

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES  
ARBÓREAS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE MATA CILIAR  
EM RESTAURAÇÃO**

**WANDER LAIZO DOS SANTOS**

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP -  
Campus de Botucatu, para obtenção do  
título de Doutor em Ciência Florestal.

BOTUCATU-SP  
Dezembro - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES  
ARBÓREAS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE MATA CILIAR  
EM RESTAURAÇÃO**

**WANDER LAIZO DOS SANTOS**

Orientadora: Profa. Dra. Giselda Durigan

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP -  
Campus de Botucatu, para obtenção do  
título de Doutor em Ciência Florestal.

BOTUCATU-SP  
Dezembro - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S237c Santos, Wander Laizo dos, 1967-  
Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em plantio de enriquecimento de mata ciliar em restauração / Wander Laizo dos Santos. - Botucatu : [s.n.], 2014  
xiii, 112 f. : ils. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014  
Orientador: Giselda Durigan  
Inclui bibliografia

1. Árvores - Crescimento. 2. Competição (Biologia). 3. Floresta - Restauração. 4. Ecologia das florestas tropicais. 5. Recuperação ecológica. I. Durigan, Giselda. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**  
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

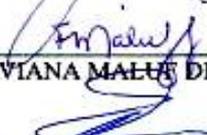
**TÍTULO: "CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM  
PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE MATA CILIAR EM  
RESTAURAÇÃO"**

**ALUNO: WANDER LAIZO DOS SANTOS**

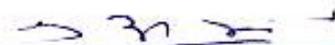
**ORIENTADORA: PROFA. DRA. GISELDA DURIGAN**

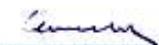
Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. GISELDA DURIGAN

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. FLAVIANA MALUF DE SOUZA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. MARIA JOSÉ BRITO ZAKIA

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. VERA LEX ENGEL

Data da Realização: 19 de dezembro de 2014.

## AGRADECIMENTOS

Chego ao final deste estudo diferente de quando comecei esta jornada há cerca de 4 anos. Foi uma importante oportunidade de aprendizado, descobertas e mudanças em minha vida profissional e também pessoal. Este projeto de pesquisa me permitiu descobrir um pouco mais no campo científico e nas relações pessoais. Relações pessoais que trouxeram um novo olhar para minha vida, fizeram-me reafirmar que não somos simplesmente a soma de partes. Com certeza o Wander que chega ao final deste ciclo está mais "enriquecido". Para isso, tive o prazer de partilhar essa caminhada com muitas pessoas que vieram somar e foram vitais para que eu conquistasse meu objetivo e instituições que deram suporte à realização da pesquisa. Agradeço, portanto, a todos:

À minha orientadora, Giselda, que aceitou me orientar neste projeto, proporcionando este caminho de descobertas. É muito bonito ver sua paixão pela ciência, sua disponibilidade em ajudar até em situações corriqueiras ou nem sempre ligadas ao trabalho. Exigente como deve ser para quem busca um bom trabalho, mas sempre deixou o caminho livre para o diálogo. Fico extremamente contente em ter conhecido um pouco da Giselda por trás da lenda e ver que a pessoa é muito maior.

À UNESP (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Botucatu, FCA, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Instituição que me proporcionou subir mais esse degrau profissional.

Aos Professores das disciplinas cursadas, que mostraram caminhos, provocaram discussões, levantaram questões e se mostraram acessíveis. Aos demais profissionais da universidade, que sempre ajudaram no cumprimento de prazos de documentação, especialmente à Rosângela (Rô) (secretária do Departamento de Ciência Florestal) e Taynan (secretária da Pós-graduação Ciência Florestal).

À Professora Vera Lex, que colocou seu laboratório (LERF) sempre à disposição, importante acolhida durante todo tempo em que estive em Botucatu.

A todos os "Lerfianos originais", que proporcionaram um ótimo ambiente.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), instituição responsável pelo apoio financeiro, por meio da bolsa de doutorado, que me permitiu dar uma pausa no trabalho remunerado para poder me dedicar ao projeto de pesquisa.

Ao Sr. Sérgio Carvalho de Moraes, proprietário da fazenda Novo Destino, onde foram realizados os plantios de restauração e, depois o plantio de enriquecimento do presente estudo. Grande entusiasta e parceiro em ações de restauração florestal das APPs da propriedade, sempre procurou se interar sobre o projeto. Manteve-se à disposição para qualquer ajuda que eu precisasse.

Ao gerente da fazenda Novo Destino, Carlos, sempre atendendo a meus pedidos, socorrendo de imediato para que o projeto pudesse ser implantado e desenvolvido.

Ao sub-gerente da Fazenda Novo Destino, José Júlio, pelo auxílio na ocasião dos plantios das mudas, sempre interessado em ajudar.

Aos funcionários da fazenda Rogério, Antonio Eusébio, Valdeci, Isaias, Davi, Valmir e Isaias Jr., que realizaram o transporte das mudas do viveiro do Instituto Florestal em Assis para a fazenda em Tarumã, e Paulo, Harrison, Josimar, Douglas, Marcos e Isaias Jr., que foram verdadeiros guerreiros, fazendo o plantio das 2.000 mudas do experimento em cerca de 4 dias, respeitando a forma de plantio e propondo soluções para dinamizar o trabalho.

Ao Éliton, grande companheiro me ajudando na marcação de todos os pontos onde seriam plantadas as mudas e no trabalho árduo que foi fazer o anelamento das árvores selecionadas para morte em pé. Enfrentou situações bem complicadas ao me ajudar. Sua participação foi além de uma ajuda em campo, mostrando-se um grande amigo.

Aos então estagiários Dimitrio, Taís e Diego, que cumpriam seus estágios de graduação no Instituto Florestal e me ajudaram na primeira coleta de dados e colocação das plaquetas numeradas em cada uma das 2.000 mudas plantadas. Foi um trabalho exaustivo, mas em que participaram com vontade.

À Keila, pela ajuda importantíssima durante a coleta dos dados de área basal e densidade de regenerantes nas áreas dos plantios, trabalho que beirou a exaustão, mas no qual ajudou sem esmorecer e trouxe boas ideias para que o trabalho fosse agilizado.

Aos funcionários do Instituto Florestal Edson (Alemão) e Nelson, que ajudaram na coleta de solo para cálculo de umidade. Sempre bem humorados e o trabalho realizado com precisão.

À Dona Fátima, responsável pela hospedaria da Floresta Estadual de Assis, onde fiquei “morando” por 4 meses, e fez de tudo para que eu me sentisse à vontade, como se estivesse em casa.

Ao Adriano, funcionário do Instituto Florestal, que me ajudou nas quatro últimas coletas de dados de sobrevivência e crescimento da mudas, e na coleta dos dados de área basal e densidade de regenerantes. Não consigo imaginar outra pessoa para me ajudar em campo neste trabalho gigantesco que realizamos, que durou 28 dias inteiros em campo. Seu bom humor, boas ideias, rendimento fantástico no trabalho, será alguém que levarei como amigo.

À Eliane Honda, pesquisadora no Instituto Florestal, sempre disposta a ajudar fornecendo informações importantes para a tese e também ajuda na relação diária em problemas pessoais. Sem esquecer, é claro, dos chás muito bem vindos que fizeram aliviar os dias de trabalho.

Ao Melo, pesquisador do Instituto Florestal, que ajudou com paciência e boa vontade ensinando na etapa de análises dos dados e na decisão dos caminhos pelos quais os resultados poderiam ser trabalhados. Contribuiu também com sua visão empolgante sobre a ciência e cultura em geral, sem falar no senso de humor, que quebrava a dureza de muitos dias ininterruptos de trabalho. Profissional para servir de espelho, sempre me atendendo em tudo que precisei.

Aos colegas pós-graduandos Beatriz, Mário e Marcio, pela ótima convivência no Laboratório de Ecologia e Hidrologia Florestal, da Floresta Estadual de Assis, sempre prontos a ajudar e proporcionando boas conversas que trouxeram alívio em algumas situações e novas visões sobre as coisas.

Ao colega Augusto (Guto), pela viagem inesquecível ao acompanhá-lo em sua coleta de dados em campo. Foram mais de 20 dias conhecendo Unidades de Conservação do litoral Paulista. Oportunidade de grande aprendizado profissional e na mesma proporção em aprendizado pessoal. Pessoa rara e um amigo.

Ao pessoal de Botucatu: Rita, sempre disposta a resolver problemas, ajuda além do que foi pedido. Leonardo, com quem aprendi muito no estágio de docência, batalhador e com senso de humor "particular". Diego, exemplo pelo seu compromisso profissional e convivência tranquila. Gisele, pela sensibilidade em olhar as pessoas e exemplo de dedicação ao trabalho. Deivid, bem humorado, pronto para ajudar e comprometido com o trabalho. Daniele, pelo acolhimento espiritual, pela facilidade de se

aproximar e que esteve presente em momentos importantes. Fico contente em olhar hoje e ver que meu círculo de amigos aumentou durante este doutorado. Agora vejo como foram importantes as conversas, o compartilhamento das dúvidas e alegrias. Vejo como tudo isso ajudou em meu crescimento pessoal e no desenvolvimento do trabalho.

À Geissianny, pela ajuda em momentos cruciais, fazendo com que eu pudesse continuar caminhando. Concluir este ciclo tem muito da sua ajuda e também em me manter equilibrado em algumas situações complicadas. Conterrânea que o destino quis que dividíssemos a caminhada mais uma vez. Gratidão e amizade.

Aos amigos que facilmente chamo de irmãos: Diego, Murilo, Fabrício, Aderildo e Rodrigo, que me ajudaram nos momentos certos e também com "puxões de orelha" necessários. Esses amigos me deram força e confiança que me impulsionam profissional e pessoalmente. Companheiros desde a graduação e uma irmandade formada.

À minha mãe Ruth, meu pai Jordivino, minha irmã Francine, meu cunhado Cesar e meu sobrinho Cesar Filho, membros da família que me apoiam e acreditam até mesmo quando não tenho tanta certeza. Família da qual tenho orgulho de fazer parte, base de toda a minha postura ética e de bom caráter.

A Deus, que proporcionou que meu caminho pudesse ser compartilhado com tantas pessoas boas e que me ensinaram muito. Sou diferente ao término desse doutorado porque somei o aprendizado com cada uma dessas pessoas.

## SUMÁRIO

|   |             |
|---|-------------|
| <b>AGRADECIMENTOS .....</b>   | <b>III</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>  | <b>X</b>    |
| <b>LISTA DE QUADROS.....</b>  | <b>XIII</b> |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>SUMMARY .....</b>  | <b>4</b>    |
| <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>   | <b>7</b>    |
| <b>OBJETIVOS .....</b>  | <b>14</b>   |
| <b>CAPÍTULO 01 - DESEMPENHO DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS EM<br/>PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE FLORESTAS EM RESTAURAÇÃO .....</b> | <b>15</b>   |
| <b>1.1- INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>15</b>   |
| <b>1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>  | <b>18</b>   |
| 1.2.1. Localização e características gerais da área de estudo.....  | 18          |
| 1.2.2. Desenho experimental.....  | 22          |
| 1.2.3. Blocos .....   | 22          |
| 1.2.4. Espécies selecionadas .....  | 23          |
| 1.2.5. Tratamentos .....  | 25          |
| 1.2.6. Operações de instalação dos experimentos.....  | 25          |
| 1.2.7. Coleta de dados .....  | 27          |
| 1.2.8. Análise de dados .....   | 28          |
| 1.2.8.1. Crescimento.....   | 28          |
| 1.2.8.2. Sobrevivência.....   | 29          |
| 1.2.8.3. Projeção de sobrevivência das espécies .....   | 29          |
| <b>1.3. RESULTADOS .....</b>  | <b>31</b>   |
| 1.3.1. Comparação de crescimento entre espécies a céu aberto .....  | 31          |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.3.2. Comparação de crescimento entre espécies no plantio de enriquecimento .....                                | 34        |
| 1.3.3. Comparação de crescimento a céu aberto e em plantio de enriquecimento .....                                | 36        |
| 1.3.4. Umidade do solo sob a floresta e a céu aberto.....   | 39        |
| 1.3.5. Sobrevivência das espécies em plantio de enriquecimento ao longo do tempo ....                             | 40        |
| 1.3.6. Comparação de crescimento entre técnicas de enriquecimento para o conjunto total de espécies .....         | 41        |
| 1.3.7. Comparação de crescimento entre técnicas de enriquecimento para cada espécie                               | 44        |
| 1.3.7.1. Crescimento em altura entre tratamentos .....  | 45        |
| 1.3.7.2. Crescimento em diâmetro de copa entre tratamentos.....   | 45        |
| 1.3.7.3. Crescimento em diâmetro de coleto entre tratamentos.....   | 46        |
| 1.3.8. Projeção de sobrevivência para cada espécie.....   | 47        |
| <b>1.4. DISCUSSÃO .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>1.5. CONCLUSÃO.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE COMPETIÇÃO. ....</b> | <b>55</b> |
| <b>2.1- INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>2.2- MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>58</b> |
| 2.2.1. Local de estudo .....  | 58        |
| 2.2.2. Desenho experimental e instalação.....   | 59        |
| 2.2.3. Coleta de dados .....  | 60        |
| 2.2.4. Análise de dados .....   | 60        |
| 2.2.4.1. Crescimento e competição .....   | 60        |
| 2.2.4.2. Mortalidade e competição .....   | 61        |
| <b>2.3. RESULTADOS .....</b>  | <b>62</b> |
| 2.3.1. Influência da competição sobre o crescimento das mudas .....   | 62        |
| 2.3.1.1. Área Basal como variável preditora de crescimento .....  | 62        |
| 2.3.1.2. Densidade de regenerantes arbóreos como variável preditora de crescimento .....                          | 63        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.1.3. Probabilidade de sobrevivência das mudas em função da competição .....  | 69        |
| <b>2.4. DISCUSSÃO .....</b>  | <b>72</b> |
| <b>2.5. CONCLUSÃO.....</b>   | <b>75</b> |
| <b>CAPITULO3: VARIAÇÃO ESTACIONAL NO CRESCIMENTO DE CINCO<br/>ESPÉCIES ARBÓREAS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO .....</b> | <b>76</b> |
| <b>3.1- INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>76</b> |
| <b>3.2- MATERIAL E MÉTODOS.....</b>  | <b>78</b> |
| 3.2.1. Local de estudo .....   | 78        |
| 3.2.2. Desenho experimental e instalação .....   | 79        |
| 3.2.3. Coleta de dados .....   | 80        |
| 3.2.4. Análise de dados .....  | 80        |
| 3.2.4.1. Crescimento e variação estacional .....   | 81        |
| 3.2.5. Precipitação pluviométrica mensal na região de estudo .....   | 81        |
| <b>3.3. RESULTADOS .....</b>   | <b>83</b> |
| 3.3.1. Crescimento em altura .....   | 83        |
| 3.3.2. Crescimento em diâmetro de copa.....  | 84        |
| 3.3.3. Crescimento em diâmetro do caule.....   | 85        |
| <b>3.4. DISCUSSÃO .....</b>  | <b>87</b> |
| <b>3.5. CONCLUSÃO.....</b>   | <b>90</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES SOBRE A UTILIZAÇÃO DE PLANTIOS DE<br/>ENRIQUECIMENTO NO CONTEXTO DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....</b>   | <b>91</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>94</b> |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estado de São Paulo, destacando a localização do município de Tarumã (a) e destaque do município de Tarumã, municípios vizinhos, fazenda Novo Destino e remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (b). ..... 19
- Figura 2. Imagem de satélite com o limite da Fazenda Novo Destino (linha preta) e as áreas de restauração já estabelecidas onde foi implantado o experimento de enriquecimento. Plantio a céu aberto (amarelo), Bloco 01 (verde claro), Bloco 02 (laranja), Bloco 03 (verde escuro), Bloco 04 (vermelho) e remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (rosa) (Imagem Google Earth, <sup>©2007</sup> Google <sup>TM</sup>). ..... 21
- Figura 3. Incrementos absolutos em plantio a céu aberto, para as variáveis: (a) altura (IA h), (b) diâmetro médio de copa (IA d copa) e (c) diâmetro do caule (IA d caule), de cinco espécies arbóreas, durante um período de 27 meses, em zona ripária no município de Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão. .... 33
- Figura 4. Incrementos absolutos em plantio de enriquecimento, para as variáveis: (a) altura (IA h), (b) diâmetro médio de copa (IA d copa) e (c) diâmetro do caule (IA d caule), de cinco espécies arbóreas, durante um período de 27 meses, em zona ripária no município de Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão. .... 35
- Figura 5. Incremento absoluto em altura (IA h) de cinco espécies arbóreas em plantio a céu aberto (plantio convencional) e em plantio de enriquecimento (sub-bosque). Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão. .... 37
- Figura 6. Incremento absoluto em diâmetro médio de Copa (IA d Copa) em plantio a céu aberto (plantio convencional) e em plantio de enriquecimento (sub-bosque), de cinco espécies arbóreas em plantio de restauração de mata ciliar, Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão. .... 38
- Figura 7. Incremento absoluto em diâmetro médio de Caule (IA d Caule) das cinco espécies arbóreas em plantio a céu aberto (plantio convencional) e em plantio de enriquecimento (sub-bosque) de mata ciliar em restauração, Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão. .... 39
- Figura 8. Umidade do solo em quatro ocasiões de coleta no interior do plantio de restauração (sub-bosque) e em plantio a céu aberto, em zona ripária, no município de Tarumã, SP. As letras ao alto de cada caixa representam as diferenças estatísticas entre os ambientes para uma mesma coleta. Letras diferentes sobre as caixas significam que há diferença nos valores de umidade entre os dois ambientes, pelo test t de student ao nível de probabilidade de 95%. .... 40
- Figura 9. Curvas de sobrevivência das mudas das cinco espécies arbóreas utilizadas em plantio de enriquecimento, durante 27 meses após o plantio, Tarumã, SP. .... 41

- Figura 10. Desempenho das mudas do conjunto total de espécies em cada tratamento de enriquecimento de matas ciliares em restauração para incremento em altura, em Tarumã, SP. ... 42
- Figura 11. Desempenho das mudas do conjunto total de espécies em cada tratamento de enriquecimento de matas ciliares em restauração para incremento em diâmetro de copa , em Tarumã, SP. .... 43
- Figura 12. Desempenho das mudas do conjunto total de espécies em cada tratamento de enriquecimento de matas ciliares em restauração para incremento em diâmetro do caule , em Tarumã, SP. .... 44
- Figura 13. Incremento Absoluto em diâmetro médio de copa (IA d copa) no período de 27 meses, de cinco espécies nativas em quatro técnicas de plantio de enriquecimento (Clareira aberta, sob árvore viva, entrelinhas e falha). Experimento realizado sob plantios de restauração de mata ciliar, no município de Tarumã, SP. Letras iguais sobre as barras de uma mesma espécie significam que não existe diferença entre os tratamentos a um nível de probabilidade de 95%. .... 46
- Figura 14. Curvas de sobrevivência das mudas de cinco espécies arbóreas utilizadas em plantio de enriquecimento sob matas ciliares em restauração, projetadas para um período de 20 anos com base nas taxas anuais de mortalidade, em Tarumã, SP. .... 47
- Figura 15. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro médio do caule (IA d Caule) de mudas plantadas de *P. rivularis* (n = 263) em plantio de enriquecimento de florestas em restauração e a área basal das árvores em um raio de 3 m ao redor da muda, em Tarumã, SP. ... 63
- Figura 16. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em altura (IA h) de indivíduos de *C. fissilis* (n = 65) plantados sob o dossel de mata ciliar em restauração e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor da muda (Tarumã, SP). .... 64
- Figura 17. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro médio de copa (IMA d Copa) de mudas plantadas sob o dossel de florestas em restauração e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor da muda. (a) *A. polyneuron* (n = 181) e (b) *M. peruiferum* (n = 228)..... 65
- Figura 18. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) das mudas de *A. graveolens* (n = 236) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas sob o dossel de florestas em restauração, em Tarumã, SP..... 66
- Figura 19. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) das mudas de *A. polyneuron* (n = 219) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP. .... 67
- Figura 20. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) das mudas de *C. fissilis* (n = 146) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP. .... 67

- Figura 21. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) de mudas de *M. peruiferum* (n = 250) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP. .... 68
- Figura 22. Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) de mudas de *P. rivularis* (n = 264) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP. .... 69
- Figura 23. Regressão logística entre a probabilidade de sobrevivência e a área basal dos indivíduos ao redor de cada muda plantada de cinco espécies arbóreas em plantio de enriquecimento. .... 70
- Figura 24. Regressão logística entre a probabilidade de sobrevivência e a densidade de indivíduos ao redor de cada muda plantada de cinco espécies arbóreas em plantio de enriquecimento. .... 71
- Figura 25. Dados de precipitação pluviométrica mensal registrados nos períodos de estudo: inverno (abril a setembro 2013) e verão (outubro 2013 a março 2014) e médias mensais históricas para a região. .... 82
- Figura 26. Incremento Absoluto em altura (IA h) nos períodos do verão e inverno para cada uma das espécies plantadas: *Astronium graveolens* (n=219), *Aspidosperma polyneuron* (n=201), *Cedrela fissilis* (n=63), *Myroxylon peruiferum* (n=217) e *Plinia rivularis* (n=237). Letras iguais sobre as duas caixas da mesma espécie significam que não há diferença no crescimento entre verão e inverno, pelo test T de student ao nível de probabilidade de 95%. .... 84
- Figura 27. Incremento Absoluto em diâmetro médio de copa (IA d Copa) nos períodos de verão e inverno de cada uma das espécies plantadas: *Astronium graveolens* (n=185), *Aspidosperma polyneuron* (n=182), *Cedrela fissilis* (n=85), *Myroxylon peruiferum* (n=225) e *Plinia rivularis* (n=228). Letras iguais sobre as duas caixas da mesma espécie significam que não há diferença no crescimento entre verão e inverno, pelo test T de student ao nível de probabilidade de 95%. .... 85
- Figura 28. Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) nos períodos do verão e inverno para cada uma das espécies plantadas: *Astronium graveolens* (n=237), *Aspidosperma polyneuron* (n=220), *Cedrela fissilis* (n=144), *Myroxylon peruiferum* (n=250) e *Plinia rivularis* (n=263). Letras iguais sobre as duas caixas da mesma espécie significam que não há diferença no crescimento entre verão e inverno, pelo test T de student ao nível de probabilidade de 95%. .... 86

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1: Espécies utilizadas em experimento de enriquecimento sob plantios de restauração de mata ciliar (Tarumã, SP), caracterizadas pelos seus atributos.....   | 24 |
| Quadro 2: Dados de precipitação durante os períodos de inverno e verão em que foram realizadas os registros de crescimento das mudas plantadas (Raízen - Unidade produtora de Tarumã-SP, fazenda Nova América) e médias mensais históricas para a região (CIIAGRO, 2014). .... | 82 |

CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE MATA CILIAR EM RESTAURAÇÃO. Botucatu, 2014, 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, universidade Estadual Paulista.

Autor: WANDER LAIZO DOS SANTOS

Orientadora: Dra. GISELDA DURIGAN

## RESUMO

Estudos têm demonstrado que a diversidade das florestas em restauração está, geralmente, aquém dos ecossistemas de referência, ou seja, da vegetação nativa pré-existente. Entre as possíveis alternativas para aumento da diversidade dessas florestas têm sido propostos plantios de enriquecimento. Porém, o desempenho das mudas de espécies arbóreas plantadas sob florestas em restauração ainda não foi testado experimentalmente. O objetivo do presente estudo foi avaliar comparativamente o crescimento e a sobrevivência de cinco espécies arbóreas nativas da Floresta Estacional Semidecidual na condição de plantio de enriquecimento sob o dossel das matas ciliares em restauração, buscando elucidar os fatores que influenciam o desempenho das espécies. Testamos três diferentes técnicas de enriquecimento (tratamentos), aplicadas a cinco espécies arbóreas nativas: cabreúva – *Myroxylon peruiferum*, cedro – *Cedrela fissilis*, peroba rosa – *Aspidosperma polyneuron*, guaritá – *Astronium graveolens* e piúna – *Plinia rivularis*, todas espécies não-pioneiras associadas a estádios mais avançados da sucessão. Efetuamos também plantio das mesmas espécies a céu aberto, como referência de qual seria o desenvolvimento das espécies em um plantio convencional. Os tratamentos de enriquecimento foram: Anelamento (plantio em pequenas clareiras pela morte em pé de árvores adultas), Falha (plantio nas falhas do plantio original) e Entrelinhas (plantio nas entrelinhas do plantio original). Para cada indivíduo plantado, no enriquecimento ou a céu aberto, foram coletados, ao final da estação seca e ao final da estação chuvosa, durante 27 meses, dados de altura, diâmetro de copa, diâmetro do coleto e mortalidade ao longo do tempo. Com base nesses dados foram calculados os incrementos absolutos em altura, diâmetro de copa e diâmetro do coleto e mortalidade ao longo do período de estudo. Para análises de crescimento e sobrevivência, todo o período de medições foi considerado. Para as comparações entre estação chuvosa e

estação seca, apenas dois períodos de seis meses foram considerados. Para auxiliar na compreensão dos fatores, além dos tratamentos e espécies, que poderiam influenciar o crescimento das mudas, quantificamos a área basal e a densidade de plantas ( $h > 1,30$  m) em um raio de 3 m ao redor de cada uma das mudas plantadas no enriquecimento. Os resultados apontam que, em geral, as cinco espécies crescem mais lentamente nos plantios de enriquecimento do que a céu aberto, mesmo sendo todas espécies de estágios avançados da sucessão, tolerantes à sombra. O incremento médio para o conjunto total de espécies em altura foi de 27,3 cm nos plantios de enriquecimento e 56,7 cm a céu aberto, para diâmetro de copa foi de 21,8 cm no plantio de enriquecimento e 46,2 cm a céu aberto, e para o diâmetro do coleto foi de 4,6 mm nos plantios de enriquecimento e 17,1 mm a céu aberto. Nos primeiros dois anos após o plantio, morreram 13,5% das mudas plantadas em enriquecimento e 30% das mudas plantadas a céu aberto, as últimas geralmente durante a roçada para controle de plantas daninhas. Entre os tratamentos de enriquecimento, quando se analisa o conjunto total de espécies, verifica-se que, em geral, o crescimento (copa e coleto) foi menor quando a árvore anelada não morreu, em comparação com o plantio nas falhas do plantio original. Houve grande variação entre as espécies, com o melhor desempenho em crescimento geralmente para *A. graveolens* e o pior para *P. rivularis*. Quando se analisa o desempenho de cada espécie nos diferentes tratamentos, surgem diferenças apenas para o crescimento de copa, em que *Cedrella fissilis* apresentou maior crescimento sob árvores aneladas mortas e *Myroxylon peruiferum* quando as mudas foram plantadas nas falhas do plantio original. Na comparação de crescimento entre o período de verão (outubro a março) e o período de inverno (abril a setembro) verificamos que, com exceção de *A. polyneuron* e *P. rivularis*, que cresceram mais no verão em altura, as demais diferenças foram para maior crescimento em copa (*C. fissilis* e *P. rivularis*) ou coleto (*M. peruiferum*, *A. polyneuron* e *A. graveolens*) no inverno, sem diferenças para as demais variáveis e espécies. Considerando que os dois períodos analisados foram, na realidade, chuvosos (as chuvas do inverno superaram consideravelmente as médias históricas), as diferenças observadas devem ser relacionadas com a caducifolia associada à queda de temperatura e luz incidente no período de inverno, que faz aumentar a disponibilidade de luz no sub-bosque, beneficiando as mudas plantadas. A área basal das árvores ao redor das mudas plantadas não explica o ritmo de crescimento das mudas, exceto para *P. rivularis*, que apresentou maior incremento em diâmetro do coleto quanto maior a biomassa arbórea ao seu redor. No entanto, a densidade de indivíduos em regeneração ao redor de cada muda

influenciou negativamente o crescimento de todas as espécies. Entre as variáveis de tamanho analisadas, o coleto foi que apresentou padrão mais consistente (todas as espécies crescem menos quanto maior a densidade ao seu redor), seguido da copa (a densidade influenciou negativamente o crescimento das mudas de *A. polyneuron* e *M. peruiferum*). Para altura, o cedro cresceu menos quanto maior a densidade de plantas ao seu redor. Embora a competição com as plantas já existentes na floresta em restauração tenha ocasionado diminuição no crescimento das mudas de todas as espécies, a morte dos indivíduos não se mostrou relacionada com a densidade e nem com a área basal ao seu redor, pelo menos durante os dois anos de observações. O que se verifica em uma análise global dos resultados é que as espécies utilizadas, tolerantes à sombra, não apresentaram taxa de mortalidade elevada nos primeiros dois anos após o plantio. Porém, embora tolerantes à sombra, todas as espécies crescem lentamente sob o dossel já existente. As análises realizadas indicam que o fator que limita o crescimento das mudas é a baixa disponibilidade de luz, evidenciada pela ligeira vantagem em crescimento nos tratamentos em que o dossel era menos compacto (falha no plantio original ou clareira induzida pelo anelamento de árvore plantada) e, especialmente, pela correlação negativa entre o crescimento das mudas e a densidade de plantas ao seu redor. Uma vez que a disponibilidade de luz é o fator limitante para o crescimento das mudas, o sucesso de plantios de enriquecimento depende da aplicação de técnicas de manejo que aumentem a entrada de luz para as mudas plantadas, tais como a abertura de clareiras no dossel (poda ou desbaste das árvores plantadas) ou a diminuição da densidade de espécies dominantes no sub-bosque (raleação).

**Palavras-chave:** competição, manejo adaptativo, restauração ecológica, restauração florestal, riqueza da comunidade.

GROWTH AND SURVIVAL OF TREE SPECIES IN ENRICHMENT PLANTING OF RIPARIAN FOREST RESTORATION. Botucatu, 2014, 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, universidade Estadual Paulista.

Author: WANDER LAIZO DOS SANTOS

Adviser: Dra. GISELDA DURIGAN

## SUMMARY

Studies have shown that the diversity of tropical forests undergoing restoration has not reached the expected values compared to the pre-existing native vegetation (reference ecosystems). Aiming at to increase de number of species in these forests, enrichment plantings have been recommended. The performance of seedlings of tree species planted under the canopy of forests under restoration, however, has not yet been tested experimentally. In this study, we aimed at comparatively evaluate growth and survival of nursery-raised seedlings of five native species of Tropical Semideciduous Forest, planted under the canopies of riparian forests being restored. We aimed also to elucidate the factors, besides the enrichment technique, influencing the performance of the species. We tested three different enrichment techniques (treatments) applied to five native tree species: *Myroxylon peruiferum*, *Cedrela fissilis*, *Aspidosperma polyneuron*, *Astronium graveolens* and *Plinia rivularis*, all non-pioneer species associated with late successional stages. We also analyzed the same species growing in the open, as a reference for what would be the development of species in conventional plantings. Enrichment treatments were: Girdling (planting in small clearings under mature trees which were deliberately killed by girdling and applying herbicide), Failure (planting in the lines, where the trees from the original planting were dead) and between lines of the original planting. For each individual planted in the open or enrichment, at the end of the dry season and at the end of the rainy season, during 27 months, we collected the following data: status (dead or alive), height, canopy diameter and stem diameter at the base. Based upon these data we calculated absolute increase in height, crown diameter and stem diameter, as well as mortality over time. For analysis of growth and survival, the entire period was considered (27 months). For comparisons between rainy season and dry season, only two periods of six months were considered. Searching for the factors, besides treatments and species, which could

influence seedling growth, we quantified basal area and plant density ( $h > 1.30$  m) in a radius of 3 m around each seedlings planted in enrichment. The results indicate that, in general, even being late successional and shade tolerant, the five species grew more slowly in the enrichment planting than in the open. The average increase for the species altogether in height was 27.3 cm in the enrichment planting and 56.7 cm in the open, crown diameter was 21.8 cm in the enrichment planting and 46.2 cm in the open, and the stem diameter increased 4.6 mm in the enrichment planting and 17.1 mm in the open. After two years, 13.5% of seedlings in the enrichment planting have died and 30% in the open, the last most accidentally during maintenance operations. Among the treatments of enrichment, when considering the total number of species, in general, growth (crown and stem diameter) was lower when the anneled tree has not died, compared to planting in the failures. There was wide variation among species, with the best performance in growth for *A. graveolens* and the worst for *P. rivularis*. When analyzing the performance of each species in different treatments, differences arise only for canopy growth, where *Cedrella fissilis* grew faster under killed trees (small gaps) and *Myroxylon peruiferum* when the seedlings were planted in the failures of the original planting. Comparing growth between the rainy season (October to March) and the dry season (April to September) we found that, except for *A. polyneuron* and *P. rivularis*, which grew more in the rainy season, other differences corresponded to growing more in the dry season (*Cedrela fissilis* and *P. rivularis* in canopy size, *M. peruiferum*, *A. polyneuron* and *A. graveolens* in stem diameter). No differences were found for the other variables and species. Whereas the two analyzed periods were actually wet (winter rains significantly exceeded historical averages), the observed differences should be related to deciduousness due to low temperatures and light incidence in the winter, which increases the availability of light in the understory, benefitting the seedlings planted in the enrichment. The basal area of trees around the planted seedlings does not explain the growth rate of seedlings, except for *P. rivularis*, which showed greater increase in stem diameter the greater the tree basal area around. However, the density of tree individuals ( $h > 1.3$  m) around each seedling planted has negatively influenced the growth of all species. Among the size variables examined, was the stem diameter that showed more consistent pattern (all species grow less the higher the density around the seedling), followed by the crown diameter (the density negatively affected the growth of seedlings of *A. polyneuron* and *M. peruiferum*). *Cedrella fissilis* grew less in height the higher the density of plants around them. Although competition

from existing plants in the forest restoration has caused a decrease in the growth of seedlings of all species, their death was not related to density and not with the basal area around it, at least for the two years of observations. What occurs in an overall analysis of the results is that the species used, all shade tolerant, did not show an increased mortality rate in the first two years after planting. Even shade-tolerant, however, all species grow slowly under the existing canopy. The analyzes indicate that the factor limiting seedling growth is the low light availability, as evidenced by the slight advantage in growth in treatments where the canopy was less compact (failures in the original planting or clearing induced by girdling the tree planted) and especially by the negative correlation between the growth of seedlings and plant density around it. Since this study showed that light availability is the factor that limits the growth of seedlings, for enrichment plantings to be successful management practices that increase light penetration to the planted seedlings are necessary, such as opening clearings in the canopy (pruning or thinning the planted trees) or decreasing the density of dominant species in the understory (thinning plants in the understory).

Keywords: competition, adaptive management, ecological restoration, forest restoration, community richness.

## INTRODUÇÃO GERAL

Segundo a cartilha da Sociedade Internacional de Restauração Ecológica – o chamado Primer da SER (Society for Ecological Restoration, 2004), a Restauração Ecológica é um processo de apoio à recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado, transformado ou completamente destruído como resultado direto ou indireto das atividades humanas. A Restauração Ecológica é uma atividade intencional que desencadeia ou acelera a recuperação de um ecossistema (saúde, integridade e sustentabilidade).

No Brasil, a legislação ambiental se utiliza da Restauração Ecológica para que obrigações ambientais estabelecidas pelas leis possam ser cumpridas. Segundo a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 (que substituiu o Código Florestal), a restauração deve ser utilizada para recompor a vegetação em duas condições principais dentro de uma propriedade:

*Área de Preservação Permanente (APP): área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações*

*humanas. Nestas áreas não pode haver nenhum tipo de atividade humana, sendo passível de multas e obrigações legais;*

*Reserva Legal (RL): área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. Área destinada, de acordo com a decisão do proprietário e concordância do órgão ambiental, à exploração de maneira sustentável. Manejo sustentável é a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.*

Plantios de enriquecimento são utilizados como ferramenta complementar no contexto da restauração de ecossistemas degradados. O objetivo da técnica é reintroduzir espécies vegetais que foram suprimidas da comunidade pelos mais variados motivos (antrópicos ou naturais). A Restauração Ecológica, por meio do enriquecimento, busca assim promover o ganho em número de espécies com o plantio de mudas para assegurar uma comunidade com alta riqueza (KUPTZ & GRAMS, 2010). A justificativa é baseada em duas linhas principais:

- Enriquecimento para exploração sustentável de produtos madeireiros e não madeireiros. Neste caso as espécies vegetais introduzidas são monitoradas e manejadas para alcançarem alta taxa de sobrevivência e potencializar o incremento em crescimento. O manejo geralmente é realizado por meio de abertura de grandes clareiras ou faixas para a regulação de recursos abióticos em favorecimento das mudas plantadas e redução da competição com a vegetação do entorno (HALL, 2008).

- Enriquecimento com finalidade ecológica. Aqui as espécies vegetais são introduzidas em uma comunidade sem que qualquer exploração comercial seja desenvolvida. As mudas plantadas que sobreviverem e crescerem permanecem durante todo seu ciclo de vida, cumprindo suas funções ecológicas (SANTOS, 2008).

As técnicas de enriquecimento com finalidade de exploração são as que mais se aproximam do que é pretendido para a Reserva Legal em uma propriedade rural. O enriquecimento ecológico, uma vez que é baseado em mínima intervenção (praticamente apenas com o plantio das mudas), seria mais desejável para restauração de APPs.

A ideia de enriquecer florestas tropicais ganhou força na primeira metade do século XX, com metodologias sendo desenvolvidas principalmente nas regiões tropicais da África e da América, em virtude da crescente demanda por produtos madeireiros. Assim, o enriquecimento nasceu com um forte viés para exploração comercial de madeira.

Nas florestas tropicais, a técnica mais usual de enriquecimento é a abertura de linhas ou faixas no interior de uma floresta já existente para o plantio (semeadura ou mudas) de espécies com valor econômico. A definição de quais espécies serão plantadas e de qual o diâmetro mínimo para o corte das árvores deve ser feito no início do planejamento. Nesta etapa, um desafio é projetar qual o tamanho da copa das árvores no futuro, para reduzir a competição e planejar o espaçamento entre as plantas, visando selecionar as que obtiverem melhor forma e crescimento. A manutenção das linhas ou faixas de plantio consiste em retirar (capina, envenenamento ou anelamento) árvores sem valor comercial e plantas daninhas (SCOLFORO, 1998).

O plantio de enriquecimento, embora com longo histórico, é pouco compreendido e muitas vezes desmerecido como técnica de manejo e exploração florestal, em decorrência da grande variedade de termos que são associados com o método. Não há definições muito precisas e muitas iniciativas, por técnicas diversas, resultaram em fracassos com custos elevados. Dentre as inúmeras técnicas de enriquecimento existentes, algumas são mais difundidas, destacando-se as descritas a seguir, com base em ampla revisão realizada por Weaver (1987):

- *Plantio em linhas*: nesta técnica os plantios são realizados em faixas com larguras que variam de 2 a 6 m de largura no interior de fragmentos florestais degradados. As mudas das espécies de valor econômico são plantadas nestas faixas abertas. Podem ser aproveitadas as estradas abertas para exploração florestal e as trilhas de arraste da madeira cortada como faixas de plantio de enriquecimento. O *Recrú*, uma das técnicas

de plantio em linhas mais empregada, consiste no plantio de mudas de interesse comercial em faixas abertas no interior do fragmento florestal nativo, onde há a eliminação total dos indivíduos regenerantes e retirada dos indivíduos maiores sem valor econômico para reduzir a competição com as mudas plantadas.

- *Limba*: técnica desenvolvida na Venezuela que consiste na eliminação dos indivíduos do sub-bosque da floresta e posterior queima controlada. Árvores do dossel não desejáveis são eliminadas posteriormente por envenenamento. Após todo o tratamento são realizados os plantios de enriquecimento em linhas.

- *Mafuku mounds*: galhos, estacas e toras são empilhadas em vários montes e queimados. Após a queima as mudas das espécies de interesse são plantadas no centro dos montes para que se desenvolvam.

- *Grupos Anderson*: as mudas das espécies de interesse são plantadas em grupos com espaçamento de 0,5 a 1,0 m entre os indivíduos e cada grupo de mudas estão distantes em até 10 m distribuídos pela área a ser enriquecida. Somente a muda com melhor desenvolvimento permanece. As demais são retiradas. Esta técnica assemelha-se à técnica de nucleação, onde a área a ser restaurada recebe plantios de mudas de espécies arbóreas dispostas em ilhas de plantio.

- *Plantio em clareiras*: o plantio das espécies de valor econômico é realizado em clareiras abertas no fragmento florestal.

- *Plantio em sub-bosque*: técnica aplicada em fragmentos sob extração de madeira. São realizados plantios de enriquecimento no sub-bosque da floresta com o desbaste da vegetação regenerante para o controle do nível de sombreamento.

Às técnicas descritas por Weaver (1987), podem ser acrescentadas as seguintes, descritas por Scolforo (1998):

- *Mexicano*: foi desenvolvido em florestas ricas em mogno e cedro de Yucatán e é baseado no plantio por meio de sementeira. Dois gêneros de espécies arbóreas são utilizados: *Swietenia* (mogno) e *Cedrella* (cedro). A sementeira é realizada nas estradas de acesso e transporte abertas durante a exploração florestal

- *Caimital*: abertura de faixas e revolvimento do solo para desencadear a regeneração natural, que é conduzida selecionando as espécies de interesse.

O enriquecimento apresenta pontos positivos, tais como suprir em número e distribuição das espécies de interesse quando a regeneração natural é insuficiente; condução da regeneração natural de espécies de interesse; manejo e exploração restritos apenas às áreas pré-definidas. Porém, também há pontos negativos. Todas as operações silviculturais devem ser rigorosamente seguidas e é preciso monitoramento criterioso. O custo total por árvore estabelecida vai depender do estado da floresta (degradação) e, por isso, esta pode ser uma prática muito onerosa.

As práticas pioneiras de enriquecimento baseavam-se na abertura de linhas no interior da floresta nativa e no emprego de tratamentos culturais para favorecer o estabelecimento e desenvolvimento das espécies de interesse comercial (ADJERS et al., 1995; PEÑA-CLAROS et al., 2002). Porém, esta prática é muito impactante, tanto visualmente quanto ecologicamente, além do alto custo das operações silviculturais para manter geometricamente rígidas essas faixas extensas (SOVU et al. 2010). Aproveitando-se de florestas manejadas por meio da retirada planejada de árvores de valor madeireiro, houve uma adaptação do enriquecimento, aliado às práticas silviculturais, utilizando-se das clareiras abertas após exploração madeireira planejada de uma área. Não mais a abertura de faixas dentro do fragmento, mas o enriquecimento utilizando espécies de valor comercial, em especial madeireiro, para o plantio nas clareiras abertas (SCHULZE et al., 1994; LOPES et al., 2008; GOMES et al., 2010). O manejo por meio do enriquecimento, seja em faixas abertas na floresta nativa, seja em clareiras abertas pela exploração madeireira, comumente contempla espécies de crescimento mais lento (justamente as de interesse madeireiro) e o ciclo de exploração desses indivíduos plantados pode somente iniciar após 25 ou 35 anos. Mesmo assim, alguns autores consideram a prática recomendável para propriedades rurais ou como política pública na exploração sustentável de florestas nativas (KEEFE et al. 2009).

O plantio de enriquecimento é uma técnica que pode, teoricamente, tornar a floresta manejável e atrativa financeiramente para os proprietários de terra. O potencial e atratividade de plantios de enriquecimento tem tido aceitação independente de particularidades culturais e de ser aplicável em pequena ou grande escala, sendo consenso que são práticas benéficas (KEEFE et al., 2012). Contudo, o sucesso atribuído aos plantios

de enriquecimento é imprevisível, havendo exemplos de sucesso e outros em que a técnica falhou (KEEFE et al., 2012).

Técnicas de enriquecimento têm sido empregadas com maior frequência em fragmentos florestais nativos sobre-explorados, visando a reintrodução de espécies arbóreas de interesse comercial, ou também em áreas de florestas secundárias (MONTAGNINI et al., 1997). Porém, a técnica de enriquecimento exige monitoramento e manejo rigoroso, por isso seria melhor indicada para áreas pequenas ou médias. O custo elevado para estabelecimento e permanência dos plantios de enriquecimento nos primeiros anos é um complicador para a técnica (SCHULZE, 2008). Caso o interesse seja comercial, este complicador inicial poderia ser minimizado introduzindo indivíduos de espécies de curto ou médio ciclo de exploração. Outro fator complicador é a dificuldade de se promover condições ótimas de luz para indivíduos de cada espécie plantada, o que irá exigir do profissional responsável cuidado na escolha e conhecimento das espécies, no monitoramento e manejo para maximizar o desenvolvimento dos indivíduos plantados (MONTAGNINI et al., 1997; OLIVEIRA, 2000, SCHULZE, 2008).

Até o momento, pode ser observado um viés muito forte de exploração comercial vinculado à técnica de enriquecimento. Os estudos sobre o assunto, em sua maioria, são desenvolvidos em florestas secundárias e florestas nos mais diversos graus de perturbação que foram, estão ou serão exploradas comercialmente. Embora sejam empregados conhecimentos da ecologia, como, por exemplo, a dinâmica de clareiras, para aplicação da técnica de enriquecimento, o objetivo final, na maioria dos casos desde a origem da técnica, tem sido a exploração comercial dos indivíduos arbóreos plantados. Não pressupunha a permanência das mudas introduzidas para que fizessem parte da comunidade vegetal, completando seus papéis ecológicos. Em algum momento os indivíduos das espécies introduzidas seriam sempre retirados do sistema. Assim, em todos os sistemas de enriquecimento exemplificados anteriormente, o objetivo era sempre a introdução de espécies nativas com interesse madeireiro, comercial e às vezes permitindo o desenvolvimento dos regenerantes de espécies com algum interesse econômico. No contexto da restauração ecológica, o objetivo principal dos plantios de enriquecimento é a introdução de espécies vegetais em florestas degradadas sem que os indivíduos presentes na regeneração natural sejam retirados.

Técnicas de enriquecimento têm sido empregadas visando corrigir trajetórias de ecossistemas em restauração rumo a um estado desejável. O enriquecimento de ecossistemas em restauração visa promover a reintrodução, em uma área com uma estrutura florestal já estabelecida, espécies de ocorrência histórica na região, mas que por inúmeros fatores de degradação foram suprimidas (RONDON-NETO et al., 2011).

A ideia de se realizar plantios de enriquecimento com a finalidade de restauração ecológica ganhou força no Brasil em anos recentes, motivada por debates sobre as causas da baixa densidade e riqueza que têm sido constatadas sob plantios de restauração (BARBOSA et al., 2003). Enquanto alguns autores consideram que o problema pode estar na competição e, portanto, é preciso intervir no ecossistema eliminando indivíduos do estrato arbóreo para induzir o recrutamento (SUGANUMA, 2013a; ABREU et al., 2014; DURIGAN et al., 2013a, 2013b), outros autores consideram que bastaria realizar plantio de enriquecimento para restabelecer a riqueza e a densidade do sub-bosque das florestas em restauração (VENTUROLI et al., 2011a; RONDON-NETO et al., 2011; RODRIGUES et al., 2011).

Os poucos estudos existentes de enriquecimento para restauração pregam a aplicação da técnica por meio apenas do plantio das mudas no sub-bosque da floresta em restauração e se distanciam muito do que é praticado no enriquecimento de florestas para exploração madeireira de forma sustentável. A maioria dos resultados bem sucedidos de enriquecimento para exploração madeireira concluem que para aumentar as chances de sobrevivência e crescimento das mudas plantadas é necessário o monitoramento constante e o manejo visando à diminuição da competição por recursos promovida pela vegetação do entorno (MILLET et al., 2013).

Considerando a legislação ambiental vigente no Brasil, especialmente a nova lei florestal (Lei 12.651 de 25 de maio de 2012), o enriquecimento pode ser entendido como técnica de restauração de áreas de preservação permanente – APP, com caráter de aumentar a diversidade das florestas em restauração ou, no caso de Reservas Legais, com a finalidade de otimizar a exploração econômica de florestas restauradas ou preservadas nas propriedades. Em ambos os casos, a recomendação da técnica depende de estudos aprofundados, que até o momento não foram realizados no contexto da restauração florestal.

## **OBJETIVOS**

Esta pesquisa foi desenvolvida com os seguintes objetivos: 1) avaliar comparativamente o crescimento e a sobrevivência de cinco espécies arbóreas nativas da Floresta Estacional Semidecidual em três técnicas distintas de plantio de enriquecimento de matas ciliares em restauração; e 2) elucidar os fatores que influenciam o desempenho das espécies plantadas sob o dossel de florestas já existentes.

Hipóteses gerais:

- Sob a floresta plantada, a competição pode prejudicar o desempenho das mudas (sobrevivência e crescimento);
- O desempenho em condição de enriquecimento é variável entre espécies.

## **CAPÍTULO 01 - DESEMPENHO DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE FLORESTAS EM RESTAURAÇÃO**

### **1.1- INTRODUÇÃO**

As iniciativas de avaliação ecológica de ecossistemas em restauração e as observações em campo têm apontado para trajetórias nem sempre bem sucedidas, o que conduz à necessidade de ações de manejo visando retificar essas trajetórias (AIDE et al, 2000; SANSEVERO et al, 2011; DURIGAN et al., 2013a). As ações de manejo desencadeadas a partir de monitoramento recebem a denominação geral de Manejo Adaptativo, que se tornou uma linha de estudos e experimentação em outros países (SWEENEY et al., 2002; CUMMINGS et al., 2005; LAMB et al., 2005) e recentemente também no Brasil (DURIGAN et al., 2013a). O manejo adaptativo reconhece a existência de diferentes filtros ecológicos atuando em diferentes momentos da trajetória dos ecossistemas em restauração e pressupõe interferências gradativas, em função do estado do ecossistema em cada etapa. Há escassez de experimentos de manejo com o objetivo, por exemplo, de reduzir a competição, aumentar a diversidade, melhorar a condição de solo, acionar banco de sementes, com isso potencializar o estabelecimento das espécies e dar continuidade aos processos ecológicos.

No Brasil, tem sido comum a recomendação de plantios de enriquecimento para aumentar a diversidade de florestas em restauração ou suprir a ausência de regeneração natural do sub-bosque. Plantios de enriquecimento consistem na introdução de mudas de espécies desejadas sob florestas já existentes (GOMES et al., 2010; MILLET et al., 2013; NELSON et al., 2011). A ideia de se realizar plantios de enriquecimento com a finalidade de restauração ecológica ganhou força no Brasil em anos recentes, motivada por debates sobre as causas da baixa densidade e riqueza que têm sido constatadas no sub-bosque de plantios de restauração (BARBOSA et al., 2003). Enquanto alguns autores consideram que o problema pode estar na competição e, portanto, é preciso intervir no ecossistema eliminando árvores do estrato arbóreo para induzir o recrutamento (DURIGAN et al., 2013a, 2013b; SUGANUMA, 2013b; ABREU et al., 2014), outros autores consideram que bastaria realizar plantio de enriquecimento para restabelecer a riqueza e a densidade do sub-bosque das florestas em restauração (VENTUROLI et al., 2011a; RONDON-NETO et al., 2011; RODRIGUES et al., 2011). No entanto, pode-se considerar que as recomendações são especulativas, uma vez que não há dados experimentais consistentes demonstrando que a técnica é eficaz para solucionar os problemas de baixa diversidade ou densidade do sub-bosque de florestas em restauração.

Os raros estudos existentes sobre plantios de enriquecimento geralmente têm finalidades de exploração de produtos florestais, geralmente madeira. Plantios de enriquecimento têm sido indicados por vários autores como metodologia viável para a exploração madeireira de forma sustentável, quer seja por meio de faixas abertas no fragmento florestal para o plantio em linha das espécies de interesse (TANAKA e VIERA, 2006; SOUZA et al., 2010) ou por meio de clareiras abertas após extração madeireira (BERTONI e DICKFELDT, 2007; ROMELL et al., 2008). Além de exploração madeireira, há estudos que buscam no enriquecimento a introdução de espécies nativas frutíferas, visando a exploração de produtos não madeireiros (RICKER et al., 1999). Mesmo para exploração madeireira, porém, há estudos que não indicam o enriquecimento como técnica viável. Magnusson et al. (1999), em experimento conduzido no Amazonas, observaram que em áreas de exploração madeireira, a regeneração natural contemplava espécies de valor comercial, de modo que os autores não recomendam o enriquecimento. Omeja et al. (2009), em experimento realizado em Uganda (África), avaliaram a regeneração natural e o plantio de enriquecimento no sub-bosque de talhões de *Pinus* spp e concluíram que, pelos altos custos na implantação do enriquecimento, o potencial da

regeneração natural deve ser priorizado, principalmente se o objetivo não for a exploração comercial.

Ainda são raras as experiências de plantios de enriquecimento no Brasil, registradas na literatura, que não tenham como objetivo a exploração comercial. Os raros estudos existentes não comparam o crescimento das espécies em plantios de enriquecimento com o crescimento a céu aberto, ainda que os fatores mais comumente destacados na literatura pela sua influência sobre o estabelecimento e crescimento das mudas sejam a luz (TUOMELA et al., 1996; GANDOLFI et al., 2007) e a competição por água e nutrientes com a vegetação ao redor das mudas plantadas (VEENENDAAL et al., 1996; GERHARDT, 1996).

Este capítulo trata da experimentação de técnicas de enriquecimento, com espécies arbóreas de alto valor ecológico ou econômico, sob plantios de restauração de matas ciliares já estabelecidos, em região de Floresta Estacional Semidecidual. Além da limitação decorrente da baixa diversidade no plantio, as áreas em restauração encontram-se em paisagem fortemente fragmentada, com potencial supostamente baixo de colonização das comunidades a partir de áreas naturais remanescentes (SIQUEIRA, 2002; RIBEIRO et al., 2009). Considerando que essas duas circunstâncias diminuem as chances de aumento da riqueza por processos naturais (SIQUEIRA, 2002; SORREANO, 2002; SOUZA, 2005; VIANI et al., 2010), foi pensado o enriquecimento por meio de plantio de mudas. Considerando a legislação brasileira que trata da exploração econômica sustentável da Reserva Legal (Lei No 12.651, de 25 de maio de 2012), testar técnicas de enriquecimento se faz oportuno também sob o ponto de vista de valor econômico das florestas em restauração.

O objetivo deste capítulo foi avaliar comparativamente as espécies e as técnicas de enriquecimento com base no crescimento das mudas plantadas e na sua sobrevivência ao longo do tempo após o plantio. Testamos neste capítulo, as seguintes hipóteses:

- 1- Diferentes tratamentos, representando níveis de competição, resultam em crescimento distinto para uma mesma espécie;
- 2- O desempenho em crescimento e sobrevivência difere entre espécies.

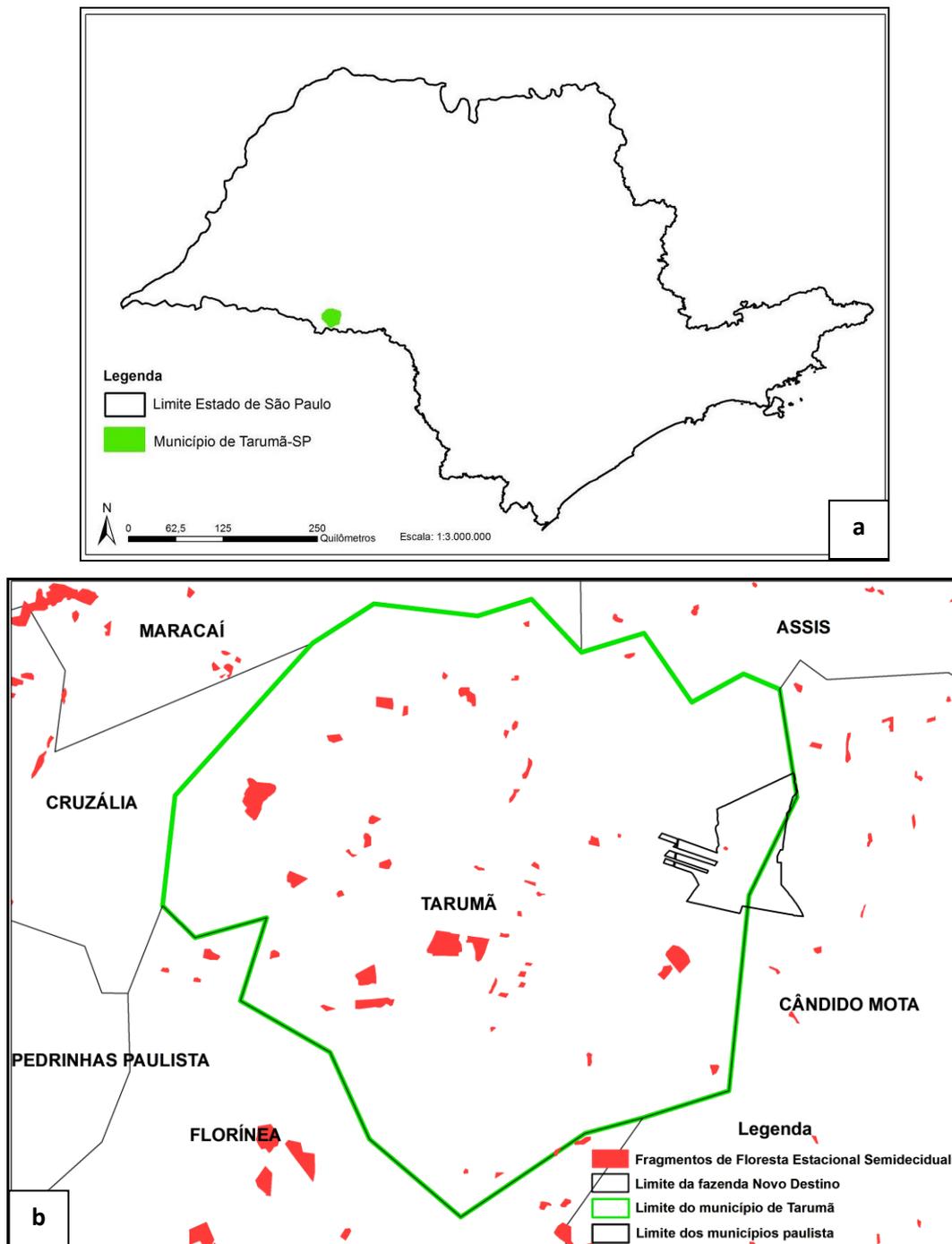
## **1.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.2.1. Localização e características gerais da área de estudo**

As áreas experimentais estão localizadas no município de Tarumã-SP (Figura 1a), na fazenda Novo Destino (coordenadas 22°44'56''S e 50°31'01''W) (Figura 1b), que é uma propriedade particular voltada à produção agrícola. A vegetação nativa da região era Floresta Estacional Semidecidual (MONTEIRO-FILHO et al., 2012), restando poucos remanescentes, sendo a cobertura florestal do município atualmente inferior a 2% (KRONKA et al., 2005; MMA, 2009) (Figura 1b). A área basal média das matas ciliares naturais nessa região é de 28 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (SUGANUMA et al., 2013a). As áreas em restauração que foram objeto deste estudo localizam-se ao redor das nascentes e ao longo das margens do córrego da Aldeia, afluente de primeira ordem do rio Paranapanema (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHi 17). A propriedade localiza-se nas proximidades da divisa entre os estados de São Paulo e Paraná, em altitude aproximada de 420 m (SIGRH, 2014; PRELA-PANTANO et al., 2009) em zona ripária (mata ciliar).

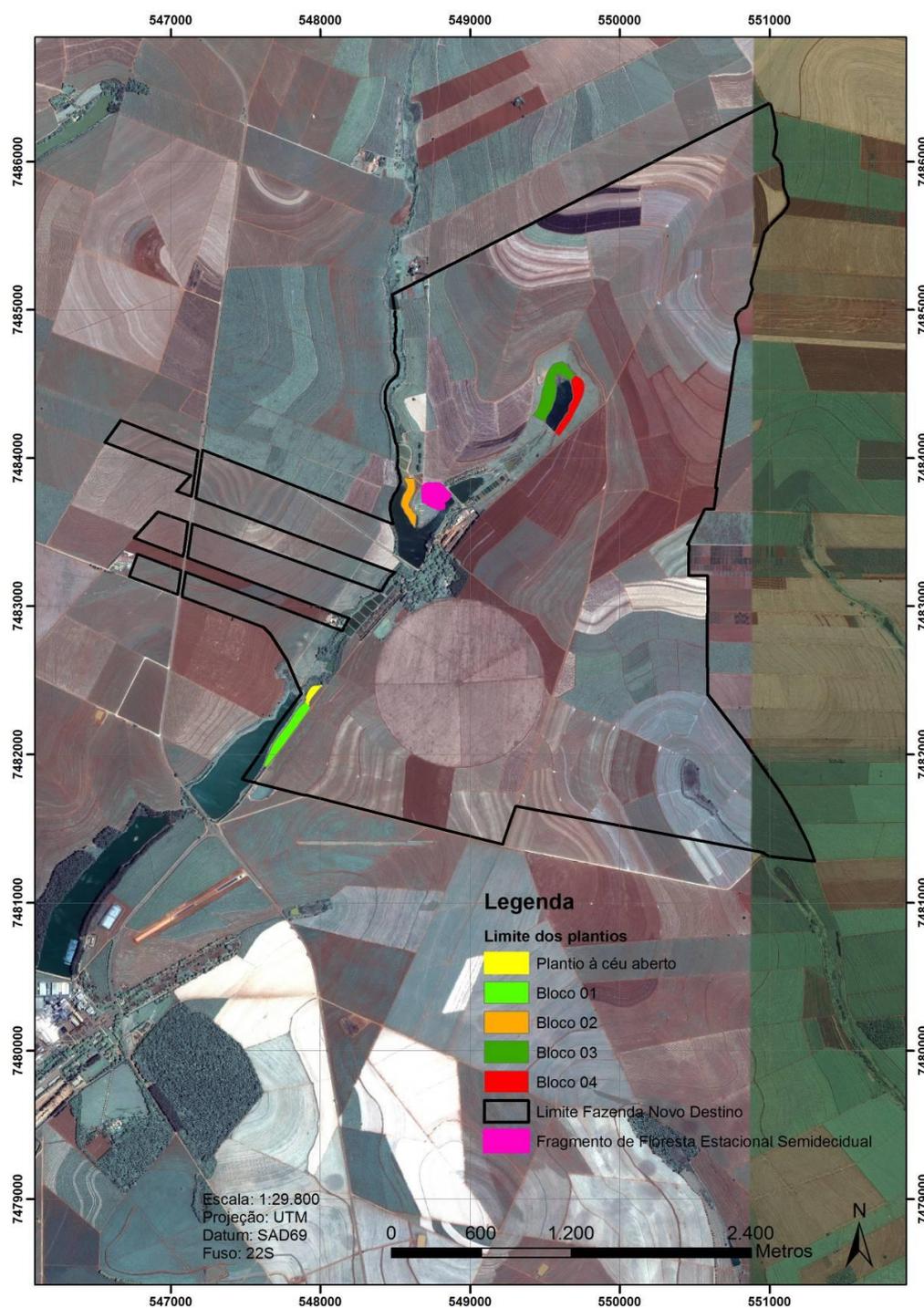
O município de Tarumã está localizado em região climática Cfa, segundo classificação de Köppen (1948), ou seja, clima mesotérmico, com chuvas

concentradas no verão, sujeito a geadas esporádicas. As médias anuais registradas no município vizinho de Cândido Mota apresentam precipitação de 1.249 mm e temperatura média anual de 22,3° C (SENTELHAS et al. 2003). O solo na propriedade é do tipo Latossolo Roxo Eutrófico, profundo, argiloso e de alta fertilidade (registros da propriedade).



**Figura 1.** Estado de São Paulo, destacando a localização do município de Tarumã (a) e destaque do município de Tarumã, municípios vizinhos, fazenda Novo Destino e remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (b).

O uso da terra em toda a propriedade, foi o cultivo de grãos durante algumas décadas. Atualmente, as áreas em restauração são circundadas por plantações de cana-de-açúcar (Figura 2), havendo um pequeno fragmento de floresta nativa, com área ao redor de dois hectares, próximo às áreas em restauração. O plantio original visando à restauração florestal foi efetuado em três etapas (1992, 1996 e 2004), em glebas distintas, que haviam sido utilizadas para o cultivo de grãos durante algumas décadas. Foram plantadas cerca de 30 espécies arbóreas nativas da região, em espaçamento 3 x 2 m, ocupando área total aproximada de 60.000 m<sup>2</sup>.



**Figura 2.** Imagem de satélite com o limite da Fazenda Novo Destino (linha preta) e as áreas de restauração já estabelecidas onde foi implantado o experimento de enriquecimento. Plantio a céu aberto (amarelo), Bloco 01 (verde claro), Bloco 02 (laranja), Bloco 03 (verde escuro), Bloco 04 (vermelho) e remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (rosa) (Imagem Google Earth, ©2007 Google™).

### 1.2.2. Desenho experimental

O experimento de enriquecimento foi desenhado em quatro blocos ao acaso, em experimento fatorial em dois níveis de variação, quais sejam: cinco espécies e três tratamentos, descritos a seguir. Para cada tratamento, dentro de cada bloco, foram plantadas 25 mudas de cada uma das cinco espécies. A distância mínima entre mudas de uma mesma espécie, independentemente dos tratamentos, foi de 6 m.

Um segundo experimento foi instalado a céu aberto, com 25 réplicas (indivíduos) de cada espécie, em blocos ao acaso (4 blocos, cada um com 25 mudas de cada espécie). Este experimento teve como finalidade gerar valores de referência para o crescimento potencial das espécies sem a influência da competição oferecida pelas árvores plantadas. O plantio a céu aberto foi instalado em área de 0,48 ha, em espaçamento 3 x 2 m, em zona ripária não reflorestada, abandonada por cerca de cinco anos antes da implantação do experimento, localizada adjacente ao setor de 16 anos (Bloco 01).

### 1.2.3. Blocos

O estudo de enriquecimento foi instalado em quatro blocos. Os blocos consistem em plantios de restauração já existentes, com idades distintas. Em estudo baseado em amostragem realizada em 2010, um ano antes do plantio de enriquecimento, a área basal da comunidade nas áreas em restauração era de 18 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Blocos 03 e 04), 26 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Bloco 01) e 32 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Bloco 02) (SUGANUMA, 2013a). Considerando que os diferentes setores, com área basal distinta, poderiam apresentar níveis de competição diferenciados, foram tratados como blocos neste estudo, sendo que dois blocos com a mesma idade (03 e 04), diferem pela posição em relação à margem (direita ou esquerda do córrego).

Os plantios de restauração correspondentes a cada bloco são descritos a seguir:

*Bloco 01* - ocupa 2,88 ha, o plantio original foi realizado em 1996, completos 16 anos de idade na ocasião do plantio das mudas do presente estudo. Fisionomia florestal com dossel contínuo e cerca de 20 m de altura;

*Bloco 02* - ocupa 1,78 ha, o plantio original foi realizado em 1992, completos 20 anos de idade na ocasião do plantio das mudas do presente estudo. Fisionomia florestal com dossel contínuo e cerca de 15 m de altura;

*Bloco 03* - ocupa 2,43 ha, o plantio original foi realizado em 2004, completos oito anos de idade na ocasião do plantio das mudas do presente estudo. Apresenta dossel contínuo, com cerca de 15 m de altura;

*Bloco 04* - ocupa 3,88 ha, o plantio original foi realizado em 2004, completos oito anos de idade na ocasião do plantio das mudas do presente estudo. Fisionomia florestal com dossel contínuo e cerca de 15 m de altura.

#### **1.2.4. Espécies selecionadas**

A escolha de espécies para o plantio experimental foi feita a partir de alguns requisitos básicos: deveriam ser espécies arbóreas nativas da região (o objetivo da restauração é obter floresta semelhante às preexistentes), longevas (a meta é que venham a compor o dossel no futuro), tolerantes à sombra (aptas, portanto, a sobreviver sob o dossel), que não tivessem sido plantadas (deveriam aumentar a riqueza já existente) e, de preferência, deveriam ter alto valor biológico para a conservação (espécies raras ou ameaçadas) e potencial de exploração econômica. A partir desses critérios, foram selecionadas as espécies apresentadas no Quadro 1 (CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2006; REFLORA, 2014; IUCN, 2014).

**Quadro 1:** Espécies utilizadas em experimento de enriquecimento sob plantios de restauração de mata ciliar (Tarumã, SP), caracterizadas pelos seus atributos.

| <b>Espécie (família)</b>                                    | <b>Nome popular</b> | <b>Grupo sucessional</b> | <b>Tolerância à sombra</b> | <b>Ritmo de crescimento</b> | <b>Longevidade</b> | <b>Posição no dossel</b> | <b>Ameaça</b> | <b>Deciduidade</b> |
|---|---------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| <i>Myroxylon peruiferum</i><br>L.f. (Fabaceae)              | cabreúva            | climácica                | tolerante                  | lento                       | alta               | emergente                | ameaçada      | caducifólia        |
| <i>Cedrela fissilis</i> Vell.<br>(Meliaceae)                | cedro               | secundária tardia        | tolerante                  | moderado                    | alta               | emergente                | ameaçada      | caducifólia        |
| <i>Aspidosperma polyneuron</i> Mart. & Zucc. (Apocynaceae)  | peroba-rosa         | secundária tardia        | tolerante                  | lento                       | alta               | emergente                | ameaçada      | perenifólia        |
| <i>Astronium graveolens</i><br>Jacq. (Anacardiaceae)        | guaritá             | secundária tardia        | tolerante                  | moderado                    | alta               | emergente                | ameaçada      | caducifólia        |
| <i>Plinia rivularis</i><br>(Cambess.) Rotman<br>(Myrtaceae) | piúna               | climácica                | tolerante                  | lento                       | alta               | sub-bosque               | ameaçada      | perenifólia        |

### 1.2.5. Tratamentos

Os tratamentos que compõem o experimento de enriquecimento são descritos a seguir:

*Plantio em clareiras sob árvores mortas em pé (Tratamento 1)* - Para este tratamento, algumas árvores do plantio original foram eliminadas intencionalmente (mortas em pé por meio de anelamento e aplicação do herbicida glifosato puro no anel), devendo provocar a abertura de uma pequena clareira, sobre as mudas das espécies-alvo. A morte em pé destes indivíduos adultos visou, além de disponibilizar maior intensidade luminosa pela indução da clareira, a redução da competição pela interrupção da atividade do sistema radicular da árvore retirada. Foram eliminadas, prioritariamente, espécies exóticas, seguidas de pioneiras e, excepcionalmente, outras espécies plantadas em alta densidade. O cuidado aqui foi de nunca eliminar árvores consecutivas, o que resultaria em clareiras maiores do que uma árvore.

*Plantio nas entrelinhas do plantio original (Tratamento 2)* - o plantio das mudas das cinco espécies-alvo foi feito entre as linhas do plantio original, em pontos aleatoriamente distribuídos, evitando-se locais onde houvesse falhas nas linhas.

*Plantio nas falhas do plantio original (Tratamento 3)* - As mudas das espécies-alvo foram plantadas somente onde ocorreram falhas no plantio original, devido à morte dos indivíduos plantados.

### 1.2.6. Operações de instalação dos experimentos

A distância mínima entre mudas de uma mesma espécie dentro de um tratamento ou entre mudas de diferentes tratamentos foi de 6 m. A instalação do experimento de enriquecimento dependeu de operações prévias para o tratamento que

dependia da morte de árvores em pé. Para abertura das clareiras foram selecionadas, prioritariamente, árvores de espécies exóticas e, em seguida, espécies pioneiras plantadas em alta densidade. Quatro meses antes do plantio das mudas das cinco espécies-alvo, foi realizado o anelamento da casca (anel com mínimo de 20 cm de largura) das árvores selecionadas, seguido da imediata aplicação de herbicida no anel. A morte gradual das árvores ocorreu nos meses subsequentes e foi devidamente documentada. No entanto, cerca de metade das árvores não haviam morrido até o final do período de observações, o que levou à subdivisão deste tratamento quando das análises dos dados de crescimento (em árvores aneladas mortas, que representariam o menor nível de competição, e árvores aneladas vivas, que deveriam exercer o nível máximo de competição, já que as mudas foram plantadas junto aos troncos).

As mudas utilizadas foram produzidas pela CESP (Companhia Energética de São Paulo), no viveiro de Porto Primavera. A CESP segue um procedimento padrão de colheita de sementes e produção de mudas que assegura a variabilidade genética do lote, que é produzido a partir um número mínimo de matrizes, apontado pela ciência. Foram produzidas em tubetes e, por volta dos seis meses de idade, foram transferidas para sacos de polietileno com capacidade de 800 ml, para que pudessem se tornar mais robustas. Esta operação foi realizada considerando que o plantio sob o dossel poderia resultar em alta mortalidade para mudas muito pequenas (a mortalidade é, naturalmente, maior para plantas menores). Mudas com o porte utilizado, em valores de mercado (2014) custariam entre R\$3,00 e R\$8,00, variando o preço por diversos fatores, como a espécie florestal. Antes do plantio as mudas foram transferidas do viveiro para o pátio da propriedade, sob sombreamento parcial, para aclimação. Nesse período foi diminuída a frequência de regas.

O plantio foi realizado em janeiro de 2012, somente após eventos de chuva acumulados de 60 mm, para diminuir o risco de perda de mudas por estresse hídrico. Para o plantio das mudas foram abertas covas com enxadão, com cerca de 30 cm de profundidade, não sendo aplicado nenhum corretivo ou fertilizante. A operação de plantio das 1500 mudas em enriquecimento levou 03 dias, realizada por uma equipe de 06 trabalhadores, o que resultou em um rendimento de cerca de 84 mudas plantadas por homem/dia.

Cada muda recebeu uma etiqueta numerada de alumínio, fixa à base do caule por arame galvanizado, com folga suficiente para evitar estrangulamento das mudas durante o período de observações.

Um mês após o plantio, foi efetuado o replantio das poucas mudas que morreram por falha operacional.

No plantio convencional a céu aberto, as mudas das cinco espécies foram aleatoriamente distribuídas adotando as técnicas usuais para o plantio de mudas nativas, em espaçamento 3 x 2 m. Assim como no plantio de enriquecimento, não foi aplicado nenhum tipo de fertilizante ou corretivo e não houve irrigação nem controle de formigas cortadeiras. As operações de capina visaram apenas o controle de plantas herbáceas, em especial gramíneas exóticas, operação realizada duas vezes ao ano.

### **1.2.7. Coleta de dados**

Cada uma das mudas plantadas foi medida a cada seis meses, em épocas correspondentes ao final da estação chuvosa (abril) e ao final da estação seca (outubro). A cada levantamento, foram contabilizadas as mudas mortas e medidas as sobreviventes, tomando-se altura total e diâmetro da copa (maior e menor), com trena rígida de fibra, e o diâmetro do coleto com paquímetro digital, tomado a 5 cm acima da superfície do solo. Para as análises de crescimento foram utilizados apenas os dados da medição inicial (imediatamente após o plantio) e final (27 meses após o plantio). Para a análise de mortalidade foram quantificados os indivíduos mortos em cada uma das avaliações.

Considerando que a deficiência hídrica poderia explicar diferenças no crescimento entre o plantio de enriquecimento e o plantio a céu aberto, efetuamos coleta de seis amostras compostas de solos (camada de zero a 20 cm) em cada um dos dois tipos de ambiente (sub-bosque e céu aberto), em quatro ocasiões distintas, para determinação do conteúdo de água no solo, pelo método gravimétrico (CLAESSEN et al., 1997).

Os dados de umidade do solo foram obtidos por meio de amostras coletadas em quatro ocasiões diferentes. Sendo: 1) imediatamente após um evento de chuva, 2) três dias após a chuva, 3) cinco dias após a chuva e 4) sete dias após a chuva. Os resultados foram submetidos à comparação de médias seguida do test t de student entre plantio de enriquecimento e plantio a céu aberto.

## **1.2.8. Análise de dados**

### **1.2.8.1. Crescimento**

Neste capítulo, para a avaliação comparativa do crescimento das mudas entre espécies e tratamentos, foram excluídas das análises todas as mudas que morreram ou perderam parte da copa ao longo do período de observações.

A partir das medições realizadas, foram obtidas, para cada indivíduo, as variáveis incremento absoluto médio (27 meses de observações) e incremento relativo em altura, diâmetro do coleto, diâmetro de copa, área de copa. As variáveis em valores absolutos e relativos poderiam ser utilizadas como variáveis resposta. Para a escolha das variáveis que seriam utilizadas nas análises estatísticas como representativas do crescimento do indivíduo no intervalo de tempo considerado, realizamos análises exploratórias por meio de regressão linear entre cada variável resposta e o tamanho inicial do indivíduo. Com esta análise buscamos identificar as variáveis que fossem menos influenciadas pelo porte do indivíduo e, portanto, melhor representassem as diferenças em crescimento decorrentes das técnicas de enriquecimento. Esta análise apontou as variáveis de incremento absoluto em altura, diâmetro médio de copa e diâmetro do coleto como as melhores, uma vez que não têm sua variação influenciada pelo porte do indivíduo, para o conjunto de dados obtidos.

Foram efetuadas análises exploratórias adicionais também para verificar se o tratamento anelamento apresentava resultados discrepantes entre árvores aneladas mortas e aneladas vivas. Essas análises apontaram para a conveniência de subdivisão das mudas plantadas no Tratamento 1 (anelamento) em: 1a - indivíduos sob

árvore anelada morta (clareiras abertas) e 1b - indivíduos sob árvore anelada que não morreu (sob árvore).

Após a definição das variáveis resposta e da subdivisão do tratamento 1, os dados dendrométricos (incremento absoluto em altura, diâmetro médio de copa e do coleto) foram submetidos a ANOVA fatorial (espécies x tratamento x bloco), uma vez verificado que os dados atenderam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade de variâncias. Para estas análises foi utilizado o programa SISVAR<sup>®</sup>.

As mesmas variáveis resposta foram utilizadas para a comparação do crescimento das mudas plantadas a céu aberto entre espécies. Esses dados foram submetidos a ANOVA de um fator (espécie) após verificação dos pressupostos.

#### **1.2.8.2. Sobrevivência**

Elaboramos curvas de sobrevivência para as cinco espécies utilizadas, a partir da contabilização dos indivíduos mortos a cada ocasião de coleta de dados. Foram eliminadas desta análise as mudas que morreram em decorrência de distúrbios e, portanto, não representariam os efeitos da competição pelas árvores do plantio de restauração. Durante as observações foi possível registrar com segurança mudas que morreram por um episódio de incêndio que destruiu parte do bloco 2 e pisoteio por cavalos que invadiram os blocos 3 e 4. Assim, a densidade relativa de mudas sobreviventes foi calculada em relação ao número inicial de mudas de cada espécie no total dos quatro tratamentos e quatro blocos (300 mudas), excluídas as mortas por outras razões que não a competição.

#### **1.2.8.3. Projeção de sobrevivência das espécies**

Adotando como premissa que as tendências observadas de mortalidade serão mantidas no tempo, efetuamos projeções de sobrevivência por espécie

até os vinte anos, em plantios de enriquecimento. Com base nas curvas de sobrevivência, estimamos a porcentagem de indivíduos vivos esperada em cada idade, até os 20 anos.

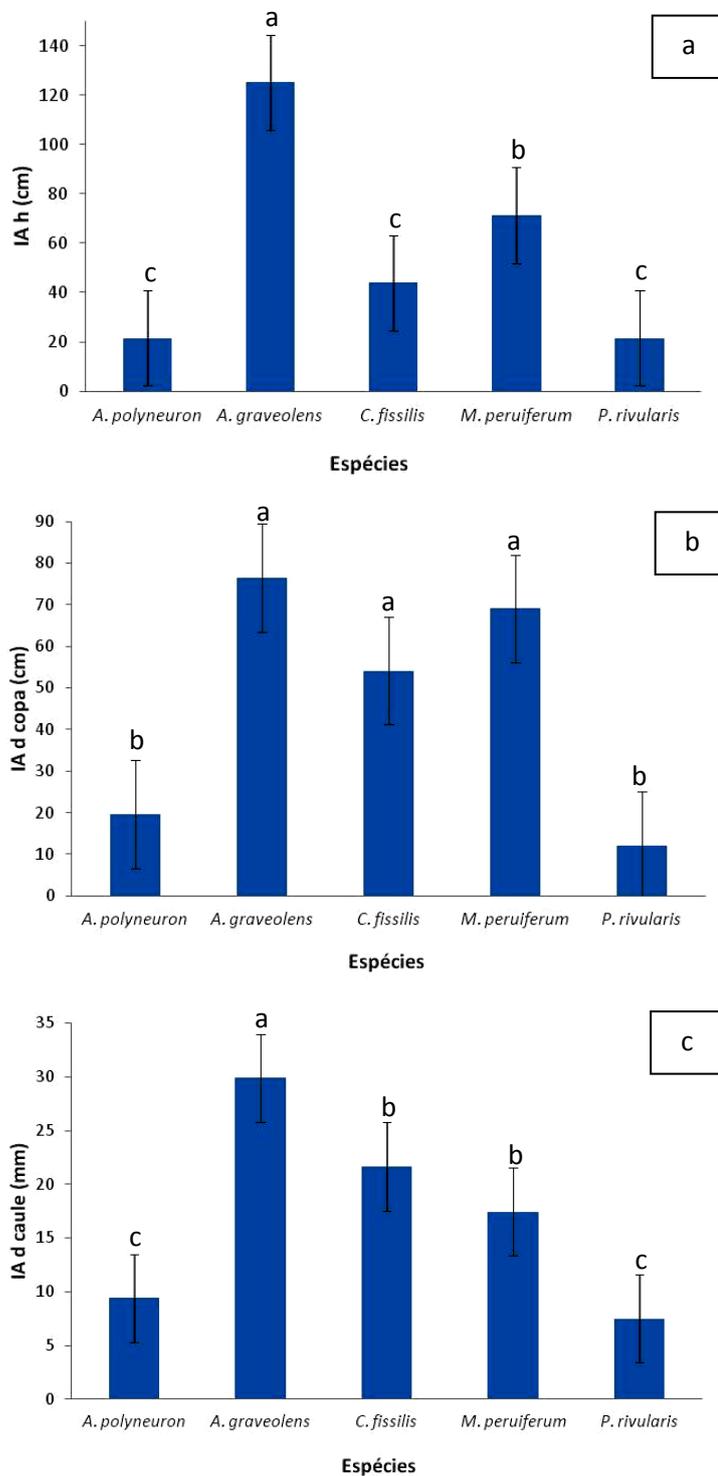
### 1.3. RESULTADOS

As análises estatísticas mostraram que não houve efeito de blocos para nenhuma das variáveis analisadas. Isto significa que a sobrevivência e o crescimento das mudas em plantio de enriquecimento não foram diferentes entre plantios de diferentes idades, que foi o fator que diferiu entre os blocos. A partir desta observação, os resultados apresentados não incluem o fator bloco e suas possíveis interações com os tratamentos, que foram inexistentes.

#### 1.3.1. Comparação de crescimento entre espécies a céu aberto

Houve diferença significativa no crescimento entre as espécies em plantio a céu aberto, para as três variáveis analisadas — incremento absoluto em altura (Figura 3a), incremento médio em diâmetro de copa (Figura 3b) e incremento do coleto (Figura 3c), no período de 27 meses de observações. Os indivíduos das espécies *A. graveolens* apresentaram crescimento em altura superior às demais espécies, com 125,1 cm, em média. Em segundo lugar colocou-se *M. peruiferum*, com 71,2 cm, superando as outras três espécies, que não diferiram entre si. O crescimento médio em diâmetro de copa foi superior para os indivíduos das espécies *A. graveolens* (76,4 cm), *M. peruiferum* (69,1

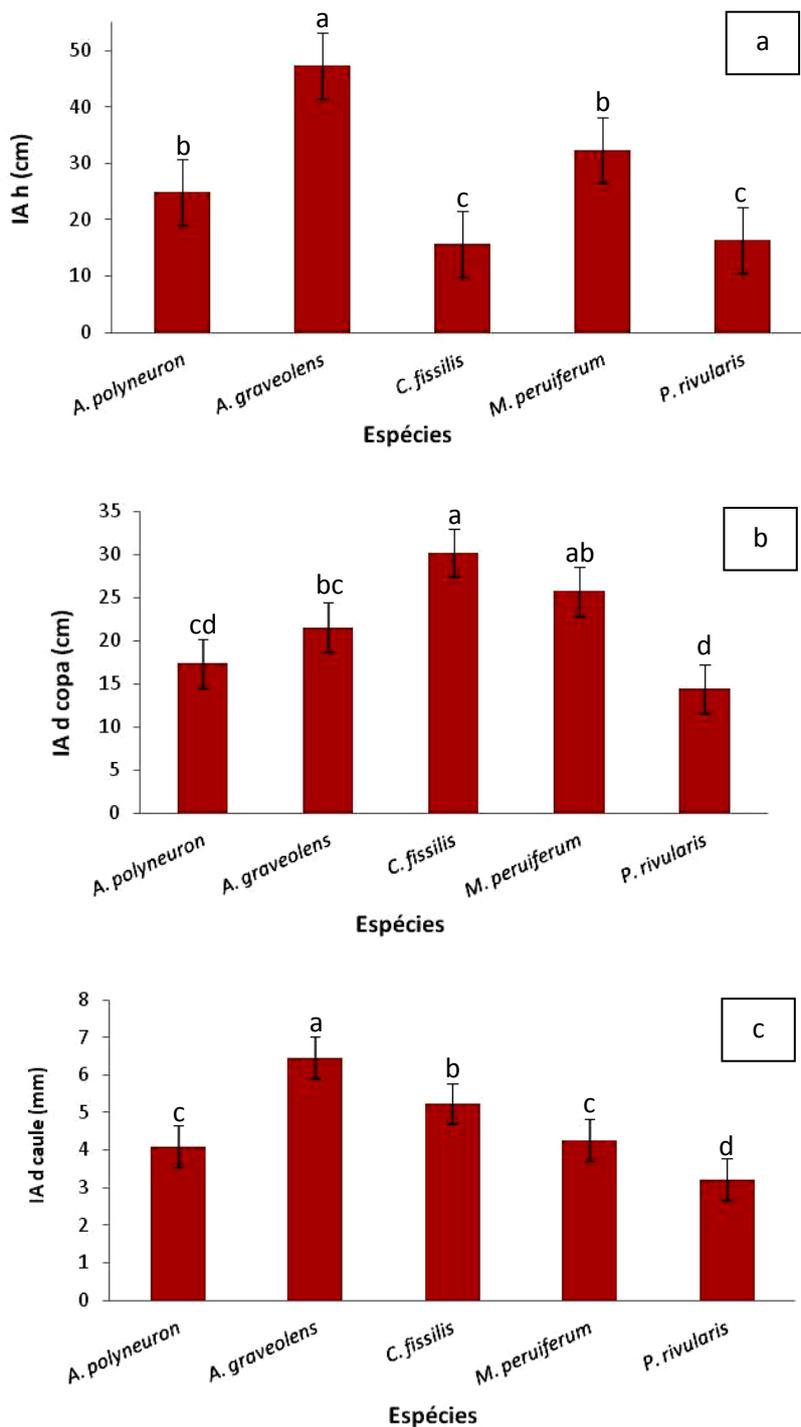
cm) e *C. fissilis* (54,1 cm), que não diferiram entre si, e valores inferiores foram registrados para os indivíduos de *A. polyneuron* (19,6 cm) e *P. rivularis* (12,1 cm), que não diferiram entre si. O maior valor de incremento médio em diâmetro do caule foi registrado para *A. graveolens* (29,8 mm), seguido de *C. fissilis* (21,6 mm) e *M. periferum* (17,4 mm), que não diferiram entre si e foram superiores aos valores obtidos para *A. polyneuron* (9,3 mm) e *P. rivularis* (7,4 mm), que não diferiram entre si.



**Figura 3.** Incrementos absolutos em plantio a céu aberto, para as variáveis: (a) altura (IA h), (b) diâmetro médio de copa (IA d copa) e (c) diâmetro do caule (IA d caule), de cinco espécies arbóreas, durante um período de 27 meses, em zona ripária no município de Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão.

### 1.3.2. Comparação de crescimento entre espécies no plantio de enriquecimento

As cinco espécies apresentaram diferenças significativas de crescimento em plantio de enriquecimento, para as três variáveis analisadas — incremento absoluto em altura (Figura 4a), incremento absoluto em diâmetro médio de copa (Figura 4b) e incremento absoluto no diâmetro do coleto (Figura 4c), no período de 27 meses de observações. *A. graveolens* apresentou incremento médio em altura superior às demais espécies, com 47,3 cm, seguido de *M. peruiiferum* (32,3 cm) e *A. polyneuron* (24,9 cm), que não diferiram entre si e foram superiores a *P. rivularis* (16,5 cm) e *C. fissilis* (15,8 cm) que também não diferiram entre si. Para a variável incremento em diâmetro médio de copa, o valor foi superior para os indivíduos de *C. fissilis* (30,1 cm) em relação a todas as demais espécies. *M. peruiiferum* (25,6 cm) e *A. graveolens* (21,5 cm) não diferiram entre si e foram superiores a *A. polyneuron* (17,3 cm) e *P. rivularis* (14,3 cm) que não diferiram entre si. Para a variável incremento em diâmetro do caule, os indivíduos de *A. graveolens* (6,4 mm) apresentaram valor superior a todas demais espécies. *C. fissilis* (5,2 mm) diferiu das outras três espécies, seguido de *M. peruiiferum* (4,2 mm) e *A. polyneuron* (4,1 mm) que não diferiram entre si e foram superiores a *P. rivularis* (3,2 mm).

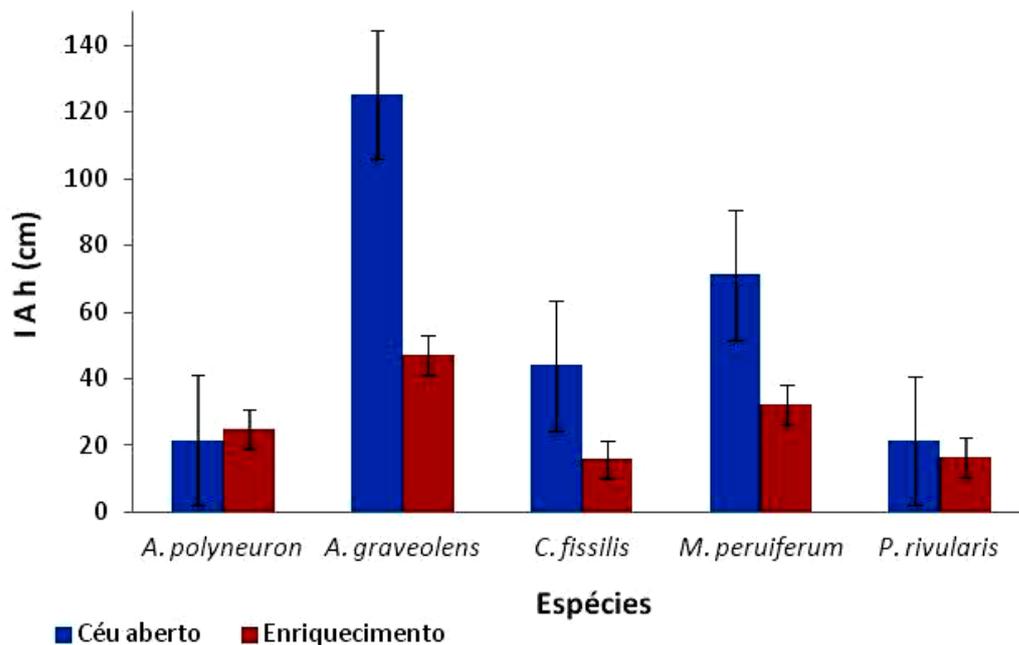


**Figura 4.** Incrementos absolutos em plantio de enriquecimento, para as variáveis: (a) altura (IA h), (b) diâmetro médio de copa (IA d copa) e (c) diâmetro do caule (IA d caule), de cinco espécies arbóreas, durante um período de 27 meses, em zona ripária no município de Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão.

### 1.3.3. Comparação de crescimento a céu aberto e em plantio de enriquecimento

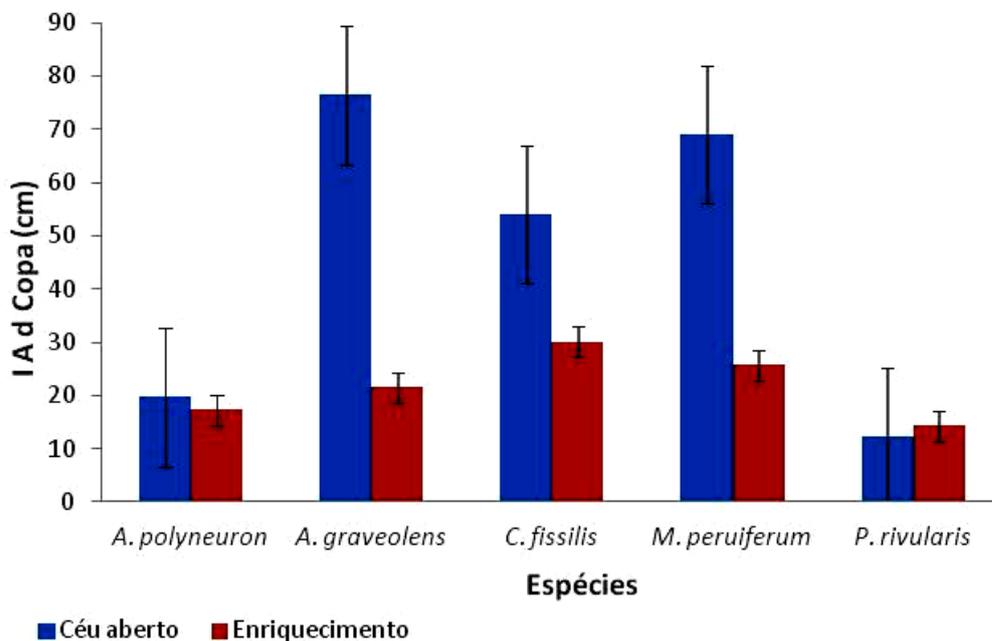
O crescimento das mudas das cinco espécies-alvo no plantio a céu aberto e no plantio de enriquecimento, embora não comparado estatisticamente, pode ser observado, de forma ilustrativa nas Figuras 5, 6 e 7.

- IA h: os valores para *A. graveolens* foram de 125,1 cm (céu aberto) e 47,2 cm (enriquecimento), sendo um incremento quase três vezes superior para os indivíduos plantados a céu aberto em relação ao crescimento dos indivíduos plantados no enriquecimento. Seguindo a mesma comparação, para *A. polyneuron*, o IA h foi de 21,6 cm para o plantio a céu aberto e 24,9 cm para o plantio de enriquecimento (valores de incrementos muito próximos entre os indivíduos do plantio de enriquecimento e plantio a céu aberto). Para *C. fissilis*, o IA h foi de 43,9 cm para o plantio a céu aberto e 15,8 cm para o plantio de enriquecimento (incremento cerca de três vezes superior para os indivíduos do plantio a céu aberto em relação ao plantio de enriquecimento). *M. peruiiferum* apresentou IA h de 71,2 cm para o plantio a céu aberto e 32,3 cm para o plantio de enriquecimento (incremento superior a duas vezes no plantio a céu aberto em relação ao plantio de enriquecimento). Os valores de IA h para *P. rivularis* foram de 21,5 cm para o plantio a céu aberto e 16,5 cm para o plantio de enriquecimento (incremento quase o dobro no plantio a céu aberto em relação ao plantio de enriquecimento) (Figura 5).



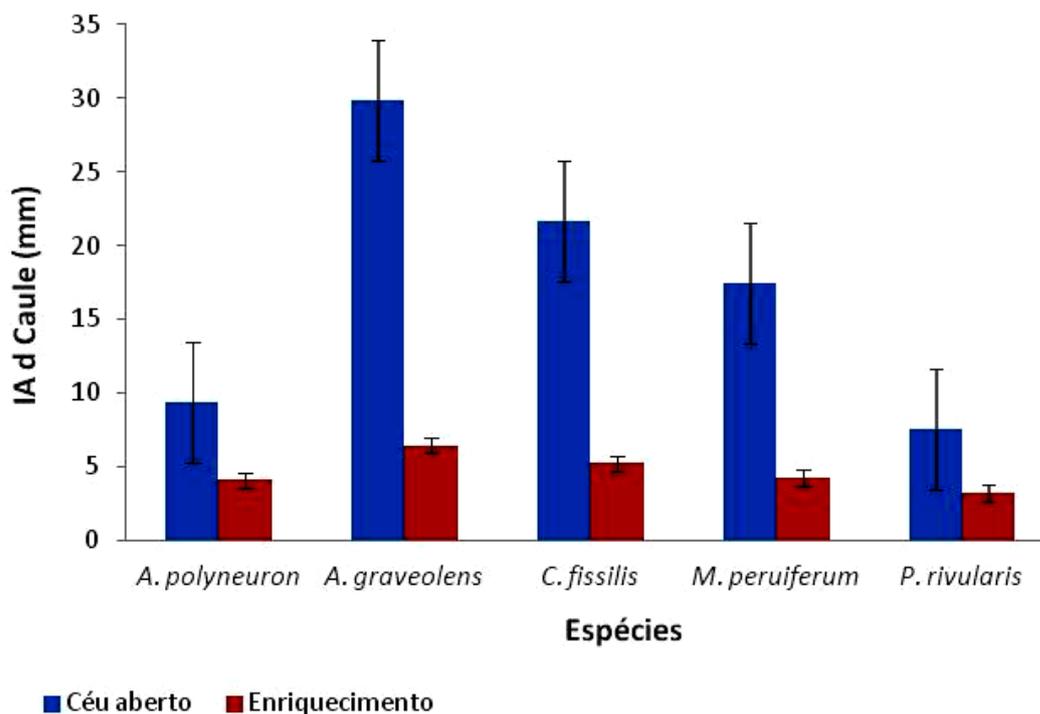
**Figura 5.** Incremento absoluto em altura (IA h) de cinco espécies arbóreas em plantio a céu aberto (plantio convencional) ou em plantio de enriquecimento (sub-bosque). Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão.

- IA d Copa: para *A. graveolens* os valores foram de 76,4 cm (céu aberto) e 21,5 cm (enriquecimento), sendo o crescimento dos indivíduos plantados no enriquecimento cerca de quatro vezes o valor médio obtido para os indivíduos plantados a céu aberto. O IA d Copa em *A. polyneuron* foi de 19,6 cm para o plantio a céu aberto, valor semelhante aos 17,3 cm registrados no plantio de enriquecimento. Para *C. fissilis*, o IA d Copa foi de 54,1 cm no plantio a céu aberto e 30,1 cm em plantio de enriquecimento (incremento de quase o dobro no plantio a céu aberto em relação ao plantio de enriquecimento). *M. peruiiferum* apresentou IA d Copa de 69,0 cm para o plantio a céu aberto e 25,6 cm para o plantio de enriquecimento (indivíduos cresceram mais que o dobro no plantio a céu aberto em relação ao plantio de enriquecimento). Os valores de IA d Copa para *P. rivularis* foram de 12,1 cm para o plantio a céu aberto e 14,3 cm para o plantio de enriquecimento (incremento com valores muito próximos entre os indivíduos do plantio de enriquecimento e plantio a céu aberto) (Figura 6).



**Figura 6.** Incremento absoluto em diâmetro médio de Copa (IA d Copa) em plantio a céu aberto (plantio convencional) e em plantio de enriquecimento (sub-bosque), de cinco espécies arbóreas em plantio de restauração de mata ciliar, Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão.

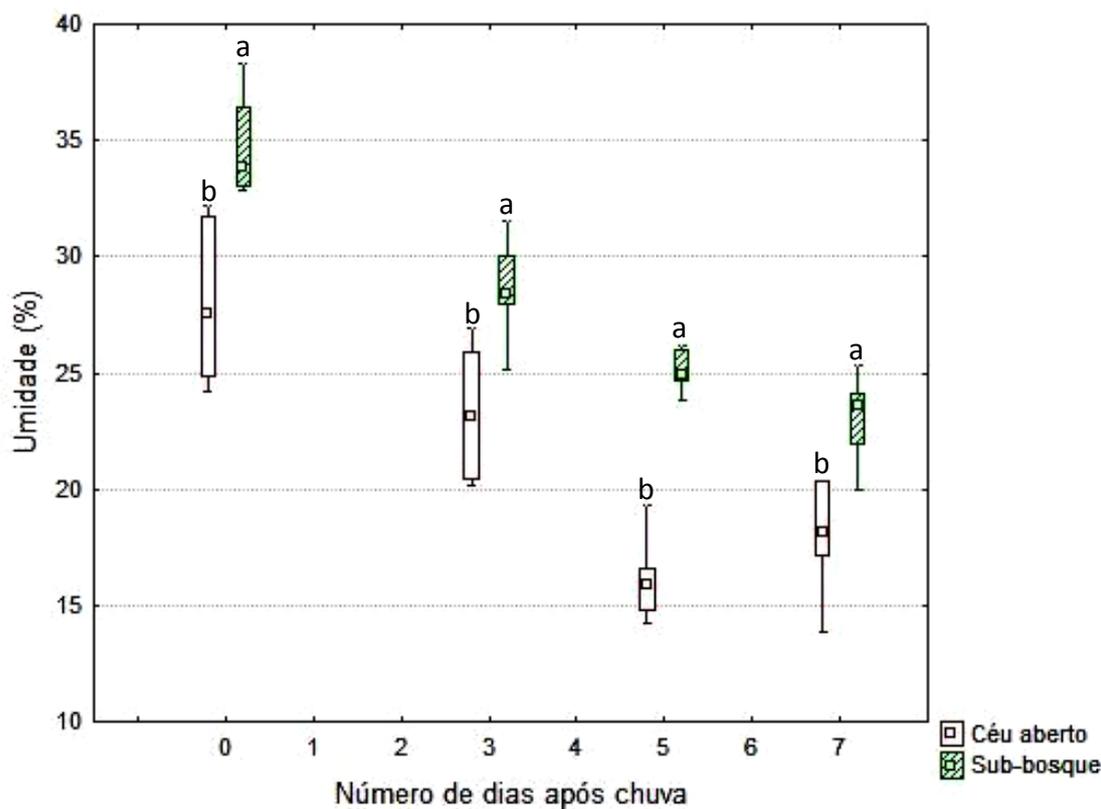
- IA d Caule: para *A. graveolens* o valores foram de 29,9 mm (céu aberto) e 6,4 mm (enriquecimento), sendo um incremento quatro vezes superior para os indivíduos plantados a céu aberto em relação ao crescimento dos indivíduos plantados no enriquecimento. Em *A. polyneuron*, o IA d Caule foi de 9,4 mm para o plantio a céu aberto e 4,0 mm para o plantio de enriquecimento (indivíduos cresceram o dobro no plantio de enriquecimento em relação ao plantio a céu aberto). Para *C. fissilis*, o IA d Caule foi de 21,6 mm para o plantio a céu aberto e 5,2 mm para o plantio de enriquecimento (incremento quatro vezes superior no plantio a céu aberto em relação ao plantio de enriquecimento). *M. peruiferum* apresentou IA d Caule de 17,4 mm para o plantio a céu aberto e 4,2 mm para o plantio de enriquecimento (os indivíduos cresceram quatro vezes mais no plantio a céu aberto que no plantio de enriquecimento). O valores de IA d Caule para *P. rivularis* foram de 7,5 mm para o plantio a céu aberto e 3,2 mm para o plantio de enriquecimento (o dobro em crescimento para os indivíduos do plantio de enriquecimento em relação ao plantio a céu aberto) (Figura 7).



**Figura 7.** Incremento absoluto em diâmetro médio de Caule (IA d Caule) das cinco espécies arbóreas em plantio a céu aberto (plantio convencional) e em plantio de enriquecimento (sub-bosque) de mata ciliar em restauração, Tarumã, SP. Cada barra apresenta seu respectivo erro padrão.

#### 1.3.4. Umidade do solo sob a floresta e a céu aberto

A umidade do solo (Figura 8) foi superior sob o dossel do plantio de restauração (sub-bosque) em comparação com a área em que foi realizado o plantio a céu aberto, em todas as ocasiões de coleta. Os valores médios de umidade do solo variaram entre 16,10% a 28,00% a céu aberto e entre 23,10% a 34,70% sob a floresta em restauração.

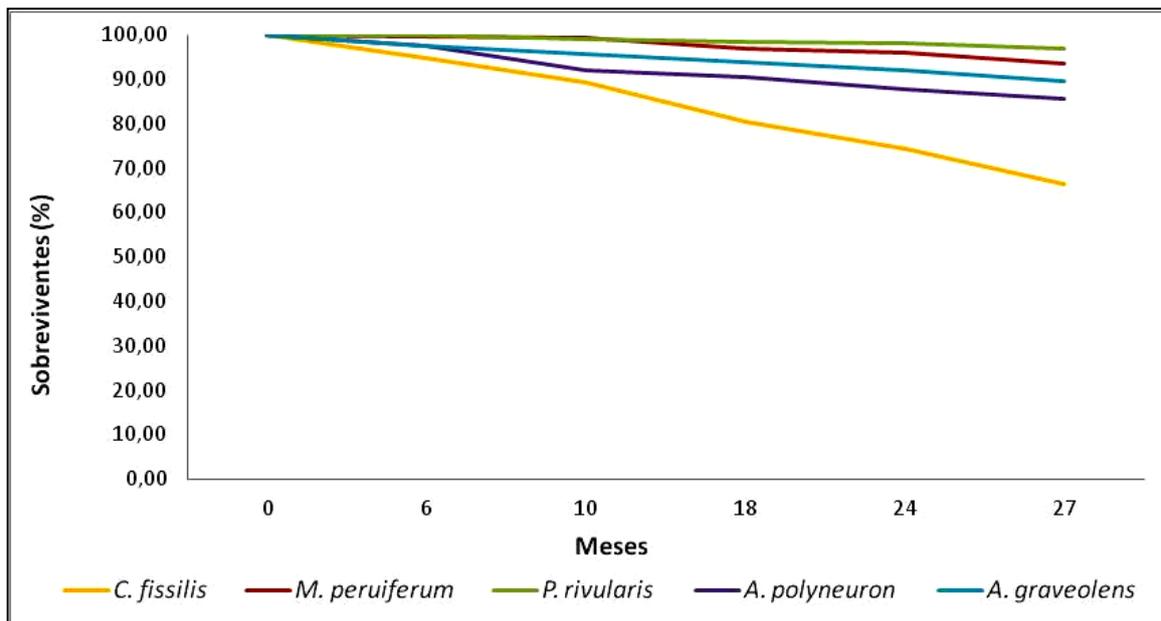


**Figura 8.** Umidade do solo em quatro ocasiões de coleta no interior do plantio de restauração (sub-bosque) e em plantio a céu aberto, em zona ripária, no município de Tarumã, SP. As letras ao alto de cada caixa representam as diferenças estatísticas entre os ambientes para uma mesma coleta. Letras diferentes sobre as caixas significam que há diferença nos valores de umidade entre os dois ambientes, pelo test t de student ao nível de probabilidade de 95%.

### 1.3.5. Sobrevivência das espécies em plantio de enriquecimento ao longo do tempo

A porcentagem de plantas que morreram ao final de 27 meses de observação não variou entre os tratamentos (anelamento, falha e entrelinhas), com exceção de *Cedrela fissilis* ( $F=22,92$  e  $p<0,05$ ) que apresentou maior mortalidade nas entrelinhas do que entre os indivíduos plantados nas falhas do plantio original. Na figura 9 pode ser observada a curva de sobrevivência para o conjunto total de indivíduos de cada espécie ao longo dos meses durante o período de observações. Para *Plinia rivularis*, a sobrevivência ao final de 27 meses, foi de 96,99%, seguida de *Myroxylon peruiferum* com 93,65%,

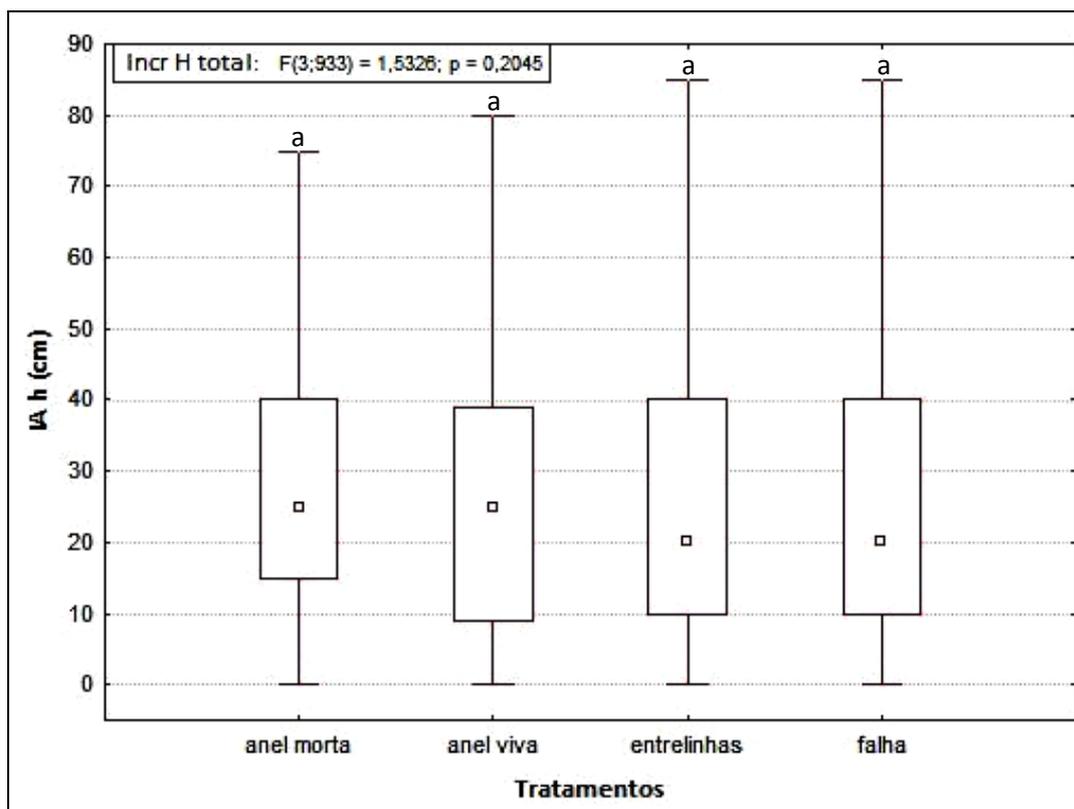
*Astronium graveolens* com 89,63%, *Aspidosperma polyneuron* com 85,62%, e *C. fissilis*, com 66,56%.



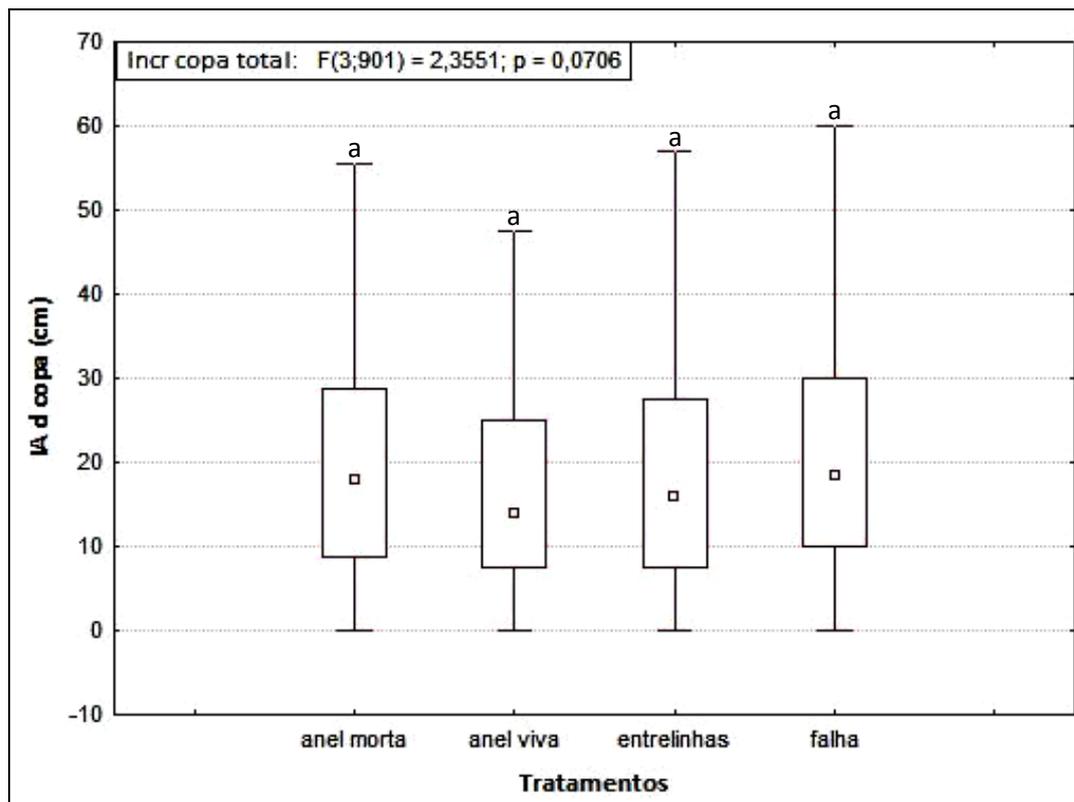
**Figura 9.** Curvas de sobrevivência das mudas das cinco espécies arbóreas utilizadas em plantio de enriquecimento, durante 27 meses após o plantio, Tarumã, SP.

### 1.3.6. Comparação de crescimento entre técnicas de enriquecimento para o conjunto total de espécies

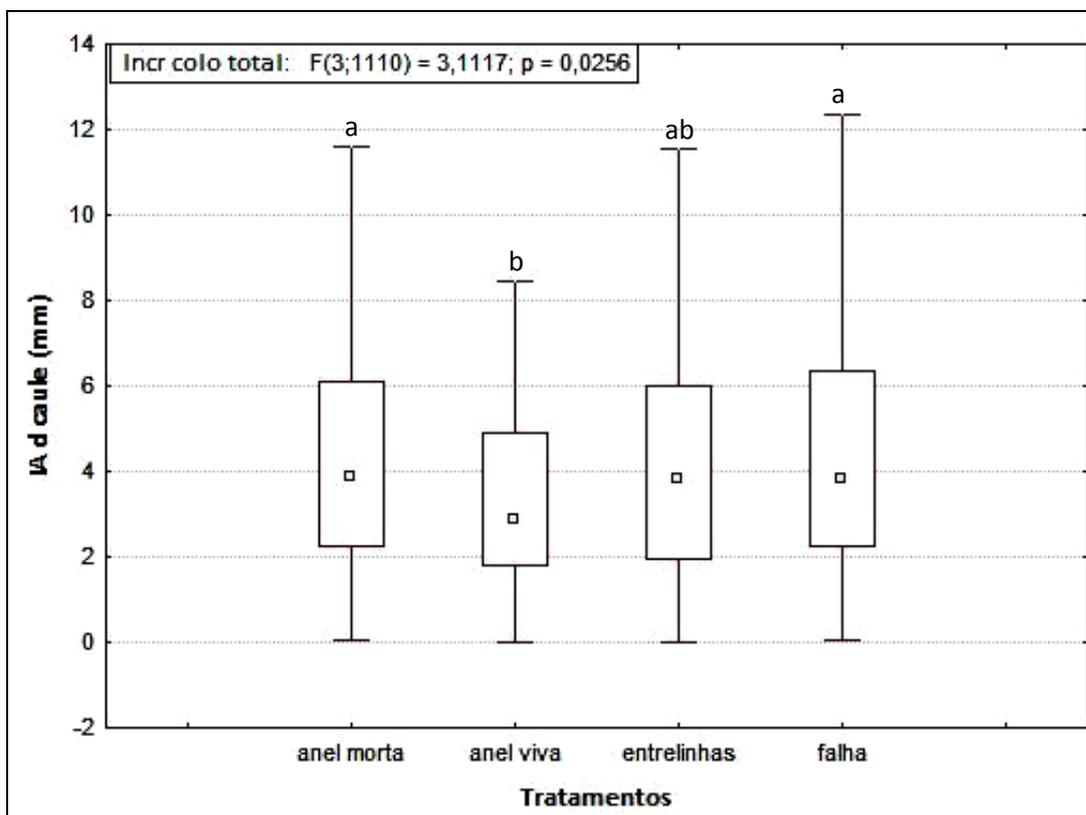
Quando se reúnem as mudas de todas as espécies em cada tratamento de enriquecimento (Figuras 10, 11 e 12), verifica-se que os valores não diferiram para incremento em altura e diâmetro médio de copa. Porém, houve diferenças entre tratamentos para o incremento no diâmetro do coleto. Os valores dos indivíduos plantados em clareiras abertas (anel morta), com incremento médio de 4,88 mm em 27 meses, e daqueles plantados nas falhas do plantio inicial, com 4,78 mm, não diferiram entre si, mas foram superiores ao desempenho dos indivíduos plantados sob as árvores (anel viva), cujo incremento foi de 3,90 mm.



**Figura 10.** Desempenho das mudas do conjunto total de espécies em cada tratamento de enriquecimento de matas ciliares em restauração para incremento em altura, em Tarumã, SP.



**Figura 11.** Desempenho das mudas do conjunto total de espécies em cada tratamento de enriquecimento de matas ciliares em restauração para incremento em diâmetro de copa, em Tarumã, SP.



**Figura 12.** Desempenho das mudas do conjunto total de espécies em cada tratamento de enriquecimento de matas ciliares em restauração para incremento em diâmetro do caule, em Tarumã, SP.

### 1.3.7. Comparação de crescimento entre técnicas de enriquecimento para cada espécie

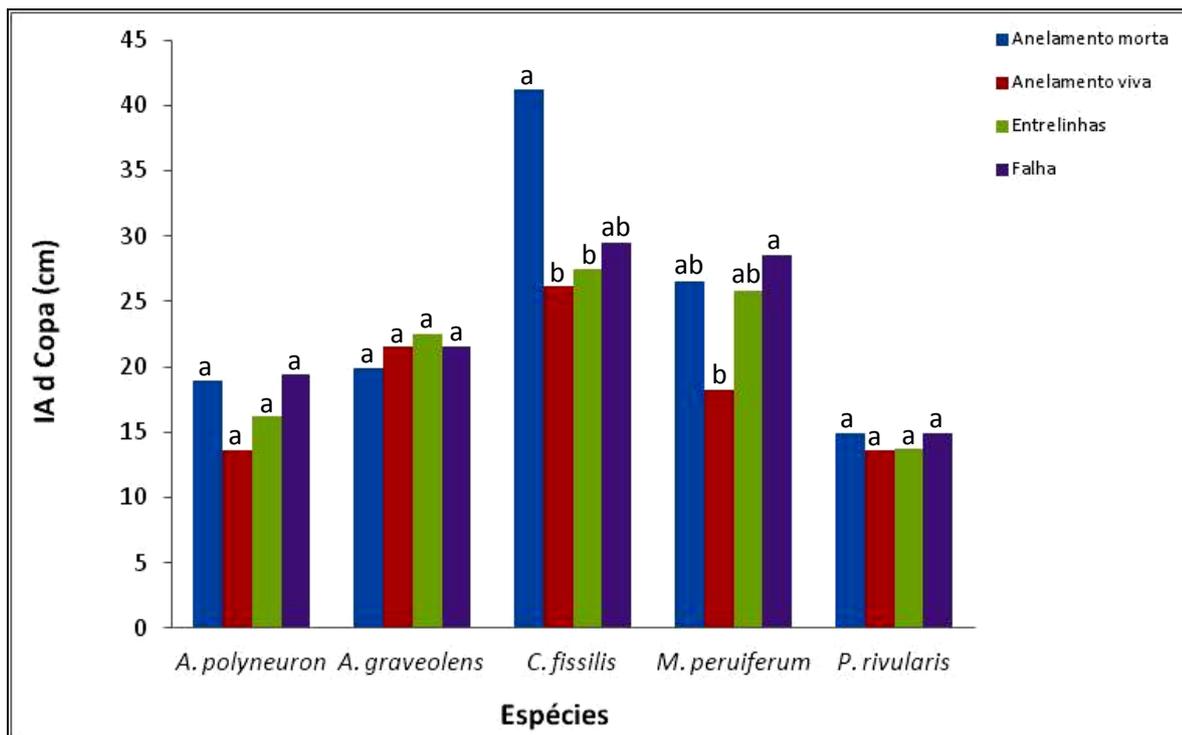
São apresentados aqui os resultados comparativos de crescimento de cada uma das espécies entre tratamentos.

### **1.3.7.1. Crescimento em altura entre tratamentos**

Não houve diferença no crescimento em altura entre as técnicas de enriquecimento para nenhuma das cinco espécies analisadas.

### **1.3.7.2. Crescimento em diâmetro de copa entre tratamentos**

Poucas diferenças foram encontradas entre tratamentos de enriquecimento no que diz respeito ao crescimento em diâmetro das mudas plantadas de cada espécie (Figura 13). Apenas dois casos foram registrados: o incremento médio em diâmetro de copa dos indivíduos de *C. fissilis*, foi superior (41,2 cm) no tratamento em que as árvores aneladas morreram, abrindo uma pequena clareira, em relação ao tratamento em que as árvores aneladas não morreram (26,1 cm) ou quando as mudas foram plantadas nas entrelinhas (27,5 cm). Os indivíduos de *M. peruiiferum* apresentaram incremento em diâmetro de copa superior quando plantados nas falhas do plantio original (28,5 cm), em comparação com os indivíduos que ficaram sob árvores aneladas que não morreram (18,2 cm).



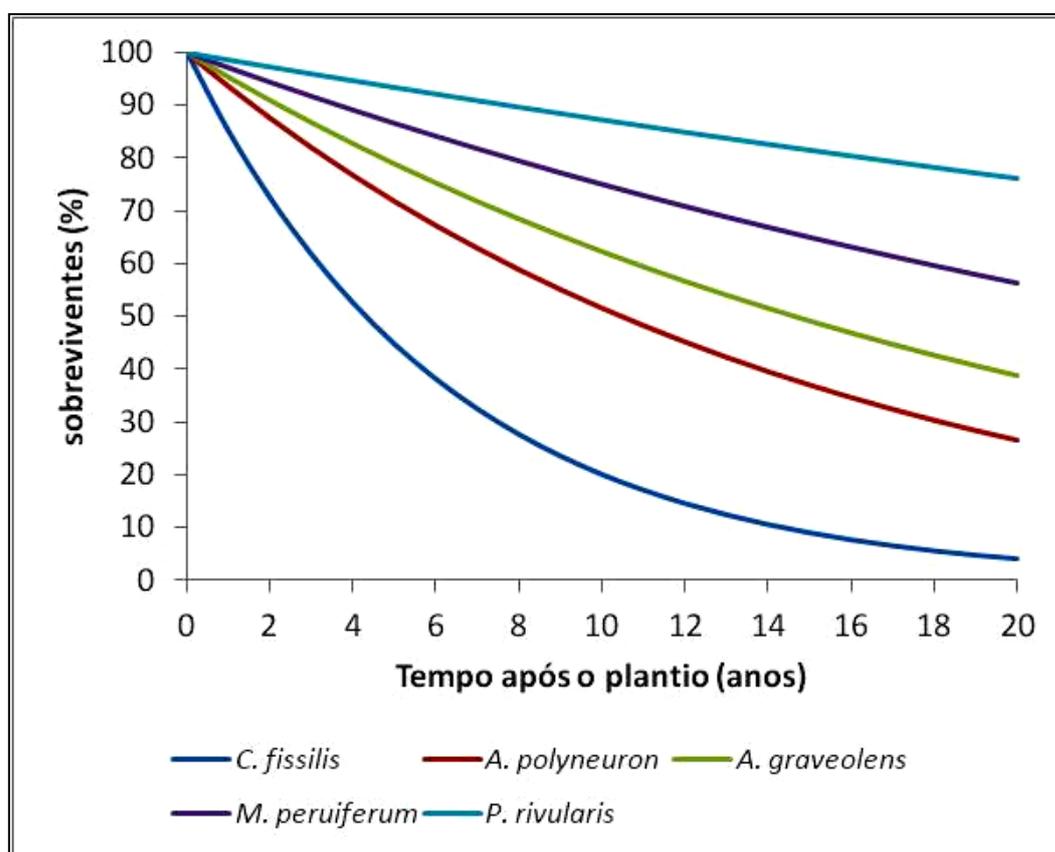
**Figura 13.** Incremento Absoluto em diâmetro médio de copa (IA d copa) no período de 27 meses, de cinco espécies nativas em quatro técnicas de plantio de enriquecimento (Clareira aberta, sob árvore viva, entrelinhas e falha). Experimento realizado sob plantios de restauração de mata ciliar, no município de Tarumã, SP. Letras iguais sobre as barras de uma mesma espécie significam que não existe diferença entre os tratamentos a um nível de probabilidade de 95%.

### 1.3.7.3. Crescimento em diâmetro de coleto entre tratamentos

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos de enriquecimento quanto ao incremento em diâmetro do coleto para nenhuma das espécies utilizadas no presente estudo.

### 1.3.8. Projeção de sobrevivência para cada espécie

As taxas anuais de mortalidade foram de: 14,86% para *C. fissilis*, 6,39% para *A. polyneuron*, 4,61% para *A. graveolens*, 2,82% *M. peruiferum* e 1,34% para *P. rivularis*. Com base nessas taxas, aos 20 anos estima-se que estarão vivos 4% dos indivíduos de cedro, 27% dos indivíduos de peroba, 39% dos guaritas, 56% das cabreúvas e 76% das piúnas (Figura 14).



**Figura 14.** Curvas de sobrevivência das mudas de cinco espécies arbóreas utilizadas em plantio de enriquecimento sob matas ciliares em restauração, projetadas para um período de 20 anos com base nas taxas anuais de mortalidade, em Tarumã, SP.

#### 1.4. DISCUSSÃO

As espécies analisadas apresentam ritmo de crescimento distinto, tanto em plantio de enriquecimento, como em plantio a céu aberto, ou seja, independentemente da condição de competição. Para uma única variável e apenas duas espécies, a ordem das espécies em valores de crescimento diferiu entre o plantio a céu aberto ou sob o dossel da floresta em restauração. Isto ocorreu com *A. graveolens* e *C. fissilis*, para o crescimento em diâmetro de copa, com a primeira espécie colocando-se em posição de crescimento inferior no enriquecimento e a segunda em posição superior no enriquecimento. O que se verifica, portanto, é que a performance das espécies, em uma avaliação comparativa entre elas, não apresenta vantagens para uma ou outra em plantio a céu aberto ou sob as copas do plantio em restauração.

Por outro lado, a análise descritiva dos incrementos em altura, diâmetro de copa e coleto mostram que nenhuma das espécies apresentou crescimento superior quando plantada na condição de enriquecimento em relação ao plantio a céu aberto. *A. polyneurom* e *P. rivularis* apresentaram incrementos muito semelhantes em altura e copa em ambas as condições. As outras três espécies cresceram mais rapidamente a plena luz, em comparação com as técnicas de enriquecimento analisadas neste estudo. Quando se analisa este resultado mediante a classificação sucessional das espécies (quadro 01, página 18), verifica-se que as duas espécies que apresentaram crescimento semelhante a céu aberto e sob as copas das árvores plantadas são

climáticas, enquanto aquelas que cresceram muito mais rapidamente a plena luz são secundárias tardias. Os resultados, portanto, confirmam a classificação dessas espécies, pois é de se esperar que espécies climáticas sejam capazes de se desenvolver sem dificuldades no ambiente sombreado de florestas maduras. Por outro lado, embora *C. fissilis*, *A. graveolens* e *M. peruiferum* sejam espécies tolerantes à sombra, tiveram o crescimento prejudicado pela restrição de luz, dependendo da abertura de clareiras para crescimento.

A abertura e manutenção de clareiras pode ser importante para que mudas de espécies introduzidas por meio de técnicas de enriquecimento, em florestas em restauração tenham maior probabilidade de sobrevivência e crescimento (ASHTON et al, 2001; BEBBER, 2002). Isto já é claro em plantios de enriquecimento visando a exploração madeireira, onde as mudas plantadas precisam ser favorecidas por uma maior incidência luminosa para aumentar as taxas de sobrevivência e crescimento (ADJERS et al, 1995; SOVU et al, 2010).

O crescimento superior a céu aberto poderia ser explicado pela menor competição por água do solo, considerando-se que as florestas em restauração interceptam boa parte da água das chuvas (GÊNOVA et al, 2007) e ainda têm consumo de água elevado por evapotranspiração. No entanto, os resultados da análise de umidade do solo refutam esta hipótese, uma vez que em nenhuma das ocasiões de coleta de solo a umidade foi superior no plantio a céu aberto, onde as mudas cresceram muito mais rapidamente. Ou seja, a deficiência hídrica parece não ser o filtro ecológico a explicar a menor taxa de crescimento das plantas sob o dossel das florestas plantadas. O fato da umidade do solo ter sido superior sob a floresta em restauração, apesar da maior interceptação e consumo, é indício de que a ação de restauração pode ter resultado em considerável melhora na capacidade do solo em absorver e reter a água da chuva, em comparação com a área não reflorestada, que provavelmente tem o solo mais compactado e com menor teor de matéria orgânica do que sob a floresta (VALCARCEL, 1985; LIMA, 1998; MENDONÇA et al., 2009; SHINZATO, 2011).

Embora todas as espécies apresentem tendência de perda de indivíduos ao longo do tempo, ao término das observações (27 meses), apresentaram 85% ou mais de taxa de sobrevivência (exceto no caso de *C. fissilis* que tinha apenas 66% das plantas ainda vivas). Com base nos dados de sobrevivência, as taxas de mortalidade anual variaram de 1,34% para os indivíduos de *P. rivularis* até 6,39% para *A. polyneuron*. Os indivíduos de *C. fissilis* apresentaram a maior taxa de mortalidade anual, com 14,86% o que pode ser explicado pelo fato de que, dentre as espécies utilizadas no presente estudo, *C. fissilis* talvez seja a espécie menos

tolerante à sombra, sendo dificilmente encontrada no sub-bosque de florestas (DURIGAN et al., 2000). Pode-se considerar que as taxas de mortalidade observadas não são elevadas para as outras quatro das cinco espécies-alvo, assemelhando-se às taxas de mortalidade observadas em florestas naturais, que oscilam em valores anuais de 0,5% a 6,5%, ou mesmo alcançando e ultrapassando os 20,0% principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, em geral as heliófitas, e/ou, em fases mais maduras, em áreas com constante ocorrência de distúrbios (CHAGAS et al., 2001; ROSSI et al., 2007; FIGUEIREDO-FILHO et al., 2010; COLPINI, 2010).

Não houve diferença nos valores de incremento absoluto para altura e diâmetro médio de copa, entre tratamentos, quando analisado o conjunto total das espécies. A exceção ocorreu para o diâmetro do coleto, em que nas clareiras abertas (onde as árvores aneladas morreram) e nas falhas no plantio inicial o crescimento foi superior em relação às mudas plantadas sob as árvores aneladas que não morreram. Considerando que os tratamentos estão relacionados com a competição, tudo indica que nos locais onde há mais espaço e menor cobertura de dossel o crescimento de mudas plantadas no sub-bosque é superior. Analisando-se separadamente as espécies, encontram-se algumas diferenças entre técnicas de enriquecimento, que apontam para maior crescimento quando há mais espaço ao redor da muda plantada. Assim, *C. fissilis* apresentou maior crescimento em copa quando foi aberta a pequena clareira, ou quando plantada na falha do plantio inicial, em comparação com o plantio sob a árvore ou na entrelinha do plantio inicial. Também para crescimento em copa houve vantagem para *M. peruiiferum* quando plantada na falha em comparação com o plantio sob uma árvore existente. No entanto, essas foram as únicas diferenças encontradas entre tratamento para o crescimento das mudas.

A grande diferença entre plantio a céu aberto e na condição de enriquecimento e a inexistência de diferença entre os tratamentos de enriquecimento, especialmente nas variáveis diâmetro de copa e de coleto sugerem que nenhum dos tratamentos proporcionou diminuição da competição oferecida pelas árvores plantadas que fosse suficiente para acelerar o crescimento das mudas no enriquecimento. Para Castro et al. (2013), o tamanho da clareira não influenciou na sobrevivência e crescimento de mudas de *Manilkara huberi*. Os autores realizaram plantios em três categorias de clareiras consideradas pequenas (200 m<sup>2</sup> - 400 m<sup>2</sup>), médias (401 m<sup>2</sup> - 600 m<sup>2</sup>) e grandes, (>600 m<sup>2</sup>), todas muito mais amplas do que a maior clareira utilizada neste estudo, correspondente a uma única árvore. Embora este resultado aponte

que manejar tamanhos de clareiras não promoveu incremento em sobrevivência e crescimento para as mudas da espécie utilizada no estudo, deve ser assimilado como parte da gama de interações entre os indivíduos arbóreos plantados e os fatores abióticos. Mesmo assim, os estudos geralmente apontam para que o manejo aconteça promovendo abertura de clareiras maiores para aumentar a probabilidade de sucesso das espécies em plantio de enriquecimento. Tal manejo já é praticado em plantios de enriquecimento visando a exploração de espécies arbóreas de interesse madeireiro. Nesses casos, tratos silviculturais sistemáticos são prioritários para potencializar o crescimento das mudas plantadas com a finalidade de reduzir a densidade da vegetação regenerante e promover maior disponibilidade de luz (PEÑA-CLAROS et al., 2002; KEEFE et al., 2009; FRAVETO et al., 2010; NAVARRO-CERRILLO et al., 2011; SCHWARTZ et al., 2013).

A utilização da técnica de enriquecimento pode, a princípio, proporcionar que dois objetivos básicos sejam atingidos: introduzir indivíduos de espécies arbóreas com a finalidade de exploração comercial no futuro ou reintroduzir indivíduos de espécies arbóreas de ocorrência regional que venham a cumprir suas funções ecológicas na comunidade vegetal sem que se pretenda explorá-las de alguma forma no futuro. Porém, para ambas as finalidades há um fator em comum e importante que deve ser considerado, que é o crescimento extremamente lento das espécies plantadas sob o dossel de florestas já existentes. Geralmente os indivíduos arbóreos que se desenvolvem sob o dossel de florestas apresentam crescimento lento (KEEFE et al. 2009) e esta característica deve ser considerada em um período maior de tempo para que não venha comprometer o objetivo do projeto. Para isto, utilizamos projeções em um período de 20 anos baseadas nas taxas de mortalidade para visualizar um cenário futuro. Considerando a sobrevivência dos indivíduos plantados em enriquecimento, três espécies seriam mais severamente afetadas: *C. fissilis* teria apenas 4% dos indivíduos vivos após 20 anos, *A. polyneuron* teria uma sobrevivência de cerca de 27% e *A. graveolens* em torno de 39%.

A necessidade de luz para que as mudas em enriquecimento possam crescer baseia-se nos fundamentos da sucessão secundária que ocorre em formações de clareiras naturais, onde os indivíduos da vegetação de sub-bosque necessitam do aumento da intensidade de luz promovida pelas clareiras para que possam retomar ou aumentar suas taxas de crescimento (POORTER, 1999). As mudas plantadas por meio da técnica de enriquecimento estão sob as mesmas condições da vegetação de sub-bosque existente e para que tenham maiores chances de vencer a competição com a vegetação do entorno e no futuro alcançarem o dossel, há

a necessidade de manejo para que se favoreça maior disponibilidade de luz (DENSLOW et al., 1990; GRAVEL et al., 2010; GRAY et al., 2012; ARIBAFI et al., 2013).

Os plantios de enriquecimento com objetivo comercial ou ecológico, quer seja em áreas em restauração ou em fragmentos nativos degradados, normalmente se baseiam na escolha de espécies de ocorrência regional e na classificação das espécies quanto à tolerância à sombra. A divisão das espécies vegetais em tolerantes ou não à sombra deve ser vista como o primeiro passo ao se elencar quais espécies serão utilizadas em um plantio de enriquecimento. Porém, a autoecologia das espécies pode revelar plasticidade, com respostas distintas em sobrevivência e desenvolvimento em relação às condições físicas do ambiente, em especial em locais antropizados. Maior conhecimento sobre as espécies a serem utilizadas em plantios de enriquecimento e tratos silviculturais adequados podem oferecer maiores chances de sucesso das mudas plantadas e assim evitar possíveis desvios que venham a comprometer o projeto de restauração. Venturoli et al. (2011b) observaram que, em plantio de enriquecimento de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual secundária, mudas de *Dipteryx alata* Vogel perderam as folhas no período seco e os indivíduos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão mantiveram as folhas verdes. Os autores não souberam explicar este resultado, uma vez que para indivíduos adultos *D. alata* é sempre verde e *M. urundeuva* é decídua. No entanto, segundo o pesquisador Dr. Mário Moraes (comunicação pessoal), *M. urundeuva* só perde as folhas quando adulta para facilitar a dispersão e *D. alata* perde as folhas quando jovem para se defender da herbivoria. Em outro estudo, utilizando mudas de *Cedrela odorata* com cerca de 30 cm de altura, plantadas em fragmento de Floresta Ombrófila secundária, os autores observaram que ao final de um período de 30 meses os resultados mostraram sobrevivência de 98% e incremento médio em altura de 2,20 m (RONDON-NETO et al., 2011). No presente estudo, foram plantados indivíduos de *Cedrela fissilis*, mesmo gênero da espécie do estudo anterior, e ao final de 27 meses a sobrevivência foi de cerca de 67% e o incremento em altura foi de aproximadamente 16 cm. Em estudo com *Astronium lecointei* Ducke, em plantio de enriquecimento em faixas de 3 m, 5 m e 7 m de largura por 900 m (sentido leste-oeste) de comprimento, indivíduos plantados nas faixas mais largas apresentaram crescimento constante, principalmente em altura, competindo com outras espécies nativas da regeneração e esta tendência foi observada mesmo no período de déficit hídrico. No estudo aqui desenvolvido, foram plantadas mudas de *Astronium graveolens* (mesmo gênero da espécie do estudo anteriormente citado) e os resultados de crescimento para o plantio a céu aberto foram superiores em três vezes em crescimento em altura, quatro vezes em

crescimento em diâmetro de copa e quatro vezes em crescimento em diâmetro de coleto em relação aos indivíduos do plantio de enriquecimento (ambiente sombreado). Particularmente para esta espécie, *A. graveolens*, há recomendações para que os indivíduos jamais sejam plantados a pleno sol ou, pelo menos, que sejam plantados indivíduos de crescimento rápido ao seu redor para que promovam sombreamento, pois a espécie, que é tolerante à sombra, supostamente não teria bom desenvolvimento em plantio à plena luz (CARVALHO, 2003). Estes exemplos induzem à constatação de que o conhecimento sobre o estabelecimento e crescimento das espécies arbóreas utilizadas em plantios de restauração e enriquecimento ainda é insuficiente para recomendações conclusivas. Indivíduos das espécies arbóreas são introduzidos em áreas que, muitas vezes, encontram-se altamente degradadas e espera-se um desempenho que está totalmente atrelado na dicotomia tradicional que agrupa as espécies florestais em dois grupos ecológicos – espécies exigentes de luz (heliófilas ou intolerantes à sombra) e espécies tolerantes à sombra (umbrófilas). Porém, os vegetais respondem ao gradiente de luz disponível e suas necessidades variam durante todo o ciclo de vida (TANAKA & VIEIRA, 2006).

## 1.5. CONCLUSÃO

As espécies utilizadas, sendo tolerantes à sombra, não apresentaram taxa de mortalidade elevada nos primeiros dois anos após o plantio na condição de enriquecimento. Porém, embora tolerantes à sombra, todas as espécies crescem lentamente sob o dossel já existente. As análises realizadas indicam que a competição afeta o crescimento das mudas com base na ligeira vantagem em crescimento nos tratamentos em que o dossel era menos compacto (falha no plantio original ou clareira induzida pelo anelamento de árvore plantada). A baixa mortalidade e o crescimento, ainda que lento, das mudas plantadas indicam que, para a maioria das espécies testadas, o plantio sob florestas em restauração já existentes tem chances de ser bem sucedido, uma vez que quatro das cinco espécies terão boa parte dos indivíduos vivos aos dez anos. Porém, práticas de manejo que reduzam a competição devem ser adotadas. Caso contrário as espécies levarão tempo extremamente longo para crescer e, por consequência, para iniciar processos reprodutivos e persistir na comunidade.

## **CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE COMPETIÇÃO.**

### **2.1- INTRODUÇÃO**

Crescimento e mortalidade de plantas mediante diferentes níveis de competição têm sido objeto de estudos em diferentes regiões do mundo e para diferentes ecossistemas (COMITA et al., 2010; BREUGEL et al., 2012; COATES et al., 2013). Os principais fatores que limitam o crescimento e sobrevivência de plantas em florestas tropicais, apontados na maioria dos estudos, têm sido a disponibilidade de luz e água no solo (HOLMES, 1995; GERHARDT, 1996; GROTE et al., 2013), seguidos de fatores menos frequentemente mencionados, como herbivoria e patógenos, que também influenciam a dinâmica da comunidade vegetal (FRECKLETON & LEWIS, 2006; RUIZ et al., 2009, NASCIMENTO et al., 2011) e a endogamia.

Plântulas e mudas de espécies arbóreas tropicais diferem muito em suas respostas de crescimento em relação aos níveis disponíveis de radiação fotossinteticamente ativa. Há espécies que demandam maior intensidade de luz para crescerem e há uma gama de necessidades até chegar às espécies que se desenvolvem bem à sombra. As necessidades por luz variam também de acordo com o estágio do ciclo de vida da planta. Muitas espécies arbóreas

tropicais necessitam de maior intensidade luminosa na fase inicial do ciclo de vida para que aumentem suas taxas de crescimento e alcancem maturidade reprodutiva (BROWN, 1996). A abertura de clareiras no dossel propicia maior incidência de luz que influi na dinâmica da regeneração natural no sub-bosque da floresta (BEBBER, 2002). O gradiente de luz compartilhado pelas espécies arbóreas em florestas tropicais úmidas é um importante mecanismo de manejo natural que resulta na grande riqueza de espécies (BALDERRAMA & CHAZDON, 2005).

O crescimento de plântulas e composição de espécies em florestas tropicais depende do potencial genético e da capacidade dessas espécies em responderem às condições ambientais. A água é um fator ambiental importante e a flutuação, entre os períodos de chuva e seca, na disponibilidade deste recurso conduz a distribuição das espécies. Plântulas são extremamente sensíveis aos efeitos do estresse hídrico (crescimento e sobrevivência) por conta de um sistema radicular superficial e, por isso, com acesso limitado à água do solo. Porém, enquanto algumas espécies são muito sensíveis à seca, outras desenvolvem estratégias para contornar o problema (RUIZ et al., 2013).

Plântulas são o estágio mais vulnerável do ciclo de vida da planta e nesta fase uma geração inteira pode morrer em virtude de competição, limitação de nutrientes e estresse hídrico (HANLEY & SYKES, 2009). Porém, há também a mortalidade densidade-dependente de sementes e plântulas que são atacadas por predadores, patógenos e herbívoros que são disseminados a partir da planta-mãe. Estes inimigos naturais apresentam preferência por plantas que são melhores competidoras ou espécies com capacidade de originar densas formações de plântulas ou mudas. As plantas precisam lidar com o ataque de inimigos naturais especialistas e generalistas que reduzem a dominância por espécie, gênero ou família, com ação mais ampla promovida por inimigos generalistas (DYER et al., 2010).

As plantas em uma floresta nativa estão sujeitas a todos os fatores mencionados anteriormente que conduzem o crescimento e sobrevivência dos indivíduos. Qualquer iniciativa de introduzir de forma artificial (semeadura ou mudas) espécies arbóreas em uma floresta em restauração com o intuito de aumentar a riqueza, deve atentar para o fato de estarem sujeitas aos mesmos fatores que as plantas da regeneração natural.

Plantios de enriquecimento oferecem oportunidade rara de experimentação controlada das condições de competição e da resposta de cada indivíduo plantado aos fatores que podem influenciar seu crescimento e sobrevivência.

Neste capítulo, analisamos a sobrevivência e o ritmo de crescimento dos indivíduos de cinco espécies arbóreas plantados sob o dossel de floresta em restauração, em função do nível de competição a que estavam expostos, representado pelas variáveis Área Basal e Densidade de plantas lenhosas ao seu redor. O objetivo dessas análises foi verificar se o estresse ocasionado pela competição causando a morte ou a inibição do crescimento das mudas plantadas é melhor representado pela biomassa de árvores próximas ou pela densidade, especialmente de plantas jovens, ao redor do indivíduo plantado. Testamos as seguintes hipóteses de que o crescimento das mudas seria influenciado negativamente por ambas as variáveis: área basal e densidade ao redor da muda plantada.

## **2.2- MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1. Local de estudo**

O estudo foi realizado em plantio experimental de enriquecimento, realizado sob plantios de restauração florestal existentes na fazenda Novo Destino, Tarumã-SP (coordenadas 22°44'56''S e 50°31'01''W). O município de Tarumã está localizado em região climática Cfa, segundo classificação de Köppen (1948), ou seja, clima mesotérmico, com chuvas concentradas no verão, sujeito a geadas esporádicas. As médias anuais registradas no município vizinho de Cândido Mota apresentam precipitação de 1.249 mm e temperatura de 22,3° C (SENTELHAS et al. 2003). O solo na propriedade é do tipo Latossolo Roxo Eutrófico, profundo, argiloso e de alta fertilidade (registros da propriedade). A vegetação nativa da região era Floresta Estacional Semidecidual (MONTEIRO-FILHO et al., 2012), estando as áreas em restauração em zona ripária, localizadas ao redor das nascentes e ao longo das margens do córrego da Aldeia, afluente de primeira ordem do rio Paranapanema (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHi 17).

O plantio original visando a restauração florestal foi efetuado em três etapas (1992, 1996 e 2004), em áreas que haviam sido utilizadas para o cultivo de grãos durante

algumas décadas. Foram plantadas cerca de 30 espécies arbóreas nativas da região, em espaçamento 3 x 2 m, ocupando área aproximada de 60.000 m<sup>2</sup>.

### **2.2.2. Desenho experimental e instalação**

Foram plantadas, no total, 75 mudas de cada uma das seguintes espécies: *Astronium graveolens*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cedrela fissilis*, *Myroxylon peruiferum* e *Plinia rivularis*, plantadas sob o dossel das florestas em restauração, a uma distância mínima entre si de 6 m, em quatro blocos inteiramente casualizados, totalizando 300 mudas por espécie.

As mudas utilizadas foram produzidas pela CESP (Companhia Energética de São Paulo), no viveiro de Porto Primavera. Foram produzidas em tubetes e, por volta dos seis meses de idade, foram transferidas para sacos de polietileno com capacidade de 800 ml, para que pudessem se tornar mais robustas. Esta operação foi realizada considerando que o plantio sob o dossel poderia resultar em alta mortalidade para mudas muito pequenas (a mortalidade é, naturalmente, maior para plantas menores). Antes do plantio as mudas foram transferidas do viveiro para o pátio da propriedade, sob sombreamento parcial, para aclimação. Nesse período foi diminuída a frequência de regas.

O plantio foi realizado em janeiro de 2012, somente após eventos de chuva acumulados de 60 mm, para diminuir o risco de perda de mudas por estresse hídrico. Para o plantio das mudas foram abertas covas com enxada, com cerca de 30 cm de profundidade, não sendo aplicado nenhum corretivo ou fertilizante.

Cada muda recebeu uma etiqueta numerada de alumínio, fixa à base do caule por arame galvanizado, com folga suficiente para evitar estrangulamento das mudas durante o período de observações.

Um mês após o plantio, foi efetuado o replantio das poucas mudas que morreram.

### **2.2.3. Coleta de dados**

Cada uma das mudas plantadas foi medida a cada seis meses, em épocas correspondentes ao final da estação chuvosa (abril) e ao final da estação seca (outubro). A cada levantamento, foram contabilizadas as mudas mortas e medidas as sobreviventes, tomando-se altura total e diâmetro da copa (maior e menor), com trena rígida de fibra, e o diâmetro do coleto com paquímetro digital, tomado a 5 cm acima da superfície do solo. Para as análises de crescimento foram utilizados apenas os dados da medição inicial (imediatamente após o plantio) e final (27 meses após o plantio).

Ao redor de cada muda plantada, buscando representar o nível de competição, foram coletadas as seguintes informações:

a) DAP de todas as árvores dentro de um raio de 3 m, para obtenção da área basal ao redor do indivíduo;

b) Número de indivíduos (todos os indivíduos de espécies arbóreas com altura superior a 1,30 m) dentro de um raio de 3 m, para obtenção da densidade.

### **2.2.4. Análise de dados**

Neste capítulo, as análises, tanto de crescimento em função do nível de competição, quanto da mortalidade em função da competição, foram realizadas separadamente para cada espécie.

#### **2.2.4.1. Crescimento e competição**

Neste capítulo, para a avaliação da relação entre o crescimento das mudas de cada espécie e os valores de Área Basal e Densidade de indivíduos arbóreos ao seu redor,

foram excluídas das análises todas as mudas plantadas que morreram ou perderam parte da copa ao longo do período de observações. A partir das medições realizadas, foram obtidas, para cada indivíduo, as variáveis incremento absoluto (27 meses de observações) e incremento relativo em altura, diâmetro do coleto e diâmetro de copa.

Para a escolha das variáveis que seriam utilizadas como representativas do crescimento do indivíduo no intervalo de tempo considerado, realizamos análises exploratórias por meio de regressão linear entre cada variável resposta e o tamanho inicial do indivíduo. Com esta análise buscamos identificar as variáveis que fossem menos influenciadas pelo porte inicial do indivíduo e, portanto, que melhor representassem as diferenças em crescimento decorrentes de outros fatores. Esta análise apontou o incremento absoluto em altura, diâmetro médio de copa e diâmetro do coleto como as melhores variáveis, uma vez que não sofrem influência do porte do indivíduo, para o conjunto de dados obtidos.

Para investigar a influência da competição sobre o crescimento das mudas de cada espécie, utilizamos análises de regressão linear entre as variáveis preditoras — Área Basal e Densidade e as variáveis resposta — incremento absoluto em altura, diâmetro médio de copa e do coleto. Para estas análises foi utilizado o programa Statistica<sup>®</sup>.

#### **2.2.4.2. Mortalidade e competição**

Para verificar se o nível de competição influencia a probabilidade de morte de uma muda em plantio de enriquecimento, utilizamos regressão logística. Para estas análises, os indivíduos contabilizados aos 27 meses de observações foram classificados como mortos=0 e vivos=1 (variável resposta binária). Utilizamos como variáveis preditoras a Área Basal e a Densidade de regenerantes arbóreos ao redor da muda plantada. Foram eliminadas desta análise as mudas plantadas que morreram em decorrência de distúrbios e, portanto, não representariam os efeitos da competição pelas árvores do plantio de restauração ou pelos indivíduos jovens em regeneração natural. Durante as observações foi possível registrar com segurança mudas que morreram por um episódio de incêndio e pisoteio por cavalos, que causaram a morte ou prejudicaram o desenvolvimento de parte das mudas.

## **2.3. RESULTADOS**

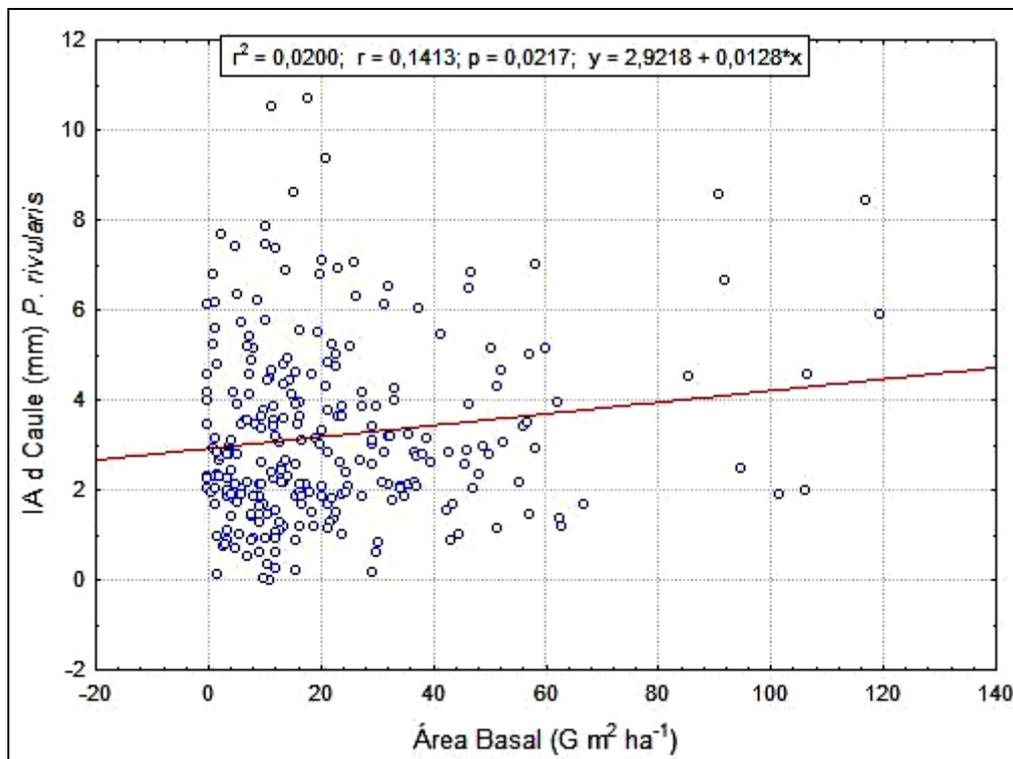
### **2.3.1. Influência da competição sobre o crescimento das mudas**

Os valores de área basal, convertidos em  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ , e densidade de indivíduos ao redor de cada muda plantada, convertidos em  $\text{ind ha}^{-1}$ , foram altamente variáveis, com distribuição normal. Para área basal, 90% dos valores registrados ficaram entre  $3,30 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  e  $48,36 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ , em torno da média de  $18,93 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Para a densidade de plantas com altura a partir de 1,30 m, 90% dos valores ficaram entre 0 e  $6.720 \text{ ind ha}^{-1}$ , sendo a média de  $1.417 \text{ ind ha}^{-1}$ .

#### **2.3.1.1. Área Basal como variável preditora de crescimento**

Quando a Área Basal foi utilizada como variável preditora, as análises de regressão resultaram em baixos valores de  $r^2$  e as relações entre as variáveis não foram significativas ( $p > 0,05$ ) para as espécies analisadas, com exceção de *P. rivularis* (Figura 18). Para

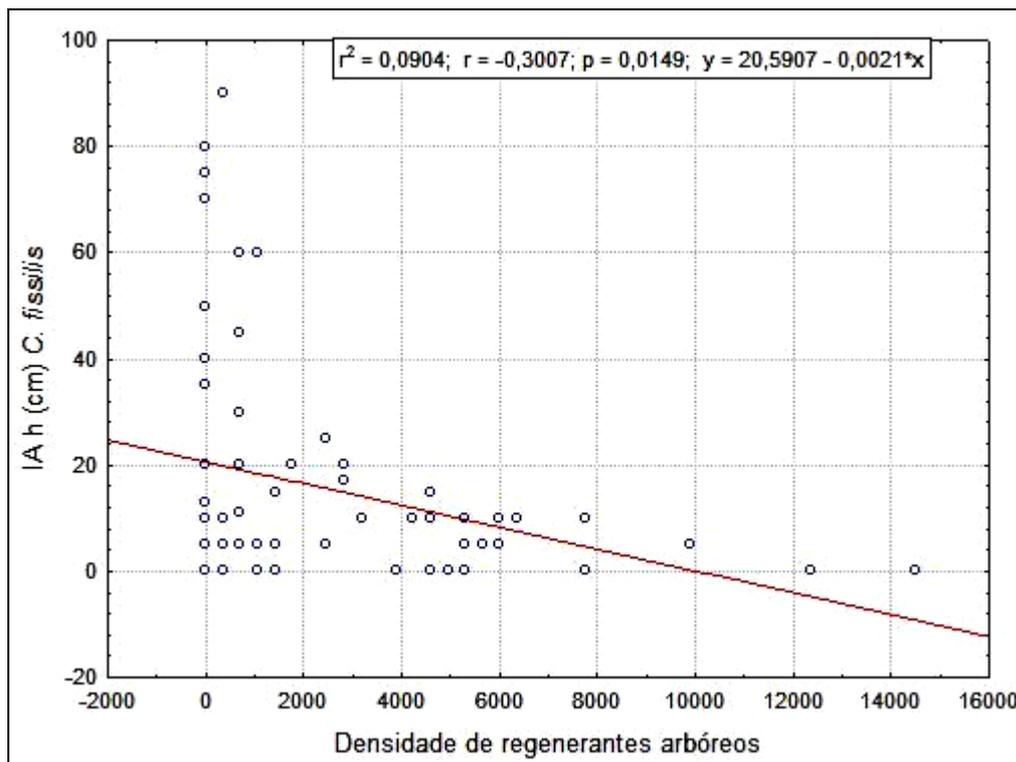
esta espécie, o diâmetro do coleto foi maior quanto maior a área basal das árvores ao seu redor ( $r^2 = 0,02$ ;  $p=0,0217$ ).



**Figura 15.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro médio do caule (IA d Caule) de mudas plantadas de *P. rivularis* ( $n = 263$ ) em plantio de enriquecimento de florestas em restauração e a área basal das árvores em um raio de 3 m ao redor da muda, em Tarumã, SP.

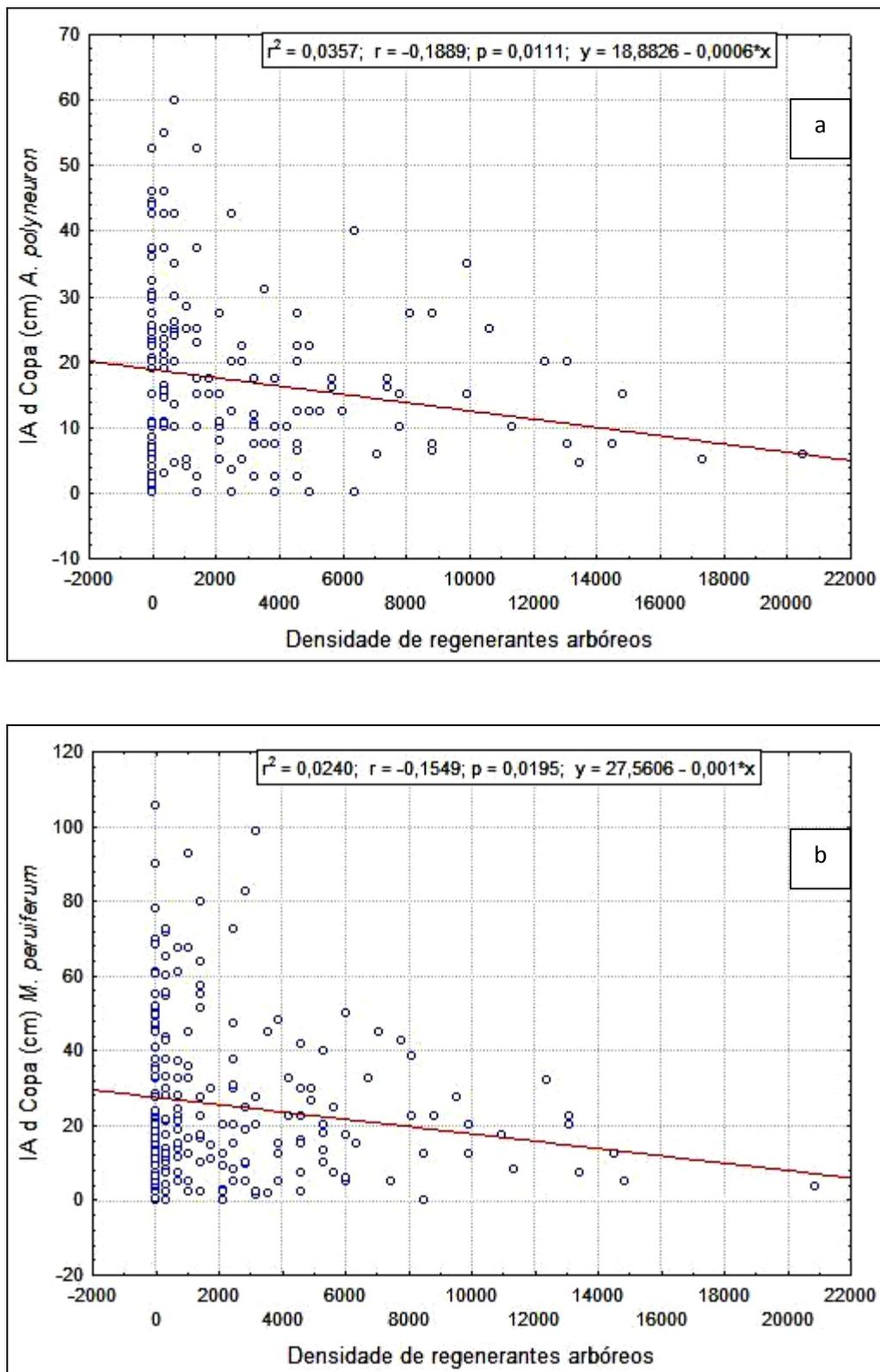
### 2.3.1.2. Densidade de regenerantes arbóreos como variável preditora de crescimento

As análises de regressão linear utilizando a densidade de indivíduos ao redor da muda plantada apresentaram resultados distintos para as diferentes variáveis resposta. O incremento em altura foi negativamente influenciado pela densidade de regenerantes ao redor das mudas apenas em *C. fissilis* ( $r^2=0,0904$ ;  $p=0,0149$ ) (Figura 19).



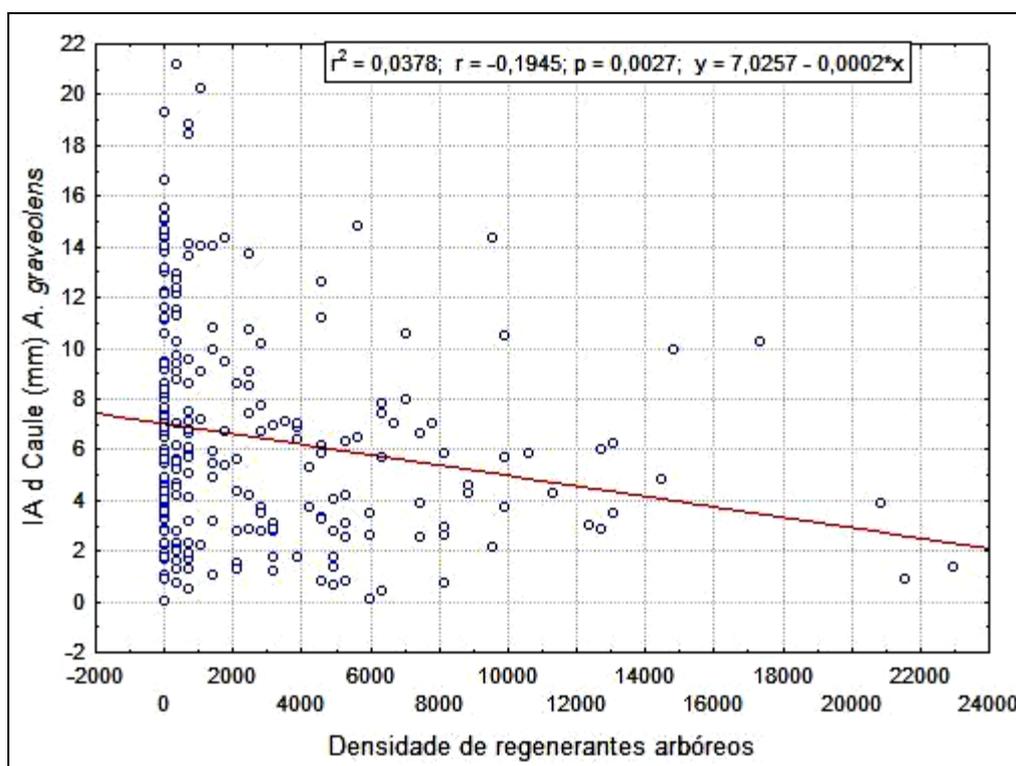
**Figura 16.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em altura (IA h) de indivíduos de *C. fissilis* (n = 65) plantados sob o dossel de mata ciliar em restauração e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor da muda (Tatumã, SP).

O incremento em diâmetro médio da copa foi negativamente influenciado pela densidade ao redor das mudas das espécies *A. polyneuron* ( $r^2=0,0357$ ;  $p=0,0111$ , Figura 20a) e *M. peruiiferum* ( $r^2=0,0240$ ;  $p=0,0195$ , Figura 20b).

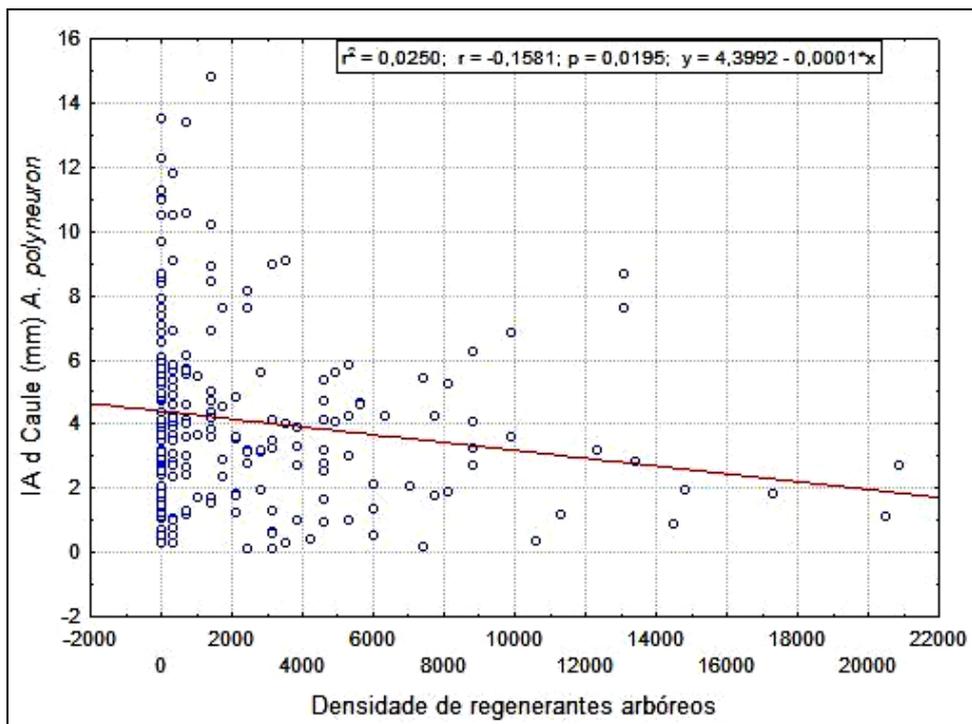


**Figura 17.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro médio de copa (IMA d Copa) de mudas plantadas sob o dossel de florestas em restauração e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor da muda. (a) *A. polyneuron* (n = 181) e (b) *M. peruiiferum* (n = 228).

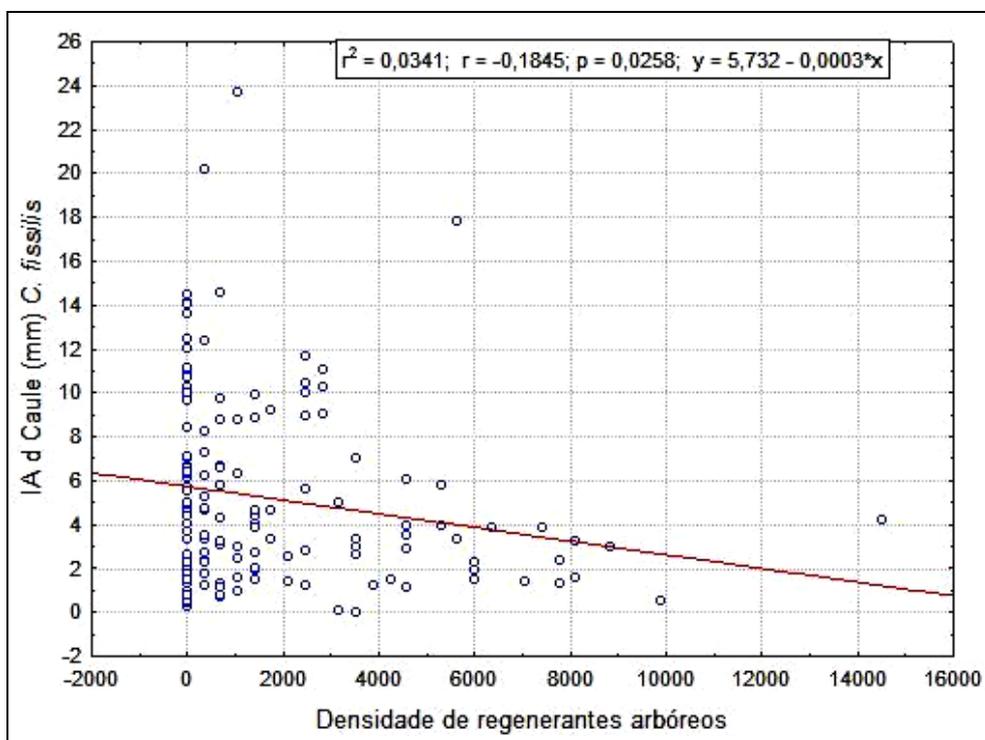
O crescimento das mudas, quando representado pelo incremento no diâmetro do coleto, foi a variável que respondeu de maneira mais consistente aos efeitos da competição, sendo negativamente influenciado pela densidade de plantas nativas em regeneração ao redor da muda plantada em todas as espécies: *A. graveolens* ( $r^2=0,0378$ ;  $p=0,0027$ , Figura 21), *A. polyneuron* ( $r^2=0,025$ ;  $p=0,0195$ , Figura 22), *C. fissilis* ( $r^2=0,0341$ ;  $p=0,0258$ , Figura 23), *M. peruiferum* ( $r^2=0,0407$ ;  $p=0,0014$ , Figura 24) e *P. rivularis* ( $r^2=0,0196$ ;  $p=0,0232$ , Figura 25).



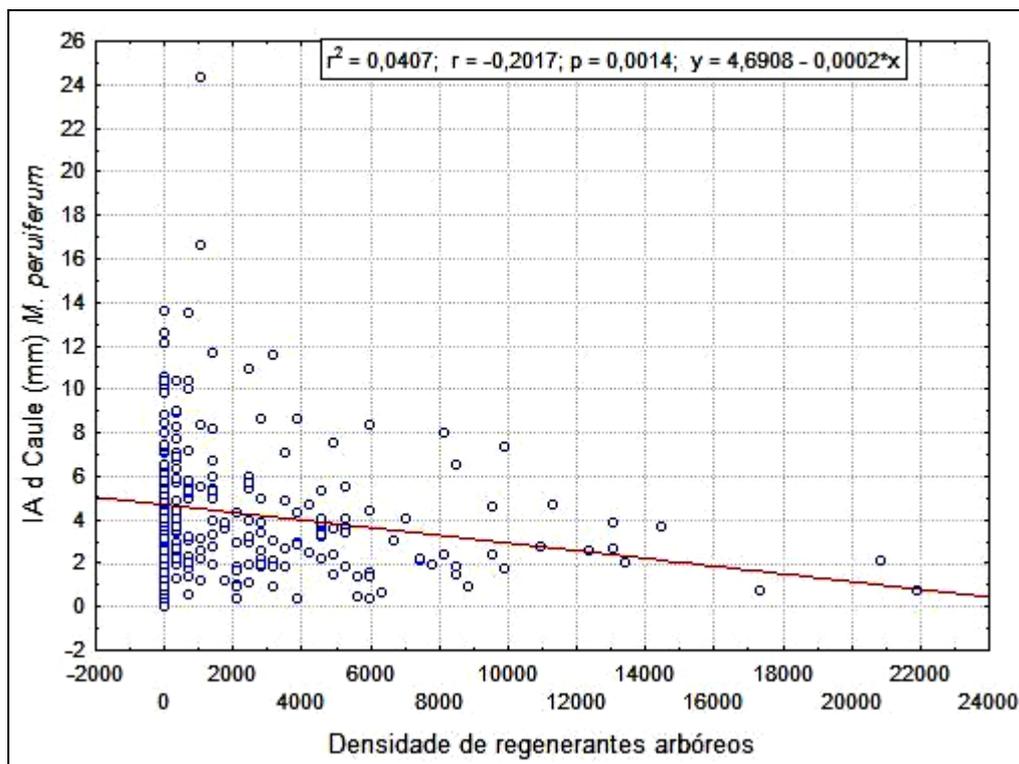
**Figura 18.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) das mudas de *A. graveolens* ( $n = 236$ ) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas sob o dossel de florestas em restauração, em Tarumã, SP.



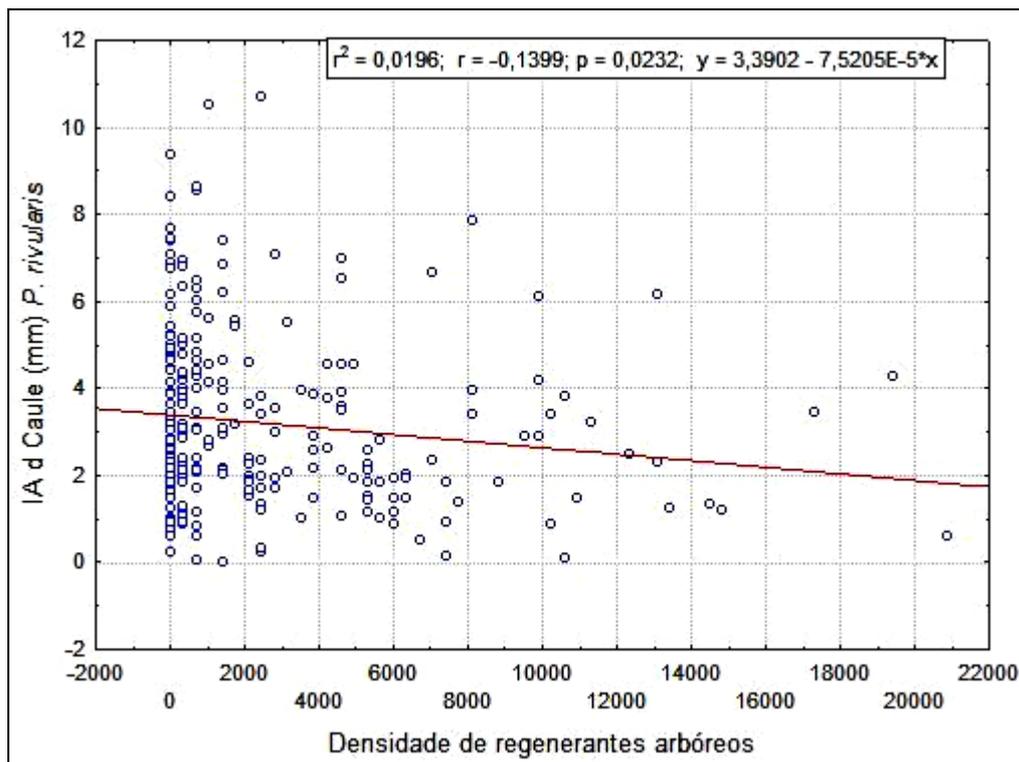
**Figura 19.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) das mudas de *A. polyneuron* (n = 219) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP.



**Figura 20.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) das mudas de *C. fissilis* (n = 146) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP.



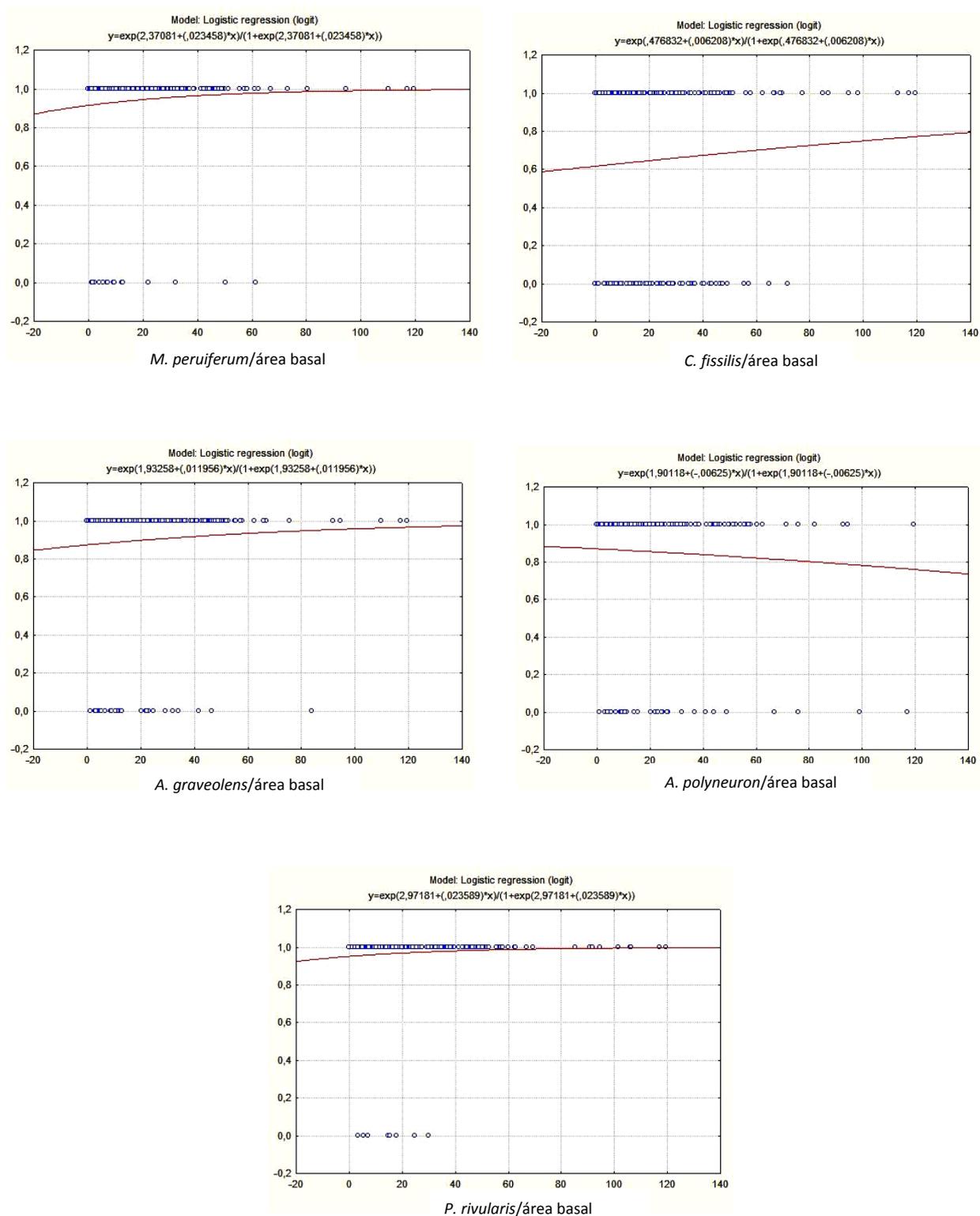
**Figura 21.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) de mudas de *M. peruiiferum* ( $n = 250$ ) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP.



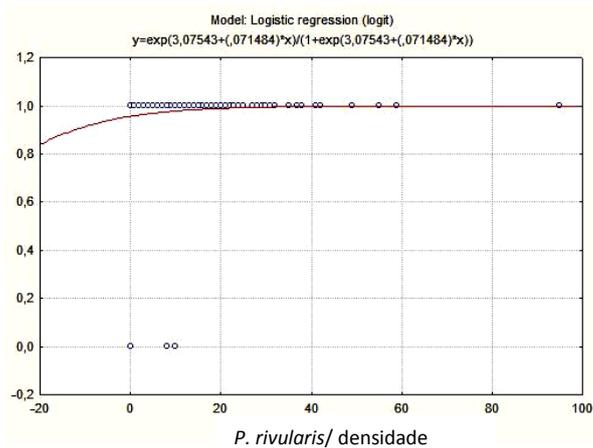
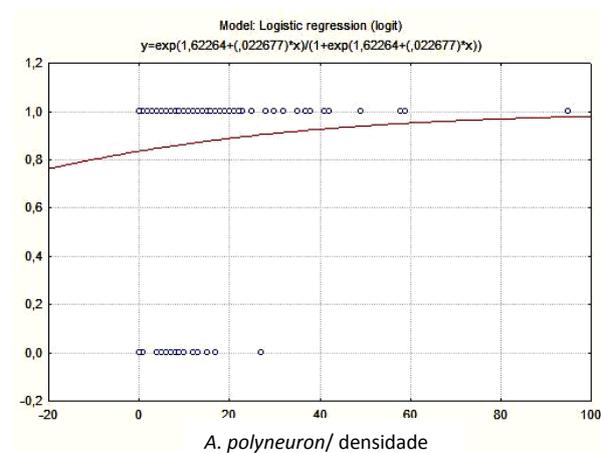
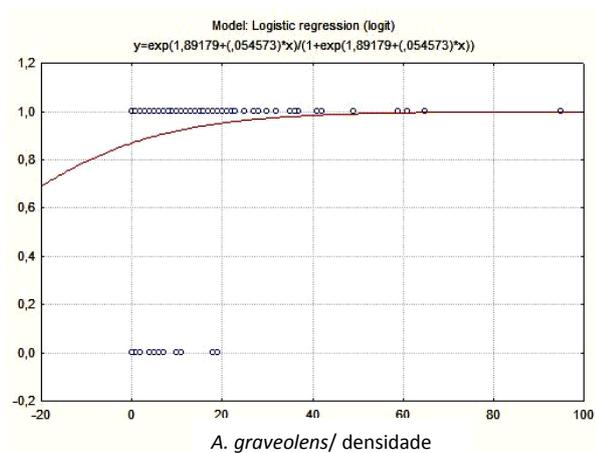
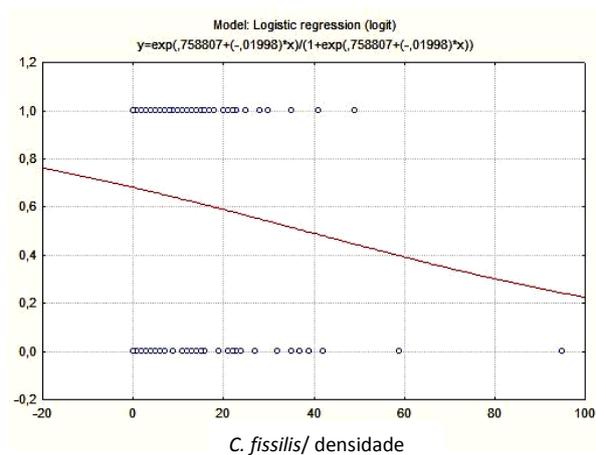
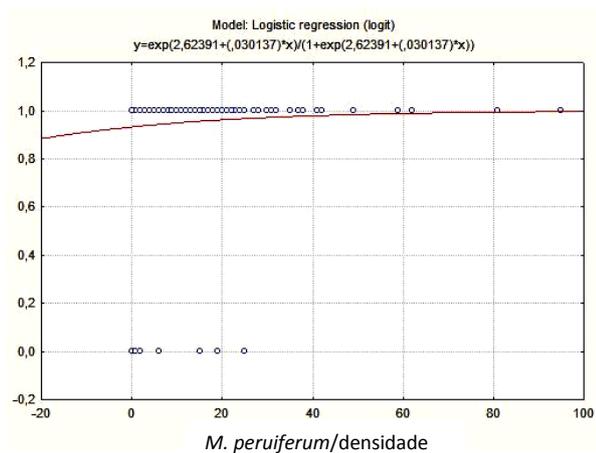
**Figura 22.** Regressão linear entre o Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) de mudas de *P. rivularis* ( $n = 264$ ) e a Densidade de indivíduos arbóreos em um raio de 3 m ao redor das mudas plantadas em floresta em restauração, Tarumã, SP.

### 2.3.1.3. Probabilidade de sobrevivência das mudas em função da competição

As análises realizadas por regressão logística (Figuras 23 e 24) não apontaram aumento ou redução na probabilidade de sobrevivência das mudas plantadas em função do nível de competição, quer seja representado pela Área Basal ou pela densidade de indivíduos ao redor das mudas plantadas, para nenhuma das cinco espécies analisadas.



**Figura 23.** Regressão logística entre a probabilidade de sobrevivência e a área basal dos indivíduos ao redor de cada muda plantada de cinco espécies arbóreas em plantio de enriquecimento.



**Figura 24.** Regressão logística entre a probabilidade de sobrevivência e a densidade de indivíduos ao redor de cada muda plantada de cinco espécies arbóreas em plantio de enriquecimento.

## 2.4. DISCUSSÃO

A Área Basal das árvores do dossel, que são aquelas que foram plantadas inicialmente com a finalidade de restauração, não explica o desenvolvimento das mudas plantadas em condição de enriquecimento. Em uma análise simplista isto parece significar que essas árvores não inibem o crescimento das mudas plantadas. Porém, a interpretação deste resultado pode ser outro: a Área Basal não representa a inibição, mesmo considerando que é de  $28 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  a média de área basal das florestas nativas da região (SUGANUMA et al 2014) e que ao redor das mudas plantadas foram registrados valores de até  $48,36 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ . Por exemplo, duas árvores de mesmo diâmetro, sendo uma árvore de madeira de alta densidade, como *Acacia polyphylla* DC. (monjoleiro), e a outra de baixa densidade, como *Croton floribundus* Spreng (capixingui), apresentam demandas muito diferentes de recursos como água do solo, nutrientes e luz (BARBOSA et al., 2003; VIVIAN et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA, 2013). Da mesma forma, duas árvores de mesmo diâmetro, sendo uma perenifólia e de copa densa, como *Syzygium cumini* (Linn.) (jambolão), e outra caducifólia e de copa rala, como *Ceiba speciosa* (A. St. Hil.) (paineira), interceptam quantidades muito diferentes de luz. Estas diferenças na arquitetura da copa, inerentes a cada uma das espécies que compõem o dossel de uma floresta não são bem representadas pela área basal das árvores. Ainda existem respostas individuais das árvores às mudanças ambientais, que resultam em alterações na arquitetura das copas que

acabam interferindo diretamente na dinâmica da comunidade de plântulas sob suas copas (CAMPOE, 2008; SANTOS et al., 2012; DARONCO, 2013). Portanto, esses atributos das árvores do dossel, provavelmente, apresentariam relações muito mais estreitas com o sucesso das plantas sob suas copas do que, simplesmente, a Área Basal (SOUZA et al., 2013; SOUZA et al., 2014).

Por outro lado, a densidade de plantas no sub-bosque apresentou influência negativa consistente sobre o crescimento das mudas plantadas, embora a densidade do sub-bosque seja relativamente baixa. A média de densidade (plantas com altura a partir de 1,30 m) observada foi de 1.417 ind ha<sup>-1</sup>, enquanto em florestas nativas da região a média de densidade para plantas com DAP mínimo de 1 cm é de 4.085 ind ha<sup>-1</sup> (SUGANUMA et al 2013a). O sub-bosque é diversificado, mas relativamente homogêneo em composição florística em toda a área experimental. No entanto, o grau de agregação dos indivíduos regenerantes é muito variável espacialmente. Assim, a densidade de plantas é que cria variação entre os pontos de localização das mudas. Ou seja, os resultados deste estudo demonstram que o nível de competição está relacionado com a densidade de plantas pequenas e não com a Área Basal das árvores grandes ao redor das mudas. Porém, embora os modelos lineares apontem relações consistentes entre as variáveis, os coeficientes de determinação das retas são muito baixos. Isto significa que a densidade do sub-bosque explica muito pouco da variação no crescimento das mudas, geralmente não ultrapassando 4%. Assim, restam 96% de variação no crescimento que não são explicados pela densidade do sub-bosque. Se o plantio de enriquecimento buscar ganho em riqueza de espécies, complexidade de habitat e diversidade de funções ecológicas, é desejável que as mudas introduzidas sobrevivam, cresçam e persistam na comunidade. Se a competição exercida pelo sub-bosque em regeneração dificulta o crescimento das mudas, a raleação dos indivíduos jovens de espécies cujas populações sejam muito abundantes pode ser benéfica para aumento da diversidade da comunidade e para assegurar o crescimento das mudas plantadas em enriquecimento. Em áreas florestais manejadas para aumento da riqueza de espécies, várias intensidade de desbastes podem reduzir o risco do sub-bosque ser dominado por uma ou poucas espécies (WILSON & PUETTMANN, 2007).

Ainda que o crescimento das mudas seja claramente influenciado pela competição oferecida pelas plantas que se regeneram naturalmente no sub-bosque, a probabilidade de sobrevivência das mudas plantadas não se altera significativamente nem em função da Área Basal da floresta plantada e nem da densidade do sub-bosque ao redor das

mudas. Este resultado se repetiu para todas as cinco espécies analisadas. O fato de terem sido utilizadas no plantio espécies tolerantes à sombra faz com que este resultado deva ser analisado com ressalvas. Se tivessem sido utilizadas espécies intolerantes à sombra como *Trema micrantha* (crindiúva), espécies do gênero *Cecropia* (embaúba), *Croton floribundus* (capixingui), ou outras espécies pioneiras na sucessão ecológica, os resultados poderiam ter sido diferentes, (TABARELLI & MONTOVANI, 1997; VACCARO et al., 1999; COSTA et al., 2008; COSTA et al., 2012). A maior demanda de espécies pioneiras por luz poderia resultar em resposta mais consistente à competição oferecida pela plantas do sub-bosque ou mesmo pelas árvores plantadas e, provavelmente, em maiores taxas de mortalidade.

Ainda que este estudo demonstre que o plantio de espécies raras ou de outras que não estão se regenerando possa viabilizar o aumento de riqueza da comunidade em restauração, há que se considerar que o desenvolvimento das mudas plantadas depende ou de abertura de clareiras ou da raleação do sub-bosque para reduzir a competição. Os custos dessas operações seriam elevados e a validade de sua aplicação para aumentar o número de espécies não encontra na ciência argumentos que justifiquem sua recomendação.

## **2.5. CONCLUSÃO**

Embora a competição com as plantas do sub-bosque tenha ocasionado diminuição no crescimento das plantas de todas as espécies, a probabilidade de morte dos indivíduos não está relacionada com a densidade e nem com a área basal ao seu redor, pelo menos durante dois anos de observações, para as espécies estudadas.

### **CAPITULO3: VARIAÇÃO ESTACIONAL NO CRESCIMENTO DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO**

#### **3.1- INTRODUÇÃO**

A estacionalidade do clima, especialmente a deficiência hídrica nos meses de inverno, é tida como um importante filtro ecológico atuando sobre as comunidades vegetais em regiões de floresta Estacional Semidecidual. Além da restrição hídrica, esta formação vegetal é caracterizada pela queda de temperaturas no inverno. Ambos os fatores – a deficiência hídrica e as baixas temperaturas – ocasionam queda de folhas, que caracteriza estas florestas e dá a elas a denominação. Estudos de deposição de folheto têm demonstrado picos nos meses de abril a setembro, tanto em florestas nativas quanto em plantios de restauração onde são utilizadas espécies nativas caducifólias (MOREIRA & SILVA, 2004; VITAL et al., 2004; MACHADO et al., 2008; PINTO et al., 2008). Nesse período, que corresponde aos meses de inverno, a entrada de luz no sub-bosque é maior, em comparação com a estação chuvosa, que ocorre usualmente nos meses mais quentes do ano nessa região.

A luz é, geralmente, o recurso mais limitante para o crescimento de plântulas e mudas no sub-bosque de florestas decíduas nativas. O crescimento e a sobrevivência da vegetação do sub-bosque é fortemente dependente da capacidade de se adaptar ao aumento

repentino da luminosidade promovida pela abertura no dossel e também de permanecer sob baixa irradiação por longos períodos, até que ocorra a abertura de clareiras. As habilidades de adaptação são inerentes a cada espécie vegetal, variam de acordo com as características e plasticidade em relação às modificações ambientais. A fisiologia foliar, morfologia da copa e alocação de biomassa por toda a planta podem alterar em resposta às mudanças espaço-temporais no ambiente de luz. Porém, muitas características de árvores de sub-bosque são tamanho-dependente e refletem na tolerância à sombra das espécies (DELAGRANGE et al., 2004). As variações sazonais nas características fotossintéticas das plantas de sub-bosque de florestas decíduais estão diretamente ligadas às transições sazonais da intensidade luminosa (KUDO et al., 2008).

O crescimento das plantas no sub-bosque das florestas naturais é fortemente influenciado pela sazonalidade do clima (MARIA, 2002; NUNES et al., 2005; SANTAROSA et al., 2007) e pelo grau de abertura do dossel decorrente da caducifolia (SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2009; VENTUROLI et al., 2011a; GONZATTI et al., 2014). As mudas introduzidas em florestas já existentes por meio de plantio de enriquecimento são submetidas aos mesmos fatores de estresse que as plantas jovens na florestas nativa. Estudos têm demonstrado que o crescimento das plantas jovens é menor no período de inverno e esta observação tem sido associada à deficiência hídrica (SANTIAGO et al., 2001; CABRAL et al., 2004).

Neste estudo, comparamos o incremento em altura, copa e diâmetro do caule das mudas de cinco espécies plantadas sob florestas em restauração, entre duas estações (verão e inverno). Testamos a hipótese de que o crescimento seria distinto entre as duas estações, sendo superior no verão, que coincide com a estação chuvosa, quando as plantas não sofrem restrição hídrica.

## **3.2- MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1. Local de estudo**

O estudo foi realizado em plantio experimental de enriquecimento, realizado sob plantios de restauração florestal existentes na fazenda Novo Destino, Tarumã-SP (coordenadas 22°44'56''S e 50°31'01''W). O município de Tarumã está localizado em região climática Cfa, segundo classificação de Köppen (1948), ou seja, clima mesotérmico, com chuvas concentradas no verão, sujeito a geadas esporádicas. As médias anuais registradas no município vizinho de Cândido Mota apresentam precipitação de 1.249 mm e temperatura de 22,3° C (SENTELHAS et al. 2003).

O solo na propriedade é do tipo Latossolo Roxo Eutrófico, profundo, argiloso e de alta fertilidade (registros da propriedade). A vegetação nativa da região era Floresta Estacional Semidecidual (MONTEIRO-FILHO et al., 2012), estando as áreas em restauração em zona ripária, localizadas ao redor das nascentes e ao longo das margens do córrego da Aldeia,

afluente de primeira ordem do rio Paranapanema (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHi 17).

O plantio original visando a restauração florestal foi efetuado em três etapas (1992, 1996 e 2004), em áreas que haviam sido utilizadas para o cultivo de grãos durante algumas décadas. Foram plantadas cerca de 30 espécies arbóreas nativas da região, em espaçamento 3 x 2 m, ocupando área aproximada de 60.000 m<sup>2</sup>.

### **3.2.2. Desenho experimental e instalação**

O estudo foi realizado com base no crescimento de mudas de diferentes espécies plantadas em condição de enriquecimento, sob o dossel do plantio de restauração. Foram plantadas, em cada um dos blocos, 75 mudas de cada uma das seguintes espécies: *Astronium graveolens*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cedrela fissilis*, *Myroxylon peruiferum* e *Plinia rivularis*, plantadas a uma distância mínima entre si de 6 m, em quatro blocos inteiramente casualizados, totalizando 300 mudas por espécie.

As mudas utilizadas foram produzidas pela CESP (Companhia Energética de São Paulo), no viveiro de Porto Primavera. Foram produzidas em tubetes e, por volta dos seis meses de idade, foram transferidas para sacos de polietileno com capacidade de 800 ml, para que pudessem se tornar mais robustas. Esta operação foi realizada considerando que o plantio sob o dossel poderia resultar em alta mortalidade para mudas muito pequenas (a mortalidade é, naturalmente, maior para plantas menores). Antes do plantio as mudas foram transferidas do viveiro para o pátio da propriedade, sob sombreamento parcial, para aclimação. Nesse período foi diminuída a frequência de regas.

O plantio foi realizado em janeiro de 2012, somente após eventos de chuva acumulados de 60 mm, para diminuir o risco de perda de mudas por estresse hídrico. Para o plantio das mudas foram abertas covas com enxadão, com cerca de 30 cm de profundidade, não sendo aplicado nenhum corretivo ou fertilizante.

Cada muda recebeu uma etiqueta numerada de alumínio, fixa à base do caule por arame galvanizado, com folga suficiente para evitar estrangulamento das mudas durante o período de observações.

### **3.2.3. Coleta de dados**

Cada uma das mudas plantadas foi medida a cada seis meses, em épocas correspondentes ao final da estação chuvosa (abril) e ao final da estação seca (outubro). A cada levantamento, foram contabilizadas as mudas mortas e medidas as sobreviventes, tomando-se altura total e diâmetro da copa (maior e menor), com trena rígida de fibra, e o diâmetro do coleto com paquímetro digital, tomado a 5 cm acima da superfície do solo.

Para as análises comparativas de crescimento entre as estações, utilizamos apenas quatro conjuntos de dados, de modo a obter o crescimento de cada muda em um período de seis meses que neste estudo denominamos inverno e um período de seis meses que denominamos verão, como segue:

Período de inverno: diferença de tamanho entre a medição realizada em outubro de 2013 e a medição realizada em abril de 2013, ou seja, durante os meses com as temperaturas mais baixas e, usualmente, menor precipitação;

Período de verão: diferença de tamanho entre a medição realizada em abril de 2014 e a medição realizada em outubro de 2013, que corresponde aos meses com temperaturas mais elevadas e, usualmente, com maior precipitação.

### **3.2.4. Análise de dados**

Para todas as análises realizadas neste capítulo, as variáveis de crescimento — Incremento Absoluto em altura, diâmetro médio de copa e diâmetro médio do coleto, foram realizadas separadamente para cada espécie em relação aos períodos de inverno e verão. Foram excluídas das análises todas as mudas que morreram ou perderam parte da copa em decorrência de fatores de distúrbio (e.g. pisoteio, queda de galhos, fogo, etc.) ao longo do período de observações. Assim, o número de indivíduos incluídos nas análises foi diferente entre espécies e entre as variáveis.

#### **3.2.4.1. Crescimento e variação estacional**

A partir das medições realizadas, foram obtidas, para cada indivíduo, as variáveis incremento absoluto em altura, diâmetro médio de copa e diâmetro do coleto, para os períodos de inverno e verão.

A escolha das variáveis que seriam utilizadas como representativas do crescimento do indivíduo no intervalo de tempo considerado foi realizada por meio de regressões lineares exploratórias entre cada variável resposta e o tamanho inicial do indivíduo. Com esta análise buscamos identificar as variáveis que fossem menos influenciadas pelo porte do indivíduo e, portanto, melhor representassem as diferenças em crescimento decorrentes de outros fatores. Esta análise apontou as variáveis de incremento absoluto em altura, diâmetro médio de copa e diâmetro do coleto como as melhores, uma vez que não foram influenciadas pelo porte inicial dos indivíduos, para o conjunto de dados obtidos.

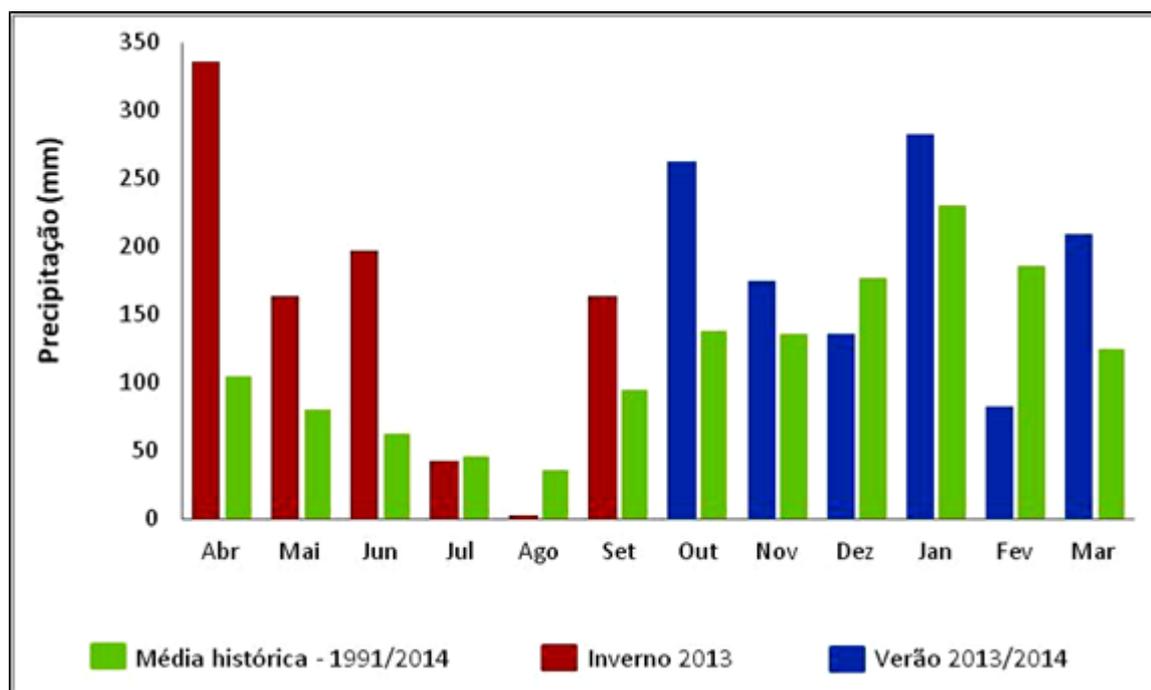
Para investigar a influência da estacionalidade climática sobre o crescimento das mudas de cada espécie comparamos os valores médios de incremento para cada variável entre as duas estações, utilizando o teste t de student.

#### **3.2.5. Precipitação pluviométrica mensal na região de estudo**

Para dar suporte à análise dos resultados de crescimento das mudas entre as estações do ano, foram levantados dados de precipitação referentes aos períodos de verão e inverno analisados e, também, as médias mensais históricas para a região (Quadro 2 e Figura 26). Os registros mensais de precipitação durante o período de observações foram obtidos na estação meteorológica mais próxima, a cerca de 2 km da área experimental (Raízen - Unidade produtora de Tarumã-SP, fazenda Nova América). Os dados históricos de precipitação pluviométrica média mensal para a região de presente estudo correspondem ao período de 1991 a 2014, (CIIAGRO, 2014).

**Quadro 2:** Dados de precipitação durante os períodos de inverno e verão em que foram realizadas os registros de crescimento das mudas plantadas (Raízen - Unidade produtora de Tatumã-SP, fazenda Nova América) e médias mensais históricas para a região (CIIAGRO, 2014).

|   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul  | Ago | Set   | Out | Nov   | Dez   | Jan   | Fev | Mar   |
|---|-------|-------|-------|------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|
| <b>Período de estudo - inverno (mm)</b> | 335,6 | 163,6 | 196,8 | 42,2 | 3   | 163,8 |     |       |       |       |     |       |
| <b>Período de estudo - verão (mm)</b>   |       |       |       |      |     |       | 262 | 174,2 | 135,5 | 282,8 | 82  | 208,8 |
| <b>Média histórica (mm)</b>             | 105   | 81    | 63    | 46   | 36  | 95    | 138 | 135   | 177   | 230   | 186 | 125   |



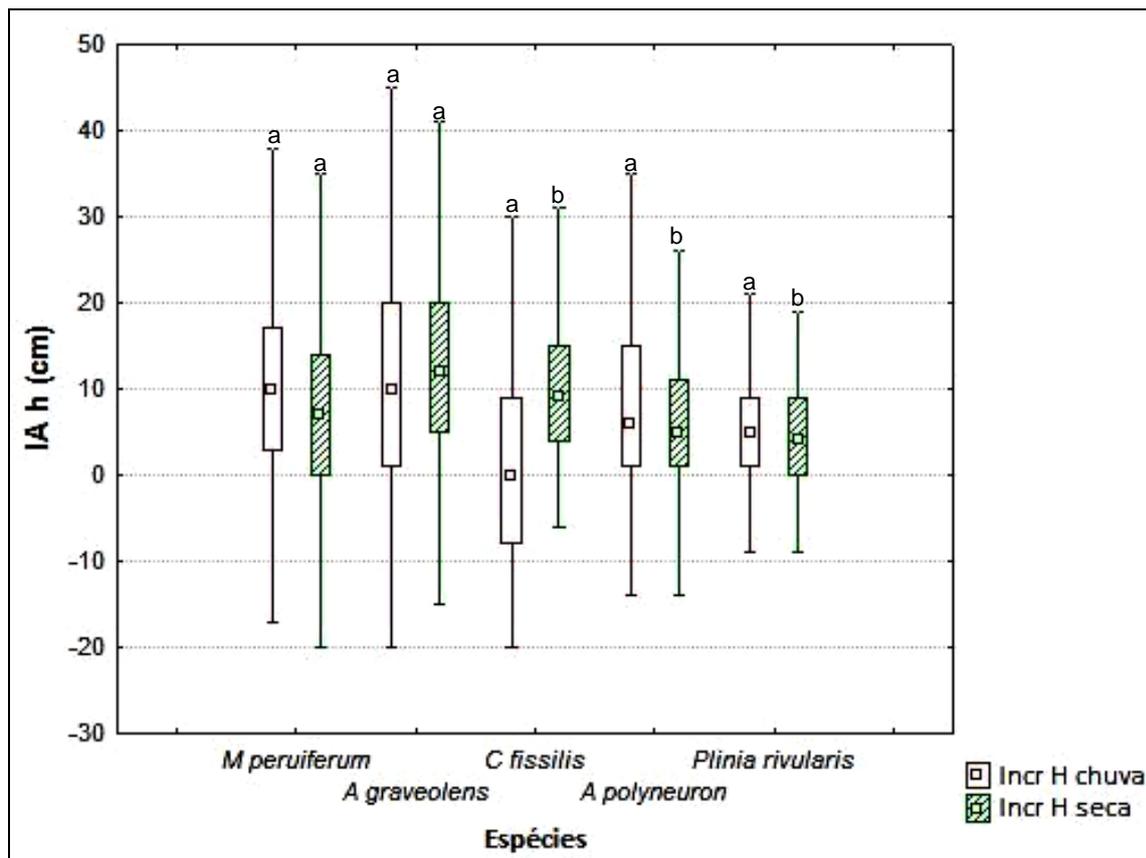
**Figura 25.** Dados de precipitação pluviométrica mensal registrados nos períodos de estudo: inverno (abril a setembro 2013) e verão (outubro 2013 a março 2014) e médias mensais históricas para a região.

### 3.3. RESULTADOS

Diferenças no crescimento foram observadas entre as estações de verão e inverno para algumas variáveis e para algumas espécies, não havendo um padrão que corresponda a todas as situações.

#### 3.3.1. Crescimento em altura

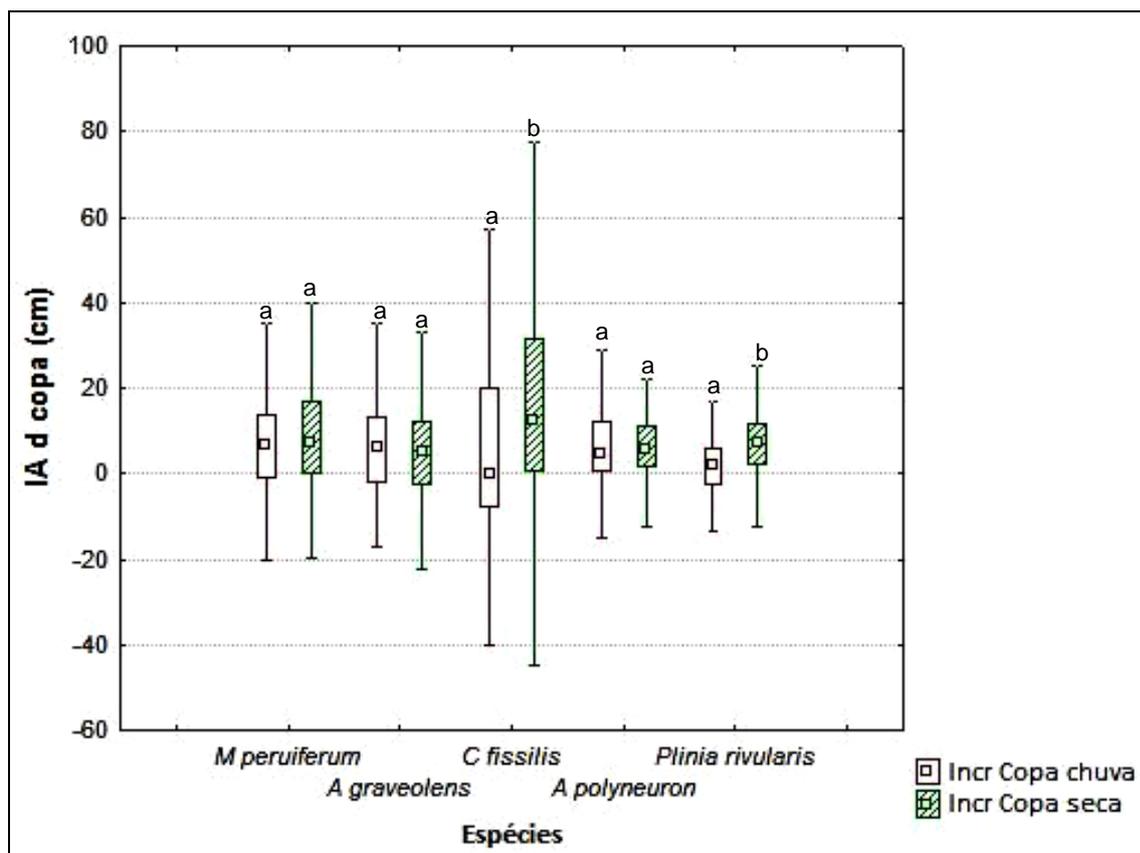
Os valores de Incremento Absoluto em altura (IA h), diferiram entre estações apenas em *Cedrella fissilis* (9,9 cm no inverno e 2,9 cm no verão), em *Aspidosperma polyneuron* (6,2 cm no inverno e 8,3 cm no verão) e em *Plinia rivularis* (4,1 cm no inverno e 5,4 cm no verão) (Figura 27).. *Myroxylon peruiferum* e *Astronium graveolens* não apresentaram diferenças no crescimento em altura entre os períodos do inverno e verão.



**Figura 26.** Incremento Absoluto em altura (IA h) nos períodos do verão e inverno para cada uma das espécies plantadas: *Astronium graveolens* (n=219), *Aspidosperma polyneuron* (n=201), *Cedrela fissilis* (n=63), *Myroxylon peruiferum* (n=217) e *Plinia rivularis* (n=237). Letras iguais sobre as duas caixas da mesma espécie significam que não há diferença no crescimento entre verão e inverno, pelo test T de student ao nível de probabilidade de 95%.

### 3.3.2. Crescimento em diâmetro de copa

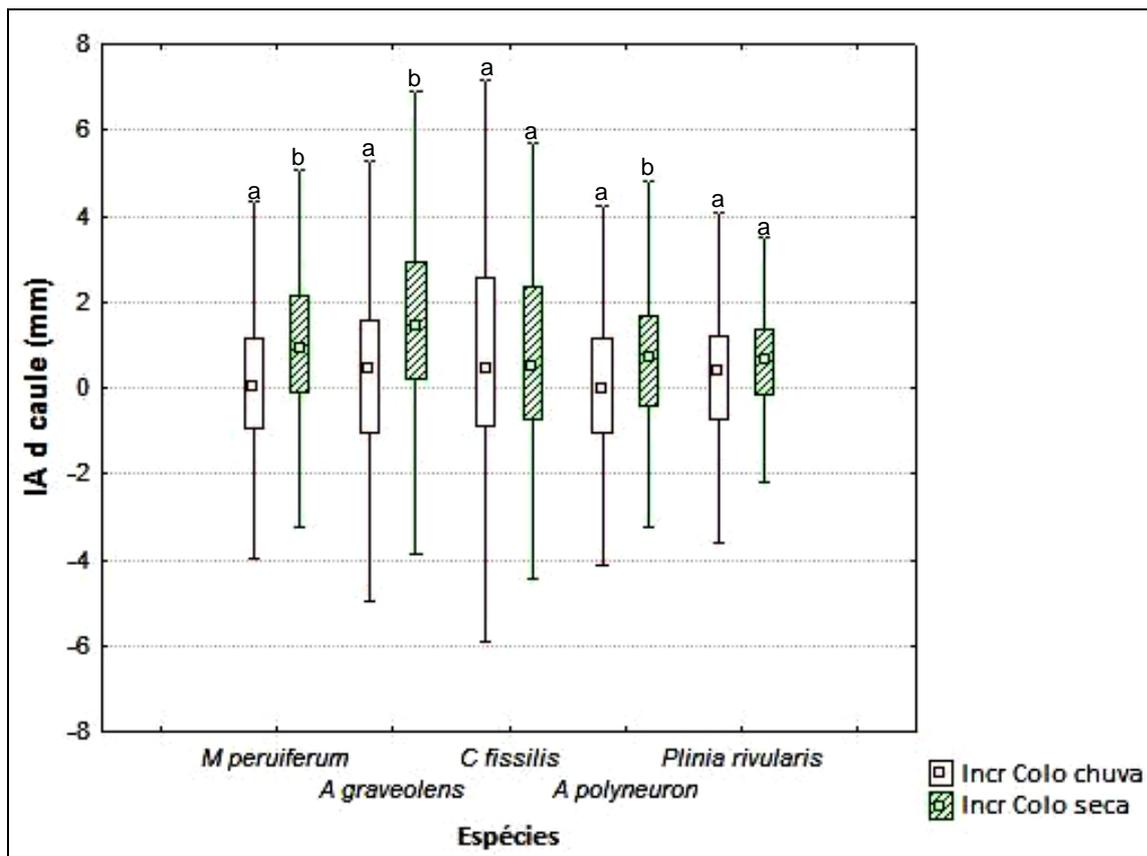
Foram observadas diferenças no incremento em diâmetro de copa entre as estações em *Cedrela fissilis* (14,4 cm no inverno 4,9 cm no verão) e em *Plinia rivularis* (7,1 cm no inverno e 1,7 cm no verão) (Figura 28). As mudas das demais espécies não apresentaram crescimento diferenciado entre as estações do ano.



**Figura 27.** Incremento Absoluto em diâmetro médio de copa (IA d Copa) nos períodos de verão e inverno de cada uma das espécies plantadas: *Astronium graveolens* (n=185), *Aspidosperma polyneuron* (n=182), *Cedrela fissilis* (n=85), *Myroxylon peruiferum* (n=225) e *Plinia rivularis* (n=228). Letras iguais sobre as duas caixas da mesma espécie significam que não há diferença no crescimento entre verão e inverno, pelo test T de student ao nível de probabilidade de 95%.

### 3.3.3. Crescimento em diâmetro do caule

Os valores de Incremento Absoluto em diâmetro do coleto diferiram entre o verão e o inverno para os indivíduos de três das cinco espécies utilizadas no presente estudo. O incremento em diâmetro do caule foi de 0,24 mm no verão e 1,00 mm no inverno em *M. peruiferum*, 0,36 mm no verão e 1,54 mm inverno em *A. graveolens* e 0,15 mm no verão e 0,63 mm no inverno em *A. polyneuron* (Figura 29).



**Figura 28.** Incremento Absoluto em diâmetro do caule (IA d Caule) nos períodos do verão e inverno para cada uma das espécies plantadas: *Astronium graveolens* (n=237), *Aspidosperma polyneuron* (n=220), *Cedrela fissilis* (n=144), *Myroxylon peruiferum* (n=250) e *Plinia rivularis* (n=263). Letras iguais sobre as duas caixas da mesma espécie significam que não há diferença no crescimento entre verão e inverno, pelo test T de student ao nível de probabilidade de 95%.

### 3.4. DISCUSSÃO

Todas as espécies utilizadas no plantio de enriquecimento apresentaram diferença no crescimento entre verão e inverno para, pelo menos, uma variável. Ao contrário do que esperávamos, porém, na maioria das vezes o incremento periódico (seis meses) foi superior no inverno. Isto ocorreu para *Cedrela fissilis* no crescimento em altura, para *Cedrela fissilis* e *Plinia rivularis* no crescimento em diâmetro de copa e para *M. peruiiferum*, *A. graveolens* e *A. polyneuron* em diâmetro do coleto. Apenas *A. polyneuron* e *P. rivularis* apresentaram crescimento superior no verão, e isto ocorreu somente para a variável altura.

As plantas de florestas estacionais tropicais têm a germinação de suas sementes e o estabelecimento-crescimento de plântulas regidos pela estacionalidade climática. A estação seca, notadamente a primeira estação seca a que as plântulas são submetidas, confere importante filtro de estresse hídrico que regula a dinâmica da comunidade vegetal. Ainda que todas as sementes presentes no banco do solo venham a germinar e se desenvolver ao estágio de plântulas, é nesta fase que a mortalidade densidade-dependente dos indivíduos é mais acentuada e o crescimento é menor, devido ao período de estiagem (MCLAREN & MCDONALD, 2003; LIN et al., 2012). No presente estudo não foi observado menor crescimento na estação historicamente seca, que é o inverno. Houve maior crescimento em altura (*C. fissilis* e *P. rivularis*) e crescimento em diâmetro de caule (*M. peruiiferum*, *A. graveolens* e *A. polyneuron*) justamente no período do inverno. No entanto, a análise das condições meteorológicas durante

o período de estudo explicam os resultados diferentes do esperado. O regime de chuvas foi muito distinto da média histórica para a região, com a soma dos 12 meses de observação totalizando 2050,30 mm, quando a média para a região gira em torno de 1.400 mm. Nos seis meses de verão a precipitação foi de 1.145,30 mm e nos seis meses de inverno foi de 905 mm, de modo que não se pode considerar que houve uma estação seca. Esses registros demonstram que a esperada sazonalidade relacionada com deficiência hídrica não ocorreu. Assim, a falta de água no solo não deve ter influenciado o crescimento da mudas em nenhum dos dois períodos.

Em não havendo estresse hídrico, diferenças de crescimento entre estações seriam decorrentes de outros fatores. Se a temperatura fosse o fator influenciando o crescimento das mudas, era de se esperar que o crescimento fosse maior no verão. Mas isto não ocorreu na maioria dos casos em que houve diferença. Resta como fator a disponibilidade de luz. Embora a incidência de luz sobre a superfície da Terra seja menor no inverno, em nível de comunidades vegetais ocorre o inverso. Estudos demonstram que as árvores da floresta estacional perdem maior quantidade de folhas no inverno, independentemente da deficiência hídrica (DURIGAN, et al, 1996). Embora alguns autores ressaltem a importância do estresse hídrico para a maior queda de folhas no inverno (DELITTI, 1989), há autores que destacam a importância da queda de temperatura e luz (ALVIM, 1964; BRAY & GORHAM, 1964; KÖNIG et al., 2002) e há que se considerar o comportamento intrínseco das espécies caducifólias, que derrubam as folhas em épocas definidas, independentemente das variações climáticas de determinado ano (PAGANO, 1989; DURIGAN et al, 1996; PAGANO e DURIGAN, 2001; AIDAR & JOLY, 2003; NUNES et al., 2005). A queda de folhas pode ser influenciada ainda por fatores físicos como intensidade de ventos e até pelo impacto das gotas de chuva (ARAÚJO et al., 2006; PEZZATTO & WISNIEWSKI, 2006) ou pelo histórico de degradação do fragmento florestal (WERNECK et al., 2001). A verdade é que a caducifolia típica das floresta estacional semidecidual resulta na chegada de maior quantidade de luz no sub-bosque no período de inverno, com implicações sobre os fatores essenciais para o crescimento das plantas.

Os resultados deste estudo, apontando crescimento superior das mudas plantadas no sub-bosque em um período de inverno que não apresentou deficiência hídrica, podem ser explicados, portanto, pela abertura do dossel e maior entrada de luz associada à redução de temperatura e às estratégias peculiares das espécies do dossel, que são, em parte, naturalmente caducifólias (GANDOLFI, et al., 2009).

A sobrevivência, estabelecimento e crescimento de uma planta têm na luz um dos mais importantes recursos e uma baixa intensidade de luz pode comprometer o crescimento em diferentes estágios ontogenéticos da planta. Mesmo uma pequena abertura no dossel que promova um aumento na incidência luminosa pode interferir no recrutamento e sobrevivência de plântulas e plantas jovens. Geralmente são atribuídas às clareiras naturais pela queda de árvores a oportunidade da vegetação do sub-bosque se beneficiar do aumento de recursos, em especial a luz (FAHEY & PUETTMANN, 2008). Porém, em dossel composto por espécies arbóreas decíduas, clareiras podem ser abertas simplesmente pela queda das folhas. Desta forma, altos níveis de luz atingem o sub-bosque, reduzindo a competição entre as espécies vegetais nos períodos de pico de deciduidade. Portanto, um dossel composto por árvores decíduas afeta positivamente as espécies vegetais com maior demanda de luz presentes no sub-bosque. Esta característica é muito importante para a compreensão da dinâmica das Florestas Estacionais Semidecíduais, a relação entre as árvores decíduas e os diferentes grupos de plantas que se estabelecem e se desenvolvem sob suas copas (SOUZA et al., 2014).

No verão, todas as árvores se encontram com folhagem densa, resultando em ambiente excessivamente sombreado sob o dossel. De fato, nos dois únicos casos em que, no plantio de enriquecimento do presente estudo, o crescimento foi maior no verão (*A. polyneuron* e *P. rivularis*) isto ocorreu apenas para a variável altura, que responde positivamente à falta de luz. Não havendo deficiência hídrica, uma vez que houve chuva tão abundante no inverno quanto no verão, a maior entrada de luz proporcionou maior crescimento da mudas no inverno.

Quando os resultados são analisados do ponto de vista da avaliação da técnica de enriquecimento, seja no contexto da restauração ou visando exploração econômica, mais uma vez, como no capítulos 1 e 2 deste estudo, o que se verifica é que quanto menor a disponibilidade de luz, mais lento será o crescimento das mudas plantadas. Portanto, é possível deduzir que o sucesso de plantios de enriquecimento depende do manejo adequado da disponibilidade de luz, essencial para o desenvolvimento das mudas de espécies desejáveis introduzidas sob o dossel de uma floresta já existente.

### 3.5. CONCLUSÃO

As mudas das espécies plantadas apresentaram diferenças no crescimento para algumas das variáveis entre as duas estações. Porém, a hipótese de trabalho foi refutada, uma vez que na maioria dos casos o crescimento foi superior no inverno. Considerando que a esperada restrição hídrica no inverno não ocorreu no período de estudo, é de se supor que o crescimento maior no inverno foi resultado da maior disponibilidade de luz decorrente da queda natural de folhas da floresta estacional semidecidual nos meses mais frios do ano. Assim, para aprimorar a técnica de enriquecimento de florestas já existentes, práticas de manejo visando aumentar a entrada de luz sob o dossel são recomendadas para beneficiar o crescimento das mudas que venham a ser introduzidas.

## **CONSIDERAÇÕES SOBRE A UTILIZAÇÃO DE PLANTIOS DE ENRIQUECIMENTO NO CONTEXTO DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL**

Plantios de enriquecimento, nas suas mais variadas técnicas, são objeto de estudos na busca de compreender como é possível introduzir espécies vegetais em ecossistemas degradados em restauração, que por algum motivo apresentem baixo número de espécies. Estudos científicos vêm buscando formas de alcançar comunidades vegetais com alta riqueza de espécies em curto prazo de tempo. A questão mais importante que se coloca é: em que situação é necessário se utilizar do enriquecimento e como isso deve ser feito? Em muitos casos o potencial de regeneração natural (resiliência do ecossistema) é totalmente apto a cumprir o papel de incrementar o número de espécies sem a interferência de forma artificial. Ecossistemas degradados que recebem plantios de enriquecimento nem sempre oferecem condições abióticas favoráveis para que os indivíduos plantados se estabeleçam e se desenvolvam. Plantios de enriquecimento podem acabar sendo utilizados como um preciosismo na esperança de que um grupo de espécies esteja presente sem que exista ambiente favorável para que essas espécies introduzidas sejam sustentadas. Resultados promissores a curto prazo não garantem que florestas "enriquecidas" permaneçam assim no futuro, dado o crescimento lento e a possibilidade de que os indivíduos morram antes de atingir o estágio reprodutivo.

Plantios de enriquecimento devem ser analisados também à luz das reivindicações do movimento ambientalista. É ponto pacífico para ambientalistas que técnicas de enriquecimento sejam empregadas na restauração de ecossistemas degradados para aumentar o número de espécies. À primeira vista não há argumentos contrários ao plantio de enriquecimento, nada que impeça o manejo de um ecossistema degradado para que aconteça um ganho em número de espécies vegetais. Porém, nem sempre ações bem intencionadas estão embasadas em técnicas adequadas à determinada situação ou nem mesmo há respaldo científico para implantá-las. Caso a ciência aponte para a viabilidade do manejo por meio de abertura de clareiras ou faixas no interior do ecossistema em questão ou até mesmo um desbaste na densidade de indivíduos regenerantes para que plantios de enriquecimento tenham maiores chances de sucesso, cabe saber se será aceito por uma frente ambientalista. Uma visão mais preservacionista nem sempre está preparada para aceitar intervenções que, em um primeiro momento, apresentam-se extremamente impactantes ao ambiente, mesmo que resultados positivos sejam possíveis a longo prazo.

A legislação ambiental, como ferramenta de política pública, deveria ser embasada em técnicas viáveis para que as questões ambientais sejam conduzidas de forma conciliatória para os setores da sociedade. Contudo, as leis são elaboradas de maneira a impor metas nem sempre possíveis de atingir e principalmente prazos difíceis de serem cumpridos. Plantios de enriquecimento são técnicas previstas na legislação ambiental como meio de se restaurar ecossistemas degradados. Porém, atribuir o cumprimento da lei por meio de um número fixo de espécies arbóreas para que o ecossistema seja considerado restaurado ou prazos não muito claros ou ainda muito curtos, não é um mecanismo funcional para assegurar o cumprimento da lei. Mesmo que seja cumprida a legislação, isso não é garantia de que o ecossistema "restaurado" legalmente se sustente ecologicamente.

O enriquecimento pode ser analisado também do ponto de vista dos prestadores de serviços. Um profissional prestador de serviço em consultoria ambiental comumente incorpora em seu relatório a recomendação de implantação de plantios de enriquecimento para restauração de ecossistemas degradados. A técnica é difundida de forma segura e praticamente como garantia de sucesso. No entanto, os resultados deste estudo demonstram que plantios de enriquecimento com espécies arbóreas sob o dossel de florestas já existentes dificilmente poderão ser entregues ao contratante com a garantia de que a floresta está, de fato, "enriquecida". Para que haja alguma chance de sucesso é necessário escolha criteriosa da

espécies a serem plantadas e ações de monitoramento e manejo adequados a cada caso. Mesmo com tantos cuidados o contratante deve ser alertado de que é um contrato de risco, custo elevado e com resultados que só podem ser avaliados em longo prazo.

Pela legislação ambiental vigente, Lei No 12.651, de 25 de maio de 2012, todos os proprietários rurais são obrigados a restaurar as Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) em suas propriedades. O plantio de enriquecimento é uma das técnicas possíveis que têm sido previstas para que esta exigência legal seja alcançada. Porém, o enriquecimento não é apenas uma técnica a ser "vendida" como etapa obrigatória de cumprimento legal. Ela é uma técnica que deve ser empregada frente uma análise da situação e com custos altos de implantação, monitoramento e manejo. Atualmente, esses custos são de responsabilidade quase que exclusiva dos proprietários rurais, sem compartilhamento com outros setores da sociedade ou com órgãos governamentais. Diante dos custos elevados e baixas garantias de sucesso caso um bom manejo não seja aplicado, plantios de enriquecimento podem não corresponder no futuro a tantas promessas ditas no investimento.

Aqueles que apostam no plantio de enriquecimento como forma de exploração madeireira de forma sustentável devem fazê-lo cientes dos riscos financeiros e do criterioso monitoramento e manejo que deve ser seguido com precisão e por profissionais que consigam avaliar cada situação. Não é possível "vender" a ideia de plantio de enriquecimento com espécies de interesse comercial madeireiro como opção de investimento de retorno financeiro e em curto prazo. Para que a técnica possa ter chances de sucesso, deve ser aliada à abertura de clareiras muito maiores do que as experimentadas neste estudo, para que as espécies usadas no enriquecimento possam apresentar maiores taxas de sobrevivência e crescimento mais rápido. Acima de tudo, as análises financeiras devem incorporar nos custos, além das mudas e operação de plantio, todos os investimentos para a aberturas das clareiras e o manejo em mantê-las abertas para assegurar os recursos abióticos favoráveis ao desenvolvimento das mudas plantadas sob o dossel das florestas já existentes.

## REFERÊNCIAS

ABREU, R. C. R. de; SANTOS, F. F. M.; DURIGAN, G. Changes in plant community of Seasonally Semideciduous Forest after invasion by *Schizolobium parahyba* at southeastern Brazil. **Acta Oecologica**, Fribourg , v. 54, p. 57-64, 2014.

ADJERS, G.; HADENGGANAN, S.; KUUSIPALO, J.; NURYANTO, K.; VESA L. Enrichment planting of dipterocarps in logged-over secondary forests: effect of width, direction and maintenance method of planting line on selectec *Shorea* species. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 73, p. 259-270, 1995.

AIDAR, M. P. M.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacará-Pepira, São Paulo. **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo-SP, v. 26, n. 2, p. 193-202, jun., 2003.

AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J. K.; PASCARELLA, J. B.; RIVERA, L.; MARCANO-VEGA, H. Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. **Restoration Ecology**, Washington, D.C., v. 8, n. 4, p. 328-338, dec, 2000.

ALVIM, P. T. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. In: **Congresso Nacional de Botânica**, 15, Porto Alegre, 1964. Anais... SBB. p. 405-422.

ARAÚJO, R. S.; RODRIGUES, F. C. M. P.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO F. J. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro-RJ, v. 12, n. 2, p. 15-21, nov/dez., 2006.

ARIBAFI, A.; MACK, L. Treefall gap dynamics in a tropical rain forest in Papua New Guinea. **Pacific Science**, Honolulu, v. 67, n. 1, p. 47-58, 2013.

ASHTON, M. S.; GUNATILLEKE, C. V. S.; SINGHAKUMARA, B. M. P.; GUNATILLEKE, I. A. U. N. Restoration pathways for rain forest in southwest Sri Lanka: a review of concepts and modes. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 154, p. 409-430, 2001.

BALDERRAMA, S. I. V.; CHAZDON, R. L. Light-dependent seedling survival and growth of four tree species in Costa Rican second-growth rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 21, p. 383-395, 2005.

BARBOSA, A. P.; CAMPOS, M. A. A.; SAMPAIO, P. T. B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C. Q. B. O crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) e caroba (*Jacaranda copaia* d. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus-AM, v. 33, n. 3, p. 477-482, 2003.

BARBOSA, L. M.; BARBOSA, J. M.; BARBOSA, K. C.; POTOMATI, A.; MARTINS, S. E.; ASPERTI, L. M.; MELO, A. C. G.; CARRASCO, P. G.; CASTANHEIRA, S. A.; PILIACKAS, J. M.; CONTIERI, W. A.; MATTIOLI D. S.; GUEDES, D. C. SANTOS-JUNIOR, N.; SILVA, P. M. S.; PLAZA, A. P. Recuperação florestal com espécies nativas no Estado de São Paulo: pesquisas apontam mudanças necessárias. **Florestar Estatístico**, São Paulo-SP, v. 6, n. 14, p. 28-34, 2003.

BEBBER, D.; BROWN, N.; SPEIGHT, M.; MOURA-COSTA, P.; WAI, Y. S. Spatial structure of light and dipterocarp seedling growth in a tropical secondary forest. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 157, p. 65-75, 2002.

BERTONI, J. E. A.; DICKFELDT, E. P. Plantio de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira) em área alterada de floresta: desenvolvimento das mudas e restauração florestal. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo-SP, v. 19, n. 1, p. 31-38, Jun. 2007.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Adv. Ecol. Res.**, Amsterdam, v. 2, p. 101-157, 1964.

BREUGEL, M. van; BREUGEL, P. van; JANSEN, P. A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F. The relative importance of above- versus belowground competition for tree growth during early succession of a tropical moist forest. **Plant Ecol**, Dordrecht, v. 213, p. 25-34, 2012.

BROWN, N. A gradient of seedling growth from the centre of a tropical rain forest canopy gap. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 82, p. 239-244, 1996.

CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta bot. bras.**, Belo Horizonte-MG, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.

CAMPOE, O. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre a produtividade primária líquida de madeira, o índice de área foliar e a eficiência do uso da luz em plantios de restauração da Mata Atlântica.** 2008, 120 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Embrapa informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, Colombo, 1.039 p., v. 1, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Embrapa informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, Colombo, 627 p., v. 2, 2006.

CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P.; GOMES, J. M. O tamanho da clareira não influencia no comportamento de mudas de *Manilkara huberi* plantadas após a colheita da madeira. **Rev. Cienc. Agrar.**, Manaus-AM, v. 56, n. 2, p. 120-124, abr./jun. 2013.

CHAGAS, R. K.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; van den BERG, E.; SCOLFORO, J. R. S. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 39-57, 2001.

CIAGRO-Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. **Download de dados de precipitação.** Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QChuvaPeriodo.asp>> Acesso em: 12 set. 2014.

CLAESSEN, M. E. C.; BARRETO, W. O.; PAULA, J. L.; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 1997. 212 p.: il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

COATES, K. D.; LILLES, E. B.; ASTRUP, R. Competitive interactions across a soil fertility gradient in a multispecies forest. **Journal of Ecology**, London, v. 101, p. 806-818, 2013.

COLPINI, C.; SILVA, V. S. M.; SOARES, T. S.; HIGUCHI, N.; TRAVAGIN, D. P.; ASSUMPCÃO, J. V. L. Incremento, ingresso e mortalidade em uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional em Marcelândia, Estado do Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus-AM, v. 40, n. 3, p. 549-556, 2010.

COMITA, L. S.; MULLER-LANDAU, H. C.; AGUILAR, S.; HUBBELL, S. P. Asymmetric Density Dependence Shapes Species Abundances in a Tropical Tree Community. **Science**, Washington, D.C., v. 329, p. 330-332, 16 July 2010.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na floresta nacional do Tapajós após a colheita de madeira. **Rev. Cienc. Agrár.**, Manaus-AM, n. 50, p. 63-76, jul./dez., 2008.

COSTA, S. G.; MORATO, E. F.; SALIMON, C. I. Densidade de bambu e estrutura populacional de duas espécies arbóreas pioneiras em florestas secundárias de diferentes idades em um remanescente florestal, **Acre. Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 363-374, set., 2012.

CUMMINGS, J.; REID, N.; DAVIES, I.; GRANT, C. Adaptive restoration of sand-mined areas for biological conservation. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 42(1), p. 160-170, 2005.

DARONCO, C. **Atributos funcionais de espécies arbóreas e a facilitação da regeneração natural em plantios de mata ciliar**. Dissertação, 2013 (Mestrado em Ciência Florestal - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2013.

DELAGRANGE, S.; MESSIER, C.; LECHOWICZ, M; DIZENGREMEL, P. Physiological, morphological and allocational plasticity in understory deciduous trees: importance of plant size and light availability. **Tree Physiology**, Oxford, v. 24, p. 775-784, 2004.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: BARBOSA, L. M. (coord.) **Simpósio sobre mata ciliar**, São Paulo, abr. 11-15, 1989, Anais... Campinas, Fundação Cargill. p. 88-98.

DENSLOW, J. S.; SCHULTZ, J. C.; VITOUSEK, P. M.; STRAIN, B. R. Growth responses of tropical shrubs to treefall gap environments. **Ecology**, Washington, D.C., v. 71, n. 1, p. 165-179, 1990.

DURIGAN, G. ; LEITÃO FILHO, H. F. ; PAGANO, S. N. . Produção de folheto em matas ciliares na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo-SP, v. 8, n.2, p. 187-199, 1996.

DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SAITO, M.; BAITELLO, J. B. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP, **Revta brasil. Bot.**, São Paulo-SP, v. 23, n. 4, p. 371-383, dez., 2000.

DURIGAN, G.; IVANAUSKAS, N. M.; ZAKIA, M. J. B.; ABREU, R. C. R. Control of invasive plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. **Natureza e Conservação**, Rio de Janeiro-RJ, n. 11(1), p. 23-30, July 2013a.

DURIGAN, G.; GUERIN, N.; COSTA, J. N. M. N. Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. **Phil. Trans. R. Soc. B**, London, v. 368, 20120165, 22 April 2013b.

DYER, L. A.; LETOURNEAU, D. K.; CHAVARRIA, G. V.; AMORETTI, D. S. Herbivores on a dominant understory shrub increase local plant diversity in rain forest communities. **Ecology**, Washington, D.C., v. 91, n. 12, p. 3707-3718, 2010.

FAHEY, R. T.; PUETTMANN K. J. Patterns in spatial extent of gap influence on understory plant communities. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 255, p. 2801-2810, 2008.

FIGUEIREDO-FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em floresta ombrófila mista. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez., 2010.

FRAVETO, R.; MELLO, R. S. P.; BAPTISTA, L. R. de M. Growth of *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) under forest and agroforestry in southern Brazil. **Agroforest Syst.**, New York, v. 80, p. 303-313, 2010.

FRECKLETON, R. P.; LEWIS, O. Pathogens, density dependence and the coexistence of tropical trees. **Proc. R. Soc. B**, London, v. 273, p. 2909-2916, 2006.

GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability-impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Sci. Agric.**, Piracicaba-SP, Braz., v. 64, p. 433-438, July/August 2007.

GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; FILHO, H. F. L. "Gaps of deciduousness": cyclical gaps in tropical forests. **Sci. Agric.**, Piracicaba-SP, Braz., v. 66, n. 2, p. 280-284, March/April 2009.

GÊNOVA, K. B.; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de Cerrado. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo-SP, v. 19, n. 2, p. 189-200, dez. 2007.

GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 82, p. 33-48, 1996.

GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P.; SILVA, M. G.; NOBRE, D. N. V.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J. E. R.; SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 40(1), p. 171-178, 2010.

GONZATTI, F.; VALDUGA, E.; WASUM, R. A.; SCUR, L. Florística e aspectos ecológicos de samambaias e licófitas em remanescentes de matas estacionais decíduais da serra gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil. **R. bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 90-97, abr./jun., 2014.

GRAVEL, D.; CANHAM, C. D.; BEAUDET, M.; MESSIER, C. Shade tolerance, canopy gaps and mechanisms of coexistence of forest trees. **Oikos**, Hoboken, v. 119, p. 475-484, 2010.

GRAY, A. N.; SPIES, T. A.; PABST, R. J. Canopy gap affect long-term patterns of tree growth and mortality in mature and old-growth forests in the Pacific Northwest. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 281, p. 111-120, 2012.

GROTE, S.; CONDIT, R.; HUBBELL, S.; WIRTH, C.; RÜGER, N. Response of Demographic Rates of Tropical Trees to Light Availability: Can Position-Based Competition Indices Replace Information from Canopy Census Data? **Plos One**, San Francisco, v. 8, Issue 12, p. 1-14, 2013.

HALL, J. S. Seed and seedling survival of african mahogany (*Entandrophragma* spp.) in the Central African Republic: implications for forest management. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 255, p. 292-299, 2008.

HANLEY, M. E.; SYKES, R. J. Impacts of seedling herbivory on plant competition and implications for species coexistence. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, p. 1347-1353, 2009.

HERBÁRIO VIRTUAL REFLORA. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do>> Acesso em: 12 mar. 2014.

HOLMES, T. H. Woodland canopy structure and the light response of juvenile *Quercus lobata* (Fabaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 82, n. 11, p. 1432-1442, 1995.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **Red list of threatened species**. Cambridge, 2008. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/search>> Acesso em: 12 mar. 2014.

KEEFE, K.; SCHULZE, M. D.; PINHEIRO, C.; ZWEEDE, J. C.; ZARIN, D. Enrichment planting as a silvicultural option in the eastern amazon: Case study of Fazenda Cauaxi. **Forest Ecology and Management**. New South Wales, v. 258, p. 1950-1959, 2009.

KEEFE, K.; ALAVALAPATI, J. A. A.; PINHEIRO, C. Is enrichment planting worth its costs? A financial cost-benefit analysis. **Forest Policy and Economics**, Göttingen, v. 23, p. 10-16, 2012.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; SELING, E. J. B. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia**. Ed. Fondo Cultura Economia, Mexico City.

KRONKA, F. J. N. (coord.). **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2005.

KUDO, G.; IDA, T. Y.; TANI, T. Linkages between phenology, pollination, photosynthesis and reproduction in deciduous forest understory plants. **Ecology**, Washington, D.C., v. 89, n. 2, p. 321-331, 2008.

KUPTZ, D.; GRAMS T. E. E. Light acclimation of four native tree species in felling gaps within a tropical mountain rainforest. **Trees**, Heidelberg, v. 24 , p. 117-127, 2010.

LAMB, D.; ERSKINE, P.; PARROTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, Washington, D.C., v. 310, p. 1628-1639, 2005.

LEI Nº 12.651, 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm) > Acesso em: 10 set. 2014.

LIMA, P. R. A. **Retenção de água de chuva por mata ciliar na região central do estado de São Paulo**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - área de Concentração em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, 1998.

LIN, L.; COMITA, L. S.; ZHENG, Z.; CAO, M. Seasonal differentiation in density-dependent seedling survival in a tropical rain forest. **Journal of Ecology**, London, v. 100, p. 905-914, 2012.

LOPES, J. do C. A.; JENNINGS, S. B.; MATNI, N. M. Planting mahogany in canopy gaps created by commercial harvesting. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 255, p. 300-307, 2008.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 143-151, 2008.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, O. P.; REIS, F. Q.; HIGUCHI, N.; RAMOS, J. F. Logging activity and tree regeneration in an Amazonian forest. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 113, p. 67-74, 1999.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2002.

MCLAREN, K. P.; MCDONALD, M. A. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 183, p. 61-75, 2003.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro-RJ, v. 14, n. 1 p. 89-98, jan/mar, 2009.

MILLET, J.; TRAN, N.; VIEN NGOC, N.; TRAN THI, T.; PRAT, D. Enrichment planting of native species for biodiversity conservation in a logged tree plantation in Vietnam. **New Forests**, Dordrecht, v. 44, p. 369-383, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>> Acesso em: 10 out. 2009.

MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; GRANCE, L.; MAIOCCO, D.; NOZZI, D. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the Paranaense region of Misiones, Argentina. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 99, p. 237-246, 1997.

MONTEIRO-FILHO, C. J. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. 2ª edição revisada e ampliada. ISSN 0103-9598. 2012. Disponível

em:<ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos\_naturais/manuais\_tecnicos/manual\_tecnico\_v  
egetacao\_brasileira.pdf> Acesso em: 10 set. 2014.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

NASCIMENTO, A. A.; VIEIRA, A. F.; SILVA, A. P.; VILLELA, D. M.; NASCIMENTO, M. T. Herbivoria foliar de *Xylopia sericea* St. Hil. (Annonaceae) em sub-bosque de plantio de Eucalipto e de Matas Atlântica. **Sci. For.**, Piracicaba-SP, v. 39, n. 89, p. 077-086, mar., 2011.

NAVARRO-CERRILHO, R. M.; GRIFFITH, D. M.; RAMÍZEZ-SORIA, M. J.; PARIONA, W.; GOLICHER, D.; PALACIOS, G. Enrichment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in logging gaps in Bolivia: The effects of planting method and silvicultural treatments on long-term seedling survival and growth. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 262, p. 2271-2280, 2011.

NELSON, M.; SILVERSTONE, S.; REISS, K. C.; VAKIL, T.; ROBERTSON, M. Enriched secondary subtropical forest through line-planting for sustainable timber production in Puerto Rico. **Bois et Forêts des Tropiques**, Montpellier, v. 3, n. 309, p. 51-61, 2011.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, R. M.; DOMINGUES, E. B. S.; ALMEIDA, H. S.; GONZAGA, A. P. D. Atividade fenológica de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, Belo Horizonte-MG, v. 6, n. 2, p. 99-105, 2005.

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M.; TRUGILHO, P. F. SCOLFORO, J. R. S.; ALTOÉ, T. F.; NETO, A. J. S.; OLIVEIRA, A. F. D. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do Estado Minas Gerais. **Cerne**, Lavras-MG, v. 18, n. 2, p. 345-352, abr./jun. 2012.

OLIVEIRA, M. V. N. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 127, p. 67-76, 2000.

OMEJA, P. A.; CHAPMAN, C. A.; OBUA, J. Enrichment planting does not improve tree restoration when compared with natural regeneration in a former pine plantation in Kibale National Park, Uganda. **Afr. J. Ecol.**, Nairobi, v. 47, p. 650-657, 2009.

PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro-RJ, v. 49, n. 3, p. 633-639, 1989.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. **Aspectos da Ciclagem dos Nutrientes em Matas Ciliares do Oeste do estado de São Paulo, Brasil**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FREITAS, H.F. (eds). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2ª ed. São Paulo: FAPESP, 2001. p.109-131.

PEÑA-CLAROS, M.; BOOT, R. G. A.; DORADO-LORA, J.; ZONTA, A. Enrichment planting of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 161, p. 159-168, 2002.

PEZZATTO, A. W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 36, n. 1, jan./abr., 2006.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V. BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.

POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, London, v. 13, p. 396-410, 1999.

PRELA-PANTANO, A.; ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas menores que 5° C na região do médio Paranapanema. **Bragantia**, Campinas-SP, v. 08, n. 1, p. 279-284, 2009.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F.; HIROTA, M. M. Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Massachusetts, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

RICKER, M.; MENDELSON, R.; DALY, D. C.; ANGELES, G. Enriching the rainforest with native fruit trees: an ecological and economic analysis in Los Tuxtlas (Veracruz, Mexico). **Ecological Economics**, New Hampshire, v. 31, p. 439-448, 1999.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, Y. C.; BRANCALION, P. H. S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 261, p. 1605-1613, 2011.

ROMELL, E.; HALLSBY, G.; KARLSSON, A. GARCIA, C. Artificial canopy gaps in a *Macaranga* spp. dominated secondary tropical rain forest-Effects on survival and above ground increment of four under-planted dipterocarp species. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 255, p. 1452-1460, 2008.

RONDON-NETO, R. M.; LAGE, C. A.; BILIBIO, F.; SANTOS, A. R. Enriquecimento de floresta secundária com cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.) e sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaerth.), em Alta Floresta (MT). **Ambiência**, Gurapuava-PR, v. 7, n. 1, p. 103-109, Jan/Abr. 2011.

ROSSI, L. M. B.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. Modelagem de mortalidade em florestas naturais, **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago., 2007.

RUIZ, J.; INGRAM-FLÓRES, C.; BOUCHER, D. H.; CHAVES, L. F. Beneficial effect of spider presence on seedling recruitment of the tropical reinfrest tree. *Dipteryx oleifera* (Fabaceae). **Rev. Biol. Trop.**, San José, v. 57, n. 3, p. 837-846, September, 2009.

RUIZ, V. E.; MELONI, D. A.; FORNES, L. F.; ORDANO, M.; HILAL, M.; PRADO F. E. Seedling growth and water relations of three *Cedrela* species sourced from five provenances: response to simulated rainfall reductions. **Agroforest Syst**, New York, v. 87, p. 1005-1021, 2013.

SANSEVERO, J. B. B.; PRIETO, P. V.; MORAES, L. F. D.; ROGRIGUES, J. F. P. Natural Regeneration in Plantations of Native Trees in Lowland Brazilian Atlantic Forest: community Structure, diversity, and Dispersal Syndromes. **Restoration Ecology**, Washington, D.C., v. 19, n. 3, p. 379-389, 2011.

SANTAROSA, E.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Crescimento sazonal em *Araucaria angustifolia*: evidências anatômicas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre-RS, v. 5, supl. 1, p. 618-620, jul., 2007.

SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpiniiifolia* BENTH., cultivadas sob estresse hídrico. **Rev. Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 26, n. 1, jan.-jul., 2001.

SANTOS, M. B. **Enriquecimento de uma floresta em resaturação através da transferência de plântulas da regeneração natural e da introdução de plântulas e mudas**. 2011, 115 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, 2008.

SANTOS, M. C. N.; BERG, E. van den; TEODORO, G. S.; COELHO, G. A. O.; FONTES M. A. L. Comportamento da copa e relações alométricas de três espécies arbóreas em corredores e bordas florestais. **R. bras. Bioci.**, Porto Alegre-RS, v. 10, n. 3, p. 322-326, jul./set., 2012.

SCHULZE, M. Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 255, p. 866-879, 2008.

SCHULZE, P. C.; LEIGHTON, M.; PEART, D. R. Enrichment planting in selectively logged rain forest: a combined ecological and economic analysis. **Ecological Applications**, Tempe, v. 4, n. 3, p. 581-592, 1994.

SCHWARTZ, G.; LOPES, F. C. A.; MOHREN, G. M. J.; PEÑA-CLAROS, M. Post-harvesting silvicultural treatments in logging gaps: A comparison between enrichment planting and tending of natural regeneration. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 293, p. 57-64, 2013.

SCOLFORO, J. R. S.; FISHER, F.; ROGRIGUES, J. R.; ACERBI Jr., F. W.; PULZ, F. A. **Sistemas silviculturais**. In: SCOLFORO, J. R. S. Manejo Florestal, Lavras: UFLA/FAEPE, pp. 117-188, 1998.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; 5 September 2003. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>> Acesso em: 16 abr. 2012.

SHINZATO, E. T.; TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; VALENE, O. A. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Sci. For.**, Piracicaba-SP, v. 39, n. 92, p. 395-402, dez, 2011.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. V.; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.

SILVA, C. C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal**. 2013, 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, 2013.

SILVA, J. R.; MAILARD, P.; COSTA-PEREIRA P. S.; ANDRADE C. F. Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no cerrado, utilizando observações obtidas

nos trabalhos de campo e fotos hemisféricas digitais. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, IMPE, p. 3059-3064, 25-30 abril, 2009.

SIQUEIRA, L.P.. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo, Brasil**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2002.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) - **International Primer on Ecological Restoration**, Version 2, October, 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration#3>> Acesso em: 10 set. 2014.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades**. Dissertação 145 f. (Mestrado em Recursos Florestais, Área de Concentração: Recursos Florestais, com opção em Conservação de Ecossistemas Florestais) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2002.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 40(1), p. 127-134, 2010.

SOUZA, F. M.; FRANCO, G. A. D. C.; CALLAWAY, R. M. Strong distance-dependent effects for a spatially aggregated tropical species. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 214, p. 545-555, 2013.

SOUZA, F. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Deciduousness Influences the Understory Community in a Semideciduous Tropical Forest. **Biotropica**, Lawrence, KS, v. 46, n. 5, p. 512-515, 2014.

SOUZA, M. C.; MONTEIRO, R. Levantamento florístico em remanescente de floresta ripária no alto rio Paraná: Mata do Araldo, Porto Rico, Paraná, Brasil. **Acta Sci. Biol. Sci.**, Maringá-PR, v. 27, n. 4; p. 405-414, Oct./Dec., 2005.

SOVU; TIGABU, M.; SAVADOGO, P.; ODÉN, P. C. Enrichment planting in a logged-over tropical mixed deciduous of Laos. **Journal of Forestry Research**, Harbin, v. 21(3), p. 273-280, 2010.

SUGANUMA, M. S. **Trajetórias sucessionais e fatores condicionantes na restauração de matas ciliares em região de Floresta Estacional Semidecidual**. 2013. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2013a.

SUGANUMA, M. S.; TOREZAN, J. M. D. Evolução dos processos ecossistêmicos em reflorestamentos da Floresta Estacional Semidecidual. **Hoehnea**, São Paulo-SP, v. 40, p. 557-565, 2013b.

SUGANUMA, M. S.; ASSIS, G. B.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais? **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 5, p. 835-847, 2013.

SUGANUMA, M. S.; ASSIS, G. B.; DURIGAN, G. Changes in plant species composition and functional traits along the successional trajectory of a restored patch of Atlantic Forest. **Community Ecology**, Budapest, v. 15, p. 27-36, 2014.

SWEENEY, B. W.; CZAPKA, S. J.; YERKES, T. Riparian forest restoration: increasing success by reducing plant competition and herbivory. **Restoration Ecology**, Washington, D.C., v. 10, p. 392-400, 2002.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Colonização de clareiras naturais na floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo-SP, v. 20, n. 1, p. 57-66, jun., 1997.

TANAKA, A.; VIEIRA, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus-AM, v. 36, n. 2, p. 193-204, 2006.

TUOMELA, K.; KUUSIPALO, J.; VESA, L.; NURYANTO, K.; SAGALA, A. P. S.; ÂDJERS, G. Growth of dipterocarp seedlings in artificial gaps: an experiment in a logged-over rainforest in South Kalimantan, Indonesia. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 81, p. 95-100, 1996.

UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (UGRHE). São Paulo. Disponível em: <[http:// www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/r0estadual/ugrhi17.htm](http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/r0estadual/ugrhi17.htm)> Acesso em: 09 fev. 2014.

VACCARO, S.; LONGHI, S.J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza-RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n.1, p. 1-18, 1999.

VALCARCEL, R. Balanço hídrico no ecossistema florestal e sua importância conservacionista na região ocidental dos Andes Venezuelanos. **Anais do XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: "A importância das florestas no manejo das bacias hidrográficas"**, Curitiba-PR. (EMBRAPA/CNPF. Documentos 16). 142p, p. 32-35, 1985.

VEENENDAAL, E. M.; SWAINE, M. D.; AGYEMAN, V. K.; BLAY, D.; ABEBRESE, I. K.; MULLINS, C. E. Differences in plant and soil water relations in and around a forest gap in West Africa during the dry season may influence seedling establishment and survival. **Journal of Ecology**, London, v. 83, p. 83-90, 1996.

VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento inicial de *Dipteryx alata* Vogel e *Myracrodruon urundeuva* Allemão em plantio de enriquecimento de uma Floresta Estacional Semidecídua secundária. **Biosci. j.**, Uberlândia-MG, v. 27, n. 3, p. 482-493, May/June 2011b.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2011a.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, jul.-set., 2010.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VIVAN, M. A.; MODES, K. S.; BELTRAME, R.; SOUZA, J. T.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R. Propriedades físico-macânicas da madeira de canafístula aos 10 anos de idade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1097-1102, mai, 2010.

WEAVER, P. L. **Enrichment plantings in Tropical America**. In: FIGUEROA-COLÓN, J. C. & WADSWORTH, F. W. (eds.) *Management of the Forest of Tropical America: Prospects and Technologies*, USDA For. Serv. Inst. Trop. For., South Forest Exp. Stn., Rio Pedras, Puerto Rico, pp. 259-278, 1987.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três estudos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo-SP, v. 24, n. 2, p. 195-198, jun., 2001.

WILSON, D. S.; PUETTMANN K. J. Density management and biodiversity in young Douglas-fir forests: challenges of managing across scales. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v. 246, p. 123-134, 2007.