visando maiores chances de sucesso em projetos de restauração para a região.

6 RECOMENDAÇÕES DE MANEJO

Recomenda-se determinar níveis aceitáveis de mortalidade após o estabelecimento de plantios, que para regiões tropicais deve ocorrer entre 2 a 3 anos; em regiões subtropicais entre 3 a 4 anos. Quando há ocorrência frequente de geadas, acredita-se que o índice de mortalidade aceitável seja de até 10%.

Baseando-se na similaridade entre as espécies arbóreas de rápido crescimento, sugere-se a adoção de três modelos distintos para restauração de áreas degradadas na região sudoeste do Paraná, baseados no plantio em grupos funcionais:

Modelo 1: mais barato, recomendado para pequenos agricultores. Baseia-se na utilização de espécies de rápido estabelecimento e recobrimento da área, com baixos índices de mortalidade e elevada rusticidade; Além disso, as mudas são de fácil obtenção. Nesse modelo, recomenda-se intensificar a utilização de *S. mauritianum* e *C. urucurana* como espécies pioneiras, incluindo-se as demais espécies (*C. floribundus*, *G. polymorpha*, *G. ulmifolia*, *I. uruguensis*, *M. scabrella*, *S. terebinthifolius*, *T. micrantha* e *Z. rhoifolium*) no grupo de diversidade. Recomenda-se também a utilização de espécies secundárias tardias e clímaces no grupo de diversidade (*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl, *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), com o propósito de aumentar a riqueza de espécies e também a diversidade, garantindo a sucessão florestal.

Modelo 2: opção ao modelo 1, barato, recomendado para pequenos e médios agricultores e empreendimentos. No grupo de preenchimento deve-se intensificar a utilização de *S. mauritianum*, *C. urucurana*, *S. terebinthifolius* e *T. micrantha*. As demais espécies (*C. floribundus*, *G. polymorpha*, *G. ulmifolia*, *I. uruguensis*, *M. scabrella* e *Z. rhoifolium*) devem ser inclusas no grupo de diversidade. Recomenda-se a utilização de espécies secundárias tardias e clímaces no grupo de diversidade.

Modelo 3: trata-se de um modelo biodiverso, com a utilização de um maior número de espécies, que resulta no aumento de seu valor. Recomendado para grandes empreendimentos. Baseia-se na utilização de *S. mauritianum*, *C. urucurana*, *C. floribundus*, *G. polymorpha*, *G. ulmifolia*, *I. uruguensis*, *M. scabrella*, *S.*

terebinthifolius, *T. micrantha* e *Z. rhoifolium* como espécies de rápido crescimento no grupo de preenchimento. No grupo de diversidade, sugere-se a utilização de um maior número de espécies secundárias tardias e clímaces com o propósito de aumentar a diversidade. Recomenda-se aos viveiros da região a intensificar a produção de mudas destas espécies com o propósito de atender as demandas. Além disso, deve-se priorizar a utilização de mudas produzidas em viveiros idôneos locais, pois a sua aclimação para a região é certa, reduzindo problemas de adaptabilidade de espécies às condições edafoclimáticas de campo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-BUYLLA, Elena R.; MARTINEZ-RAMOS, Miguel. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree - an evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical rain forests. **Journal of Ecology**, Londres, v.80, n.2 275-290, 1992.

ANTUNES JUNIOR, Mario Zortéa.; FERRONATO, Alessandro.; FERRONATO, Susan Dignart.; RODRIGUES, Katuscia.; GALLON, Márcia Martim Pereira.; GOMES, Nídia Martineia Guerra Gomes.; STIEVEN, Ana Carla.; CAMPELO JÚNIOR, José Holanda. Métodos não destrutivos para estimativa de densidade de área foliar em mangueira. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.12, p.1625, 2009.

ARAÚJO, Elcida de Lima; MARTINS, Fernando Roberto.; SANTOS, Flavio Antônio Maes. Ontogenia e variações alométricas na relação comprimento-diâmetro do caule em plantas da caatinga. In: Moura, A. N., Araújo, E. L. & Albuquerque, U.P. (Orgs.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Comunigraf, Recife. 2008, p. 81-104.

ARAÚJO, Eugênio Celso Emérito.; SANTOS, Elizandra Paulino dos.; PRADO, Carlos Henrique Britto de Assis. Estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) Cvs. Tommy Atkins e Haden, utilizando dimensões lineares. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 308-309, 2005.

ATTANASIO, Cláudia Mira.; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro.; GANDOLFI, Sérgio.; NAVE, André Gustavo. **Adequação ambiental de propriedades rurais, recuperação de áreas degradadas, restauração de matas ciliares**. Piracicaba: Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - ESALQ/USP, 66 p. 2006.

BARBOSA, Luiz Mauro. Recuperação florestal de áreas degradadas no estado de São Paulo: histórico, situação atual e projeções. In: BARBOSA, Luiz Mauro. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. p.4-25.

BARUSSO, Altair Pereira; RIBEIRO, José Carlos. Transformações para ajuste de curvas do tipo sigmoide. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 7, n. 1, p. 22-49, 1976.

BATISTA, João Luis Ferreira; COUTO, Hilton Thadeu Zarete; SILVA FILHO, Demóstenes F. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. São Paulo: Oficina de Textos, 1ª ed. 2014, 384p.

BELLOTTO, Andrezza.; GANDOLFI, Sergius.; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Fase 1: restauração fundamentada no plantio de árvores, sem critérios ecológicos para a escolha e combinação das espécies. In: Rodrigues, Ricardo R.; Brancalion, Pedro H. S.; Iserhagen, Ingo (Orgs.). **Pacto para a restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. p.15-17.

BRANCALION, Pedro H. S.; ISERNHAGEN, Ingo.; GANDOLFI, Sergius.; RODRIGUES, Ricardo R. Fase 2: Plantio de árvores nativas brasileiras fundamentada na sucessão florestal. In: Rodrigues, Ricardo R.; Brancalion, Pedro H. S.; Iserhagen, Ingo (Orgs.). **Pacto para a restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. p.18-25.

BRASIL. Decreto nº 60.183 de 8 de fevereiro de 1967. Altera o nome do Parque Nacional do Rio de Janeiro, criado pelo Decreto 50.923, de 6 de julho de 1961 para Parque Nacional da Tijuca (PNT) pelo Decreto 60.183, de 8 de fevereiro de 1967. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p.1, 1967.

BRASIL. Lei n. 9985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Brasília, MMA, 2000, cap.1, p.15, 2000.

BUDOWSKI, Gerardo. Distribution of American rain forest species in the light of sucesional processes. **Revista Forestal Centro Americana**, Turrialba, v. 15. n.1, p.40-42, 1965.

BUFO, Vicente Brandolise. **Restauração florestal e estoque de carbono em modelos de implantação de mudas sob diferentes combinações de espécies e espaçamento**. 2008. 90f. Dissertação (Mestre em Ecologia Aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008, p.20.

CARPANEZZI, Antonio Aparecido.; LAURENT, Jean Marie Eric (Coord.). **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella*Benth)**. Curitiba: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas PR, 1988, p.9-76.

CARPANEZZI, Antonio Aparecido; CARPANEZZI, Odete T. Bertol; **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no estado do Paraná, em solos não degradados. Documentos**. Colombo: Embrapa Florestas, 57 p., 2006.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Pau-Jacaré – *Piptadenia gonoacantha*. **Circular Técnica**, Colombo, p.4, 2004a.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Tapiá – *Alchornea triplinervia*. **Circular Técnica**, Colombo, p.5, 2004b.

CHASSOT, Tatiane.; FLEIG, Frederico Dimas.; FINGER, César Augusto Guimarães.; LONGHI, Solon Jonas. Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.303-313, 2011.

CHAZDON, Robin L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics (PPEES)**, v.6, 2003, p.51-71.

CHIAMOLERA, Larissa De Bortolli.; ÂNGELO, Alessandro Camargo.; BOEGER, Maria Regina. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. **FLORESTA**, Curitiba, v.41, n.4, p.765-770, 2011.

COSTA, Malcon do Prado; PEREIRA, José Aldo Alves; BENICIO, Matheus Henrique Mota; SOUSA, Helaine de; FONTES, Marco Aurélio Leite; GARCIA, Paulo Oswaldo. Alometria e arquitetura de *Copaifera langsdorffii* (Desf.) Kuntze (fabaceae) em fitofisionomias neotropicais no sul de Minas Gerais. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 223-240, 2012.

CUNHA, Luciane Orlandini.; FONTES, Marco Aurélio Leite.; OLIVEIRA, Antônio Donizette de.; OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira de. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.503-515, 2003.

DRUMMOND, José Augusto. O Jardim Dentro da Máquina: Breve história ambiental da Floresta da Tijuca. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, vol. 1, n. 2, p. 276-298, 1988.

DURIGAN, Giselda.; CONTIERI, Wilson Aparecido.; MELO, Antônio Carlos Galvão de.; NAKATA, Hiroshi. Crescimento e Sobrevivência de Espécies Arbóreas Plantadas em Terreno Permanente Úmido em Região de Cerrado. In: VILAS BÔAS, Osmar e DURIGAN, Giselda. **Pesquisas em Conservação e Recuperação Ambiental no Oeste Paulista (resultado da Cooperação Brasil/Japão)**. São Paulo: Instituto Florestal, Ed. Páginas e Letras, 2004, p.451.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: CNPS, 2º edição, 2006. 306p.

FERREIRA, Joice Nunes.; RIBEIRO, José Felipe.; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da. Crescimento inicial de *Piptadenia gonoacantha* (Leguminosae, Mimosoideae) sob inundação em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasil Botânica**, São Paulo, v.24, n.4, p.561-566, 2001.

FERREIRA, Wendy Carniello.; BOTELHO, Soraya Alvarenga.; DAVIDE, Antonio Claudio.; FARIA, José Márcio Rocha. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio grande, na usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.1, p.177-185, 2007.

FLOYD, D.A.; ANDERSON, J.E.A Comparison of three methods for estimating plant cover. **Journal of Ecology**, Londres, v.75, p.221, 1987.

FONTES, Marco Aurélio Leite. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p.79-87, 1999.

FREITAS, S. R.; NEVES, C. L.; CHERNICHARO, P. Tijuca national park: two pioneering restorationist initiatives in atlantic forest in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.66, n.4, p. 975-982, 2006.

GAYON, Jean. History of the Concept of Allometry. **American Zoologist**, Dupont Circle, v.40, p.748, 2000.

GOES, Francisco de Almeida. **Modelação do crescimento da árvore individual de *Eucalyptus globulus* Labill.** 2012, 57f. Dissertação (Mestre em Estatística e Gestão de Informação). Universidade Nova de Lisboa - Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação. Lisboa, 2012, 57p.

GOULD, Stephen Jay. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. **Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.**, Rockville.v.41, 1966, p.587–640. Disponível em: <<http://www.readcube.com/articles/10.1111/j.1469-185X.1966.tb01624.x>>. Acessado em 11 de julho de 2014.

GREIG-SMITH, Peter. **Quantitative plant ecology**. London: Butterworths, 2^o edição, 1983. 256p. Disponível em: <<http://www.ucpress.edu/op.php?isbn=9780520050808>> Acessado em 08 de julho de 2014.

GUERIN, Natalia; MENDONÇA, A. H.. Diferenças alométricas de *Psidium cattleyanum* Sabine em gradiente de restinga. In: IX Congresso de Ecologia do Brasil

Prática da pesquisa em ecologia da mata atlântica, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: SEB, 2009, p. 1-3.

HERNÁNDEZ, William.; XAVIER, Aloisio.; PAIVA, Haroldo Nogueira de.; WENDLING, Ivar. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, p.813-823, 2012.

HOLL, Karen D.; LOIK, Michael E.; LIN, Eleanor H. V.; SAMUELS, Ivan A. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. **Restoration Ecology**, v.8, n.4, p.339-349, 2000.

IAPAR. **Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná**. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2014. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=604>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

IGNÁCIO, Érica Danila.; ATTANASIO, Cláudia Mira.; TONIATO, Maria Teresa Zugliani. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 137-148, 2007.

IMAÑA-ENCINAS, José.; SILVA, Gilson Fernandes da.; PINTO, José Roberto Rodrigues. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações Técnicas Florestais**. Brasília, v.7, n.1, 40p., 2005.

JENNINGS, S. B.; BROWN, N. D.; SHEIL, D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, Vol. 72, nº.1 , p.59-60, 1999.

JONES, Elizabeth R.; WISHNIEA, Mark H.; DEAGOB, José.; SAUTUB, Adriana.; CERESO, Arturo. Facilitating natural regeneration in *Saccharum spontaneum* (L.) grasslands within the Panama Canal Watershed: effects of tree species and tree structure on vegetation recruitment patterns. **Ecology and Management**. Rio de Janeiro, editor Elsevier, v.191, p.171–183, 2004.

KAGEYAMA, Paulo Yoshio.; CASTRO, Carlos Ferreira de Abreu. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**. Piracicaba, n.41/42, p.83-93, 1989.

KOHYAMA, T.; HOTTA, M. Significance of allometry in tropical saplings. **Functional Ecology**, Oxford, v. 4, p. 515- 521, 1990.

KRETZER, Tiago Souza. Variáveis fundamentais nos modelos de produção. In: BRAZ, Evaldo Muñoz; MATTOS, Patricia Povoá (Org.). **Anais da reunião técnica: Biometria florestal – modelos de crescimento e produção**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013, p.20 - 24.

LAMB, David.; ERSKINE, Peter D.; PARROTTA, John A. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. **Science**, v. 310, nº 5754, p.1632, 2005.

LIBONI, Ana Paula.; RODRIGUES, Diego Resende.; PERINA, Bianca Buck.; ROSA, Vanessa Patrícia Pereira.; BOVOLENTA, Yves Rafael.; BIANCHINI, Edmilson.; PIMENTA, José Antonio. Relações alométricas da comunidade arbórea de diferentes áreas de uma floresta ombrófila mista do sul do Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 125-136, 2010.

LINDEN, Ricardo. Técnicas de agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**. Macaé, n. 4, p. 18-36, 2009.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Editora Plantarum, 1992, p.178.

MAACK, Reinhard. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, J. Olympio, 442p. 1981.

MACEDO, Renato Luiz Grisi.; BARROS, Gilmara Patrícia.; VENTURIN, Nelson.; SALGADO, Bruno Grandi. Desenvolvimento inicial de três espécies florestais em áreas de pastagem degradada em Ijaci – MG. **Brasil Florestal**, Brasília, n.79, p.71-75, 2004.

MAGINNIS, Stewart.; JACKSON, William. The Role of Planted Forests in Forest Landscape Restoration. **UNFF Intersessional Experts Meeting on the Role of Planted Forests in Sustainable Forest Management**. New Zealand, p.87, 2003.

MANTOVANI, Waldir. **Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do Cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu e em Itirapina, SP**. 1987. 203f. Tese (Doutor em Ciências Ecológicas). Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Biologia, Campinas, 1987, p.9.

MELO, Antônio Carlos Galvão de. **Reflorestamentos de Restauração de Matas Ciliares: Análise Estrutural e Método de Monitoramento no Médio Vale do**

Paranapanema (SP). 2004. 141 f. Dissertação (Mestre em Ciência das Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004, p.111-112.

MELO, Antônio Carlos Galvão de.; DURIGAN, Giselda.; KAWABATA, Mitsuro. Crescimento e Sobrevivência de Espécies Arbóreas Plantadas em Áreas de Cerrado, Assis – SP. In: VILAS BÔAS, Osmar e DURIGAN, Giselda. **Pesquisas em Conservação e Recuperação Ambiental no Oeste Paulista (resultado da Cooperação Brasil/Japão)**. São Paulo: Instituto Florestal, Ed. Páginas e Letras, 2004, p.319.

MELO, Antônio Carlos Galvão de.; MIRANDA, Dirceu Lúcio Carneiro de.; DURIGAN, Giselda. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, p.322-323, 2007.

MELO, Maria de Fátima Figueiredo.; ZICKEL, Carmen Sílvia. Os gêneros *Zanthoxylum* L. e *Esenbeckia Kunth* (Rutaceae) no Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta botânica brasilica**, Belo Horizonte, v.18, n.1, p. 73-90, 2004.

MORAES, Luiz Fernando Duarte de.; ASSUMPÇÃO, José Maria.; LUCHIARI, Cíntia.; PEREIRA, Tânia Sampaio. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na reserva biológica de poço das antas, rio de janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.57, n.3, p.477-489, 2005.

NAVE, André Gustavo. **Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na fazenda Intermontes, município de Ribeirão Grande, SP**. 2005. 218f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

NICODEMO, Maria Luiza Franceschi.; PORFIRIO-DA-SILVA, Vanderley.; SANTOS, Patrícia Menezes.; VINHOLIS, Marcela de Melo Brandão.; FREITAS, Alfredo Ribeiro de.; CAPUTTI, Gregory. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na região sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.89-92, 2009.

PINTO, Luiz Paulo.; HIROTA, Marcia.; CALMON, Miguel.; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro.; ROCHA, Rui. Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. In: Rodrigues, Ricardo R.; Brancalion, Pedro H. S.; Iserhagen, Ingo (Orgs.). **Pacto para a restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto Bio Atlântica, 2009. p.14.

PORTELA, Rita de Cássia Quitete.; SANTOS, Flavio Antonio Maës dos. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. **Biota Neotropica**, Campinas, v.3, n.2, 2003, p.1-5.

POSSENTI, A.C.; GOUVEA, A.; MARTIN, T. N.; CADORE, D. Distribuição da Precipitação Pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. In: I SEMINÁRIO SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Dois Vizinhos. **Anais...** Dois Vizinhos, p. 140 -142. 2007.

POZZOBON, Maurício.; CURCIO, Gustavo Ribas.; UHLMANN, Alexandre.; GALVÃO, Franklin.; ZIMMER, Eduardo. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açu, SC: sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n.63, p.171-189, 2010.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F; REAL, P. **Mensura forestal**. San José: IICA/BMZ/GTZ. 1997.561 p.

R Development Core Team (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RAUTIAINEN, Miina.; STENBERG, Pauline.; NILSON, Tiit. Estimating Canopy Cover in Scots Pine Stands. **Silva Fennica**. Vaanta, v. 39, 2005, p.137.

REIS, Ademir.; TRES, Deisy Regina.; BECHARA, Fernando Campanhã. A Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica: “Espaço para o Imprevisível”. In: Simpósio sobre recuperação de áreas degradadas com ênfase em matas ciliares. 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2006, p.3.

REIS, Ademir.; ZAMBONIN, Renata Martinho.; NAKAZONO, Erika Matsuno. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Caderno nº14: Série Recuperação**, São Paulo, p.9, 1999.

RIBEIRO, Romell Alves. Crescimento e produção das variáveis dendrométricas. In: BRAZ, Evaldo Muñoz; MATTOS, Patricia Pova (Org.). **Anais da reunião técnica: Biometria florestal – modelos de crescimento e produção**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013, p. 14-19.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro.; GANDOLFI, Sergius.; NAVE, André Gustavo.; ARONSON, James.; BARRETO, Tiago Egydio.; VIDAL, Cristina Yuri.; BRANCALION, Pedro H. S. Large-scale ecological restoration of high-diversity

tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v.26, p.1605-1613, 2011.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro.; LIMA, Renato A F.; GANDOLFI, Sergius.; NAVE, André Gustavo. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, p.1242–1251, 2009.

RUSCHEL.; Ademir Roberto.; NODARI, Rubens Onofre. *Solanum mauritianum*: Fumo-brabo. In: CORADIN, Lidio.; SIMINSKI, Alexandre.; REIS, Ademir (Org.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011, v. 1, p. 692-700.

SALVADOR, José do Lago Gonçalves. Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de depleção de reservatórios. **IPEF**, Piracicaba, n.33, p.73-78, 1986.

SANTOS, Marcela de Castro Nunes.; BERG, Eduardo van den.; TEODORO, Grazielle Sales.; COELHO, Gabriela Aparecida de Oliveira.; FONTES, Marco Aurélio Leite. Comportamento da copa e relações alométricas de três espécies arbóreas em corredores e bordas florestais. **Revista brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.10, n.3, p. 322-326, 2012.

SARTORIO, Simone Daniela; SAVIAN, Taciana Villela; LIMA, César Gonçalves; MAESTRE, Marina Rodrigues. Descrição de curvas de crescimento de frutos de pereira asiática utilizando o modelo de Gompertz com abordagem mista. In: 57ª Reunião Anual da RBras, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2012. 5 p.

SCHORN, Lauri Amândio.; GALVÃO, Franklin. Dinâmica do estrato arbóreo em três estádios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC. **Cerne**, Lavras, v.15, n.2, p.221-235, 2009.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção em florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE. 1998, 441 p.

SER. Princípios da SER *International* sobre a restauração ecológica. **Society for Ecological Restoration International**. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política, Arizona, v.2, 2004, p.2.

SGARBI, Ana Suelem. **Avaliação do crescimento inicial de espécies nativas em plantio misto de restauração florestal em Dois Vizinhos, PR**. 2013. 68 f. Trabalho

de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, p.1-46, 2013.

SILVA, Anne Sophie Almeida.; VOLTOLINI, Julio Cesar. Comparação de métodos para estimar a cobertura de dossel em Floresta Atlântica. In: X Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço, MG. **Anais...** São Lourenço, 2011, p.1-2.

SILVA, Lucas de Carvalho Ramos.; CORRÊA, Rodrigo Studart. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.4, p.731-740, 2008.

SIQUEIRA, Ariane de Souza. Alometria de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em diferentes fisionomias do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. **Revista Biota Neotropica**. Campinas, v. 6, n. 3, 2006, 6 p.

SMA. Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. **Publicada no Diário Oficial do Estado (DOE)**. São Paulo, 2014, seção 1, p.36-37.

SOARES, Carlos Pedro Boechat.; NETO, Francisco de Paula.; SOUZA, Agostinho Lopes de. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, 2 ed., Editora UFV, 2011, 272p.

SOUZA, Letícia Penno de.; ANGELO, Alessandro Camargo.; CURCIO, Gustavo Ribas.; BONNET, Annete.; GALVÃO, Franklin. Recuperação ambiental em áreas de estepe do Primeiro Planalto Paranaense, mediante plantio de espécies arbóreas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p.98, 2007.

SOUZA, Flaviana Maluf de.; BATISTA, João Luís Ferreira. Restoration of seasonal semi deciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Rio de Janeiro, v.191, 2004, p.185-200.

SOUZA, R. M.; ANJOS, N.; MAGISTRALI, I. C.. Árvores de *Zanthoxylum rhoifolium* LAM. Desfolhadas por *Atta laevigata* (F. Smith), em Minas Gerais. In: XIX Simpósio de Mirmecologia, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2009, p. 43.

SPOSITO, Tereza Cristina Souza. **Arquitetura e alometria de três espécies de *Cecropia* (Cecropiaceae) da Região Sudeste do Brasil**. 1994, 90f. Tese (Mestre em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

STERCK, F. J. & BONGERS, F. 1998. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest tree. **American Journal of Botany**, 85: 266-272.

STOLARSKI, Oiliam Carlos; SGARBI, Ana Suelen; BECHARA, Fernando Campanhã; GORENSTEIN, Mauricio Romero; KLEIN, Anderson William; ESTEVAN, Daniela Aparecida; VUADEN, Elizabete; BRIZOLA, Gilmar P.; PASTORIO Alini P.; BARDDAL, Murilo Lacerda; SILVA, Claudemir D. Avaliação inicial de plantio de espécies regionais para restauração de áreas degradadas no sudoeste do Paraná, Brasil. In: 15ª JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 2012b. Misiones. **Anais...** Misiones, 2012, p.1-8, 1 CD ROM.

TAKEDA, Tomomi.; OGUMAA, Hiroyuki.; SANO, Tomohito.; YONE, Yasumichi.; FUJINUMA, Yasumi. Estimating the plant area density of a Japanese larch (*Larixka empferi* Sarg.) plantation using a ground-based laser scanner. **Agricultura land forest meteorology**. Editora Elsevier, v.148, 2008, p.428.

TONINI, Helio.; FINGER, Cesar Augusto Guimarães.; SCHNEIDER, Paulo Renato. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.85-90, 2003.

TRES, Deisy Regina. Tendências da restauração ecológica baseada na Nucleação. In: Conferencia Plenária e Simpósio do 57º Congresso Nacional de Botânica, Gramado. **Anais...** Gramado, 2006, p.2.

VANCLAY, Jerome K. **Modelling forest growth and yield : applications to mixed tropical forests**. CAB International, Wallingford, 312 p, 1994.

VASCONCELLOS, Virgínia Maria Nogueira de. Classificação sistemática das densidades de copa das árvores. In: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Vitória (ES). **Anais...** Vitória, 2011, p.3.

VENTICINQUE, Eduardo M.; CARNEIRO, Juliana Stropp.; MOREIRA, Marcelo Paustein.; FERREIRA, Leandro. O uso de regressão logística para espacialização de probabilidades. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1-2, 2007, p.25-26.

WISHNIE, Mark H.; DENT, Daisy.H.; MARISCAL, Emílio; DEAGO, Jose; CEDEÑO, Norma; IBARRA, Diogenes; CONDIT, Richard S.; ASHTON, Mark S. Initial performance and reforestation potential of 24 tropical tree species planted across a precipitation gradient in the Republic of Panama. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v. 243, p. 40;47, 2007.

XAVIER, Alexandre Cândido.; VETTORAZZI, Carlos Alberto. Índice de Área Foliar de Coberturas em uma Microbacia Hidrográfica Subtropical. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.426, 2003.

ZEIDE, Bores. Analysis of Growth Equations. **Forest Science**, Bethesda, v. 39, No 3, pp 599-600, 1993.