

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO ABILHOA MATTAR

REGENERAÇÃO NATURAL EM PLANTIO MISTO DE SEIS ESPÉCIES  
ARBÓREAS NATIVAS NA PLANÍCIE LITORÂNEA PARANAENSE

CURITIBA

2019

EDUARDO ABILHOA MATTAR

REGENERAÇÃO NATURAL EM PLANTIO MISTO DE SEIS ESPÉCIES  
ARBÓREAS NATIVAS NA PLANÍCIE LITORÂNEA PARANAENSE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima.

Coorientadores: Dr. Antonio Aparecido Carpanezi, Dr. Ricardo Miranda de Britez e prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo.

CURITIBA

2019

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Mattar, Eduardo Abilhoa

Regeneração natural em plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na planície litorânea paranaense / Eduardo Abilhoa Mattar. – Curitiba, 2019.

119 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

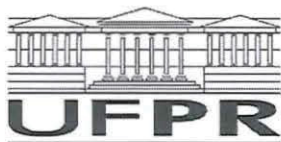
Coorientadores: Dr. Antonio Aparecido Carpanezi; Dr. Ricardo Miranda de Britez; Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 22/02/2019. Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Florestas - Reprodução - Paraná. 2. Comunidades vegetais - Paraná. 3. Sucessão ecológica. 4. Degradação ambiental. 5. Recuperação ecológica. 6. Teses. I. Nakajima, Nelson Yoshihiro. II. Carpanezi, Antonio Aparecido. III. Britez, Ricardo Miranda de. IV. Angelo, Alessandro Camargo. V. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. VI. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.231(816.2)




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL - 40001016015P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

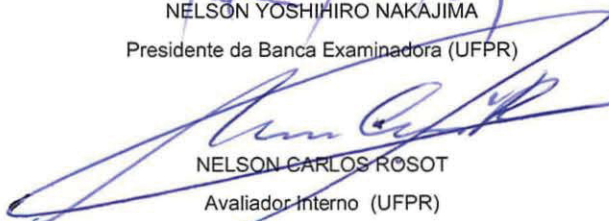
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **EDUARDO ABILHOA MATTAR** intitulada: **REGENERAÇÃO NATURAL EM PLANTIO MISTO DE SEIS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS NA PLANÍCIE LITORÂNEA PARANAENSE**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 22 de Fevereiro de 2019.



NELSON YOSHIHIRO NAKAJIMA  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



NELSON CARLOS ROSOT  
Avaliador Interno (UFPR)



EDINELSON JOSÉ MACIEL NEVES  
Avaliador Externo (EMBRAPA)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos meus pais - Luciana Abilhoa e Raul Fábio Mattar - pela minha vida. Agradeço aos meus avós - Dartangnan e Adenilza Abilhoa e Salim (*in memoriam*) e Ludovina Mattar - pelo incansável apoio e carinho. Agradeço à minha esposa - Vanessa Tavares - pelo amor e dedicação, a mim e à nossa família. Agradeço à minha filha - Luiza - que ilumina minha vida e ao meu querido enteado e amigo - Eduardo Scaravelli.

Agradeço pela oportunidade de trabalhar em um experimento elaborado por pesquisadores da mais alta categoria, como Ricardo Brites, Antônio Carpanezi e Edinelson Neves. Sou muito grato pelo apoio e confiança oferecidos por estes três, que muito contribuíram para este trabalho. Agradeço ao professor Nelson Yoshihiro Nakajima, que se mostrou sempre pronto a dar apoio, sem prejudicar em nenhum momento a autonomia do autor. Agradeço ao professor Alessandro Camargo Ângelo pela intensa participação intelectual na produção deste trabalho, através das agradáveis conversas, sempre com absoluto interesse e empenho.

Agradeço profundamente aos colegas e amigos Cícero Dolácio, Isaque Pinkuss e Nocy Bila, que participaram de forma decisiva dos trabalhos de campo, transformando, com a sua presença, essa atividade um tanto árdua em algo mais leve e alegre. Da mesma forma, agradeço aos valorosos funcionários da Reserva da Guaricica - João Pontes e os irmãos Antônio, Vandir e Jandir da Veiga (Toninho, Vando e Jandir) - que não mediram esforços, sem nada esperar em troca. São dignas de destaque as contribuições intelectuais sobre ecologia, geografia e identificação de espécies, fornecidas principalmente pelo Toninho, mas também pelos outros citados.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - por viabilizar financeiramente este estudo. Agradeço ao curso de Engenharia Florestal da UFPR, nas pessoas de seus professores e servidores, que prestam auxílio constante aos alunos com boa vontade exemplar. Dentre estes, destacam-se os caros amigos da secretaria da pós-graduação em Engenharia Florestal - David Teixeira e Reinaldo de Souza.

## RESUMO

O Brasil possui um enorme passivo ambiental referente a áreas legalmente destinadas à conservação da natureza que foram convertidas para outros usos. Grande parcela dessas áreas corresponde a sítios degradados pela pecuária, que se constituem em um problema social, econômico e ambiental. Nesse contexto, a restauração florestal é fundamental e estudos no sentido de aumentar a eficácia e a eficiência dessa prática são importantes para viabilizá-la e disseminá-la. O presente trabalho objetivou avaliar a regeneração natural em um experimento de restauração florestal com 12 anos de idade, por meio de um estudo florístico e estrutural. A área de estudo está localizada dentro do domínio fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa, na planície litorânea paranaense, em Antonina (PR). Essa área experimental dispõe de aproximadamente 3,6 ha distribuídos em três blocos e quatro tratamentos, onde foram plantadas seis espécies arbóreas nativas em espaçamento 2,5 m x 1,6 m, testando diferentes proporções entre as espécies. Até o ano de 2006 era ocupada com pastagem para bubalinos, com predomínio de *Urochloa* spp. Foram encontradas 81 espécies vegetais terrícolas que atingiram 1,3 m de altura, dentre as quais a mais importante foi *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., heliófila que apresentou elevada abundância em todos os estratos. A equidade verificada, com apenas duas espécies concentrando 44% do valor de importância, é característica de estágios iniciais de desenvolvimento. O aumento na importância das espécies tolerantes à sombra no sentido dos estratos menores indica a ocorrência da sucessão natural. A riqueza no estrato regenerante, com expressiva importância da família Myrtaceae, aponta para a recuperação das condições edáficas e microclimáticas. Por outro lado, a elevada importância da família Cyatheaceae pode ser relacionada à degradação do solo. Ocorrem clareiras na área do experimento, o que está relacionado a fatores naturais e decorrentes de degradação. Todos os tratamentos foram eficazes na restauração, desencadeando a sucessão natural, e não há necessidade de intervenções. Mas houve diferenças na composição florística, estrutura e diversidade, onde os tratamentos com maiores proporções iniciais de *Inga edulis* Mart. foram superiores. O comportamento do plantio também aponta para o fato de que maiores proporções de *I. edulis* tendem a aumentar a eficiência na restauração. O bom desempenho dessa espécie parece relacionado à sua maior velocidade de fechamento de dossel, com crescimento rápido e copas amplas e frondosas.

Palavras-chave: Mata Atlântica; Recuperação de áreas degradadas; Fitossociologia; Silvicultura de espécies nativas; Ecologia da restauração.

## ABSTRACT

Brazil has a huge environmental liability for areas legally destined to nature conservation, which did converted for other uses. Great part of these areas, are degraded for livestock, becoming a social, economic and environmental problem. Therefore, restoration is fundamental and it studies are important to gain efficiency, enabling it expansion. This work aim to evaluate the natural regeneration in a restoration experiment with 12 years old, using floristic and phytossociologic criteria. The study area is in domains of Atlantic Rainforest, in the coast plain of *Paraná* state, city of *Antonina*. This experimental area has 3.6 ha, distributed in three blocs and four treatments, where was planting six tree native species in stand 2.4 m x 1.6 m, testing different proportions between species. Until 2006, this area was occupied by buffalos and covered by *Urochloa* spp.. We did found 81 terricolous vegetal species, which reached the minimum high (1.3 m). The most important was *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., heliophytic specie which presented great abundance in all stratum. The equity, with only two species concentrating 44% of importance value, is comum in initial stages of natural succession. The increasing importance of shadow tolerant species, toward the tiny stratum, indicates the occurence of natural succession. The species richness in regenerating stratum, with great importance for Myrtaceaes, point to succesfull in recovers soil and micro-climatic conditions. In contrast, the great importance of Cyatheaceaes indicates soil degradation. There are clearings in the forest, which are relationed with soil degradation and natural limitations. All treatments were effective, unleashing the natural succession, and there is no need to intervention. But were floristic, structural and diversity differences, which the treatments with larger initial proportion of *Inga edulis* Mart. were better. The planting results also points to the conclusion that larger proportion of *I. edulis* can increase the restoration efficiency. The good behavior of this specie seems to be relationed with its superior canopy closing velocity, with rapid growth and broad and dense treetops.

Keywords: Atlantic Rainforest. Recuperation of degraded areas. Phytossociology. Native species planting. Restoration ecology.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proporção de seis espécies arbóreas no plantio misto, representando quatro talhões facilitadores para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	32
Tabela 2. Lista de espécies encontradas no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	38
Tabela 3. Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato superior do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	45
Tabela 4. Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato intermediário do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	46
Tabela 5. Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato inferior do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	47
Tabela 6. Estrutura horizontal do estrato regenerante no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	48
Tabela 7. Comportamento da regeneração natural por tratamento, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Antonina (PR).....	64
Tabela 8. Matriz de Correlação de Pearson entre variáveis do plantio e da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).....	65



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do experimento de restauração florestal pelo plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na Reserva Natural da Guaricica, pertencente à SPVS, Antonina (PR). .....	31
Figura 2. Croqui de localização do experimento de restauração florestal pelo plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na Reserva Natural da Guaricica, pertencente à SPVS, Antonina (PR). .....	31
Figura 3. Área de pastagem de búfalos no ano de 2006 antes da implantação do experimento de restauração florestal. ....	33
Figura 4. Curva de acumulação de espécies para os estratos arbóreos da regeneração natural no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). ....	41
Figura 5. Curva de extrapolação para os estratos arbóreos da regeneração natural no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). ....	42
Figura 6. Curva de acumulação de espécies para o estrato regenerante no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina (PR). ....	42
Figura 7. Curva de extrapolação para o estrato regenerante no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). ....	43
Figura 8. Distribuição decrescente do índice de valor de importância dos estratos arbóreos no plantio misto de seis espécies arbóreas para restauração em Antonina (PR). ....	50
Figura 9. Distribuição decrescente do índice de valor de importância adaptado para o estrato regenerante no plantio misto de seis espécies arbóreas para restauração em Antonina (PR). ....	51
Figura 10. Distribuição espacial da variável <i>altura total do plantio</i> , no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). ....	52
Figura 11. Imagens obtidas durante o levantamento de dados no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). ....	53

Figura 12. Curvas de extrapolação por tratamento, para os estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	55
Figura 13. Curvas de extrapolação por tratamento, para o estrato regenerante, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	56
Figura 14. Cluster baseado no índice de similaridade florística de Jaccard para os estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	59
Figura 15. Cluster baseado no índice de similaridade florística de Jaccard para o estrato regenerante, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	60
Figura 16. Cluster da similaridade estrutural para os estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	61
Figura 17. Cluster da similaridade estrutural para o estrato regenerante no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	61
Figura 18. Abundância relativa nos estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	63
Figura 19. Abundância relativa no estrato regenerante, no plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	63
Figura 20. Gráfico ilustrativo da correlação moderada ( $r=0,408$ ) entre o DAP do plantio e a altura da regeneração natural, no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	65
Figura 21. Gráfico ilustrativo da correlação moderada ( $r=0,441$ ) entre o DAP do plantio e o índice de diversidade de Shannon, no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR). .....	65

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 BIOMA MATA ATLÂNTICA .....	15
2.2 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA .....	16
2.3 DEGRADAÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS .....	19
2.4 PLANÍCIE LITORÂNEA PARANAENSE .....	20
2.5 RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....	21
2.5.1 Conceito e descrição geral .....	21
2.5.2 Ecologia da restauração .....	22
2.5.3 Fatores ambientais e metodologias de restauração .....	24
2.5.4 Silvicultura na restauração .....	27
2.5.5 Indicadores ecológicos .....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	30
3.2 COLETA DE DADOS .....	34
3.2.1 Estratos arbóreos .....	34
3.2.2 Estrato regenerante .....	34
3.2.3 Árvores plantadas .....	34
3.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	35
3.3.1 Regeneração Natural .....	35
3.3.2 Árvores Plantadas .....	36
4 RESULTADOS .....	38
4.1 FLORÍSTICA .....	38
4.2 ESTRUTURA .....	43
4.3 VARIAÇÃO AMBIENTAL .....	51
4.4 TRATAMENTOS .....	54
4.4.1 Riqueza .....	54
4.4.2 Estrutura .....	57
4.4.3 Similaridade .....	58
4.4.4 Diversidade .....	62
4.4.5 Variáveis dendrométricas .....	64
4.4.6 Correlações .....	64

5 DISCUSSÃO .....	66
5.1 RIQUEZA .....	66
5.2 ESTRUTURA .....	72
5.3 DIVERSIDADE.....	75
5.4 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL.....	76
5.5 VARIAÇÃO AMBIENTAL .....	77
5.6 TRATAMENTOS.....	79
5.7 PLANTADAS.....	81
7 CONCLUSÃO.....	84
8 BIBLIOGRAFIA .....	85
ANEXO I - MATRIZES DE SIMILARIDADE .....	98
ANEXO II - DISTRIBUIÇÃO DA VARIÁVEL ALTURA TOTAL .....	100
ANEXO III - TESTES DE NORMALIDADE DOS DADOS .....	101
ANEXO IV - ANÁLISES DE VARIÂNCIA .....	108
ANEXO V - SUFICIÊNCIA AMOSTRAL DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS .....	109
ANEXO VI - COMPORTAMENTO DO PLANTIO NA AMOSTRAGEM 2017/2018 .....	110
ANEXO VII - ESTRATOS ARBÓREOS POR TRATAMENTO .....	112
ANEXO VIII - ESTRATO REGENERANTE POR TRATAMENTO.....	114
ANEXO IX - COMPORTAMENTO DO PLANTIO NO CENSO DE 2016 .....	118

## 1 INTRODUÇÃO

A conservação dos ecossistemas naturais é fundamental para a manutenção da sociedade, representando benefícios econômicos, sociais e culturais. A devastação da Mata Atlântica, assim como a de muitos outros ecossistemas ao redor do mundo, resulta em enchentes, problemas de abastecimento hídrico, mudanças climáticas, destruição de estilos de vida tradicionais, severa redução na qualidade da paisagem, crises no abastecimento de madeira, perda de solos, perda de moléculas de interesse químico-farmacêutico, perda de produtos florestais não madeireiros e disseminação de doenças (BARBIERI, 2012; VÖRÖSMARTY et al. 2010; McKINNEY, 2002; RODERJAN et al. 2002).

A Mata Atlântica é o bioma brasileiro mais modificado em relação à paisagem original, com apenas 22% de cobertura vegetal nativa, dos quais 7% encontram-se bem conservados e em fragmentos com mais de 100 ha. Essa situação decorre da sua condição de bioma mais populoso, com cerca de 145 milhões de habitantes e concentrando 70% do PIB do país. Mesmo reduzida e fragmentada, estima-se que abrigue cerca de 35% das espécies existentes no Brasil, com muitas espécies endêmicas e ameaçadas (MMA, 2016). Os ecossistemas compreendidos por este bioma são: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, formações campestres e manchas de cerrado (IBGE, 2012).

O interesse em metodologias de restauração e recuperação por parte de proprietários rurais para regularização ambiental é crescente no Brasil, diante do aumento da percepção pública da necessidade de conservação da natureza, de novas ferramentas de controle e regularização ambiental - como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), os Zoneamentos Econômico-Ecológicos (ZEE) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA) - e do apoio fornecido por entidades públicas, organizações do terceiro setor e universidades (NBL & TNC, 2013; ANTONIAZZI et al. 2016). Estimativas descritas pelo MMA (2018b) apontam para déficits de 43 milhões de hectares para Áreas de Preservação Permanente (APP) e 42 milhões de hectares para Reservas Legais (RL). A mitigação de mudanças climáticas também coloca em foco a regularização ambiental e, neste sentido, o Brasil se comprometeu internacionalmente no

Acordo de Paris a restaurar e revegetar 12 milhões de hectares até o ano de 2030 (MMA, 2018a).

A restauração consiste num conjunto de técnicas que visa ao retorno de um ecossistema natural e é empregada no caso de áreas destinadas à preservação, ou seja, áreas que não podem ser manejadas economicamente, como APP e alguns tipos de unidades de conservação. No caso de áreas que admitem o manejo econômico - como RL, unidades de conservação de uso sustentável e áreas degradadas legalmente aptas à produção rural plena - a tendência é a utilização de sistemas florestais com a presença de componentes de uso comercial, que podem ser em alguns casos componentes animais e lavouras.

A pecuária é uma atividade de grande importância econômica e cultural no Brasil e está relacionada com extensas áreas de irregularidade ambiental e degradação da capacidade produtiva dos solos agricultáveis (NBL & TNC, 2013). Esta atividade ocupa algo em torno de 20% do território brasileiro (IBGE, 2018), cobrindo extensas áreas dos ecossistemas nativos, bem como ocorre com a floresta atlântica (DORTZBACH et al. 2015; ALMEIDA, 2016).

Não são poucos os estudos sobre a restauração ecológica, mas essa não é uma atividade disseminada no meio rural e não gera retorno financeiro direto. Por isso, para viabilizar a adequação ambiental do país, é importante estabelecer e propagar metodologias simples e eficientes, que sejam compatíveis com os recursos econômicos e culturais da população. Existem manuais que objetivam guiar a escolha metodológica em atividades de restauração, mas a geração de modelos facilita sobremaneira o emprego da restauração em larga escala (HOLL et al. 2000).

A organização do terceiro setor Sociedade de Proteção da Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), em parceria com a Embrapa Florestas e com a participação da Universidade Federal do Paraná, implantou experimentos de restauração de Floresta Ombrófila Densa, visando estabelecer modelos para essa atividade. Este projeto surgiu durante a restauração dos mais de dois mil hectares de floresta em áreas degradadas pela criação de búfalos nas reservas da SPVS no litoral norte do estado do Paraná.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar os resultados em um dos experimentos de restauração de Floresta Ombrófila Densa Atlântica na Reserva Natural da Guaricica, através de um estudo da regeneração natural.

Os objetivos específicos foram: comparar a estrutura da floresta com a de ecossistemas de referência; verificar o estágio sucessional; verificar se há necessidade de intervenções; determinar os principais fatores bióticos e abióticos que influenciaram na sucessão natural; descrever a relação entre a regeneração natural e as metodologias testadas; descrever pontos fracos, fortes e potencialidades dessas metodologias.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BIOMA MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica é um conjunto de ecossistemas que tem sua composição vegetal formada principalmente por espécies originadas no escudo atlântico, refugiadas durante milhões de anos na grande área montanhosa atlântica, ocupada pela Floresta Ombrófila Densa na Região Sudeste e Sul. Esse refúgio foi de onde partiram as espécies que vieram a recobrir o planalto do Juratriássico, que fora despovoado por intensa atividade vulcânica até o Terciário. Essa ocupação deu origem às formações do bioma Mata Atlântica, que, em decorrência deste padrão de ocupação, se estende no sentido oeste a partir da Região Sudeste, alcançando o Paraguai e a Argentina e ocupando a Região Sul de leste a oeste. Através das calhas de alguns rios, a Mata Atlântica adentra no Cerrado e em latitudes menores fica restrita à faixa litorânea. Durante algumas eras geológicas, a floresta com araucária também remanesceu em locais de maior altitude, ocorrendo como um resquício de seu amplo domínio nas plataformas mesozóicas do hemisfério sul (IBGE, 2012).

Apesar do predomínio de espécies originárias do escudo atlântico, como: *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Podocarpus* sp., *Drimys brasiliensis* Miers, *Ocotea catharinensis* Mez, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Schinus terebinthifolia* Raddi e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, espécies oriundas das formações amazônicas e savânicas também avançaram sobre o repovoamento do planalto juratriássico, a exemplo de *Stryphnodendron* sp. em áreas de floresta estacional e manchas de cerrado (IBGE, 2012).

O fato da vegetação da Mata Atlântica ter se originado de refúgios pouco conectados com o restante da vegetação brasileira acarretou em elevado grau de endemismo nas comunidades desse bioma. Em levantamento realizado em Floresta Ombrófila Densa submontana, na Reserva Natural da Guaricica, município de Antonina, litoral norte do estado do Paraná, Borgo et al. (2011) encontrou quase 50% de espécies exclusivas da Mata Atlântica e 56% exclusivas da Região Sul e Sudeste, ilustrando a descrição de Myers et al. (2000), onde esse bioma possui um dos maiores níveis de endemismo do mundo.



Restam aproximadamente 15,2% de cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica e cerca da metade desta área está protegida por unidades de conservação (SOSMA & INPE, 2018). De acordo com Fiaschi & Pirani (2009), a Mata Atlântica apresenta dois centros principais de endemismo, sendo um deles o bloco da Região Sul e Sudeste. Este bloco conserva elementos da porção sul de Gondwana e é considerado a formação florestal mais antiga do Brasil (SANMARTIN & RONQUIST, 2004; COLOMBO & JOLY 2010).

## 2.2 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

O termo Floresta Ombrófila Densa foi empregado pela primeira vez por Ellenberg & Mueller-Dombois (1967) e é atualmente mais difundido que o termo anterior, Floresta Tropical Pluvial, pois a retirada do termo tropical é coerente, uma vez que esta formação não ocorre apenas na zona tropical, mas também em áreas subtropicais da costa atlântica adentrando no continente em alguns trechos onde se mantém as condições de temperaturas médias próximas a 20 °C e precipitação elevada, sem estação seca, como ocorre no Vale do Ribeira (IBGE, 2012).

Essa formação é caracterizada pela alta diversidade biológica, com abundância de fanerófitos, epífitas e lianas lenhosas. Determinadas características hidrológicas e edáficas permitem a manutenção da alta umidade, densidade e diversidade, mesmo em locais onde ocorre estação seca definida, como em florestas próximas da grande bacia sedimentar dos Parecis, no estado do Mato Grosso. Nesse caso, a água subterrânea é abundante, mantendo condições para uma floresta sempre úmida, por conta do formato das calhas dos grandes rios desta bacia hidrográfica (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Densa atlântica ocorre na faixa costeira do Brasil, compreendendo a restinga e os manguezais, do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte, sob a influência das massas de ar quente e úmido provenientes do Oceano Atlântico. Trata-se, portanto, de uma formação de climas tropicais ou subtropicais úmidos, caracterizada por altos índices de pluviosidade e temperaturas amenas. Nas Regiões Sudeste e Sul, encontra-se entre a Serra do Mar e a orla da praia. Apesar de ser uma formação seriamente reduzida e degradada como o restante do bioma, há uma área contínua com

pujante vegetação nativa entre os litorais do estado de São Paulo e de Santa Catarina. Ainda que muito pouco esteja intocado, as características físicas e sociais da região conferiram condições para a manutenção de um mosaico de unidades de conservação que se constituem na maior área contínua de Floresta Atlântica (IBGE, 2012; JOLY et al. 2012).

Considerando a região litorânea do Paraná como um todo, conforme Roderjan et al. (2002), é possível notar um gradiente de diversidade e de acúmulo de biomassa no sentido da orla da praia à Serra do Mar, culminando na formação submontana e reduzindo novamente nas formações montana e altomontana. Em áreas próximas da praia, a influência marinha e a saturação hídrica constante do solo limitam a ocorrência de muitas espécies, dando origem às formações do manguezal e da restinga.

Nas áreas planas sem influência marinha, entre o nível do mar e 20 m de altitude, a capacidade de drenagem do solo é o principal fator limitante para a vegetação, dando origem à formação das terras baixas. A formação submontana, localizada em altitudes entre 20 m e 600 m, sobre os solos mais férteis da região por conta da deposição de sedimentos e de matéria orgânica da serra do mar, apresenta a expressão máxima de diversidade e biomassa da Floresta Ombrófila Densa atlântica. Na formação montana, localizada entre 600 m e 1.200 m de altitude, cessa a ocorrência de espécies tropicais por conta das menores temperaturas, com geadas frequentes no inverno. Também os solos na formação montana são menos profundos e férteis do que nas áreas de sopé da serra, onde se localiza a formação submontana.

A formação altomontana localiza-se em altitudes superiores a 1.200 m e é caracterizada pela vegetação fanerófita raquítica, com frequente predomínio de vegetação campestre. Estas características decorrem das temperaturas expressivamente menores, solos mais rasos e menos férteis, além de ventos fortes frequentes.

A formação aluvial ocorre em áreas que apresentam acúmulo de sedimentos de origem fluvial, com ou sem ocorrência de inundações sazonais. Nela predominam Neossolos flúvicos e Gleissolos, que têm sua origem derivada da deposição fluvial. Essa formação apresenta espécies de médio à grande porte, predominando as de madeira leve, como *Citharexylum myrianthum* Cham., *Sapium glandulosum* (L.) Morong, *Alchornea triplinervea*

(Spreng.) Müll.Arg., *Alchornea glandulosa* subsp. *iricurana* (Casar.) Secco, *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A.Robyns e *Schizolobium parahyba* Vell. (Blake) (RODERJAN et al. 2002).

Roderjan et al. (2002) também cita como espécies comuns no dossel das formações aluviais do litoral paranaense: *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, *Coussapoa microcarpa* (Shott) Rizzini, *Ficus organensis* (Miq.) Miq. e *Talauma ovata* A.St.-Hill. No subosque, encontram-se *Inga sessilis* (Vell.) Mart., *Inga marginata* Willd., *Geonoma elegans* Mart., *Euterpe edulis* Mart., *Myrcia strigipes* Mart., *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill. e *Clusia criuva* Cambess.

Roderjan et al. aponta que a principal espécie em áreas de Floresta Ombrófila Densa das terras baixas com predomínio de solos hidromórficos é *Calophyllum brasiliense* Cambess., que domina o dossel em alturas entre 20 m e 25 m, juntamente com *Handroanthus umbellatus* (Sond.) Mattos, sendo o subosque composto por *Clusia criuva* Cambess., *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill., *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC., *Myrcia strigipes* Mart., *Guarea macrophylla* Vahl, *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman e *Euterpe edulis* Mart.. Em solos de melhor drenagem *Calophyllum brasiliense* e *Handroanthus umbellatus* são pouco frequentes e a estrutura apresenta menor equidade, com mais espécies dominando o dossel, destacando-se entre elas: *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, *Ocotea aciphylla* (Nees & Mart.) Mez, *Tapirira guianensis* Aubl., *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll.Arg., entre outras, e ocorrem espécies dos gêneros *Inga* e *Ilex*, *Attalea dubia* (Mart.) Burret e uma maior variabilidade de espécies da família Myrtaceae.

Joly et al. (2012) aponta que a formação das terras baixas apresenta menor número de palmeiras e dossel irregular, com maior entrada de luz, permitindo grande riqueza de epífitas. Muitos táxons encontrados nesse estudo citado ocorrem da restinga até a formação subomontana, como *Cupania oblongifolia* e *Myrcia strigipes*, e a importância da família Monimiaceae aumentou no sentido da serra do mar, culminando na formação montana. A abundância de Cyatheaceae pode indicar degradação ou maior entrada de luz no subosque, pois foi associado a uma área que sofrera exploração madeireira seletiva.

## 2.3 DEGRADAÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS

As atividades degradadoras do solo em paisagens rurais e naturais no Brasil estão muitas vezes relacionadas ao agronegócio e à mineração (SILVA et al. 2016; BRAZ et al. 2015; VIEIRA et al. 2008). A criação de bovinos constitui-se numa das principais atividades econômicas do país e a pecuária extensiva é o modelo mais empregado (DIAS-FILHO, 2014). Extensas porções de florestas tropicais do Brasil e de outros países do mundo foram convertidas em pastagem e estas são muitas vezes abandonadas pela perda de produtividade decorrente da degradação (AIDE & CAVELIER, 1994; FERRETTI & BRITTEZ, 2006).

A degradação pela pecuária e pela lavoura de grãos consiste na compactação, erosão e perda de nutrientes, enquanto a degradação pela mineração, muito mais severa, consiste na retirada do solo (VIEIRA et al. 2008). As irregularidades ambientais são comuns em propriedades rurais no Brasil e as pastagens não fogem a esta regra, apresentando alto percentual de ocupação de APP e RL (NBL & TNC, 2013; MMA, 2018b).

É importante ressaltar que estas são atividades de grande importância econômica, representando grande proporção no PIB do Brasil. Segundo Dias-Filho (2014), a pecuária extensiva como é realizada no Brasil apresenta crescente destaque no mercado mundial, pois é considerada uma forma mais natural de criação do que a pecuária intensiva. No entanto, o mesmo autor demonstra que há altos percentuais de pastagens degradadas em todos os biomas brasileiros e o emprego de melhores técnicas tendem a aumentar a eficiência na pecuária, não havendo necessidade nem razão para a expansão da área ocupada por esta atividade. É recomendável o emprego de metodologias no sentido de aumentar a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção animal e vegetal, reduzindo a degradação e o abandono de áreas produtivas e, conseqüentemente, reduzindo a pressão para abertura de novas áreas (MACEDO et al. 2018; ARCO-VERDE & AMARO, 2014).

Motta (2002) destaca os prejuízos da derrubada das florestas nativas por conta da perda de biodiversidade, do estoque de madeira, de produtos florestais não madeireiros, de solo, de água, aumento de enchentes e liberação de gás carbônico na atmosfera. A contaminação de rios e a retirada da floresta

atingem também a população urbana, que consome água oriunda de áreas com floresta, peixes e outros produtos da floresta, como frutos e ervas (CABRAL & BUSTAMANTE, 2016). A retirada da floresta também significa o fim do sustento de populações ribeirinhas, quilombolas e indígenas e os danos à paisagem são motivo de problemas de saúde para a população de forma geral (LONDE & MENDES, 2014).

Algumas ações que se destacam na conservação da natureza são: a criação de unidades de conservação, os pagamentos por serviços ambientais, o aumento na fiscalização das áreas florestais e as atividades de educação ambiental (MMA, 2000). No caso de áreas degradadas destinadas à produção, a melhor alternativa são os sistemas agrossilvipastoris (ARCO-VERDE e AMARO, 2014), no caso de áreas degradadas protegidas por lei ou locais de interesse para conservação, metodologias de restauração devem ser empregadas.

#### 2.4 PLANÍCIE LITORÂNEA PARANAENSE

A planície litorânea paranaense foi a primeira área do estado a ser ocupada por imigrantes europeus, sofrendo desde então influências antrópicas. A retirada de lenha para abastecimento de máquinas da estrada de ferro incentivou a derrubada das florestas, mas as características do solo não permitiram a consolidação da agricultura com as técnicas empregadas na época e a região não apresentou explosão demográfica severa como ocorreu em outras regiões do estado. Esta característica propiciou a manutenção de grande proporção de florestas secundárias na região e, com isso, a manutenção da diversidade pelo fluxo biológico. Outro fator importante foi a manutenção das florestas na Serra do Mar, onde a retirada de madeira é muito dificultada e não há interesse de utilização agropecuária.

Segundo Ipardes (2018), destaca-se no âmbito rural do município de Antonina a criação de animais, representando quase 50% da área destinada à produção rural. O maior rebanho é o de bubalinos, seguido pelo de bovinos. Dentre os cultivos agrícolas, destacam-se os permanentes, com predomínio de produção de palmito (300 ha) e de banana (225 ha), enquanto os cultivos temporários mais representativos são mandioca (160 ha) e arroz (127 ha).

Verifica-se a presença de unidades de conservação neste município e em toda a região, por tratar-se de área pouco expandida demograficamente e com grande proporção de remanescentes com alto valor para a conservação da natureza.

A pressão sobre as florestas remanescentes ocorre principalmente por conta do não cumprimento da legislação e a falta de fiscalização permite a manutenção desse problema. A extração ilegal de palmito de *Euterpe edulis* (palmeira-juçara) é um problema sério de degradação florestal, levando essa espécie à classificação de *vulnerável* (REFLORA, 2018). Outros desafios para a conservação da natureza na região são: a manutenção ou reposição das áreas de reserva legal e de preservação permanente nas propriedades rurais; a caça ilegal; o controle da extração de madeira nativa.

## 2.5 RESTAURAÇÃO FLORESTAL

### 2.5.1 Conceito e descrição geral

A restauração florestal consiste num conjunto de ações para se retornar uma área que foi desflorestada ao estado mais próximo possível dos ecossistemas de referência de uma determinada região, otimizando o potencial das espécies e comunidades locais a partir dos processos de sucessão natural. Trata-se de uma reconstituição das interações ecossistêmicas, capaz de gerar processos complexos e sustentáveis (CHAZDON & GUARIGUATA, 2016).

Segundo Moraes et al. (2010), usualmente se emprega o termo restauração para metodologias que visem ao retorno das características e funções ecológicas da formação original em um determinado local. Já o termo reabilitação, é usualmente empregado para metodologias que visem ao retorno de aspectos funcionais e estruturais de uma área degradada. O termo recuperação é usado para metodologias que visem ao retorno das características e funções determinadas por lei, zoneamento, etc., para uma área, sem necessariamente objetivar o retorno das características da comunidade original.

A definição de metodologias de restauração deve considerar uma série de aspectos ambientais, como por exemplo, solos e lençol freático, composição

das espécies da vegetação e da fauna, a estrutura e o funcionamento do ecossistema, espécies invasoras e a paisagem e habitats do entorno. A partir dessa avaliação podem ser utilizadas diferentes técnicas, das mais simples às mais complexas, como por exemplo, condução da regeneração natural, nucleação, plantio de espécies de diferentes formas e composições, dentre outras, sempre levando em consideração aspectos sociais, gerenciais e de custos (STANTURF et al. 2014).

### 2.5.2 Ecologia da restauração

As metodologias de restauração florestal baseiam-se no conhecimento das comunidades naturais, vistas sobre o ponto de vista de seus principais processos, aqueles que garantem sua perpetuação, bem como de suas funções ambientais, tais como a sucessão natural e a ciclagem de nutrientes. A silvicultura de essências nativas e a ecologia aplicada são essenciais para a ecologia da restauração. Quanto aos estudos das comunidades, destaca-se a importância da florística, fitossociologia, fenologia e síndromes de dispersão (ISERNHAGEN et al. 2001; GALVÃO & MEDEIROS, 2002).

A intenção de um plantio de restauração florestal é o preparo do ambiente para a sucessão natural, que constituirá uma floresta estável, com capacidade de perpetuação (MORAES et al. 2010). A sequência cronológica e ambiental de ocorrência de determinados grupos de espécies, conhecida como sucessão natural ou sucessão ecológica, decorre das diferentes demandas de sítio e funções das espécies num ecossistema, destacando-se na classificação desses grupos a capacidade tolerar sombreamento (ISERNHAGEN et al. 2001).

O estudo da dinâmica de ocupação de clareiras em florestas primárias ou em estágios avançados de desenvolvimento constitui-se numa forma de verificar características sucessionais das espécies nativas: as espécies mais abundantes em clareiras são as pioneiras; espécies que ocorrem em clareiras menores e toleram algum grau de sombreamento são as secundárias; as espécies que não alcançam o dossel da floresta e são mais abundantes no subosque são as climáticas (ALMEIDA, 2016).

A composição florística e estrutural representa o desempenho de diversas funções ecológicas numa comunidade. Quanto maior o estágio de desenvolvimento, maior o número de funções desempenhadas, por isso maior a complexidade e a diversidade do sistema. A fragmentação e a degradação das áreas com vegetação nativa ocasionam a impossibilidade de reposição de muitos componentes de ecossistemas nativos, que coevoluíram desempenhando determinadas funções. Nesse caso, os nichos abertos serão ocupados por espécies menos especializadas, espécies plásticas e que apresentam alta capacidade de dispersão, muitas vezes exóticas. Essa perda de biodiversidade, portanto, reduz a resistência e a resiliência dos ecossistemas, facilitando invasões biológicas e diminuindo os recursos para a sucessão natural (MORAES et al. 2010; BLUM et al. 2008).

A resolução número 32 de 03/04/2014 da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo (2018), estabelecendo orientações e diretrizes para a restauração ecológica no estado, recomenda que se utilize pelo menos 80 espécies nativas em projetos com esta finalidade. Essa recomendação nem sempre é interessante tecnicamente, pois não é necessária tamanha diversidade inicial para preparar o ambiente e atrair a fauna, que é o papel do plantio quando há disponibilidade de propágulos e de agentes dispersores. Florestas naturalmente regeneradas em locais sem fontes de propágulos de áreas bem preservadas podem nunca se aproximar do que foram as formações originais (MMA, 2018c).

De acordo com Moraes et al. (2010), é mais interessante ter como meta um sistema estável do que definir um resultado previamente, pois a ampla variabilidade ambiental natural e decorrente de antropização, relacionadas a sítio e a fontes de propágulos, tende a gerar diversas formações iniciais em locais onde ocorriam formações primárias homogêneas. A sucessão natural pode percorrer diversos caminhos diferentes, mas culminar numa formação tão complexa quanto à original. As florestas primárias são resultados de processos complexos de centenas de anos, cujo início também pode ter variado amplamente até culminar numa estrutura relativamente homogênea.



### 2.5.3 Fatores ambientais e metodologias de restauração

Segundo Moraes et al. (2010), o primeiro passo para a restauração florestal é obter um diagnóstico do grau de degradação do sítio e descrever os fatores ligados a este diagnóstico. A partir disso é possível determinar os objetivos específicos do projeto. Com base nesses objetivos específicos é que se deve traçar as atividades para reestabelecer funções e processos ecológicos que levarão ao retorno de uma estrutura florestal autossustentável, talvez semelhante à original. Portanto, conforme Holl et al. (2000), o emprego de modelos pré-definidos depende de se delimitar um contexto ao qual estes modelos se aplicam.

Segundo Aide & Cavelier (1994), pastagens abandonadas frequentemente não apresentam retorno de estrutura florestal. Holl et al. (2000) demonstra que as principais barreiras para o retorno de florestas tropicais sobre pastagens abandonadas são a falta de propágulos e a competição com gramíneas. Segundo o mesmo autor, outros fatores que afetam negativamente o retorno das florestas nativas nesses locais são: a predação de plântulas, a falta de nutrientes no solo e o excesso de luz.

Embora a condução da regeneração natural em áreas próximas de florestas bem conservadas seja uma metodologia interessante, tendendo à redução de custos, Davis et al. (1998) e Fairfax & Fensham (2000) apontam que a presença de gramíneas exóticas em áreas de pastagem constitui-se em severa dificuldade de germinação e desenvolvimento da regeneração natural. Segundo Holl et al. (2000), a utilização de poleiros artificiais sozinha não é efetiva em pastagens, sendo necessária a implementação de técnicas de controle das gramíneas.

Analisando casos no Brasil é possível notar que, apesar de consistir num fator limitante, a presença de gramíneas herbáceas nem sempre impede o retorno de formações florestais, dependendo para tanto do grau de degradação do solo e da comunidade biológica estabelecida no local. Em Souza (2015), após 14 anos sem nenhuma intervenção, já se verifica formação de dossel em áreas anteriormente ocupadas com espécies do gênero *Urochloa*, numa área de antiga pastagem em Minas Gerais, sob o domínio fitogeográfico de Floresta Estacional Semidecidual. Mas, no mesmo estudo, a presença de uma

gramínea exótica mais agressiva, *Pennisetum* sp. (capim-elefante), impediu o retorno da floresta e foi observado que fatores edáficos são limitantes para o desenvolvimento da estrutura florestal. Da mesma forma, Cheung et al. (2009) demonstra que as espécies florestais nativas ocupam gradualmente áreas de antigas pastagens de búfalos na planície litorânea paranaense, mas a presença de espécies do gênero *Urochloa* retardou o avanço de etapas sucessionais. Assim como em Souza (2015), Cheung et al. (2009) também afirma que os fatores edáficos são determinantes para a regeneração natural, observando que a degradação do solo pode constituir-se numa barreira muito importante para a regeneração natural.

Borgo et al. (2011), Joly et al. (2012) e Moraes et al. (2010) apontam a conectividade dos fragmentos de formações da Mata Atlântica como fator imprescindível para a conservação de suas formações naturais. Para que haja conectividade, é necessário o emprego da restauração florestal, visto que a retirada das florestas não respeitou a formação de corredores ecológicos, dando origem a mosaicos de uso do solo que não propiciam o fluxo biológico (JOLY et al. 2012). A restauração florestal, portanto, é uma ferramenta imprescindível para otimizar o aproveitamento da paisagem, propiciando o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Em Holl et al. (2000) destaca-se a necessidade de se compreender os aspectos ecológicos do local que se pretende restaurar, o que está diretamente relacionado ao sucesso e à eficiência dessa atividade. Pode ser necessário também, segundo o mesmo autor, separar a área a ser restaurada em classes de sítio ou micro sítio que justifiquem economicamente o emprego de diferentes metodologias. Estas diferenças podem decorrer de fatores naturais ou de degradação e, se respeitadas, podem também incrementar os resultados e reduzir o dispêndio de recursos. Em consonância com o relatado para a regeneração natural em Souza (2015) e em Cheung et al. (2009), Bruel (2006) e Schaffer (2016) apontam que fatores edáficos também são determinantes para o desenvolvimento de mudas nativas na planície litorânea paranaense, sendo que em locais mais frequentemente alagados ocorre mortalidade muito expressiva, justificando o emprego de metodologia diferenciada nestes locais.

Michels (2009) aponta a compactação do solo como fator de grande importância na perda de diversidade em áreas anteriormente ocupadas com

pastagens de búfalos asiáticos no Sul do Brasil. Da mesma forma, Lull (1959) relata que pastagens de búfalos na América do Norte representavam fator importante de compactação do solo, acarretando prejuízos à produtividade. Cheung et al. (2009) descreve que falhas no desenvolvimento da regeneração natural em antigas pastagens de búfalos na Reserva da Guaricica, estejam relacionadas com fatores de degradação do solo.

Segundo Holl et al. (2000), a presença de árvores remanescentes da pastagem é positiva para o retorno da floresta. De fato, muitos autores como Hooper et al. (2005) e Puerta (2002) demonstram que grandes árvores remanescentes de pastagens se constituem em locais mais visitados pela fauna e, conseqüentemente, são locais com pujante regeneração natural. Holl et al. (2000) ainda descreve que a presença dessas árvores remanescentes também representa vantagens para o plantio de espécies arbóreas, o que possivelmente depende das características das espécies plantadas, principalmente quanto à demanda de luz. Schaffer (2016) demonstra que locais com grandes árvores remanescentes representaram alta mortalidade no plantio misto de seis espécies arbóreas heliófilas na planície litorânea paranaense, em trabalho realizado no experimento objeto do presente estudo.

De acordo com Aide & Cavelier (1994), a dispersão de propágulos de florestas tropicais sobre campos de pastagem é limitada à média de 10 metros de distância do fragmento de origem. Cheung et al. (2009) observou que a proximidade de fragmentos florestais é um fator importante para a regeneração sobre antigas pastagens na planície litorânea paranaense. Já no caso de Souza (2015), a proximidade de um fragmento florestal não representou incremento na regeneração natural, possivelmente por conta da ocupação por gramíneas exóticas invasoras do gênero *Pennisetum* entre o fragmento nativo e a área de estudo.

Dessa forma, não só o estabelecimento dos propágulos é afetado pela presença de gramíneas exóticas, mas também a chegada deles na área. A fauna é um agente imprescindível para a entrada de propágulos de florestas tropicais e subtropicais (TABARELLI & MANTOVANI, 1999; ZIPARRO et al. 2005, BORGO et al. 2011; ALMEIDA & BONALDI, 2015), de tal forma que muitos métodos de restauração consistem em formar uma estrutura mínima para atrair a fauna e esta traz os propágulos que formarão ou enriquecerão a

floresta (VIEIRA et al. 2008). A visitação da fauna florestal em áreas cobertas com gramíneas   pouco expressiva (REIS et al. 2007), por isso se faz interessante o emprego de poleiros artificiais e o plantio de espécies arbóreas, preferencialmente com frutos atrativos   fauna. Dessa forma, atrair-se-  a inicialmente aves e os animais terrestres tendem a apresentar maior visitação após o fechamento do dossel.

#### 2.5.4 Silvicultura na restaura o

Quanto   defini o dos métodos de restaura o,   preciso distinguir inicialmente duas situa es: solos conservados/perturbados e solos degradados. A degrada o do solo consiste num impacto muito mais profundo, como a retirada dos horizontes orgânicos em áreas de minera o. Já solos impactados pelo uso como lavoura e pastagem podem ser classificados como perturbados, pois conservam suas características principais e necessitam de pouca ou nenhuma interven o direta para recuperar sua capacidade produtiva.

A principal metodologia de restaura o em solos não degradados   o plantio de mudas de espécies arbóreas, possivelmente por apresentar vantagens operacionais e possibilitar uma visualiza o relativamente rápida dos resultados. Embora apresente maior custo, o plantio   um método que se aplica a uma maior gama de situa es, quando comparado   condu o da regenera o natural e   sementeira direta (ANTONIAZZI et al. 2016).

O papel dos plantios consiste basicamente no controle de gramíneas pelo sombreamento, enriquecimento do solo e atra o da fauna. Nesse contexto, são características desejáveis: crescimento rápido, ampla cobertura de copa, fixa o de nitrogênio do ar, rusticidade e produ o precoce de frutos atrativos   fauna. As espécies nativas são as mais indicadas, pois tendem a apresentar menor efeito de chegada e melhor intera o com as espécies da regenera o natural. O efeito de chegada consiste na intensa participa o de espécies plantadas na regenera o natural, afetando negativamente a diversidade (CARPANEZZI & CARPANEZZI, 2006; NORDEN et al. 2011).

A sementeira direta pode ser uma alternativa para reduzir os custos da restaura o, mas Rezende (2016) aponta que o plantio de mudas tende a

acarretar em maior riqueza na regeneração natural. O mesmo autor demonstra que a atratividade à fauna nem sempre é uma característica importante para o elenco, pois em paisagens bem conservadas, a chegada de propágulos através de animais voadores ocorre desde os primeiros meses do plantio. O controle de gramíneas, no entanto, é fundamental para o desenvolvimento desses propágulos.

Conforme demonstra Cheung et al. (2009), a presença de gramíneas exóticas se constitui numa importante barreira à regeneração natural, retardando a sucessão natural. Souza (2015) demonstra que *Pennisetum* sp. (Capim-elefante) foi impeditivo para a regeneração natural de Floresta Estacional Semidecidual no estado de Minas Gerais. Rezende (2016) propõe que o controle de gramíneas seja feito com gradagem. Nas manchas que persistirem após o plantio, o mesmo autor recomenda a aplicação de herbicida.

Crítérios de adaptação são também imprescindíveis na seleção do elenco de espécies. Bruel (2008) e Rezende (2016) demonstram que em áreas mais suscetíveis a afloramentos do lençol freático, a mortalidade de mudas é elevada, acarretando no retorno de gramíneas invasoras. Esse problema pode ser resolvido com o emprego de mudas maiores e de espécies tolerantes a esse tipo de situação. Observou-se durante incursões na Reserva da Guaricica que em locais alagadiços da planície, plantios de estacas de *Tabebuia cassinoides* (Caxeta) apresentaram desenvolvimento satisfatório, mas por conta de sua arquitetura, não suprimem *Urochloa* spp.

Crítérios genéticos são também bastante importantes na produção de mudas para restauração. Os principais fatores a se considerar na seleção de matrizes são: a similaridade ambiental com a área a ser restaurada, a fitossanidade, a distância de outras matrizes e o número de matrizes, para que não ocorra endogamia nas gerações seguintes (VIEIRA et al. 2008; GARCIA et al. 2011).

#### 2.5.5 Indicadores ecológicos

O uso de indicadores ecológicos é importante tanto para o diagnóstico da área a ser restaurada quanto para a avaliação dos resultados (VAN STRAALLEN et al. 1998). Segundo Manoliadis (2002), os indicadores devem ser

de fácil mensuração e demonstrar fatores de interesse para o projeto. No caso de diagnósticos para o planejamento das atividades, deve-se considerar: pressões sobre a área a ser restaurada; limitações ambientais decorrentes de degradação ou de condições naturais, além de outras variações importantes de micro sítio; conectividade e o nível de conservação dos fragmentos próximos; funções ecológicas e ambientais a serem restauradas.

A avaliação dos resultados de uma atividade de restauração florestal deve ser realizada para verificar se foi obtido sucesso no retorno dos principais processos ecológicos e se há necessidade de intervenções (PARKER, 1997; ENGEL & PARROTA, 2003). Segundo Moraes et al. (2010), pode-se citar como indicadores do sucesso da restauração estudos sobre: a diversidade biológica, a composição florística e a estrutura, a deposição de matéria orgânica no solo (ciclagem de nutrientes), a fertilidade ou outras propriedades do solo, a presença da fauna e a qualidade dos cursos d'água.

Estudos da comunidade vegetal se constituem numa ferramenta excelente para avaliar a saúde da floresta (GRAY & AZUMA, 2005). A comunidade biológica do solo é outro indicador de máxima importância na recuperação de áreas degradadas, é altamente sensível a alterações no uso do solo e é através dela que ocorrerá a ciclagem dos nutrientes da floresta (CORREIA, 2002).

No caso de estudos da comunidade vegetal para análise dos resultados na restauração, considera-se a regeneração natural e sua interação com a metodologia empregada. Isso pode ser feito através da área basal, cobertura de copa e diversidade, verificando a importância das espécies por classe sucessional para inferir sobre a ocorrência da sucessão natural e é importante também verificar a presença de espécies exóticas e sua importância estrutural. A ocorrência da sucessão natural e a homogeneidade no recobrimento da área em questão são os principais fatores a se analisar, pois indicam a estabilidade da comunidade.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

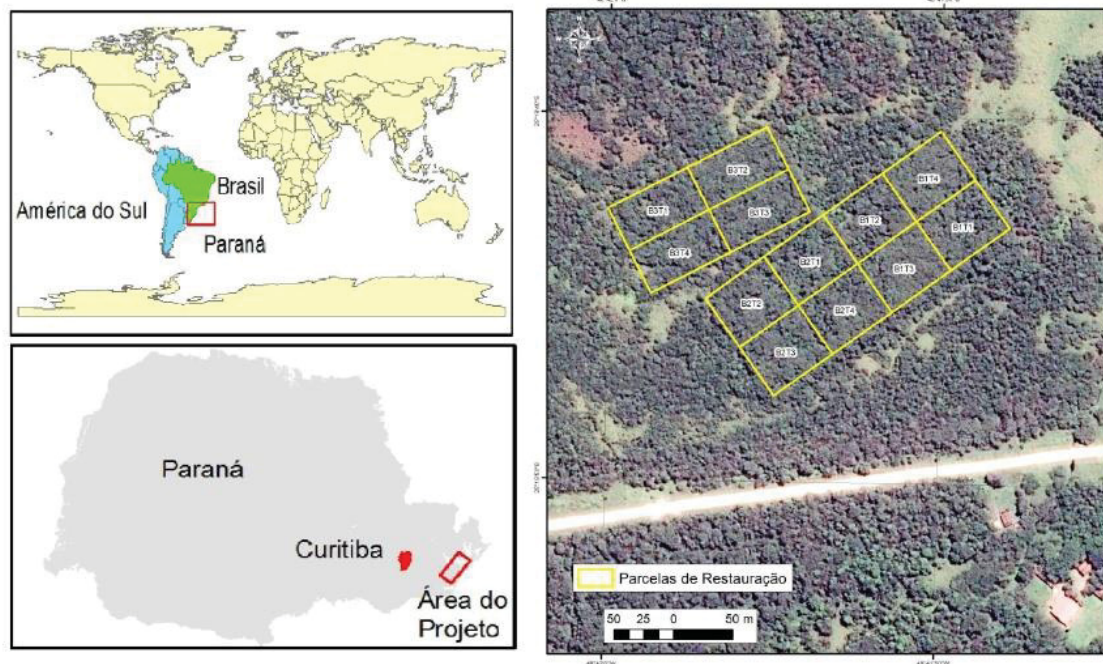
#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo localiza-se na Reserva da Guaricica, área protegida de 8.600 ha, pertencente à SPVS. A reserva está situada integralmente no município de Antonina, dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, litoral norte do estado do Paraná e é uma das três reservas da SPVS, que somadas têm 18.600 ha. Quando essas áreas foram adquiridas em 1999, eram constituídas por cerca 90% de florestas em diferentes estágios sucessionais e 10% de pastagens de búfalos.

Durante as atividades de restauração dessas áreas ocupadas com pastagem, ocorreu a implantação de três experimentos testando talhões facilitadores com o objetivo de gerar modelos eficientes para a restauração da Floresta Ombrófila Densa Atlântica. Dois desses experimentos consistem em plantios mistos em planície aluvial, um com seis e outro com dez espécies arbóreas nativas, ambos ocupam áreas de aproximadamente 3,6 ha. O terceiro experimento é formado por plantios homogêneos de seis espécies, em encosta e planície, somando também aproximadamente 3,6 ha.

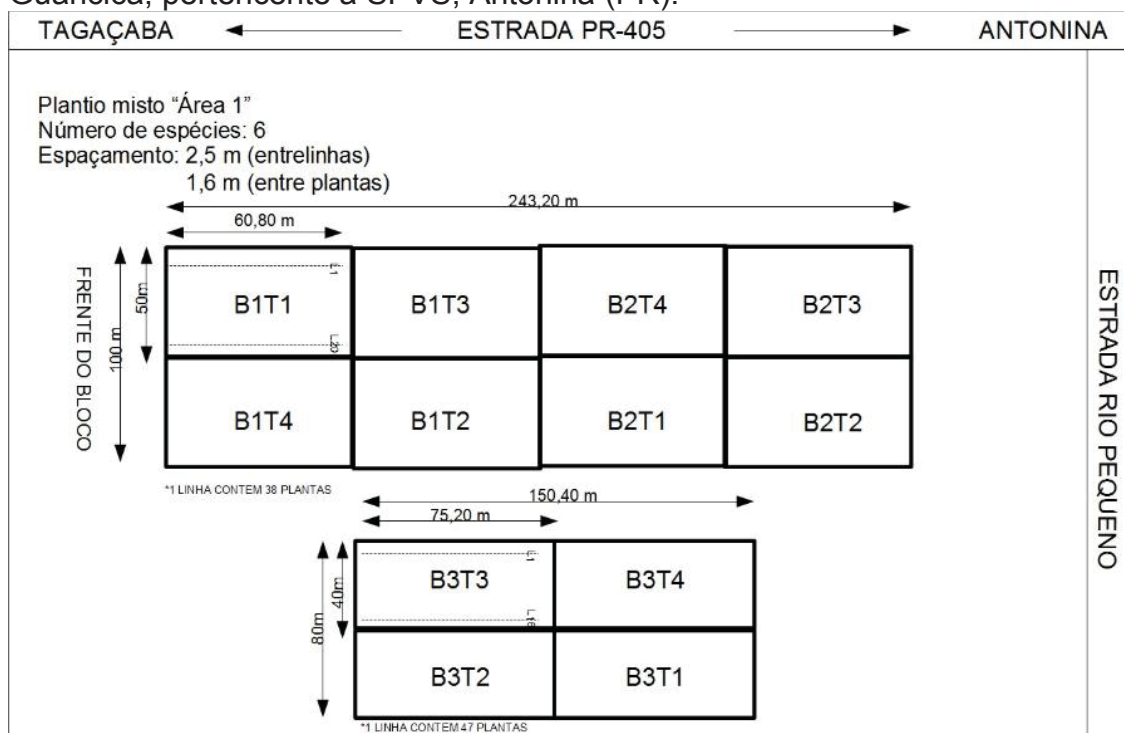
O experimento objeto do presente estudo é o plantio misto de seis espécies, que é composto por *Citharexylum myrianthum* Cham., *Inga edulis* Mart., *Senna multijuga* (Rich.) H.S.Irwin & Barneby, *Inga marginata* Willd., *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. e *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, em espaçamento 2,5 m x 1,6 m, testando quatro tratamentos em três repetições. As unidades amostrais têm 3.040 m<sup>2</sup> nos blocos 1 e 2 e 3.008 m<sup>2</sup> no bloco 3, compondo dois blocos com 12.160 m<sup>2</sup> e um bloco com 12.032 m<sup>2</sup>, totalizando 36.352 m<sup>2</sup> de área experimental (Figuras 1 e 2).

Figura 1. Mapa do experimento de restauração florestal pelo plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na Reserva Natural da Guaricica, pertencente à SPVS, Antonina (PR).



Fonte: SPVS, 2016.

Figura 2. Croqui de localização do experimento de restauração florestal pelo plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na Reserva Natural da Guaricica, pertencente à SPVS, Antonina (PR).



Fonte: SPVS e Embrapa Florestas, data desconhecida.



Os tratamentos testam diferentes proporções entre as espécies, representando modelos de talhões facilitadores para a restauração do ecossistema. Foram considerados três grupos de espécies, sendo o grupo 1 composto por *Inga edulis* e *Senna multijuga*, o grupo 2 composto por *Inga marginata* e *Citharexylum myrianthum* e o grupo 3 composto por *Myrsine coriacea* e *Schizolobium parahyba*. Na testemunha (Tratamento 1) a proporção inicial de todas as espécies foi igual; no talhão facilitador intermediário, os grupos 1 e 2 dispunham de maior proporção do que o grupo 3; no talhão facilitador simplificado (tratamento 3) o grupo 1 dispunha de maior proporção inicial do que os outros, assim como no talhão facilitador simplificado 2 (tratamento 4), onde esta condição foi intensificada (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção de seis espécies arbóreas no plantio misto, representando quatro talhões facilitadores para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Grupo	Espécie	Proporção entre as espécies (%)				
		T1	T2	T3	T4	Total
1	<i>Inga edulis</i>	16,70%	20,00%	25,00%	33,33%	23,76%
	<i>Senna multijuga</i>	16,70%	20,00%	25,00%	33,33%	23,76%
2	<i>Citharexylum myrianthum</i>	16,70%	20,00%	12,50%	8,33%	14,38%
	<i>Inga marginata</i>	16,70%	20,00%	12,50%	8,33%	14,38%
3	<i>Myrsine coriacea</i>	16,70%	10,00%	12,50%	8,33%	11,88%
	<i>Schizolobium parahyba</i>	16,70%	10,00%	12,50%	8,33%	11,88%

Onde: T1 = Tratamento 1 (testemunha); T2 = Tratamento 2 (talhão facilitador intermediário); T3 = Tratamento 3 (talhão facilitador); T4 = Tratamento 4 (talhão facilitador 2).

A área de estudo era utilizada como pastagem de búfalos e estava ocupada com *Urochloa* spp. (Figura 3). A eliminação das gramíneas foi feita com roçada mecanizada apenas nas linhas, permanecendo as ruas intactas. O preparo do solo foi feito com subsolagem e enxada rotativa na linha do plantio. A abertura de covas e o plantio foram manuais, ocorrendo no ano de 2006. Não foi feita adubação e a limpeza das gramíneas ao redor das mudas foi feita com facão ou roçadeira costal, durante 24 a 30 meses.

Figura 3. Área de pastagem de búfalos no ano de 2006 antes da implantação do experimento de restauração florestal.



Fonte: Dr. Edinelson José Maciel Neves, Embrapa Florestas (2006)..

A área de estudo situa-se na planície litorânea, próxima da Serra do Mar, apresentando relevo plano e altitude compreendida entre 3 m e 15 m, sob o domínio fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa aluvial por conta da influência do Rio Cachoeira. As coordenadas do ponto central da área de estudo são aproximadamente: 25° 18' 45" S e 48° 41' 50" W (SPVS, 2016). A classe de solo predominante, de acordo com o mapa geral de solos da Reserva da Guaricica, é Gleysolo háplico (SPVS, 2012).

O clima da região de Antonina pela classificação de Köppen é Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com temperatura média de 21,2 °C, precipitação média anual de 2.118 mm, sem ocorrência de estação seca e geadas pouco frequentes. O mês mais quente e chuvoso é janeiro, com temperatura média de 25,8 °C e precipitação média de 303 mm. O mês mais frio é junho com 16,4 °C de temperatura média e o mês mais seco é agosto, com precipitação média de 73 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2016; VANHONI & MENDONÇA, 2008).

## 3.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados do presente trabalho consistiu numa amostragem na área experimental, que foi realizada entre os dias 08/12/2017 e 06/01/2018 e contemplou a regeneração natural e as árvores plantadas. A regeneração natural foi dividida em dois estratos, o arbóreo e o regenerante.

### 3.2.1 Estratos arbóreos

Para análise dos estratos arbóreos da regeneração natural, foram alocadas parcelas com 10 m x 30,4 m (304 m<sup>2</sup>) no centro de cada unidade amostral, respeitando o alinhamento do plantio, sendo a largura de quatro linhas de árvores plantadas e o comprimento de 19 árvores plantadas. Essa amostra cobre 10,0% da área total do experimento, totalizando 3.648 m<sup>2</sup> com as 12 parcelas. Nessas parcelas, foram amostradas todas as árvores com CAP  $\geq$  15 cm, das quais foram colhidas as seguintes informações: espécie, circunferência ou perímetro à altura do peito (CAP ou PAP) e altura total. A CAP foi tomada com fita métrica e a altura total foi estimada com uso de uma vara de referência com 7,5 m de comprimento.

### 3.2.2 Estrato regenerante

Foi alocada uma subparcela com 10 m x 5 m (50 m<sup>2</sup>) no extremo leste de cada parcela. Nessas subparcelas foram considerados todos os indivíduos de espécies terrícolas, lenhosos ou não, que atingiram a altura de 1,3 m, dos quais foram tomadas as variáveis espécie e altura total. Foram coletados ramos, preferencialmente com material reprodutivo, da grande maioria das espécies encontradas na área do experimento, tanto dos estratos arbóreos quanto do estrato regenerante.

### 3.2.3 Árvores plantadas

Embora o objeto principal deste trabalho seja a regeneração natural, a relação desse compartimento com a metodologia empregada não poderia ser

analisada sem que se dispusesse de dados das árvores plantadas. Por isso, todas as árvores plantadas com CAP  $\geq 15$  cm, encontradas dentro da área das parcelas, foram incluídas na amostragem. Delas foram obtidas as seguintes variáveis: altura total, CAP e espécie.

Também foram utilizados dados oriundos de um censo das árvores plantadas no experimento, realizado entre os meses de março e agosto do ano de 2016 e cujos resultados podem ser encontrados em Schaffer (2016) e em Aguiar-Borges (2016).

### 3.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

#### 3.3.1 Regeneração Natural

O herbário de campo, os registros fotográficos e as observações de campo sobre a identificação das espécies, foram confrontados com informações e imagens disponibilizadas nos sites: Flora Digital do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (UFRGS, 2018), Compêndio Online Gerson Luiz Lopes (UNICENTRO, 2018), speciesLink (SPLINK, 2018) e REFLORA (2018). Foram também realizadas consultas no Herbário da Escola de Florestas Curitiba (EFC). As preferências sucessionais e síndromes de dispersão foram levantadas com base em bibliografia, observações de campo, consulta ao EFC e aos sites já mencionados. O status de conservação considerado foi o descrito pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA, 2018).

Os dados da regeneração natural foram processados separadamente para os estratos arbóreos e o estrato regenerante. Os gráficos de acumulação e de extrapolação foram feitos no software R, com emprego do pacote Vegan, sendo utilizadas 1.000 aleatorizações. Por meio do mesmo pacote, foram obtidas as matrizes de similaridade florística por índice de Jaccard e de similaridade estrutural por índice de Bray-Curtis (Anexo I). Com base nos resultados dessas matrizes, foram plotados os gráficos de agrupamento.

Para o cálculo do índice de valor de importância (IVI), realizado em planilha Excel, os dados dos estratos arbóreos foram subdivididos em três estratos verticais. Essa estratificação foi feita com base na distribuição probabilística da variável altura total, onde foi possível delimitar graficamente

três classes de altura distintas: estrato inferior, com alturas inferiores a 9 m; estrato intermediário, compreendido entre 9 m e 13,9 m; estrato superior, com alturas superiores a 14 m (Anexo II). Dessa forma, o IVI foi calculado separadamente para quatro estratos: superior, intermediário, inferior e regenerante.

Também em planilha Excel, foram elaborados os gráficos de índice de valor de importância em ordem decrescente e calculados os índices de agregação das espécies e os índices de diversidade de Shannon.

A comparação da regeneração natural entre os tratamentos foi feita com base na similaridade florística e estrutural, nos gráficos de abundância relativa em ordem decrescente e nas variáveis dendrométricas. Os gráficos de abundância relativa por tratamento foram feitos em software R, também com o pacote Vegan, separando novamente os estratos arbóreos do estrato regenerante.

As variáveis dendrométricas foram obtidas com planilha Excel, e foram: altura total, DAP, abundância e área basal para os estratos arbóreos e abundância e altura total para o estrato regenerante. As variáveis que apresentaram distribuição normal foram comparadas por análise de variância (ANOVA), seguida, no caso de diferenças significativas, do teste de Tukey ao nível de significância de 5% (Anexos III e IV).

Para as variáveis que apresentaram distribuição semelhante à normal, foi realizado o cálculo da intensidade amostral para populações finitas (SANQUETTA et al. 2014a), por meio da equação 1 (Anexo V).

$$Px = \frac{N * Sx^2 * t^2}{(N * E^2) + (t^2 * Sx^2)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:  $P$  = intensidade amostral para a variável  $x$ , em parcelas;  $N$  = área das unidades amostrais originais dividida pela área das parcelas;  $Sx$  = Variância de  $x$ ;  $T$  = valor de  $t$  para 11 graus de liberdade e probabilidade de 95%;  $E$  = limite de erro de 10% da média da variável  $x$ .

### 3.3.2 Árvores Plantadas

As variáveis dendrométricas obtidas para as árvores plantadas na amostragem também foram testadas quanto à normalidade e suficiência amostral (Anexos III e VI). Foram calculados coeficientes de correlação de

Pearson ( $r$ ) entre as árvores plantadas e os estratos arbóreos da regeneração natural. Para as árvores plantadas, foram consideradas as variáveis: DAP, altura total e altura total de *Inga edulis*. Para a regeneração natural foram utilizados DAP, altura total e índice de diversidade de Shannon.

Para interpretar os valores de  $r$  obtidos, foram utilizados os critérios descritos por Dancey e Reidy (2005), citados por Figueiredo-Filho & Silva-Junior (2009), onde valores de  $r$  entre 0,10 e 0,39 representam correlações fracas, valores de  $r$  entre 0,40 e 0,69 representam correlações médias e valores maiores que 0,70 significam forte correlação.

Com emprego do software geoestatístico GS+, foi aplicado o interpolador *Inverse Distance Weighting* (IDW) aos dados do censo do plantio realizado no ano de 2016. Foram determinadas seis classes de altura para as árvores plantadas, distintas por diferentes cores, que permitem inferir visualmente sobre a variação ambiental na área do experimento. Para realizar essa análise, foi utilizada a localização de cada árvore plantada na área do experimento, em sistema de coordenadas cartesianas, baseado no alinhamento do plantio.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 FLORÍSTICA

Foram amostrados 1.087 vegetais terrícolas que atingiram 1,3 m de altura, entre árvores, palmeiras, samambaias e herbáceas, somando 81 espécies, das quais 60 apresentam identificação totalmente confirmada, 19 apresentam identificação confirmada até o gênero e duas têm apenas a identificação da família confirmada.

Quanto às características sucessionais, 48% das espécies encontradas são tolerantes à sombra e 52% não são tolerantes. Quanto à síndrome de dispersão, 84% são zoocóricas, 12% anemocóricas e 4% autocóricas. Dentre as 32 famílias encontradas, as mais importantes em número de espécies foram Myrtaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Lauraceae e Euphorbiaceae, que apresentaram respectivamente 11, 10, 7, 5 e 5 espécies (Tabela 2).

*Xylopia brasiliensis*, *Jacaranda puberula*, *Tabebuia cassinoides*, *Hedyosmum brasiliense* e *Myrcia strigipes*, assim como as exóticas *Psidium guajava* e *Citrus* sp., não foram encontradas na amostra deste trabalho, mas foram registradas durante outros levantamentos de dados na área do experimento, no ano de 2016. Das três exóticas registradas, apenas *Syzygium jambos* ocorreu dentro das unidades amostrais.

Com base no CNC flora, o status de conservação das espécies *Syagrus romanzoffiana*, *Tetrorchidium rubrivenium* e *Solanum pseudoquina* é *Pouco Preocupante* (LC); de *Ocotea puberula* e *Tabebuia cassinoides* é *Quase Ameaçada* (NT); de *Euterpe edulis* é *Vulnerável* (VU); do restante das espécies identificadas é *Não Avaliado* (NE) (REFLORA, 2018).

Tabela 2. Lista de espécies encontradas no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	Nome popular	Família	Classe	Dispersão
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng	Pendoveira	Annonaceae	NT	Zoo
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Caúna	Aquifoliaceae	T	Zoo
<i>Ilex taubertiana</i> Loes.	Caúna	Aquifoliaceae	T	Zoo
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmeiteiro-juçara	Arecaceae	T	Zoo

Onde: **Classe** refere-se à classe sucessional, sendo T = espécie tolerante à sombra e NT = espécie não tolerante à sombra; **Dispersão** refere-se à síndrome de dispersão predominante na espécie, sendo Zoo = zoocórica, Ane = anemocórica e Aut = autocórica.

Tabela 2 (Continuação 1). Lista de espécies encontradas no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	Nome popular	Família	Classe	Dispersão
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	Arecaceae	T	Zoo
Não identificada		Asteraceae	NT	Ane
<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Vega & Dematteis	Assa-peixe	Asteraceae	NT	Ane
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Caroba	Bignoniaceae	T	Ane
<i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC.	Caxeta	Bignoniaceae	NT	Ane
<i>Neoblechnum</i> cf. <i>brasiliense</i> (Desv.) Gasper & V.A.O. Dittrich	Xaxim	Blechnaceae	NT	Ane
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Guanandí	Calophyllaceae	T	Zoo
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. ex Miq.	Santa-maria	Chloranthaceae	T	Zoo
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	Cana-do-brejo	Costaceae	T	Zoo
<i>Cyathea</i> cf. <i>delgadii</i>	Xaxim-espinho	Cyatheaceae	T	Ane
<i>Cyathea</i> cf. <i>phalerata</i>	Xaxim-espinho	Cyatheaceae	T	Ane
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Laranjeira-imbiúva	Elaeocarpaceae	T	Zoo
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	Cocão	Erythroxilaceae	T	Zoo
<i>Erythroxylum</i> cf. <i>cuspidifolium</i> Mart.	Cocão	Erythroxilaceae	T	Zoo
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Tapiá	Euphorbiaceae	NT	Zoo
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Tapiá	Euphorbiaceae	NT	Zoo
<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M.Johnst.	Guarapicica	Euphorbiaceae	T	Aut
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Mata-cavalo	Euphorbiaceae	NT	Zoo
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	Canema	Euphorbiaceae	T	Zoo
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-vermelho	Fabaceae	NT	Zoo
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Maricá	Fabaceae	NT	Ane
<i>Nectandra leucantha</i> Nees	Canela-amarela	Lauraceae	NT	Zoo
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Canela-amarela	Lauraceae	NT	Zoo
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	Canela-juçara	Lauraceae	NT	Zoo
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-sebo	Lauraceae	NT	Zoo
<i>Ocotea</i> sp.	Canela	Lauraceae	NT	Zoo
<i>Sida</i> sp.		Malvaceae	NT	Aut
<i>Sida</i> sp. 2		Malvaceae	NT	Aut
<i>Leandra australis</i> (Cham.) Cogn.	Pixirica	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Leandra</i> cf. <i>fallax</i> (Cham.) Cogn.	Pixirica	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Leandra</i> cf. <i>variabilis</i> Raddi	Pixirica	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Leandra</i> sp.	Pixirica	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	Pixiricão	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	Pixiricão	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Miconia</i> cf. <i>jucunda</i> (DC.) Triana	Pixirica	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	Pixirica	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Pleroma trichopodium</i> DC.	Jacatirão-do-brejo	Melastomataceae	NT	Ane
<i>Tibouchina pulchra</i> Cogn.	Jacatirão	Melastomataceae	NT	Zoo
<i>Mollinedia</i> sp.		Monimiaceae	T	Zoo

Onde: **Classe** refere-se à classe sucessional, sendo T = espécie tolerante à sombra e NT = espécie não tolerante à sombra; **Dispersão** refere-se à síndrome de dispersão predominante na espécie, sendo Zoo = zoocórica, Ane = anemocórica e Aut = autocórica.



Tabela 2 (Continuação 2). Lista de espécies encontradas no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	Nome popular	Família	Classe	Dispersão
<i>Calyptanthes cf. lucida</i> Mart. ex DC.		Myrtaceae	T	Zoo
<i>Eugenia cf. excelsa</i> O.Berg	Murta	Myrtaceae	T	Zoo
<i>Marierea silvatica</i> (O.Berg) Kiaersk.	Guamirim-ferro	Myrtaceae	T	Zoo
<i>Myrcia brasiliensis</i> Kiaersk.		Myrtaceae	T	Zoo
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.		Myrtaceae	T	Zoo
<i>Myrcia</i> sp.		Myrtaceae	T	Zoo
<i>Myrcia spectabilis</i> DC.	Guamirim-ameixa	Myrtaceae	T	Zoo
<i>Myrcia strigipes</i> Mart.	Guapurunga	Myrtaceae	T	Zoo
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	Myrtaceae	T	Zoo
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	Myrtaceae	NT	Zoo
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Jambo-amarelo	Myrtaceae	T	Zoo
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Tabocúva	Peraceae	T	Zoo
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Licurana	Phyllantaceae	NT	Zoo
<i>Piper aduncum</i> L.	Bordão-de-frade	Piperaceae	NT	Zoo
<i>Piper cernuum</i> Vell.	Bordão-de-frade	Piperaceae	T	Zoo
<i>Piper</i> sp.	Bordão-de-frade	Piperaceae	NT	Zoo
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca	Primulaceae	NT	Zoo
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	Rosaceae	T	Zoo
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Pau-carvão	Rubiaceae	NT	Zoo
<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.		Rubiaceae	NT	Zoo
<i>Psychotria cf. hoffmannseggiana</i> (Willd. ex Schult.) Müll.Arg.	Pasto-de-anta	Rubiaceae	T	Zoo
<i>Psychotria cf. mapourioides</i> DC.	Pasto-de-anta	Rubiaceae	T	Zoo
<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schldl.	Pasto-de-anta	Rubiaceae	T	Zoo
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schldl.) Wawra	Pasto-de-anta	Rubiaceae	T	Zoo
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Limoeiro-do-mato	Rubiaceae	NT	Zoo
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica	Rutaceae	T	Zoo
<i>Citrus</i> sp.	Limoeiro	Rutaceae	T	Zoo
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	Salicaceae	T	Zoo
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Cafezeiro-brabo	Salicaceae	NT	Zoo
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Vacum	Sapindaceae	T	Zoo
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Cuvatã	Sapindaceae	T	Zoo
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Miguel-pintado	Sapindaceae	T	Zoo
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldl.	Barrileira	Solanaceae	NT	Zoo
Não identificada 2		Solanaceae	NT	Zoo
<i>Solanum sanctae-catharinae</i> Dunal	Joá-manso	Solanaceae	NT	Zoo
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.		Solanaceae	NT	Zoo
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	Urticaceae	NT	Zoo
<i>Vochysia bifalcata</i> Warm.	Guaricica	Vochysiaceae	NT	Ane

Onde: **Classe** refere-se à classe sucessional, sendo T = espécie tolerante à sombra e NT = espécie não tolerante à sombra; **Dispersão** refere-se à síndrome de dispersão predominante na espécie, sendo Zoo = zocócrica, Ane = anemocócrica e Aut = autocócrica.

A ausência de assíntota nas curvas de acumulação e de extrapolação (Figuras 4, 5, 6 e 7), demonstra que a amostragem não foi suficiente para captar a riqueza da floresta. Os estratos arbóreos somam 29 espécies, oito tolerantes à sombra e 21 não tolerantes; uma espécie autocórica, cinco anemocóricas e 23 zoocóricas.

A curva de acumulação de espécies nos estratos arbóreos tem inclinação suave e não atinge valor assintótico (Figura 4). Mesmo com a duplicação da intensidade amostral nos estratos arbóreos, ilustrada com a curva de extrapolação, não ocorre estabilização no incremento de novas espécies (Figura 5).

A curva de acumulação de espécies no estrato regenerante também não atinge valor assintótico e demonstra pouca tendência à horizontalidade (Figura 6). Na curva de extrapolação para o estrato regenerante, verifica-se tendência à horizontalidade com o dobro da intensidade amostral, mas ainda não se atinge a assíntota (Figura 7).

Figura 4. Curva de acumulação de espécies para os estratos arbóreos da regeneração natural no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

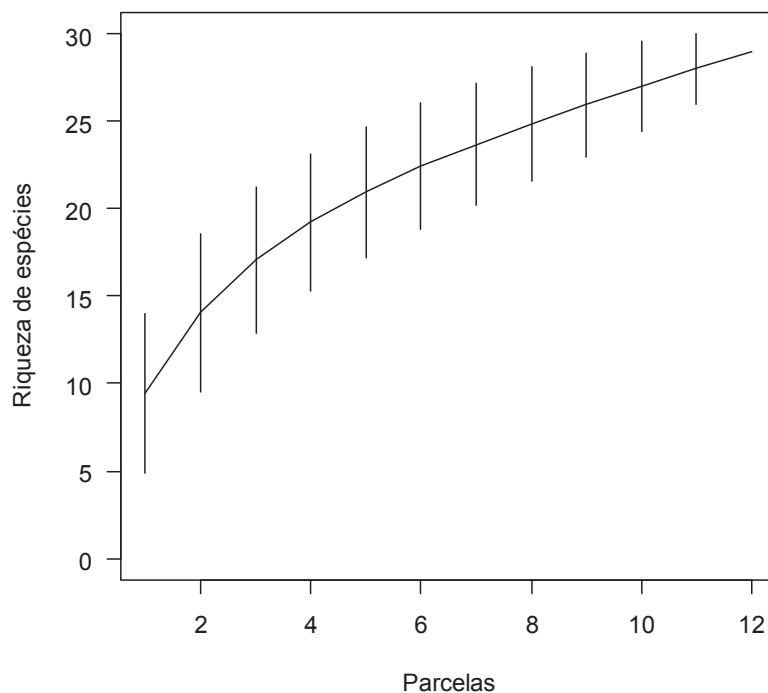


Figura 5. Curva de extrapolação para os estratos arbóreos da regeneração natural no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

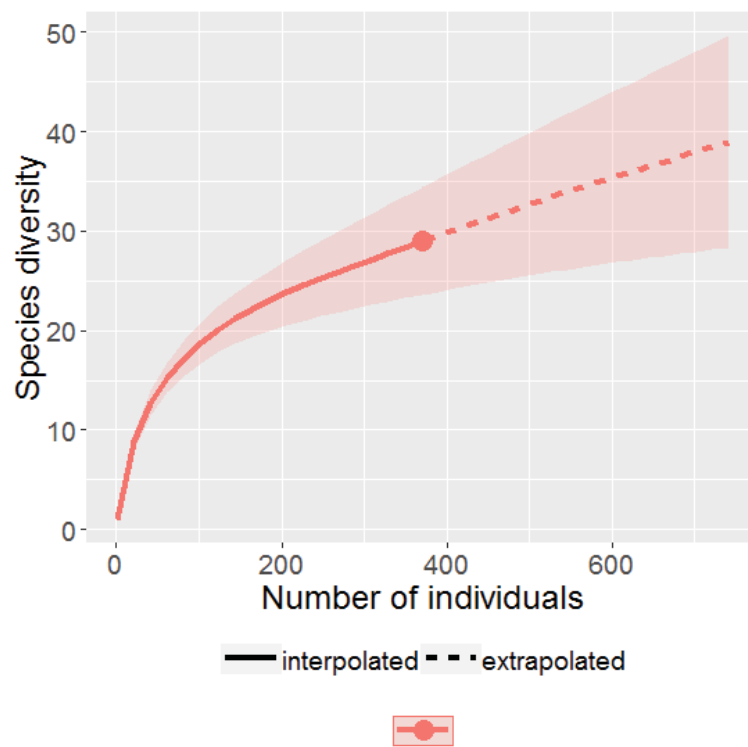


Figura 6. Curva de acumulação de espécies para o estrato regenerante no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina (PR).

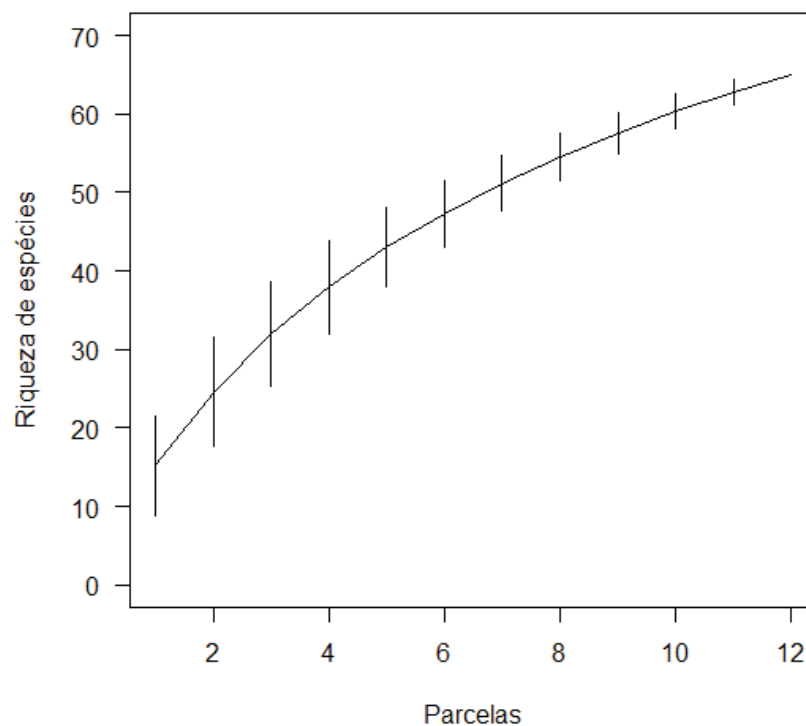
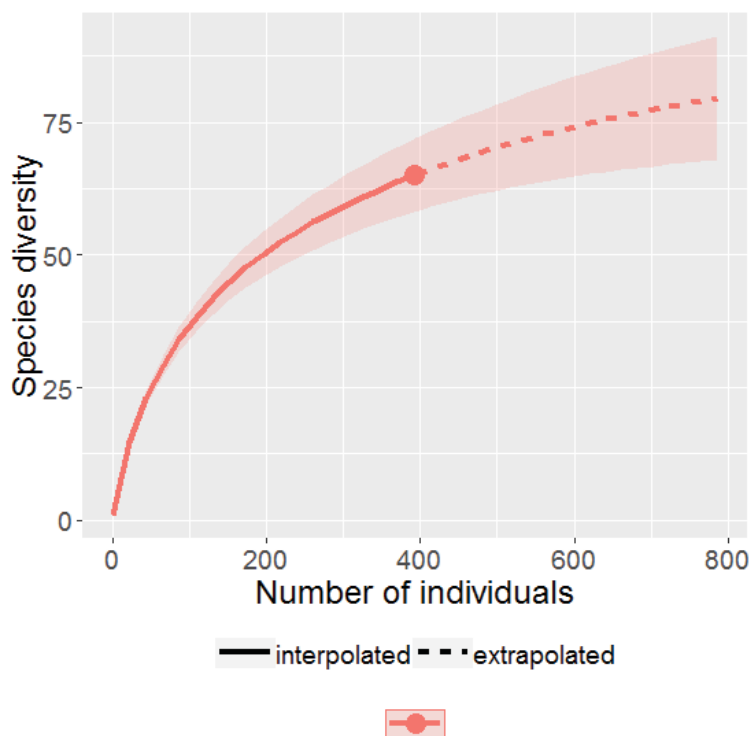


Figura 7. Curva de extrapolação para o estrato regenerante no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).



#### 4.2 ESTRUTURA

A estrutura da regeneração natural apresenta elevada equidade, sendo dominada por *Alchornea glandulosa*. Essa espécie apresenta ampla distribuição diamétrica, ocupando com importância todos os estratos analisados. As espécies lenhosas subsequentes em importância - *Nectandra oppositifolia* e *Nectandra membranacea* - também ocorrem em todos os estratos com importância expressiva, mas essa importância reduz nos estratos menores, sobretudo no regenerante. No estrato inferior, *N. oppositifolia* e *N. membranacea* apresentam menor importância do que *Cyathea cf. delgadii*, *A. glandulosa* e *Euterpe edulis*. A pteridofita *Cyathea cf. delgadii* domina o subosque da floresta, apresentando valor de importância geral (não separado por estrato) inferior apenas ao de *A. glandulosa*.

A diversidade e a riqueza aumentam no sentido dos estratos menores, culminando no estrato regenerante. Esse estrato, assim como os demais, apresenta proporção expressiva de *A. glandulosa* e *Cyathea cf. delgadii*, mas os valores de abundância relativa dessas espécies são reduzidos em

comparação com o verificado nos outros estratos. A espécie mais importante no estrato regenerante foi uma Myrtaceae tolerante à sombra - *Myrcia multiflora*. Destaca-se no estrato regenerante a importância da família Melastomataceae, principalmente de *Leandra australis*, que ocorre em clareiras.

Todos os estratos apresentaram maior riqueza de espécies zoocóricas e o predomínio dessa síndrome de dispersão também pode ser observado na estrutura. O valor de importância das espécies zoocóricas também foi bastante superior ao das outras síndromes de dispersão. Apenas o estrato inferior apresentou predomínio de anemocoria, por conta da espécie mais importante do subosque - *Cyathea* cf. *delgadii* - ser anemocórica.

As espécies não tolerantes à sombra dominam os estratos superior e intermediário, mas a importância dessa classe sucessional reduz fortemente nos estratos inferior e regenerante. O estrato superior apresenta apenas uma espécie tolerante à sombra - *Syagrus romanzoffiana* - e trata-se de indivíduos remanescentes, com idade superior à do plantio. No estrato intermediário ocorreram cinco espécies tolerantes à sombra - *Tetrorchidium rubrivenium*, *S. romanzoffiana*, *Euterpe edulis*, *Pera glabrata* e *Matayba guianensis*.

Apesar da maior riqueza de espécies não tolerantes à sombra, o estrato inferior apresenta predomínio estrutural das tolerantes à sombra, novamente por conta da elevada importância da pteridofita *Cyathea* cf. *delgadii*. O estrato regenerante apresenta equilíbrio entre as classes sucessionais, com 49% da riqueza de espécies sendo composta por tolerantes à sombra e 51% por não tolerantes. Na estrutura ocorre o mesmo, o valor de importância das tolerantes à sombra soma 48% no estrato regenerante, enquanto a importância das não tolerantes soma os 52% restantes.

As principais espécies apresentaram predomínio em todas as parcelas, demonstrando que a estrutura dispõe de certa homogeneidade. Nos estratos arbóreos predominaram *Alchornea glandulosa* e *Cyathea* cf. *delgadii*, com frequente importância de *Nectandra* spp.. No estrato regenerante, *Myrcia multiflora* ocorreu em todas as parcelas, muitas vezes com elevada abundância. A maioria das espécies apresentou abundância e frequência reduzidas, razão pela qual as curvas de acumulação e extrapolação não atingiram valor assintótico.

A maior porção da área basal foi ocupada pelo estrato inferior (2,73 m<sup>2</sup>/ha), seguido respectivamente pelo estrato intermediário (2,57 m<sup>2</sup>/ha) e pelo estrato superior (1,35 m<sup>2</sup>/ha). A regeneração natural soma 6,65 m<sup>2</sup>/ha com esses três estratos, enquanto as árvores plantadas somam 11,22 m<sup>2</sup>/ha, totalizando 17,87 m<sup>2</sup>/ha. Não foi considerada a área basal do estrato regenerante.

No estrato superior (tabela 3), o índice de valor de importância das espécies não tolerantes à sombra é 94,5%. A altura média da regeneração natural no estrato superior foi de 14,2 m e as espécies zoocóricas representam 94,7% do valor de importância, sendo *Mimosa bimucronata* a única espécie anemocórica. A família Lauraceae apresenta o maior número de espécies (três), enquanto Euphorbiaceae, Arecaceae, Fabaceae e Rubiaceae contam cada uma com uma espécie.

Tabela 3. Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato superior do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	N	G	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Alchornea glandulosa</i>	49	0,701	0,58	56,3%	51,8%	41,2%	49,7%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	16	0,265	0,33	18,8%	19,6%	23,5%	20,6%
<i>Nectandra membranacea</i>	11	0,101	0,17	12,5%	7,4%	11,8%	10,6%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	3	0,101	0,08	3,1%	7,5%	5,9%	5,5%
<i>Mimosa bimucronata</i>	3	0,092	0,08	3,1%	6,8%	5,9%	5,3%
<i>Coussarea contracta</i>	3	0,068	0,08	3,1%	5,1%	5,9%	4,7%
<i>Ocotea</i> sp.	3	0,025	0,08	3,1%	1,9%	5,9%	3,6%
Total	88	1,354	1,42	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

No estrato intermediário (Tabela 4) verifica-se 15 espécies não tolerantes à sombra, que representam 89% do valor de importância, frente a 11% das cinco espécies tolerantes à sombra. A zoocoria representa 87% do valor de importância e os 13% restantes pertence às espécies anemocóricas: *Pleroma trichopodum*, *Mimosa bimucronata* e *Vochysia bifalcata*. Foram encontradas nesse estrato 20 espécies, destacando-se em riqueza florística as famílias Euphorbiaceae com quatro espécies, Lauraceae com três espécies e Melastomataceae também com três espécies. A altura média verificada nesse estrato foi de 9,5 m.

Tabela 4. Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato intermediário do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	N	G	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Alchornea glandulosa</i>	181	1,137	1	45,50%	44,30%	18,50%	36,10%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	47	0,288	0,67	11,70%	11,20%	12,30%	11,80%
<i>Nectandra membranacea</i>	47	0,211	0,5	11,70%	8,20%	9,20%	9,70%
<i>Pleroma trichopodium</i>	22	0,195	0,5	5,50%	7,60%	9,20%	7,40%
<i>Alchornea triplinervea</i>	16	0,114	0,33	4,10%	4,50%	6,20%	4,90%
<i>Mimosa bimucronata</i>	5	0,171	0,17	1,40%	6,70%	3,10%	3,70%
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	11	0,040	0,33	2,80%	1,60%	6,20%	3,50%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	5	0,112	0,17	1,40%	4,40%	3,10%	2,90%
<i>Sapium glandulosum</i>	11	0,032	0,25	2,80%	1,30%	4,60%	2,90%
<i>Miconia cinerascens</i>	8	0,039	0,25	2,10%	1,50%	4,60%	2,70%
<i>Pera glabrata</i>	8	0,026	0,25	2,10%	1,00%	4,60%	2,60%
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	5	0,037	0,17	1,40%	1,40%	3,10%	2,00%
<i>Vochysia bifalcata</i>	5	0,028	0,17	1,40%	1,10%	3,10%	1,90%
<i>Miconia cabucu</i>	5	0,020	0,17	1,40%	0,80%	3,10%	1,70%
<i>Ocotea puberula</i>	5	0,015	0,08	1,40%	0,60%	1,50%	1,20%
<i>Euterpe edulis</i>	3	0,031	0,08	0,70%	1,20%	1,50%	1,20%
<i>Randia armata</i>	3	0,030	0,08	0,70%	1,20%	1,50%	1,10%
<i>Matayba guianensis</i>	3	0,016	0,08	0,70%	0,60%	1,50%	0,90%
<i>Amaioua guianensis</i>	3	0,015	0,08	0,70%	0,60%	1,50%	0,90%
<i>Myrsine coriacea</i>	3	0,009	0,08	0,70%	0,30%	1,50%	0,90%
Total	397	2,567	5,42	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

No estrato inferior (Tabela 5) ocorreram oito espécies tolerantes à sombra e 15 não tolerantes. O valor de importância do grupo de espécies tolerantes a sombra foi de 55%, sendo *Cyathea cf. delgadii* e *Euterpe edulis* as principais representantes dessa classe sucessional. Quanto às síndromes de dispersão, cinco espécies são anemocóricas, 17 são zoocóricas e ocorre uma espécie autocórica - *Pachystroma longifolium*. As espécies anemocóricas somam 54% do valor de importância, dentre as quais *Cyathea cf. delgadii* é a principal representante, enquanto as espécies zoocóricas somam 46% e a única espécie autocórica representa menos de 1%. A altura média desse estrato foi de 5,3 m.

Tabela 5. Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato inferior do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	N	G	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	211	1,600	0,92	39,7%	58,6%	15,3%	37,9%
<i>Alchornea glandulosa</i>	118	0,392	0,92	22,2%	14,4%	15,3%	17,3%
<i>Euterpe edulis</i>	30	0,083	0,58	5,7%	3,0%	9,7%	6,1%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	22	0,071	0,42	4,1%	2,6%	6,9%	4,6%
<i>Nectandra membranacea</i>	19	0,067	0,42	3,6%	2,4%	6,9%	4,3%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	19	0,096	0,33	3,6%	3,5%	5,6%	4,2%
<i>Miconia cinerascens</i>	19	0,083	0,33	3,6%	3,0%	5,6%	4,1%
<i>Pleroma trichopodium</i>	14	0,034	0,33	2,6%	1,2%	5,6%	3,1%
<i>Pera glabrata</i>	11	0,030	0,25	2,1%	1,1%	4,2%	2,4%
<i>Blechnum cf. brasiliense</i>	11	0,087	0,08	2,1%	3,2%	1,4%	2,2%
<i>Alchornea triplinervea</i>	8	0,025	0,25	1,5%	0,9%	4,2%	2,2%
<i>Vochysia bifalcata</i>	8	0,026	0,17	1,5%	1,0%	2,8%	1,8%
<i>Miconia cabucu</i>	8	0,025	0,17	1,5%	0,9%	2,8%	1,7%
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	5	0,019	0,08	1,0%	0,7%	1,4%	1,0%
<i>Cecropia pachystachya</i>	3	0,028	0,08	0,5%	1,0%	1,4%	1,0%
<i>Sapium glandulosum</i>	5	0,010	0,08	1,0%	0,4%	1,4%	0,9%
<i>Casearia sylvestris</i>	3	0,010	0,08	0,5%	0,4%	1,4%	0,8%
<i>Mimosa bimucronata</i>	3	0,009	0,08	0,5%	0,3%	1,4%	0,7%
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	3	0,008	0,08	0,5%	0,3%	1,4%	0,7%
<i>Solanum cf. pseudoquina</i>	3	0,008	0,08	0,5%	0,3%	1,4%	0,7%
<i>Ocotea puberula</i>	3	0,006	0,08	0,5%	0,2%	1,4%	0,7%
<i>Psychotria cf. mapourioides</i>	3	0,006	0,08	0,5%	0,2%	1,4%	0,7%
<i>Pachystroma longifolium</i>	3	0,006	0,08	0,5%	0,2%	1,4%	0,7%
Total	532	2,728	6,00	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

No estrato regenerante (Tabela 6) verifica-se predomínio de quatro espécies, sendo a de maior importância estrutural a Myrtaceae tolerante à sombra *Myrcia multiflora*, que ocorre exclusivamente no estrato regenerante, mas com grande abundância e em todas as parcelas. As espécies subsequentes em importância estrutural são *Cyathea cf. delgadii* e *Alchornea glandulosa*, a primeira tolerante à sombra e a segunda não tolerante à sombra. A quarta espécie em importância estrutural no estrato regenerante é a Melastomataceae intolerante à sombra *Leandra australis*, que ocorre também em abundância notoriamente acima do restante e em oito das 12 parcelas.

Das 65 espécies que ocorreram no estrato regenerante, 32 são tolerantes à sombra, somando 48% da importância estrutural, enquanto as 33 espécies não tolerantes à sombra somam os 52% restantes. As 55 espécies



zoocóricas somam 79,5% do índice de valor de importância adaptado para o estrato regenerante, as oito espécies anemocóricas representam 19,7% e as duas espécies autocóricas representam 0,8%. A altura média do estrato regenerante foi de 2,65 m.

Tabela 6. Estrutura horizontal do estrato regenerante no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	N	F	Nr	Fr	IVR
<i>Myrcia multiflora</i>	783	1	12,00%	6,60%	9,30%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	667	0,92	10,20%	6,00%	8,10%
<i>Alchornea glandulosa</i>	633	0,92	9,70%	6,00%	7,90%
<i>Leandra australis</i>	600	0,67	9,20%	4,40%	6,80%
<i>Blechnum cf. brasiliense</i>	367	0,75	5,60%	4,90%	5,30%
<i>Matayba guianensis</i>	250	0,5	3,80%	3,30%	3,60%
<i>Myrsine coriacea</i>	167	0,5	2,50%	3,30%	2,90%
<i>Myrcia spectabilis</i>	200	0,33	3,10%	2,20%	2,60%
<i>Pera glabrata</i>	117	0,5	1,80%	3,30%	2,50%
<i>Leandra cf. variabilis</i>	167	0,33	2,50%	2,20%	2,40%
<i>Nectandra membranacea</i>	167	0,33	2,50%	2,20%	2,40%
<i>Piper aduncum</i>	117	0,42	1,80%	2,70%	2,30%
<i>Ilex dumosa</i>	100	0,33	1,50%	2,20%	1,90%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	100	0,33	1,50%	2,20%	1,90%
<i>Costus spirallis</i>	133	0,25	2,00%	1,60%	1,80%
<i>Miconia cinerascens</i>	83	0,33	1,30%	2,20%	1,70%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	83	0,33	1,30%	2,20%	1,70%
<i>Psychotria cf. hoffmanseggiana</i>	83	0,33	1,30%	2,20%	1,70%
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	150	0,17	2,30%	1,10%	1,70%
<i>Alchornea triplinervea</i>	67	0,33	1,00%	2,20%	1,60%
<i>Miconia cabucu</i>	67	0,25	1,00%	1,60%	1,30%
<i>Psidium cattleianum</i>	67	0,25	1,00%	1,60%	1,30%
<i>Pleroma trichopodum</i>	100	0,17	1,50%	1,10%	1,30%
<i>Miconia latecrenata</i>	50	0,25	0,80%	1,60%	1,20%
<i>Sapium glandulosum</i>	50	0,25	0,80%	1,60%	1,20%
<i>Cyathea cf. phalerata</i>	83	0,17	1,30%	1,10%	1,20%
<i>Psychotria leiocarpa</i>	83	0,17	1,30%	1,10%	1,20%
<i>Syzygium jambos</i>	67	0,17	1,00%	1,10%	1,10%
<i>Euterpe edulis</i>	50	0,17	0,80%	1,10%	0,90%
<i>Psychotria cf. mapourioides</i>	50	0,17	0,80%	1,10%	0,90%
<i>Solanum cf. pseudoquina</i>	50	0,17	0,80%	1,10%	0,90%
<i>Vochysia bifalcata</i>	50	0,17	0,80%	1,10%	0,90%
Asteraceae	33	0,17	0,50%	1,10%	0,80%
<i>Calyptanthus cf. lucida</i>	33	0,17	0,50%	1,10%	0,80%
<i>Cupania oblongifolia</i>	33	0,17	0,50%	1,10%	0,80%
<i>Leandra cf. fallax</i>	33	0,17	0,50%	1,10%	0,80%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância e frequência; IVR = índice de valor no estrato regenerante.

Tabela 6 (Continuação). Estrutura horizontal da regeneração natural no estrato regenerante do experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

Espécie	N	F	Nr	Fr	IVR
<i>Piper cernuum</i>	33	0,17	0,50%	1,10%	0,80%
Solanaceae	33	0,17	0,50%	1,10%	0,80%
<i>Acnistus arborescens</i>	50	0,08	0,80%	0,50%	0,70%
<i>Myrcia brasiliensis</i>	33	0,08	0,50%	0,50%	0,50%
<i>Miconia</i> cf. <i>jucunda</i>	33	0,08	0,50%	0,50%	0,50%
<i>Piper</i> sp.	33	0,08	0,50%	0,50%	0,50%
<i>Sloanea guianensis</i>	33	0,08	0,50%	0,50%	0,50%
<i>Allophylus edulis</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Calophyllum brasiliense</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Casearia decandra</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Casearia sylvestris</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Erythroxylum deciduum</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Erythroxylum</i> cf. <i>cuspidifolium</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Eugenia</i> cf. <i>excelsa</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Ilex taubertiana</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Inga edulis</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Leandra</i> sp.	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Marlierea sylvatica</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Mollinedia</i> sp.	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Myrcia</i> sp.	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Nectandra leucantha</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Ocotea puberula</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Psychotria nuda</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Sida</i> sp.	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Sida</i> sp. 2	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Solanum sactaecatharinae</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Tibouchina pulchra</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	17	0,08	0,30%	0,50%	0,40%
Total	6550	15,17	100,00%	100,00%	100,00%

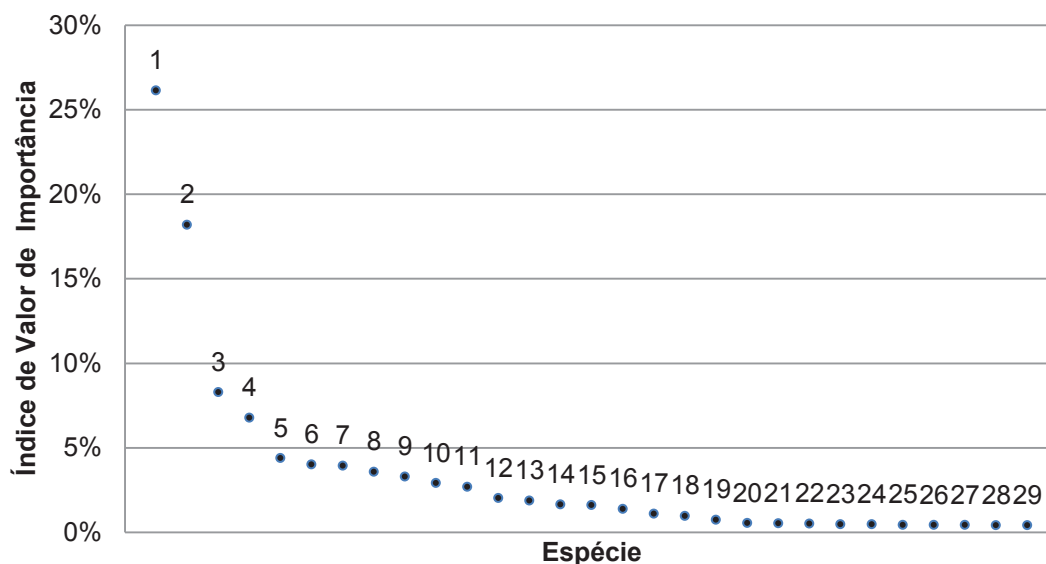
Onde: N = abundância em árvores por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância e frequência; IVR = índice de valor no estrato regenerante.

Na distribuição decrescente do índice de valor de importância nos estratos arbóreos (Figura 8), é possível notar acentuada inclinação nos pontos referentes às primeiras quatro espécies, sendo que estas concentram 59% do índice de valor de importância. A maior parte das espécies apresentou importância reduzida, com índices inferiores a 5%, denotando elevada equidade.

O índice de diversidade de Shannon foi de 2,29 e a tendência de agregação foi predominante entre as espécies, com 52% delas apresentando

este padrão de distribuição, enquanto o padrão agregado foi obtido para 43% das espécies e 5% apresentaram ausência de agregação. No entanto, as principais espécies na estrutura da floresta apresentam padrão de distribuição agregado, somando 74% do índice de valor de importância, frente a 19% das espécies com padrão de distribuição tendendo à agregação e 7% com agregação ausente. Quanto à dispersão, as espécies zoocóricas representam 71% do índice de valor de importância, as espécies anemocóricas representam 28% e a única espécie autocórica representa 0,4%. As espécies não tolerantes à sombra somam 68% do índice de valor de importância e o restante (32%) é representado pelas espécies tolerantes à sombra.

Figura 8. Distribuição decrescente do índice de valor de importância dos estratos arbóreos no plantio misto de seis espécies arbóreas para restauração em Antonina (PR).

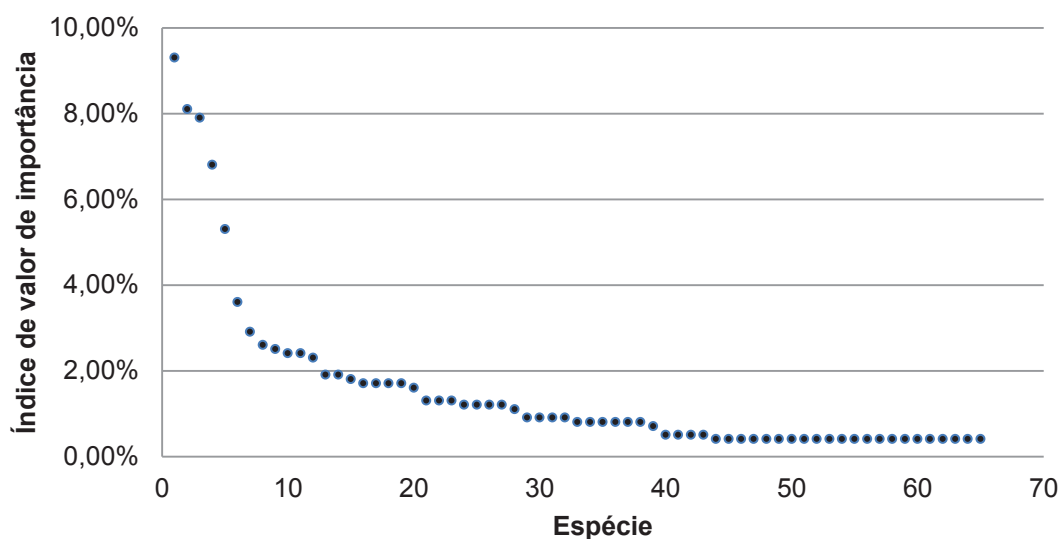


1: *Alchornea glandulosa*; 2: *Cyathea* cf. *delgadii*; 3: *Nectandra oppositifolia*; 4: *Nectandra membranacea*; 5: *Pleroma trichopodum*; 6: *Euterpe edulis*; 7: *Syagrus romanzoffiana*; 8: *Alchornea triplinervea*; 9: *Miconia cinerascens*; 10: *Mimosa bimucronata*; 11: *Pera glabrata*; 12: *Tetrorchidium rubrivenium*; 13: *Miconia cabucu*; 14: *Sapium glandulosum*; 15: *Vochysia bifalcata*; 16: *Hyeronima alchorneoides*; 17: *Blechnum* cf. *brasiliense*; 18: *Ocotea puberula*; 19: *Coussarea contracta*; 20: *Randia armata*; 21: *Cecropia pachystachya*; 22: *Ocotea* sp.; 23: *Matayba guianensis*; 24: *Amaioua guianensis*; 25: *Casearia sylvestris*; 26: *Myrsine coriacea*; 27: *Solanum* cf. *pseudoquina*; 28; *Psychotria* cf. *mapourioides*; 29. *Pachystroma longifolium*.

O estrato regenerante apresenta elevada equidade, sendo composto majoritariamente por espécies de baixa abundância e frequência (Figura 9). As seis principais espécies ocupam 41% do valor de importância, demonstrando diversidade superior à verificada nos estratos arbóreos. O índice de Shannon

do estrato regenerante foi de 3,43 e ocorreram 32 espécies com tendência à agregação, 23 com distribuição agregada e 10 com ausência de agregação. As principais espécies desse estrato apresentam distribuição agregada, somando 55% do valor de importância. A única exceção foi *Cyathea* cf. *delgadii*, que apresenta tendência à agregação.

Figura 9. Distribuição decrescente do índice de valor de importância adaptado para o estrato regenerante no plantio misto de seis espécies arbóreas para restauração em Antonina (PR).



#### 4.3 VARIAÇÃO AMBIENTAL

Na análise espacial baseada no censo das árvores plantadas aos 10 anos de idade (SCHAFFER, 2016), sem considerar a regeneração natural (Figura 10), nota-se que o bloco 1 é menos afetado por clareiras amplas do que os blocos 2 e 3, mas também apresenta menor área ocupada com as maiores classes de altura. Duas áreas que aparecem como clareiras no bloco 1 são na verdade locais ocupados por duas grandes árvores remanescentes, cujas espécies são *Andira anthelmia* (Vell.) Benth. e *Ficus* sp., onde todas as árvores plantadas morreram ou apresentaram severo subdesenvolvimento, mas a regeneração natural é pujante. Não se nota relação entre o padrão de variação espacial da altura total do plantio e os tratamentos.

Na figura 11 é possível notar a aparência das clareiras observadas na área experimental, nelas ocorre predomínio de espécies da família

Melastomataceae. Pequenas aberturas no dossel da floresta são frequentes e a fisionomia da vegetação das clareiras pequenas difere da verificada nas clareiras amplas. No subosque, verificou-se o predomínio de pteridofitas, o que se observou na maior parte do experimento. Aparentemente, em sítios melhores, onde houve menor mortalidade do plantio, as pteridofitas apresentaram menor abundância.

Figura 10. Distribuição espacial da variável *altura total do plantio*, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

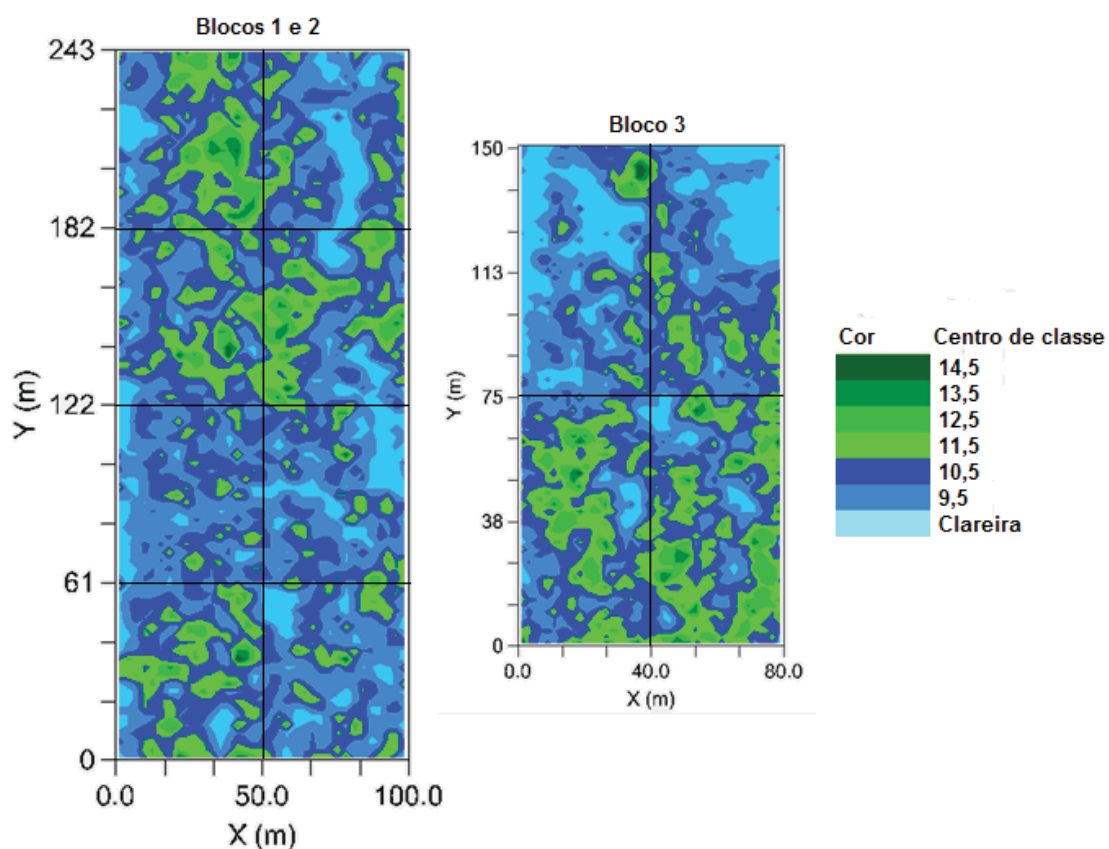


Figura 11. Imagens obtidas durante o levantamento de dados no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

**Imagem 1**



**Imagem 2**



**Imagem 3**



**Imagem 4**



**Imagem 5**



**Imagem 1:** clareira ampla no bloco 2; **Imagem 2:** clareira com área reduzida no bloco 1; **Imagem 3:** dossel no bloco 1; **Imagem 4:** predomínio de espécies da família Cyatheaceae no subosque; **Imagem 5:** tronco de *Senna multijuga* (Rich.) H.S.Irwin & Barneby caído no solo.

## 4.4 TRATAMENTOS

### 4.4.1 Riqueza

O tratamento 4 apresentou a maior riqueza nos estratos arbóreos, com 21 espécies, seguido respectivamente pelos tratamentos: 3, com 18 espécies; 1, com 16 espécies; 2, com 15 espécies. A curva de extrapolação para os estratos arbóreos do tratamento 4 apresentou maior inclinação, indicando que essa maior riqueza decorre de espécies de baixa frequência (Figura 12).

Foram encontradas 33 espécies no estrato regenerante dos tratamentos 2 e 3, 31 no tratamento 1 e 28 no tratamento 4 (Figura 13). As quatro curvas apresentam tendência semelhante. A riqueza nos estratos arbóreos e a riqueza no estrato regenerante apresentam antagonismo na comparação entre os tratamentos. O tratamento 4 obteve maior riqueza nos estratos arbóreos e menor no estrato regenerante. O inverso ocorreu com o tratamento 2.

Figura 12. Curvas de extrapolação por tratamento, para os estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

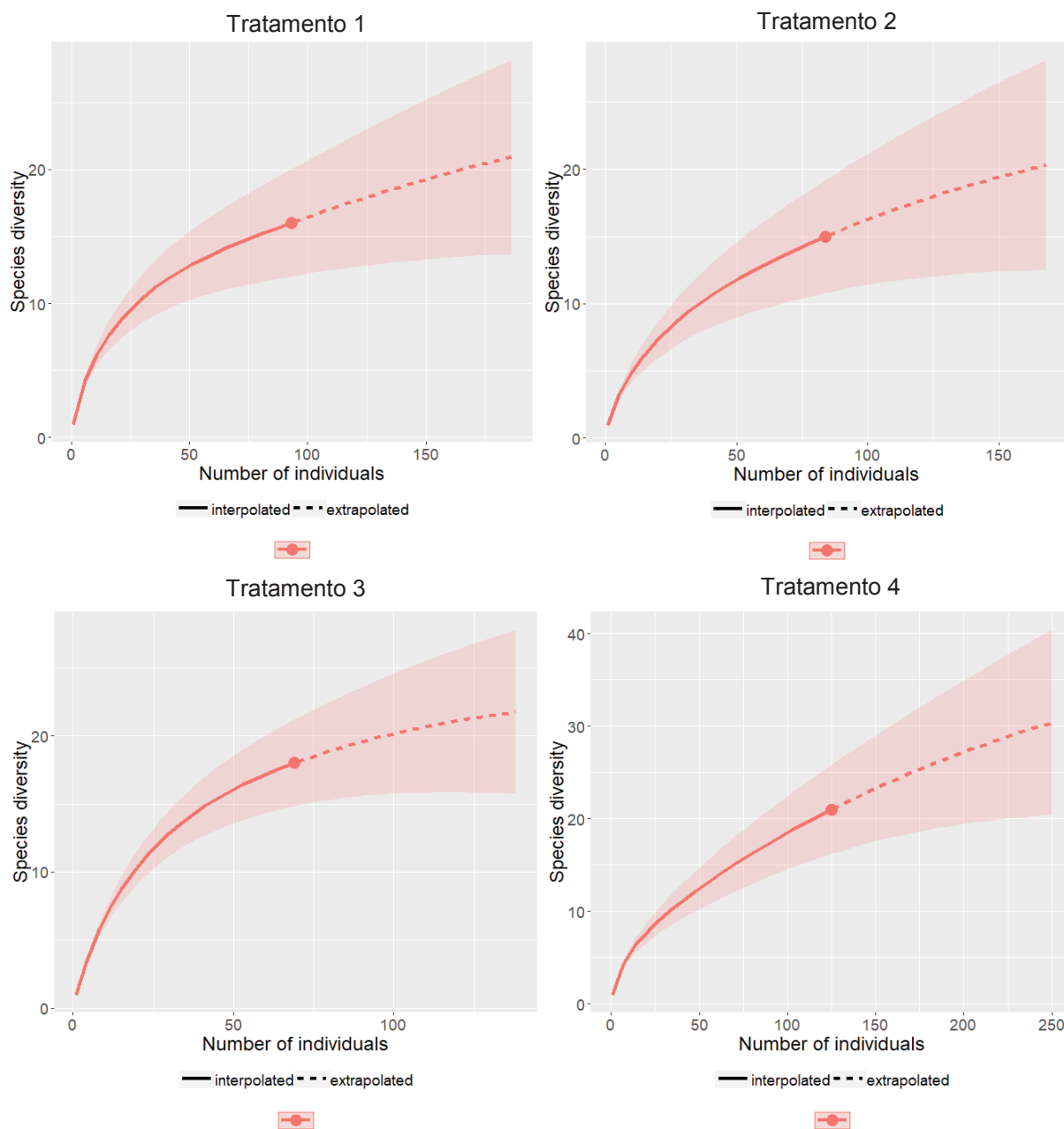
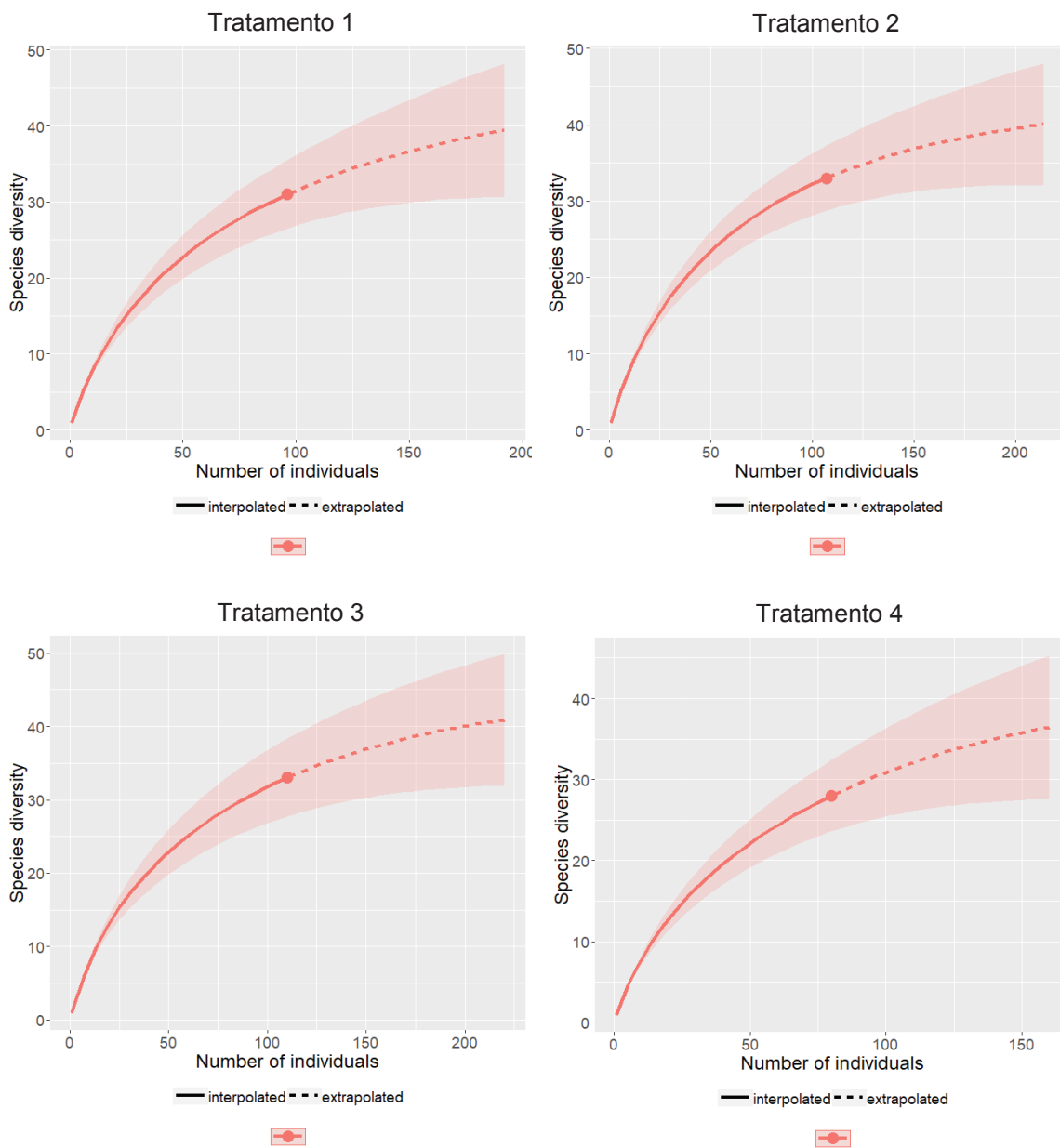




Figura 13. Curvas de extrapolação por tratamento, para o estrato regenerante, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).



#### 4.4.2 Estrutura

Nos estratos arbóreos dos tratamentos 1, 2 e 3 a espécie mais importante foi *Alchornea glandulosa* (com valores de, respectivamente, 28%, 37% e 19%), seguida por *Cyathea* cf. *delgadii* (com valores de, respectivamente, 16%, 16% e 15%), enquanto no tratamento 4 essa situação se inverteu, com *Cyathea* cf. *delgadii* apresentando o maior valor de importância (24%) e *Alchornea glandulosa* o segundo maior valor (21%) (Anexo VII).

Nos tratamentos 1 e 3 a terceira espécie em valor de importância nos estratos arbóreos foi *Nectandra membranacea* (respectivamente 9% e 7%) e nos tratamentos 2 e 4 essa mesma posição foi ocupada por *Nectandra oppositifolia* (com valores de respectivamente 7% e 10%). Em quarto lugar ocorreram *Nectandra oppositifolia* no tratamento 1 (com 8%), *Euterpe edulis* no tratamento 2 (com 6%), *Miconia cinerascens* no tratamento 3 (com 6%) e *Nectandra membranacea* no tratamento 4 (com 8%).

O estrato regenerante demonstrou maior variabilidade entre os tratamentos. As principais espécies predominam em todos, mas a ordem entre elas varia de forma mais acentuada do que o verificado para os estratos arbóreos. Os tratamentos apresentam composição semelhante, mas ocorrem algumas diferenças nas primeiras posições que podem indicar maior ou menor sombreamento, ou maior ou menor recuperação das condições microclimáticas (Anexo VIII).

Os estratos regenerantes dos tratamentos 1 e 3 apresentam indícios de maior sombreamento, pois espécies tolerantes à sombra aparecem com maior abundância. *Myrcia multiflora*, seguida de *Cyathea* cf. *delgadii*, com *Matayba guianensis*, compõem as principais espécies do tratamento 1. No tratamento 3 *Cyathea* cf. *delgadii* foi a mais importante, com *Myrcia multiflora* em terceira colocação e *Myrcia spectabilis* na quinta colocação. Verifica-se alguma diferença nas espécies mais importantes dos tratamentos 2 e 4, onde as primeiras posições são ocupadas por espécies intolerantes à sombra - respectivamente, *Leandra australis* e *Alchornea glandulosa*.

#### 4.4.3 Similaridade

Analisando os gráficos das figuras 14, 15, 16 e 17, foram observadas evidências de que houve influência dos tratamentos e dos blocos na composição florística e estrutural da floresta. A diferenciação, no entanto, não se expressa com grande clareza, pois a influência micro ambiental na área de estudo muitas vezes sobrepuja as diferenças metodológicas dos tratamentos e também as diferenças de macro sítio representadas pelos blocos.

Na florística, ambos os estratos apresentaram distinção entre os blocos, mas apenas o estrato regenerante demonstrou diferenciação entre os tratamentos. Na estrutura, ambos os estratos apresentaram diferenciação entre os tratamentos, mas apenas os estratos arbóreos apresentaram diferenciação entre os blocos. Os tratamentos 1 e 2 são mais semelhantes entre si, diferindo dos tratamentos 3 e 4, que também apresentam maior similaridade entre si. Ainda assim, essa tendência foi muitas vezes sobrepujada pelas variações de micro sítio (Figura 10), ocasionando os outliers.

Sítios diferenciados, tanto positivamente quanto negativamente, influenciaram fortemente o comportamento florístico e estrutural das parcelas. A parcela B3T4, localizada num sítio de baixa qualidade, com ocorrência frequente de afloramento do lençol freático, apresentou elevada diferenciação na estrutura do estrato regenerante. A parcela B1T2, também localizada em sítio de baixa qualidade, apresentou distanciamento na composição florística dos estratos arbóreos. Já a parcela B2T3 se localiza em sítio de maior qualidade em relação ao verificado nas demais parcelas, o que se expressa na média diamétrica (Anexo V). A área dessa parcela apresenta menor suscetibilidade a alagamentos e diferencia-se de forma expressiva na estrutura, principalmente dos estratos arbóreos, mas também do estrato regenerante.

As tendências de diferenciação entre tratamentos e blocos se apresentaram de diferentes maneiras e mais ou menos claramente nas figuras 14, 15, 16 e 17. Não se observou relação estrita entre os resultados obtidos para os estratos arbóreos e os resultados obtidos para o estrato regenerante. Parcelas com baixa similaridade nas análises dos estratos arbóreos demonstram médias normais nas análises do estrato regenerante. Já as análises florísticas e estruturais, apresentaram maior relação entre si.

Não se nota qualquer indício de influência dos tratamentos na composição florística dos estratos arbóreos (Figura 14). O estrato regenerante, por outro lado, demonstra agrupamento de parcelas dos tratamentos 1 e 2 na parte superior do gráfico e alta similaridade entre parcelas de mesmo tratamento, indicando influência dos tratamentos na composição florística (Figura 15).

Os blocos demonstraram influência na composição florística dos estratos arbóreos. Duas das parcelas do bloco 1 - B1T2 e B1T4 - apresentaram baixa similaridade com o restante e as outras duas parcelas do mesmo bloco - B1T1 e B1T3 apresentaram elevada similaridade entre si. Também há indícios de influência dos blocos na composição florística do estrato regenerante. Três das quatro parcelas do bloco 2 aparecem isoladas, com reduzida similaridade com as demais.

Figura 14. Dendrograma de dissimilaridade florística (Jaccard) para os estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

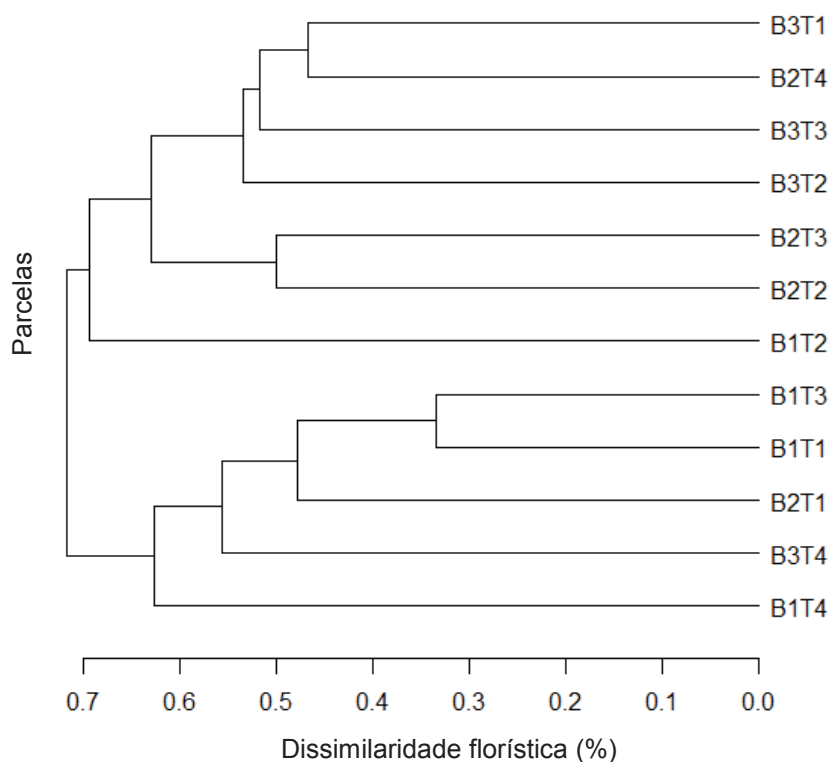
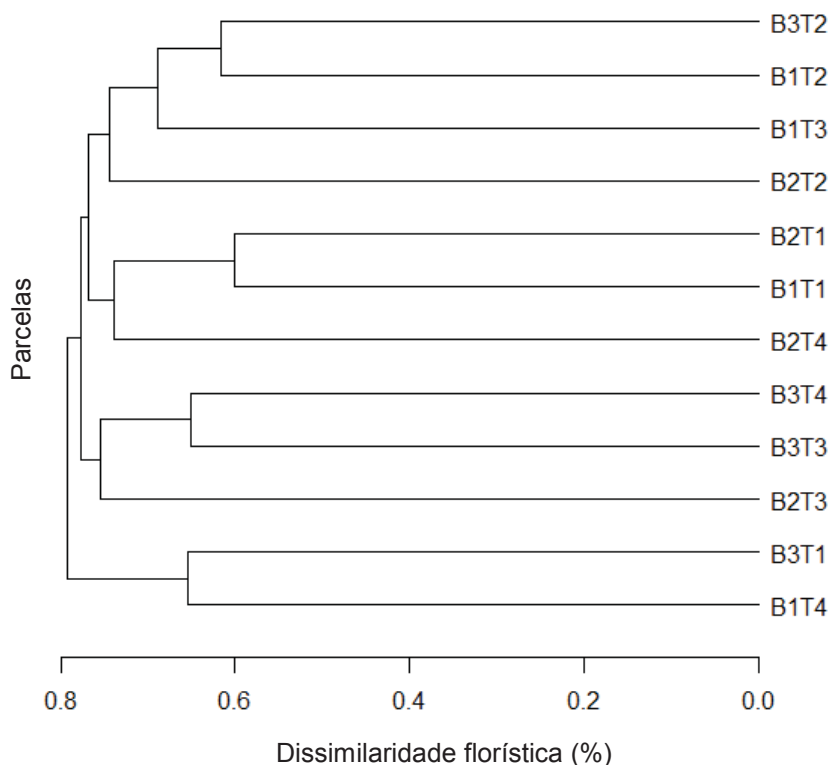


Figura 15. Dentrograma de dissimilaridade florística (Jaccard) para o estrato regenerante, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).



A estrutura dos estratos arbóreos demonstra diferenciação do tratamento 4 em relação aos demais, pois ocorre um agrupamento das parcelas desse tratamento na parte inferior do gráfico (Figura 16). Outro indício da influência dos tratamentos na estrutura dos estratos arbóreos, embora menos expressivo, é a alta similaridade entre duas parcelas do tratamento 2 (B3T2 e B2T2).

Também nota-se influência dos tratamentos na estrutura do estrato regenerante (Figura 17). Duas parcelas do tratamento 1 apresentaram elevada similaridade entre si, o que também ocorreu com duas parcelas do tratamento 2. As parcelas dos tratamentos 3 e 4 se concentraram na parte inferior do gráfico.

Os blocos também demonstraram influência na estrutura dos estratos arbóreos, onde o bloco 1 apresentou estrutura distinta dos blocos 2 e 3. A maior similaridade (69%) foi verificada entre as parcelas vizinhas B1T1 e B1T4. Este par ainda apresentou elevada similaridade (67%) com outra parcela do mesmo bloco - B1T2. A análise da estrutura do estrato regenerante foi a única na qual não se observou influência dos blocos na similaridade das parcelas.

Figura 16. Dendrograma da dissimilaridade estrutural (Bray-Curtis) para os estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

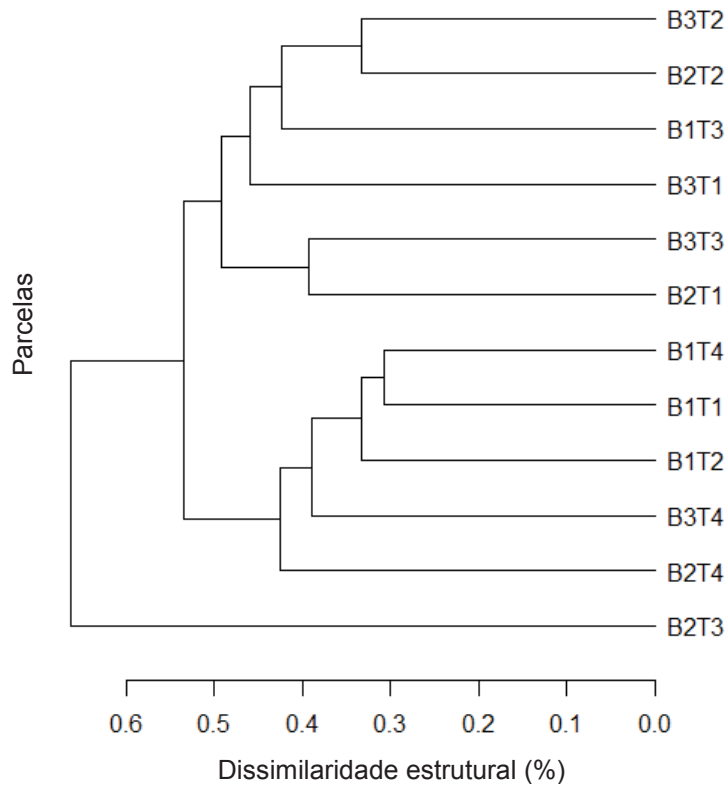
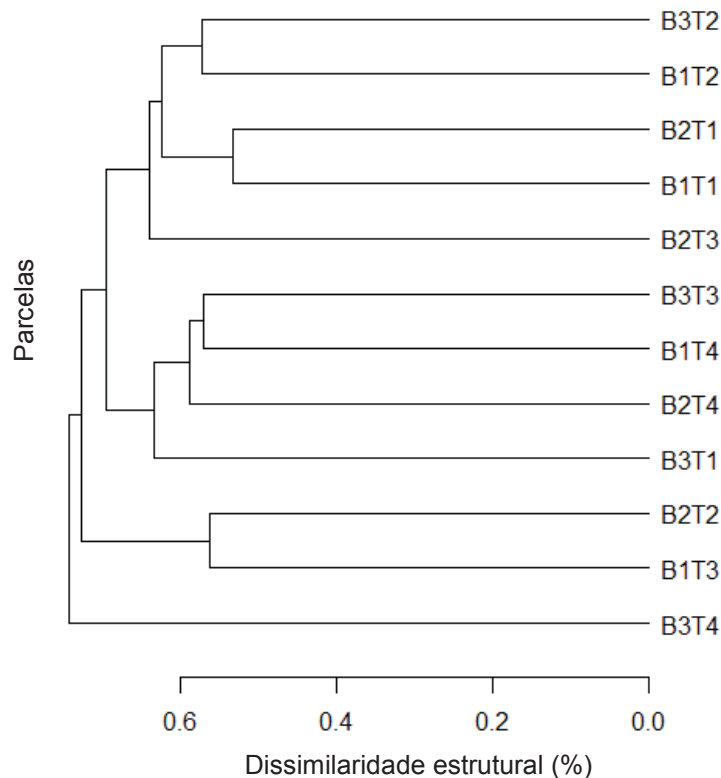


Figura 17. Dendrograma da dissimilaridade estrutural (Bray-Curtis) para o estrato regenerante no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).



#### 4.4.4 Diversidade

Conforme as figuras 18 e 19, os tratamentos apresentaram diversidade semelhante nos dois estratos, pois todas as curvas têm a mesma tendência de acúmulo da abundância relativa nos primeiros pontos. No entanto, o tratamento 2 demonstrou maior intensidade nesse comportamento de acúmulo da abundância no início das curvas, denotando menor diversidade. O tratamento 2 apresenta 48% da abundância no primeiro ponto da curva dos estratos arbóreos, enquanto os outros três tratamentos têm, no mesmo ponto, valores compreendidos entre 28% e 32%.

De maneira oposta, o tratamento 3 apresentou a menor equidade nos dois estratos, com menor concentração da abundância no início das curvas e inclinação levemente suavizada em relação às demais. Em alguns trechos pequenos após o ponto de inversão, a partir do qual se encontram as espécies de baixa abundância relativa, as curvas do tratamento 3 aparecem acima das curvas dos demais tratamentos, indicando maior diversidade.

O tratamento 4 apresentou maior concentração da abundância nas quatro primeiras espécies e foi o único no qual duas espécies dominam a estrutura e não apenas uma. Dessa forma, as curvas dos outros tratamentos aparecem acima da curva do tratamento 4 entre os pontos 5 e 13 da figura 18.

No estrato regenerante, os tratamentos 3 e 4 demonstram maior diversidade em relação aos tratamentos 1 e 2. Estes apresentaram abundância próxima de 20% no primeiro ponto da curva do estrato regenerante, enquanto os valores dos tratamentos 3 e 4 são inferiores a 15%.

Figura 18. Abundância relativa nos estratos arbóreos da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

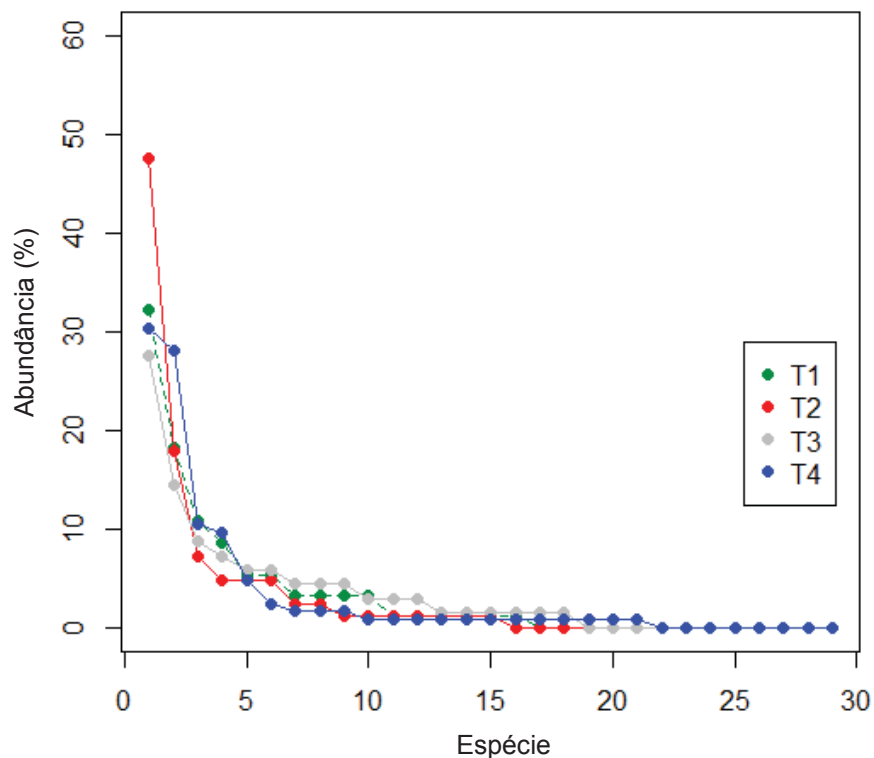
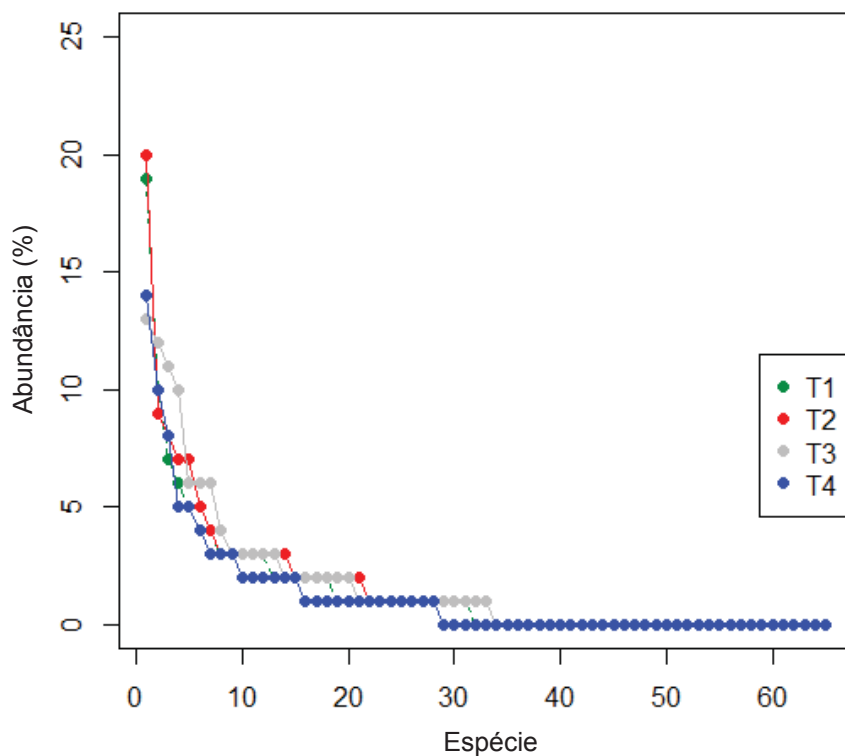


Figura 19. Abundância relativa no estrato regenerante, no plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).





#### 4.4.5 Variáveis dendrométricas

Não foi verificada nenhuma diferença significativa na regeneração natural entre os tratamentos através das variáveis dendrométricas. Também não se observou tendências que sugerissem diferenças. A altura total e o diâmetro apresentaram distribuição normal (Anexo III) e suficiência amostral (Anexo V), por isso foi realizada ANOVA para essas variáveis (Anexo IV).

Os coeficientes de variação das variáveis dos estratos arbóreos (Tabela 7) são: 4% para altura total; 4% para DAP; 26% para abundância; 28% para área basal. Para o estrato regenerante os coeficientes de variação são 22% para a altura total e 26% para a abundância.

Tabela 7. Comportamento da regeneração natural por tratamento, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Antonina (PR).

Tratamento	Estratos arbóreos				Estrato regenerante	
	HT (m)	DAP (cm)	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	HT (m)	N (árvo/ha)
1	7,7 a	8,3 a	1020	6,301	2,4	6400
2	8,2 a	9,0 a	921	7,093	2,3	7133
3	7,6 a	8,1 a	757	4,392	2,8	7333
4	7,5 a	8,6 a	1371	8,809	2,9	5333
Média	7,8	8,5	1017	6,648	2,6	6550

Onde: HT = altura total; DAP = diâmetro à altura do peito; N = abundância; G = área basal. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente (teste de Tukey  $p > 0,05$ ).

#### 4.4.6 Correlações

Não houve correlações fortes entre o comportamento da regeneração natural e o comportamento do plantio, mas foi possível observar uma tendência moderada de redução na diversidade e no porte da regeneração natural em decorrência de maiores médias de DAP do plantio, expressa pelos coeficientes de correlação de -0,408 e de -0,441 (Tabela 8).

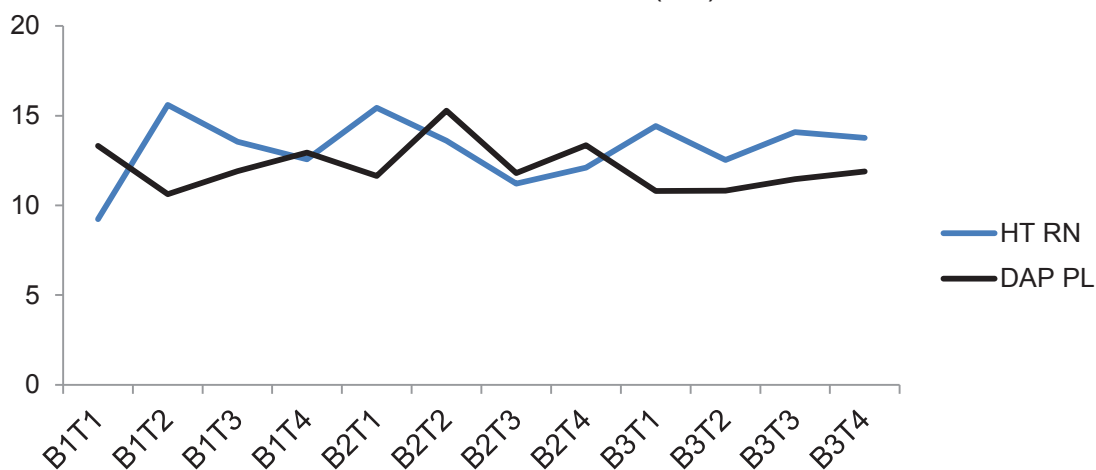
As correlações moderadas expostas na tabela 8 podem ser notadas na análise das figuras 20 e 21, onde os ápices das curvas de DAP do plantio se encontram quase sempre nos mesmos pontos dos vales verificados nas curvas de altura total e índice de Shannon da regeneração. É possível notar esse antagonismo moderado, porém constante, em ambos os gráficos.

Tabela 8. Matriz de Correlação de Pearson entre variáveis do plantio e da regeneração natural, no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).

	HT plantio	DAP plantio	HT <i>Inga edulis</i>
HT regeneração	-0,052	-0,408**	0,200*
DAP regeneração	-0,261*	0,118*	-0,091
Índice de Shannon <sup>1</sup>	0,282*	-0,441**	0,201*

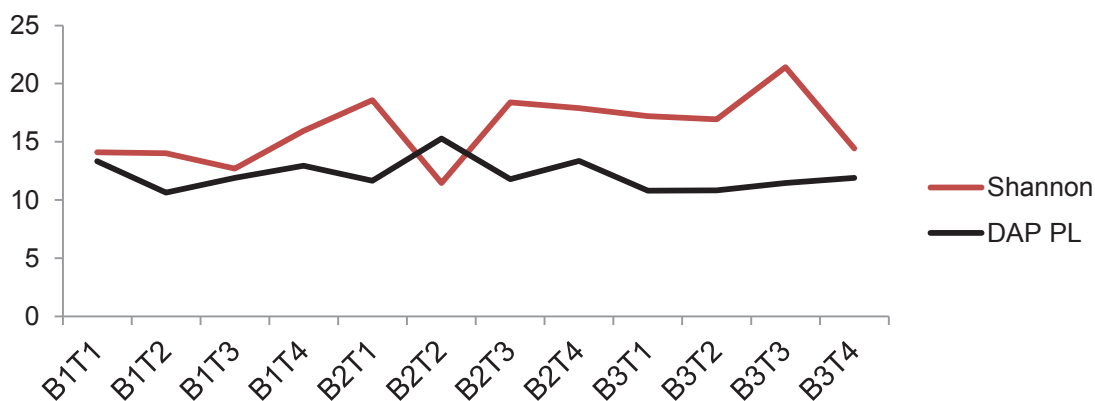
Onde: **HT plantio** = altura total das espécies plantadas; **DAP plantio** = diâmetro à altura do peito das espécies plantadas; **HT *Inga edulis*** = altura total de *Inga edulis* Mart.; **HT regeneração** = altura total das espécies naturalmente regeneradas; **DAP regeneração** = diâmetro à altura do peito das espécies naturalmente regeneradas; **Índice de Shannon** = índice de diversidade de Shannon da regeneração natural. Segundo os critérios de Dancey e Reidy (2005): correlações fracas acompanhadas por um asterisco (\*), correlações moderadas por dois asteriscos (\*\*) e correlações fortes por três asteriscos (\*\*\*). <sup>1</sup>Índice de Shannon apenas dos estratos arbóreos.

Figura 20. Gráfico ilustrativo da correlação moderada ( $r=0,408$ ) entre o DAP do plantio e a altura da regeneração natural, no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).



Onde: HT RN = Altura total média da regeneração natural, em metros; DAP PL = diâmetro médio à altura do peito das árvores plantadas, em centímetros.

Figura 21. Gráfico ilustrativo da correlação moderada ( $r=0,441$ ) entre o DAP do plantio e o índice de diversidade de Shannon, no experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina (PR).



Onde: DAP PL = diâmetro médio à altura do peito das árvores plantadas, em centímetros; Shannon = Índice de diversidade de Shannon multiplicado por 10.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 RIQUEZA

A riqueza específica verificada no presente estudo demonstra que as florestas bem conservadas da região estudada constituem-se numa rica fonte de propágulos e de agentes dispersores. Diversos plantios silviculturais em outras regiões também demonstram o ingresso de dezenas de espécies, o que está relacionado à expressiva presença de fragmentos florestais na maior parte do país (DURIGAN et al. 2010).

Santos et al. (2007) encontrou 88 espécies na regeneração natural sob um plantio de restauração de mata ciliar no bioma Cerrado; Pulitano et al. (2004) apresentou 65 espécies sob plantio de restauração de mata ciliar na Região Oeste do estado de São Paulo; Mochiutti et al. (2008) relatou 26 espécies nos estratos arbóreos e 49 no estrato regenerante, sob plantio comercial de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul.

A paisagem é um fator de elevada importância na regeneração natural, como demonstrado por Cardoso (2014) e relatado por Holl et al. (2000). A região de estudo é privilegiada do ponto de vista da conservação da natureza, uma vez que dispõe de extensas áreas cobertas com florestas de alto valor ecológico.

O litoral do Paraná faz parte do corredor ecológico da Serra do Mar, o que possibilita um intenso fluxo biológico. Kauano et al. (2012) demonstra que a região de estudo, representada pela APA de Guaraqueçaba, tem 68,6% de sua área coberta por florestas em estágio avançado de desenvolvimento, além de 9,1% de florestas em estágio intermediário.

Na região de estudo existem muitos remanescentes não perturbados há mais de 100 anos, assegurando a provisão dos propágulos necessários para o avanço das etapas sucessionais da floresta. A maior parte dos remanescentes antigos na região do estudo encontra-se em áreas de encosta (KAUANO et al. 2012). A maior biodiversidade abrigada nas encostas da Serra do Mar representa uma importante reserva energética, com potencial para substituir as funções das espécies eventualmente extintas na planície.

Em áreas que não dispõem de fontes de propágulos e de agentes dispersores, se torna interessante um plantio misto muito mais diverso do que o aqui analisado, pois esta pode ser a única forma de recuperar diversidade suficiente para atingir a estabilidade ecológica numa escala de interesse humano. A resolução N° 32 de 03/04/2014 da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo sugere que se utilize pelo menos 80 espécies florestais nativas, no mínimo 40% delas zoocóricas e 5% ameaçadas, para a restauração das florestas ombrófilas, estacionais e savanas arborizadas do referido estado.

A redução de habitats na paisagem propicia o predomínio de espécies generalistas, tanto da flora quanto da fauna. Considerando que as condições abióticas e evolutivas estão relacionadas à biodiversidade existente num local, é possível deduzir que as funções específicas que desaparecem com a perda de habitats serão recuperadas por processos evolutivos (ODUM, 1969; PICKETT, 1976; CHAZDON, 2008).

A regeneração natural em áreas da Reserva da Guaricica que não receberam plantio apresentam aspectos florísticos semelhantes aos verificados na área experimental. Todas as espécies encontradas já foram listadas por Borgo (2010), Liebsch et al. (2007), Schorn & Galvão (2009) e outros estudos realizados na Reserva da Guaricica e em outros trechos de Floresta Ombrófila Densa Atlântica.

Conforme Sanmartin & Ronquist (2004), a Floresta Atlântica das regiões Sul e Sudeste compõem um bloco de mesma gênese, compartilhando a maior parte de sua riqueza. Apesar disso, Prata (2009) e Carvalho et al. (2006) demonstram que a Floresta Atlântica apresenta padrões florísticos diferenciados entre os estados das Regiões Sul e Sudeste. As espécies encontradas no presente estudo são, em sua grande maioria, descritas em diversos estudos na Floresta Atlântica nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, mas apresentam maior semelhança com os estudos realizados na própria Reserva da Guaricica, destacando-se Borgo (2010).

Borgo (2010) encontrou 30 espécies arbóreas em florestas com até 15 anos sem perturbação na Reserva da Guaricica. Já Liebsch et al. (2007) descreve comunidades bem menos ricas para florestas com aproximadamente 20 anos sem perturbação, com apenas 9 espécies nos estratos arbóreos.

Schorn & Galvão (2009) apresentaram 20 espécies em Floresta Ombrófila Densa submontana em estágio inicial no município de Blumenau (SC). 11 dessas espécies foram também registradas no presente estudo, dentre as quais: *Alchornea glandulosa*, *A. triplinervea*, *Hyeronima alchorneoides*, *Myrsine coriacea* e *Tibouchina pulchra*. A riqueza de espécies no estrato arbóreo (29) está compreendida no intervalo descrito pela resolução do CONAMA nº 2 de 1994 para o estágio intermediário (5 a 30 espécies).

Considerando apenas o estrato regenerante, também se verifica semelhança na riqueza específica da área experimental em relação a levantamentos realizados na mesma fitofisionomia e no mesmo estágio sucessional. Rech et al. (2015) descreve 67 espécies de indivíduos jovens em plantio de restauração com aproximadamente 8 anos de idade, em ecótono de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista no estado de Santa Catarina. Schorn (2005), em Floresta Ombrófila Densa submontana na cidade de Blumenau (SC) encontrou, em estágio inicial da sucessão, 19 espécies nos estratos arbóreos e 37 considerando também o estrato regenerante.

Comparando a área experimental com florestas em estágio avançado de desenvolvimento, nota-se diferença expressiva na riqueza específica. Prata et al. (2011) relata 173 espécies no estrato regenerante em um trecho de transição entre Floresta Ombrófila Densa das terras baixas e submontana em estágio avançado de desenvolvimento. Por outro lado, nota-se riqueza específica mais elevada na área experimental, comparando com o estrato regenerante sob um cultivo de *Citrus* spp. abandonado há nove anos, sob domínio fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa montana em Ibiúna (SP), onde foram encontradas 10 espécies arbóreas ou arborescentes (SOUZA et al. 2018).

O predomínio de zoocoria tanto na diversidade florística quanto em termos estruturais, indica que a fauna teve um papel fundamental na composição da vegetação. A fauna se constitui no principal agente dispersor em florestas tropicais e subtropicais em todos os estágios de desenvolvimento, como relatado em diversos estudos, dentre os quais: Ziparro et al. (2005), Marques & Oliveira (2005), Borgo (2010) e Almeida & Bonaldi (2015).

A importância da fauna na restauração florestal é descrita em Wunderle Jr (1997) e em Parrota et al. (1997) e é levada em conta na seleção de

espécies para plantios com esta finalidade, sendo a produção de frutos atrativos à fauna uma característica desejável (CARPANEZZI & CARPANEZZI, 2006). No entanto, Rezende (2016) demonstra que a produção de frutos atrativos nem sempre é uma característica importante para o elenco de espécies. Nesse estudo, três espécies predominantemente dispersadas por animais voadores povoaram vigorosamente a área de estudo, desde os primeiros meses da implantação, antes de qualquer espécie plantada frutificar.

Também no presente estudo, a importância estrutural de *Alchornea* spp. e *Nectandra* spp. sugere uma colonização precoce. Dessa forma, não foram os frutos, nem a estrutura florestal que atraíram a fauna, mas sim a abundância de fragmentos em bom estado de conservação que garantiu o trânsito de animais na área em restauração. Ainda assim, Rocha et al. (2016), bem como Rezende (2016), demonstram que sobre populações estáveis de capins exóticos ou *Vismia* spp. os propágulos trazidos por esses animais não são capazes de germinar e se estabelecer.

Em estudo realizado em antigas pastagens de búfalos nas planícies da Reserva da Guaricica, Cheung et al. (2009) aponta que a presença de *Urochloa* spp. não representa um impedimento para a regeneração natural, mas sim um importante fator de retardo da sucessão natural. No entanto, observações de campo permitem afirmar que em áreas com maior acúmulo de água no solo, o predomínio de *Urochloa* spp. pode perdurar por mais de uma década. Essa situação fica bastante visível nas “poças de banho” dos búfalos ou em manchas de organossolo, onde o predomínio de *Urochloa* spp. permanece.

Cheung et al. (2009) observa ainda que fatores edáficos podem ser mais expressivos do que a presença das gramíneas exóticas em si, embora sejam fatores associados. Também Bruel (2006) descreve que fatores edáficos de origem natural ou de degradação são determinantes para o desenvolvimento de mudas de espécies nativas nas planícies da Reserva da Guaricica.

As espécies forrageiras empregadas nas pastagens também se constituem num fator determinante para a resiliência da vegetação nativa (CARDOSO, 2014). Cheung et al. (2009) relata que apenas gramíneas exóticas acarretaram em correlações negativas com a regeneração natural. De fato,

observações e relatos de funcionários da reserva apontam para o fato de que áreas cobertas com forrageiras nativas não apresentaram subdesenvolvimento da regeneração natural.

As vantagens competitivas mais acentuadas de gramíneas exóticas ocorrem durante as fases de germinação e desenvolvimento inicial das espécies arbóreas (SOUZA-FILHO et al. 2005). Rezende (2016) não verificou regeneração natural de espécies arbóreas durante 12 meses de observações em pastagem abandonada na região de Jirau, Rondônia. Durante o mesmo período, todos os tratamentos que receberam controle das populações de *Urochloa* spp. por meio de gradagem e aplicação de herbicida, apresentaram regeneração natural de espécies arbóreas.

Na Reserva da Guaricica, assim como ocorre na maioria dos casos, a regeneração natural responde principalmente a dois fatores: grau de degradação do solo e proximidade de florestas bem conservadas (MORAES et al. 2010). Considerando a barreira constituída pelas populações de *Urochloa* spp., pode-se destacar a importância do relevo na resiliência da vegetação nativa. Nas áreas planas, o porte dessas gramíneas é maior, assim como sua capacidade de suprimir a regeneração natural. Isso porque as principais espécies desse gênero relatadas por Cheung et al. (2009) - *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster - expressam seu máximo potencial invasor em áreas com acúmulo de água no solo (BOVE et al. 2003; REZENDE, 2016).

O histórico de uso do solo também se constitui num fator determinante na regeneração natural, afetando diretamente a estrutura resultante do processo de sucessão (ROCHA et al. 2016). Observou-se que os locais que têm histórico de melhor manejo dos búfalos, onde os animais passavam menores períodos em cada piquete, apresentam visualmente regeneração natural mais vigorosa. Por outro lado, na área experimental foi possível observar que as depressões formadas nos locais mais frequentados pelos búfalos, as “poças de banho”, estão ocupadas apenas por espécies herbáceas.

As antigas áreas de pastagem nas planícies da reserva que se encontram mais próximas ou se conectam a fragmentos bem conservados apresentam abundantes sinais da presença de grandes mamíferos, fato não observado em áreas sem conectividade. Cabe ressaltar que esses fragmentos

bem conservados localizam-se quase sempre em encostas. Sobre organossolos, mesmo áreas bem manejadas e próximas de fragmentos bem conservados apresentam, após mais de uma década, predomínio de *Urochloa* spp.. Nestes locais, no entanto, essas gramíneas exóticas dividem espaço com densa população de *Hymenachne amplexicaulis* (capim-capivara) e ocorrem indivíduos esparsos de *Pleroma trichopodium* (Jacatirão-do-brejo) e de *Mimosa bimucronata* (Maricá). Rezende (2016) também descreve intensa colonização por Cyperaceae em antigas pastagens sobre solos muito mal drenados na Região Amazônica.

A definição dos métodos de restauração varia de acordo com as barreiras à regeneração natural. A região em questão é bastante privilegiada pela biodiversidade que abriga, sendo que em muitos casos não há necessidade de qualquer intervenção para a ocorrência da sucessão natural. No entanto, se tratando das planícies alagadiças, *Urochloa* spp. torna-se uma barreira séria para a regeneração natural e o controle das gramíneas, o preparo do solo e o plantio de mudas são altamente recomendáveis.

É possível afirmar com base nos resultados do presente estudo que o plantio de mudas foi eficaz, desencadeando a sucessão natural através do controle de gramíneas, da melhora dos atributos produtivos do solo, da melhora do microclima e da atração da fauna. Nesse contexto, as principais características desejáveis para as espécies empregadas são crescimento rápido e ampla cobertura de copa, gerando rápido sombreamento do solo. São também características desejáveis: frutos atrativos à fauna; alta taxa de deposição de serapilheira no solo; fixação de nitrogênio do ar; entre outras (CARPANEZZI & CARPANEZZI, 2006; VIEIRA et al. 2008; MORAES et al. 2010).

Rezende (2016) evidencia uma tendência de aumento na riqueza de espécies da regeneração natural com o emprego de plantio de mudas, em detrimento da semeadura direta. A cobertura do solo, no entanto, não varia significativamente entre os dois métodos, pois, enquanto a abundância da regeneração natural tende a ser maior com uso da semeadura direta, a densidade das plantadas tende a ser maior com o plantio de mudas.



## 5.2 ESTRUTURA

A ampla distribuição diamétrica e, conseqüentemente, vertical de *Alchornea glandulosa*, indica que essa espécie está se renovando e vai continuar a compor com importância a estrutura da floresta com suas próximas gerações. *Alchornea glandulosa* é uma espécie secundária inicial que atinge até 25 m de altura e 70 cm de diâmetro, zoocórica e de elevada abundância tanto nas florestas da região quanto em outras tipologias do bioma Mata Atlântica (FSC, 2018). A presença dessa espécie e de muitas outras não tolerantes à sombra no estrato intermediário e, principalmente, nos estratos inferior e regenerante, indica que a floresta ainda dispõe de áreas com expressiva luminosidade no subosque ou que não formaram dossel.

As espécies subsequentes à *Alchornea glandulosa* em importância nos estratos superior e intermediário - *Nectandra oppositifolia* e *Nectandra membranacea* - são também espécies secundárias iniciais de dispersão zoocórica que atingem grande porte e apresentam expressiva abundância natural na Floresta Ombrófila Densa Atlântica (FSC, 2018; BORGIO, 2010). Já *Cyathea cf. delgadii* - pteridófita que domina o subosque na maior parte da área experimental - é anemocórica e tolerante à sombra. Joly et al. (2012) relata que a importância de espécies da família Cyatheaceae está relacionada positivamente com o grau de degradação do solo.

Em Prata (2009), assim como em Borém & Oliveira-Filho (2002), a espécie mais importante foi *Euterpe edulis*, espécie frequente nos estratos inferior e regenerante do presente estudo. *Tetrorchidium rubrivenium* e *Hieronima alchorneoides*, também comuns nos estratos arbóreos da floresta, apresentaram elevada abundância no estrato regenerante em Prata (2009).

Considerando também o plantio, o dossel da floresta é dominado pelas espécies plantadas *Inga edulis*, *Myrsine coriacea* e *Citharexylum myrianthum*, com presença expressiva das naturalmente regeneradas *Alchornea glandulosa*, *Nectandra oppositifolia* e *Nectandra membranacea*. Ao contrário do verificado por Rezende (2016) em plantio de restauração de Floresta Ombrófila Densa Amazônica, a área basal total na floresta objeto do presente estudo é composta majoritariamente pelas árvores plantadas (63%), demonstrando a importância deste compartimento na formação da comunidade (Anexo IX).

A estratificação vertical da floresta é descrita por muitos autores como um importante indicador da diversidade da fauna, principalmente para a avifauna (McELHINNY et al. 2005).

As principais famílias encontradas na área do experimento pouco diferem do descrito em outros trabalhos para a Floresta Atlântica, tanto na região de estudo quanto em outras, como Liebsch et al. (2007), Borgo (2010) e Valente et al. (2011), onde a família mais rica é sempre Myrtaceae, seguida por Fabaceae, Lauraceae, Rubiaceae e Melastomataceae em diferentes ordens, dependendo do local. Uma exceção importante foi que apenas duas espécies da família Fabaceae foram encontradas na regeneração natural, o que possivelmente está relacionado ao fato de que quatro espécies dessa família foram plantadas, ocupando esse nicho na área de estudo. Outra exceção é a elevada riqueza e importância da família Euphorbiaceae, o que não ocorre em nenhum dos estudos citados.

Considerando o descrito por Roderjan et al. (2002), algumas espécies que se destacam na estrutura da floresta podem ser consideradas características da Floresta Ombrófila Densa aluvial, como *Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervea*, *Pera glabrata*, *Sapium glandulosum* e *Myrcia strigipes* (antiga *Marlierea tomentosa*). Tratando-se da planície, a formação aluvial tende a se aproximar da formação das terras baixas, o que se nota pela ocorrência pouco expressiva de *Calophyllum brasiliense* e *Tabebuia cassinoides*, espécies típicas da formação das terras baixas sobre solos muito mal drenados (RODERJAN et al. 2002).

Segundo o mesmo autor, as espécies encontradas no estrato regenerante, como as representantes dos gêneros *Ilex*, *Inga*, *Eugenia*, *Gomidesia*, *Myrcia*, *Psidium*, entre outros, são características da formação das terras baixas. A riqueza e a diversidade indicam que não se trata de solo muito mal drenado. Também a ocorrência de espécies comuns em florestas submontanas, como *Vochysia bifalcata* e *Sloanea guianensis*, pontua o fato de não se tratar de uma formação caracterizada pelo predomínio de solos muito mal drenados, como organossolos.

A sucessão secundária na Floresta Ombrófila Densa Atlântica, com exceção da verificada em clareiras, ocorre com predomínio de espécies não tolerantes à sombra (TABARELLI & MANTOVANI, 1999b). No presente estudo

72% das espécies encontradas nos estratos arbóreos não são tolerantes à sombra, enquanto em Borgo (2010), considerando apenas as florestas com até 15 anos sem perturbação, 70% das espécies amostradas nos estratos arbóreos não são tolerantes à sombra. Em Liebsch et al. (2007), 78% das espécies que compõe os estratos arbóreos das florestas com aproximadamente 20 anos sem perturbação não são tolerantes à sombra.

Segundo Rosa (2015), a área basal é o parâmetro estrutural mais confiável para comparar a eficiência na restauração em diferentes estudos, pois a riqueza específica e a abundância apresentam maior variabilidade em decorrência de diferenças metodológicas. Siminski et al. (2013) e Borgo (2010), demonstram que a área basal também é a principal variável para determinar o estágio sucessional na Floresta Ombrófila Densa Atlântica.

Segundo Siminski et al. (2013), o valor para esta variável deve estar compreendido entre 15 m<sup>2</sup>/ha e 30 m<sup>2</sup>/ha para florestas em estágio inicial de desenvolvimento, considerando um critério de inclusão idêntico ao empregado no presente estudo. A área basal verificada no experimento (17,87 m<sup>2</sup>/ha) está compreendida nesse intervalo e é semelhante, embora um pouco menor, às descritas em: Borgo (2010) para estágio inicial da formação submontana na Reserva da Guaricica (22,55 m<sup>2</sup>/ha), Liebsch et al. (2007) em florestas naturais da formação submontana com 20 anos na mesma reserva (21,5) ou Sheer (2009) em floresta aluvial em Guaraqueçaba (PR) aos 9 anos sem perturbação (22,2 m<sup>2</sup>/ha).

Em comparação com os solos profundos e bem drenados das florestas submontanas, a área basal da planície aluvial tende a ser inferior (RODERJAN et al. 2002), mas a redução da área basal também decorre da degradação do solo pelo uso como pastagem (ROCHA et al. 2016). Essa degradação expressa seu máximo nas clareiras, que se constituem na maior influência negativa do valor da área basal, já que a amostragem visou captar as condições gerais do experimento, sem estratificação.

Na maioria dos estágios sucessionais analisados em Borgo (2010), a área basal concentra entre 75% e 50% de seu valor total no subosque. No entanto, no estágio maduro, ocorre uma inversão dessa concentração, com 46% da área basal concentrada no dossel. A área basal no presente trabalho se concentra majoritariamente no dossel, principalmente composto por

espécies plantadas. Considerando apenas a regeneração natural, o maior valor de área basal ocorre para o estrato inferior, equivalente ao subosque de Borgo (2010).

Considerando a resolução do CONAMA n° 2 de 1994, a área basal da floresta em questão se enquadra tanto no intervalo descrito para estágio inicial (8 a 20 m<sup>2</sup>/ha), quanto no intervalo descrito para o estágio médio (15 a 35 m<sup>2</sup>/ha). Da mesma forma, dentre as espécies abundantes na área de estudo, duas - *Miconia cinerascens* e *Mimosa bimucronata* - são descritas na mesma resolução como características de estágio inicial e uma - *Euterpe edulis* - é descrita como característica de estágio intermediário. A média de altura do dossel (14,2 m) e a presença de três estratos verticais bem definidos, são características descritas nessa norma para florestas em estágio avançado.

### 5.3 DIVERSIDADE

Assim como no presente estudo, as espécies mais abundantes nos estratos arbóreos em Prata (2009) também apresentaram abundância elevada no estrato regenerante. No mesmo estudo, realizado em florestas em estágio avançado, as dez principais espécies concentram 47% da abundância nos estratos arbóreos, demonstrando diversidade superior à verificada no presente estudo. Já em estágio inicial da sucessão, Schorn & Galvão (2009) apresentam menor diversidade do que o presente trabalho, com apenas uma espécie – *Myrsine coriacea* - dominando 64% da abundância total de árvores. Em Schorn (2005) as três principais espécies somam 30% do IVI nas florestas em estágio inicial de desenvolvimento.

A diversidade verificada, com largo predomínio de espécies nativas, demonstra estabilidade ecológica (MORAES et al. 2010). Dentre as espécies exóticas, *Syzygium jambos* e *Citrus* sp. apresentaram baixo potencial invasivo, enquanto *Psidium guajava* não apresentou potencial invasivo. Essa interpretação decorre dos reduzidos valores de importância dessas espécies neste e em outros trabalhos na Reserva da Guaricica (Liebsch et al. 2007; Cheung et al. 2009; Borgo, 2010). Dentre as espécies exóticas, apenas *S. jambos* foi encontrada dentro das parcelas, apenas no estrato regenerante e com reduzida abundância.

*Syzygium jambos* e *Citrus* spp. desenvolvem-se no subosque das florestas e por isso têm maior potencial para causar perdas de biodiversidade em áreas com expressiva cobertura florestal, como é o caso da Reserva da Guaricica (BLUM et al. 2008; RODOLFO et al. 2008; FONSECA et al. 2013). No caso de *Psidium guajava*, trata-se possivelmente de uma árvore remanescente, com idade superior à do plantio, pois essa espécie é uma invasora de ambientes abertos (BLUM et al. 2008; CHEUNG et al. 2009; BORGIO et al. 2011).

O índice de Shannon calculado para a os estratos arbóreos ( $H' = 2,29$ ) está próximo do verificado em Borgo (2010) para áreas da Reserva da Guaricica em estágio inicial de desenvolvimento ( $H' = 2,5$ ) e é consideravelmente maior do que o verificado por Liebsch et al. (2007) em uma área que contava com 20 anos sem perturbação, também na Reserva da Guaricica ( $H' = 1,05$ ). O índice de agregação apresenta um padrão comum para estágios iniciais de desenvolvimento, onde as espécies mais importantes da estrutura têm distribuição espacial agregada.

#### 5.4 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

Florestas muito diversas, como a Floresta Ombrófila Densa, tendem a necessitar de maior intensidade amostral florística e estrutural (CONDIT et al. 1996). Apesar de poucas espécies dominarem a regeneração, a diversidade encontrada foi suficiente para a não ocorrência da estabilização das curvas de acumulação e de extrapolação. Assim como descrito por Prata (2009), a maior parte das espécies encontradas apresenta baixa frequência.

Muitos trabalhos na Floresta Ombrófila Densa Atlântica não atingem suficiência amostral, como Schorn (2005), Zacarias (2008), Solórzano et al. (2012) e Schilling et al. (2012). Em Schorn (2005), a curva de acumulação de espécies apresenta estabilização a partir de 1.000 m<sup>2</sup> de amostra no estágio inicial de desenvolvimento, mas nos estágios intermediário e avançado não houve estabilização.

Apesar da intensa variabilidade ambiental, as mesmas espécies predominaram em todas as parcelas, embora com variações expressivas nos

valores de importância. Essa variabilidade ambiental foi a principal responsável pela insuficiência amostral das variáveis abundância e área basal.

## 5.5 VARIAÇÃO AMBIENTAL

A ocorrência de clareiras é comum, tanto em florestas jovens quanto em florestas maduras. No caso de florestas maduras, as clareiras decorrem principalmente da queda de grandes árvores. Já em estágio inicial de desenvolvimento, a tendência é que as clareiras estejam relacionadas a limitações edáficas, muitas vezes decorrentes de degradação (TABARELLI e MANTOVANI, 1997; WILLIAMSON et al. 2012).

As limitações físicas geradas pelo uso antrópico do solo podem retringir a formação de dossel em áreas em restauração, mesmo com o emprego de plantio. Bruel (2006) e Schaffer (2016) demonstram que locais alagadiços em antigas pastagens nas planícies da Reserva da Guaricica, apresentaram alta mortalidade de mudas nativas usadas para restauração. Esses locais se constituem em problemas mais sérios, demandando maior nível de intervenção para o controle de *Urochloa* spp., que tende a recobrir inclusive os leitos de córregos, expandindo a área afetada por alagamentos.

Rezende (2016) demonstra que o plantio de mudas e a semeadura direta com espécies que não toleram excesso hídrico são insatisfatórios para desencadear a sucessão florestal em solos muito mal drenados na Região Amazônica. O mesmo autor estima que a semeadura direta nas manchas de subdesenvolvimento do plantio, com espécies adaptadas a estes ambientes restritivos, gere um custo adicional de R\$ 400,00 por hectare, mas aumente em 30% o recobrimento após 12 meses na Floresta Amazônica, reduzindo significativamente o custo de manutenção.

As observações de campo permitem inferir que as clareiras na área do experimento se encontram em locais que apresentam maior acúmulo de água no solo. As clareiras amplas, que ocorrem mais expressivamente nos blocos 2 e 3, parecem ocupar locais naturalmente mais suscetíveis a alagamentos, enquanto as clareiras de menor área, que ocorrem com certa frequência em todos os blocos, parecem estar relacionadas com antigas áreas de banho dos búfalos.

Segundo relatos de pessoas da região, as áreas utilizadas como poças de banho dos búfalos consistem em depressões que apresentam formação de uma queda abrupta (degrau), de aproximadamente 30 cm de profundidade, demarcando seu perímetro. De fato, foram observadas clareiras no experimento em áreas com esta característica. Nessas áreas o horizonte A do solo é de cor cinza e não de cor negra como se verifica nas áreas “mesófilas” do experimento.

A presença de duas grandes árvores remanescentes no bloco 1 pode estar relacionada com a menor proporção das maiores classes de altura do plantio nesse bloco em relação aos outros dois. As diferenças ambientais desse bloco em relação aos outros dois também se expressaram nas análises de similaridade florística e estrutural. A maior ocorrência de clareiras nas parcelas alocadas no bloco 2, também gerou diferenciações nos resultados da regeneração natural nesse bloco. Portanto, as variações de micro sítio influenciam o comportamento do plantio e a regeneração natural.

Prata (2009) demonstra que a Floresta Ombrófila Densa Atlântica dispõe de elevada heterogeneidade de habitats moldados por condições micro ambientais. Relevo, topografia, tipo de solo, proximidade de cursos d'água e variações de luminosidade são alguns dos fatores responsáveis por essa heterogeneidade. A capacidade de drenagem do solo constitui-se no principal agente a influenciar a composição das florestas nas planícies (RODERJAN et al. 2002).

Conforme Villalba et al. (1994), as principais causas de reduções sazonais nas taxas fotossintéticas das árvores, gerando a diferenciação dos anéis de crescimento, são o excesso ou restrição hídricos e temperaturas baixas. No caso da planície litorânea paranaense, além da restrição de crescimento pela redução na temperatura nos meses de inverno, o verão chuvoso causa alagamentos que cobrem boa parte da área de estudo e podem durar semanas.

Esse excesso hídrico sazonal causa uma redução no crescimento das árvores (ZANON & FINGER, 2010) e observou-se que suas copas apresentam um aspecto menos vigoroso, com menor área foliar, do que o verificado em áreas menos suscetíveis ao afloramento do lençol freático. Dessa forma, ocorrem dois períodos anuais de redução no crescimento das árvores.

Existe também um fator artificial que exerce influência no regime hídrico do solo. Trata-se do fato do Rio Cachoeira receber, desde o ano 1970, água da represa do Rio Capivari para geração de energia na UHE Parigot de Souza. A represa do Rio Capivari fica a aproximadamente 800 m de altitude acima da área experimental e para que sua água chegue ao Rio Cachoeira, foi preciso construir um túnel que atravessa a Serra do Mar, criando uma ligação entre as duas bacias hidrográficas. Essa modificação antrópica aumentou expressivamente o volume do rio, expandindo a área afetada por suas cheias e causando alterações em seu curso. Também as demandas de produção de energia elétrica na UHE Parigot de Souza podem gerar alterações artificiais no nível do rio Cachoeira, causando um impacto no regime hídrico anual dos solos (GAMA, 2009; ÁGUAS PARANÁ & COBRAPE, 2018).

## 5.6 TRATAMENTOS

A semelhança da floresta objeto do presente estudo com áreas de referência - quanto à riqueza, diversidade, área basal e proporção entre classes sucessionais - demonstra que se trata de uma floresta saudável, em estágio inicial da sucessão florestal e que não necessita de intervenções. Todos os tratamentos foram eficazes, já que a sucessão natural foi verificada em todos eles. As diferenças observadas decorrem de variações na estrutura do plantio ao longo de sua existência.

Os tratamentos 3 e 4 dispunham inicialmente de maiores proporções de *Inga edulis*, espécie que apresenta o maior índice de fechamento de dossel dentre as plantadas (COTARELLI et al. 2008). Rezende (2016) demonstra que a área basal da regeneração natural aumenta em resposta ao menor recobrimento inicial de plantios de restauração na região sul da Amazônia. Dessa forma, os tratamentos 3 e 4 foram menos colonizados por *Alchornea glauca*, conferindo menor equidade em relação aos tratamentos 1 e 2. Estes apresentam maior importância estrutural dessa espécie por conta das menores taxas de recobrimento inicial.

A elevada mortalidade de *Senna multijuga* com menos de 10 anos de idade, causou maior efeito de desbaste nos tratamentos 3 e 4. Por isso, esses tratamentos apresentaram maior ingresso do que os tratamentos 1 e 2. Esse



maior ingresso privilegiou as espécies mais abundantes, gerando perdas de diversidade nos tratamentos 3 e 4. Por conta da maior proporção inicial de *S. multijuga*, o efeito de desbaste foi mais intenso no tratamento 4, acarretando em menor diversidade nesse tratamento em relação ao tratamento 3. O fato do tratamento 4 ter apresentado a menor área basal do plantio corrobora esta interpretação (SCHAFFER, 2016; Anexo III).

O tratamento 3, portanto, apresentou maior diversidade porque se beneficiou do rápido recobrimento inicial, mas não sofreu tanto impacto com a saída de *Senna multijuga* quanto o verificado para o tratamento 4. Da mesma forma, a saída de *Senna multijuga* tende a ter afetado mais o tratamento 2 do que o tratamento 1, já que o tratamento 2 dispunha de maior proporção dessa espécie. De fato, a área basal do tratamento 2 é inferior à do tratamento 1 e esse resultado pode estar relacionado à menor diversidade e riqueza nos estratos arbóreos verificados para o tratamento 2.

O efeito de desbaste mais intenso nos tratamentos 3 e 4 também pode ser responsável pela riqueza mais elevada em seus estratos arbóreos. Apesar de ter privilegiado as espécies mais abundantes, a abertura de espaço também acarretou no ingresso de espécies tolerantes à sombra, algumas com reduzida frequência. Por isso o tratamento 4 apresenta a maior riqueza nos estratos arbóreos, seguido pelo tratamento 3.

Algumas espécies tolerantes à sombra ocorreram apenas nos estratos arbóreos do tratamento 4, como *Psychotria cf. mapourioides*. Esse tratamento foi o único no qual uma espécie tolerante à sombra - *Cyathea cf. delgadii* - foi a mais importante. Durante os primeiros anos de plantio, as árvores tolerantes à sombra atingiram determinado porte que as possibilitou competir com sucesso contra as colonizadoras heliófitas no momento da saída abrupta de *Senna multijuga*.

A maior abertura de espaço no tratamento 4 também foi responsável pela menor riqueza em seu estrato regenerante. Com maior incidência de luz no interior desse tratamento, ocorreu restrição para a ocorrência de espécies tolerantes à sombra. Essa restrição gerou redução da riqueza, já que as espécies tolerantes à sombra representaram quase 50% de todas as espécies encontradas.

Quanto à intensidade moderada das diferenças verificadas entre os tratamentos, cabe considerar que a variação metodológica entre eles não foi demasiadamente marcante. O espaçamento, o elenco, as técnicas silviculturais e tudo mais, foram os mesmos e a própria proporção entre as espécies não variou de forma muito brusca. Além disso, a alta variabilidade ambiental na área de estudo também se constitui em um importante fator a encontrar diferenças entre os tratamentos.

## 5.7 PLANTADAS

Ocorrem diferenças no comportamento do plantio entre os tratamentos que, juntamente com as diferenças na regeneração natural, permitem inferir que é possível propor elencos e proporções mais eficientes do que os utilizados na área experimental.

A maior taxa de recobrimento de *Inga edulis*, por conta de seu crescimento e cobertura de copa (COTARELLI et al. 2008), indica que o emprego de maiores proporções dessa espécie tende a reduzir o custo com a limpeza de gramíneas.

*Inga edulis* apresentou o maior crescimento em diâmetro, altura e cobertura de copa, dentre as seis espécies plantadas aos 10 anos de idade (SCHAFFER, 2016). Dessa forma, a utilização de plantios puros dessa espécie deve ser estudada. No entanto, o emprego de plantios mistos pode favorecer a atração à fauna e reduzir os riscos e impactos de eventuais pragas e doenças (VIEIRA et al. 2008).

*Citharexylum myrianthum* e *Myrsine coriacea* apresentaram bom desenvolvimento e taxa de fechamento de dossel (COTARELLI et al. 2008; SCHAFFER, 2016) e podem ser empregadas juntamente com *I. edulis*, mas recomenda-se proporções menores para reduzir o tempo de recobrimento. *Schizolobium parahyba* e *Senna multijuga* são pouco recomendáveis para o controle de *Urochloa* spp. na planície litorânea, pois apresentaram as menores taxas de fechamento de dossel (COTARELLI et al. 2008). Observando os indivíduos adultos de *S. multijuga* e *S. parahyba* na área de estudo, pôde-se notar que mesmo indivíduos bem desenvolvidos geram pouco sombreamento, por conta da morfologia das folhas dessas espécies.

Schaffer (2016) demonstra ainda que *Inga marginata* foi inapto e *Schizolobium parahyba* não expressou seu potencial adequadamente. Dessa forma, essas espécies devem ser retiradas do elenco ou estudadas mais detalhadamente. A reduzida longevidade apresentada por *Senna multijuga* indica que não se deve empregar grandes proporções dessa espécie (CARPANEZZI & CARPANEZZI, 2006). Locais mais afetados pela saída abrupta dessa espécie, mais comuns no tratamento 4, apresentam ocupação por trepadeiras, dentre as quais destacam-se *Mikania* spp. e taquara-cipó (Poaceae, possivelmente *Chusquea* sp.), que podem retardar o processo sucessional com a morte de diversas árvores pelo recobrimento de suas copas.

Quanto aos métodos silviculturais na restauração florestal em pastagens, Rezende (2016) recomenda gradagem antes do plantio e aplicação de herbicida em pontos específicos onde a ocupação por gramíneas perdure. No caso de áreas que não possibilitem a aplicação de herbicidas, esta pode ser substituída por capinas ou roçadas. Mas isso representa um importante incremento no custo da restauração, por isso não deve ser empregado quando essa ocupação por gramíneas em pontos específicos não represente grande parcela da área.

As três espécies plantadas que apresentaram melhor desenvolvimento - *Inga edulis*, *Citharexylum myrianthum* e *Myrsine coriacea* - e a espécie mais importante da regeneração natural - *Alchornea glandulosa* - são consideravelmente plásticas, ocorrendo com elevada importância nos domínios da Floresta Ombrófila Densa e da Floresta Estacional Semidecidual, enquanto as médias de temperatura da Floresta Ombrófila Mista são restritivas para seu desenvolvimento, com exceção de *M. coriacea* (UFRGS, 2018; FSC, 2018).

Em Arato et al. (2003) *Inga edulis* foi a principal espécie da regeneração natural em sistema agroflorestal, sob domínio fitogeográfico de Floresta Estacional Semidecidual, município de Viçosa (MG). Nesse estudo, outras espécies importantes da regeneração natural foram *Myrsine coriacea*, *Alchornea glandulosa*, *Syagrus romanzoffiana* e *Euterpe edulis*, demonstrando a plasticidade dessas espécies.

O excelente comportamento de *Inga edulis* em plantios de restauração é relatado para a Floresta Amazônica em Rezende (2016), onde também se destaca o comportamento de duas representantes de gêneros empregados no

experimento objeto do presente estudo - *Senna alata* (L.) e *Schizolobium amazonicum* (Ducke).

Os maiores índices de mortalidade do plantio descritos em Rezende (2016) apresentam relação com a competição da regeneração natural. Esse comportamento moderadamente antagônico também se verifica no presente estudo por meio das correlações. As árvores plantadas cumpriram predominantemente o papel de estrato pioneiro artificial e as principais espécies da regeneração natural são secundárias iniciais, como *Alchornea glandulosa* e *Nectandra membranacea*, e não pioneiras típicas.

As espécies plantadas apresentaram regeneração natural discreta, demonstrando a ocorrência da sucessão natural por meio de propágulos externos à área experimental. Não houve, portanto, “efeito de chegada” do plantio (NORDEN et al. 2011). Ainda assim, a principal espécie da regeneração natural – *Alchornea glandulosa* – foi plantada em áreas adjacentes ao experimento, o que possivelmente impulsionou a elevada importância dessa espécie na estrutura da floresta.

*Myrsine coriacea* demonstrou alta aptidão para plantios na planície litorânea. Dentre as plantadas, sua taxa de sobrevivência foi muito superior e sua presença na regeneração natural foi a mais expressiva. Observações de campo permitem inferir que essa espécie apresenta maior capacidade de tolerar sombreamento em relação às outras plantadas, o que acarretou na sua maior sobrevivência e regeneração natural. Apesar do excelente desenvolvimento e da produção de frutos atrativos à fauna, sua copa delgada e ausência de fixação de nitrogênio do ar, sugerem que essa espécie cumpre um papel diferente de *Inga edulis* em plantios de restauração (SCHAFFER, 2016).

## 7 CONCLUSÃO

A regeneração natural no experimento analisado assemelha-se, em riqueza, diversidade e estrutura, a ecossistemas de referência. A floresta encontra-se estável e em estágio inicial de desenvolvimento. O principal fator para obter esse resultado foi a paisagem bem conservada em termos ecológicos.

O controle de gramíneas exóticas é imprescindível em determinados ambientes, como locais mais suscetíveis a afloramentos do lençol freático, que compreendem grandes porções da planície litorânea paranaense.

O comportamento de plantios de restauração apresenta relação com a regeneração natural, onde maiores proporções de espécies com rápido fechamento de dossel tendem a aumentar a riqueza e a diversidade. O emprego de grandes proporções de espécies de crescimento rápido e baixa longevidade pode acarretar em reduções na diversidade.

Os quatro modelos de plantio testados neste trabalho são eficazes na restauração de pastagens degradadas na planície litorânea. No entanto, o plantio misto com apenas três espécies - *Inga edulis*, *Citharexylum myrianthum* e *Myrsine coriacea* - tende a ser mais eficiente do que os modelos testados. Essas três espécies têm potencial para aplicação em outras tipologias do bioma Mata Atlântica, respeitando suas restrições ambientais.

Maiores proporções de *Inga edulis* tendem a reduzir os custos da restauração e gerar maior riqueza e diversidade. Por isso, recomenda-se o emprego de maiores proporções dessa espécie em plantios mistos e também estudos sobre seu comportamento em plantios puros.

As espécies citadas não apresentaram tolerância a solos muito mal drenados. Por isso, nos locais mais suscetíveis ao excesso hídrico, recomenda-se o emprego de espécies adaptadas a essa situação de restrição.

A degradação do solo pelo uso como pastagem está associada à formação de clareiras.

## 8 BIBLIOGRAFIA

ÁGUAS PARANÁ & COBRAPE – Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. **Produto 14: Análise da Transposição Capivari-Cachoeira**. Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea, 2018. Disponível em <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/LITORANEA/Plano\\_de\\_bacia/P14\\_Rev00.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/LITORANEA/Plano_de_bacia/P14_Rev00.pdf)> Acesso 09/04/2019.

AGUIAR-BORGES, R. **Estoque de carbono em áreas de pastagens em restauração com espécies florestais do bioma Mata Atlântica no litoral do Paraná**. 2016. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2016.

AIDE, T. M. & CAVELIER, J. Barriers to Lowland Tropical Forest Restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. **Restoration Ecology**, v. 2, i. 4, p. 219-229, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1994.tb00054.x>

ALMEIDA, A. R. G. & BONALDI, R. A. Florística e fitossociologia de um trecho de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no município de Pontal do Paraná (PR, Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, v. 44, n. 1-4, 2015.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3 ed., 200 p., Editus, Ilhéus-BA., 2016.

ANTONIAZZI, L. B.; SARTORELLI, P.; COSTA, K.; BASSO, I. **Restauração florestal em cadeias agropecuárias para adequação ao código florestal**. **Agroicone**, INPUT, São Paulo, 2016.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 27, n.5, p. 715-721, 2003.

ARCO-VERDE, M. F. & AMARO, G. C. Análise financeira de sistemas produtivos integrados. **Embrapa Florestas**, Colombo, PR, 2014.

BARBIERI, E. **A redução da biodiversidade**. Setembro, 2012. Disponível em <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/REDUCAO\\_BIODIVERSIDADE\\_2.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/REDUCAO_BIODIVERSIDADE_2.pdf)> Acesso 10/05/2018.

BLUM, C. T.; BORGIO, M.; SAMPAIO, A. C. F. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 2, p. 78-97, Piracicaba-SP, 2008.

BORGIO, M. **A Floresta Atlântica do litoral norte do Paraná, Brasil: aspectos florísticos, estruturais e estoque de biomassa ao longo do processo sucessional**. Tese de Doutorado, Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2010.

BORGO, M.; TIEPOLO, G.; REGINATO, M.; KUNIYOSHI, Y. S. **Espécies Arbóreas de um Trecho de Floresta Atlântica do Município de Antonina, Paraná, Brasil**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 819 - 832, out./dez. 2011.

BORÉM, R. A. T. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma tropossequência alterada de Mata Atlântica, no município de Silva Jardim-RJ, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n.4, p. 727-742, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000600009>

BOVE, C. P.; GIL, A. S. B.; MOREIRA, C. B.; ANJOS, R. F. B. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta bot. bras.** 17(1): 119-135. 2003.

BRUEL, B. O. **Restauração da floresta atlântica no litoral do Paraná: avaliação de dois sistemas de plantio e da regeneração natural**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BRAZ, A. M.; SOKOLOWSKI, H. G. S.; FERREIRA, L. A.; RODRÍGUEZ, J. M. M. Diagnóstico ambiental e planejamento da paisagem sob uma perspectiva sistêmica: estudo da mineração de areia e brita no Rio Paraná, município de Três Lagoas (MS). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros** – Seção Três Lagoas/MS – nº 22 – Ano 12, Novembro, 2015.

CABRAL, D. C. & BUSTAMANTE, A. G. **Metamorfoses Florestais: Culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica**. Ed. 1, 460 p., Prismas, 2016.

CARDOSO, F. C. G. **A estruturação de comunidades vegetais em áreas sucessionais da Floresta Atlântica em diferentes tipos de solo**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná, 2014.

CARPANEZZI, A. A. & CARPANEZZI, O. T. B. Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná, em solos não degradados. **Embrapa Florestas**, Documentos, 136, Colombo, 2006.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T.; BRAGA, J. M. A. Composição e riqueza florística do componente arbóreo da Floresta Atlântica submontana na região de Imbaú, Município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, RJ. **Acta Bot. Bras.** v. 20, n. 3, São Paulo, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-3306200600030022>

CHAZDON, R. L. Chance and determinism in tropical forest succession. In: Tropical forest community ecology (Eds. W. P. Carson & S. A. Schnitzer), Oxford, UK: **Blackwell Scientific**, p. 384–408, 2008.

CHAZDON, R. L. & GUARIGUATA, M. R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 716-730, 2016.

CHEUNG, K. C.; MARQUES, M. C. M.; LIEBSCH, D. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v.23, n.4, São Paulo, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000400015>

CLIMATE-DATA.ORG **Clima: Antonina**. Disponível em <<http://pt.climate-data.org/location/28608/>> Acesso: 05/11/2016.

CNCFLORA - Centro Nacional de Conservação da Flora. Lista Vermelha. Disponível em <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha/>> Acesso 25/03/2019.

COLOMBO, A. F. & JOLY, C. A. Brazilian Atlantic Forest *lato sensu*: the most ancient brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is very threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 697-708. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400002>

CONAMA. **Biomass - Estágios sucessionais da vegetação da Mata Atlântica**. Resolução nº 2 de 1994. Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codleg=143>> Acesso 06/04/2019.

CONDIT, R.; HUBBER, S. P.; LAFRANKIE, J. V.; SUKUMAR, R.; MANOKARAN, N.; FOSTER, R. B.; ASHTON, P. S. Species-area and species-individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots. **Journal of Ecology**, v. 84, p. 549-562, 1996.

CORREIA, M. E. F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos-chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas**. Documentos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (Embrapa-CNPAb), 23p, Seropédica, 2002.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 323-332, 2008.

COTARELLI, V. M.; NEVES, E. J. M.; CARPANEZZI, A. A.; SEOANE, C. E.; BRITZ, R. M. Comportamento de cinco espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica na restauração de áreas degradadas por pastagem em relevo de planície do litoral do Paraná, Brasil. Anais, **Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**, p. 147-162, SOBRADE, 2008.



DAVIS, M. A.; WRAGE, K. J.; REICH, P. B. Competition between tree seedlings and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. **Journal of Ecology**, v. 86, i. 4, p. 652-661, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1998.00087.x>

DIAS-FILHO, M. B. Diagnósticos das Pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém, PA, 2014.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; BLAINSKI, E.; GONZÁLEZ, A. P. Estoque de C e abundância natural de <sup>13</sup>C em razão da conversão de áreas de floresta e pastagem em bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 39, p. 1643-1660, 2015.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G.; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.471-485, 2010.

ELLENBERG, M. & MUELLER-DOMBOIS, D. Y. **Key to raunkiaer plant life-forms with revised subdivisions**. Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel, Zurich: ETH, v. 37, p. 56-73, 1967.

ENGEL, V. L. & PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V.L.; Gandara F. B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. FEPAF, Botucatu, SP. 340p, Ed. 2, 2003.

FAIRFAX, R. J. & FENSHAM, R. J. The effect of exotic pasture development on floristic diversity in central Queensland, Australia. **Biological Conservation**, v. 94, i. 1, p. 11-21, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00169-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00169-X)

FERRETTI, A. R. & BRITEZ, R. M. Ecological restoration, carbon sequestration and biodiversity conservation: The experience of the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in the Atlantic Rain Forest of Southern Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 14, i. 3-4, p. 249-259, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2006.04.006>

FIASCHI, P. & PIRANI, J. R. Review of plant biogeographic studies in Brazil. **Journal of Systematics and Evolution**, v 47, n. 5, p. 477-496, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1759-6831.2009.00046.x>

FIGUEIREDO-FILHO, D. B. & SILVA-JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)\*. **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

FSC - Flora de Santa Catarina. Disponível em <https://sites.google.com/site/biodiversidadecatarinense/>> Acesso 14/09/2018.

FONSECA, S. N.; RIBEIRO, J. H. C.; CARVALHO, F. A. Estrutura e Diversidade da Regeneração Arbórea em uma Floresta Secundária Urbana (Juiz de Fora, MG, Brasil). **FLORAM**, vol.20, n3, p.307-315, 2013.

<http://dx.doi.org/10.4322/loram.2013.031>

SOSMA - FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica - Período 2016-2017 - Relatório Técnico**. São Paulo, 2018.

GALVÃO, A. P. M. & MEDEIROS, A. C. S. **Restauração da Mata Atlântica em Áreas de sua Primitiva Ocorrência Natural**. Embrapa Florestas, Colombo/PR, 2002.

GAMA, R. S. **Participação e democracia na gestão de recursos hídricos: estudos sobre os efeitos da atividade de geração hidrelétrica na bacia hidrográfica do litoral paranaense**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Mestrado Multidisciplinar em Ciências Sociais Aplicadas, Ponta Grossa/PR, 2009.

GARCIA, L. C.; AQUINO-SOUZA, S. G.; MONTEIRO-LIMA, R. B. Seleção de Matrizes, Coleta e Manejo de Sementes Nativas da Amazônia. **Embrapa Amazônia Ocidental**, Manaus/AM, julho, 2011.

GRAY, A. N. & AZUMA, D. L. Repeatability and implementation of a forest vegetation indicator. **Ecological Indicators**, v. 5, i. 1, p. 57-71, january, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.09.001>

HOLL, K. D.; LOIK, M. E.; LIN, E. H. V.; SAMUELS, I. A. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment. **Restoration Ecology**, v. 8, I. 4, p. 339-349, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x>

HOOPER, E.; LEGENDRE, P.; CONDIT, R. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 42, i. 6, p. 1165–1174, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01106.x>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Censo agropecuário 2006 - síntese de utilização das terras**. Disponível em <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria/utilizacao-das-terras-area.html>> Acesso 04/05/2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2º Edição, Rio de Janeiro, 2012.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico - Município de Antonina, junho de 2018**. Disponível em <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=83370&btOk=ok>> Acesso 01/06/2018.

ISERNHAGEN, I.; SILVA, S. M.; GALVÃO, F. **A fitossociologia florestal no Paraná e os Programas de Recuperação de Áreas Degradadas: uma avaliação**. Dissertação de Mestrado, 2º capítulo, Dept. de Botânica da Universidade Federal do Paraná, 2001.

JOLY et al. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop.*, v. 12, n. 1, p. 125-145, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000100012>

KAUANO, E. E.; TOREZAN, J. M. D.; CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, M. C. M. Landscape structure in the northern coast of Paraná State, a hotspot for the Brazilian Atlantic Forest conservation. *Rev. Árvore* v. 36, n. 5, Viçosa/MG. 2012.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M. C. M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 21, n. 4, São Paulo, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000400023>

LONDE, P. R. & MENDES, P. C. **A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana**. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde* 10 (18): 264 - 272, Jun/2014.

LULL, H. W. **Soil compactation on forest and range lands**. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D. C. 1959.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAÚJO, A. R. **Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação e formas de mitigação**. Embrapa gado de corte, Campo Grande, MS, 2018. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95462/1/Degradacao-pastagens-alternativas-recuperacao-M-Macedo-Scot.pdf> Acesso 08/10/2018.

MANOLIADIS, O. G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. *Ecological Indicators*, v. 2, i. 1-2, p. 169-176, november, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00040-7)

MARQUES, M. C. M. & OLIVEIRA, P. E. A. M. **Características reprodutivas das espécies vegetais da planície litorânea**. In: MARQUES, M. C. M. & BRITTEZ, R. M. História natural e conservação da Ilha do Mel. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, p. 169-188.

McELHINNY, C., GIBBONS, P., BRACK, C., & BAUHUS, J. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management*, 218(1-3), 1-24, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.034>

McKINNEY, M. L. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. **BioScience**, v.52, i. 10, p. 883-890, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)

MICHELS, G. H. **Efeito da presença de búfalos (*Bubalus bubalis* L.) sobre a comunidade vegetal de uma floresta estacional no sul do Brasil e implicações para sua regeneração**. 2009. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pós graduação em Ecologia, 2009.

MMA - Ministério do Meio Ambiente e SBF - Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Política Nacional de Biodiversidade: roteiro de consulta para elaboração de uma proposta**. 48 p., Brasília, 2000.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomás - Mata Atlântica**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomás/mata-atlantica>> Acesso 10/11/2016.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>> Acesso 05/06/2018. (a)

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/8705-recuperação-de-áreas-degradadas>> Acesso 08/10/2018. (b)

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Conservação in situ, ex situ e on farm**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-e-promocao-do-uso-da-diversidade-genetica/agrobiodiversidade/conserva%C3%A7%C3%A3o-in-situ,-ex-situ-e-on-farm>> Acesso 09/06/2018. (c)

MOCHIUTTI, S.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Fitossociologia dos estratos arbóreo e de regeneração natural em um povoamento de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) na região da Floresta Estacional Semidecidual do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 207-222, Santa Maria/RS, 2008.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis** v. 14, i. 2, p. 437-451, 2010.

MOTTA, R. S. **Estimativa do custo econômico do desmatamento na Amazônia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Rio de Janeiro, 2002.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G. da FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* v. 403, p. 853-858, 2000.

NBL - ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA & TNC - THE NATURE CONSERVANCY. **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de**

**Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará.** The Nature Conservancy, Belém, Pará, 128 p., 2013.

NUNES-CARVALHO, J. L.; AVANZI, J. C.; NAVES-SILVA, M. L.; MELLO, C. R.; PELLEGRINO-CERRI, C. E. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, Viçosa-MG, 2010.

NORDEN, N.; MESQUITA, R. C. G.; BENTOS, T. V.; CHAZDON, R. L.; WILLIAMSON, G. B. Contrasting community compensatory trends in alternative successional pathways in central Amazonia. **Oikos**, v. 120, n. 1, p. 143-151, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/101111/j.1600-0706.2010.18335.x>

ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. **Science** v.164, p.262-270, 1969.

PARKER, V. T. The scale of successional models and restoration objectives. **Restoration Ecology**, v. 5, i. 4, p. 301-306, december, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1997.00031.x>

PARROTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, V. 99, N. 1-2, p. 1-7, 1997.

PICKETT, S.T.A. Succession: an evolutionary interpretation. **Am. Nat.** v.110, p.107-119, 1976.

PRATA, E. M. B. **Estrutura e composição de espécies arbóreas em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica no litoral norte do Estado de São Paulo e padrões de similaridade florística em escala regional.** Dissertação, Biologia Vegetal, Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 2009.

PRATA, E. M. B.; ASSIS, M. A.; JOLY, C. A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea na transição da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota. neotrop.**, vol. 11, no. 2, 2011.

PUERTA, R. Regeneração arbórea em pastagens abandonadas na região de Manaus em função da distância de floresta contínua. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 32-39, dez. 2002.

PULITANO, F.M.; DURIGAN, G.; DIAS, L.E. A mata ciliar da Fazenda Cananéia: estrutura e composição florística em dois Setores com idades diferentes. In: BÔAS., O. V.; DURIGAN, G. (Orgs.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/ Japão.** São Paulo: Páginas e Letras, 2004. v.1. p.419-445.

REFLORA - Plantas do Brasil: Resgate Histórico e Herbário Virtual Para o Conhecimento e Conservação da Flora Brasileira. Disponível em

<<http://reflora.ibri.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do>>  
10/06/2018.

Acesso

RECH, C. C. C.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; SCHIMALSKI, M. B.; PSCHIEDT, F.; SCHMIDT, A. B.; ANSOLIN, R. D.; BENTO, M. A.; MISSIO, F. F.; LOEBENS, L. Avaliação da restauração florestal de uma APP Degradada em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.083414>

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 67-73, Colombo, jul./dez. 2007.

REZENDE, G. M. **Restauração florestal no sul da Amazônia: Métodos para romper barreiras à Regeneração Natural**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2016.

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

ROCHA, G. P. E.; VIEIRA, D. L.M.; SIMON, M. F. Fast natural regeneration in abandoned pastures in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 370, p. 93-101, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.057>

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

RODOLFO, A. M.; CÂNDIDO JR, J. F.; TEMPONI, L. G.; GREGORINI, M. Z. *Citrus aurantium* L. (laranja-apepu) e *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão): espécies exóticas invasoras da trilha do Poço Preto no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 16-18, set. 2008.

ROSA, C. M. **Valores de referência da vegetação para a restauração da Floresta Atlântica**. Trabalho de Conclusão de Curso, Ciências Biológicas, UFPR, 2015.

SANMARTIN, I. & RONQUIST, F. Southern hemisphere biogeography inferred by event-based models: plant versus animal patterns. **Systematic Biology**, v. 53, n. 2, p. 216-243, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/10635150490423430>

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 3ª Edição, Curitiba, 2014, p.106-144. (a)

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 3<sup>o</sup> Edição, Curitiba, 2014, p.254-258. (b)

SANTOS, F.F.M.; MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Regeneração natural sob diferentes modelos de plantio de mata ciliar em região de cerrado no município de Assis, SP. **IF Série Regional**, v.31, p.225-228, 2007.

SCHAFFER, L. H. **Comportamento de seis espécies arbóreas na recuperação de áreas degradadas por pastagens em relevo de planície no litoral do Paraná, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal, UFPR, 2016.

SCHEER, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de Floresta Ombrófila Densa em Guaraqueçaba, Paraná. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 117-130, Curitiba, PR, jan./mar. 2009.

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Ausência de estabilização da curva de acumulação de espécies em florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p.101-111, 2012.

SCHORN, L. A. **Estrutura e dinâmica de estágios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, Santa Catarina**. Tese, Engenharia Florestal, Área de Conservação da Natureza, Universidade Federal do Paraná, 2005.

SCHORN, L. A. & GALVÃO F. **Dinâmica no estrato arbóreo em três estádios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC**. *Cerne*, Lavras, v. 15, n. 2, p. 221-235, abr./jun. 2009.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução SMA N° 32, de 03 de abril de 2014**. Disponível em <<http://www2.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-32-2014/>> Acesso 09/06/2018.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA-NETO, A.; DEMOLINARI, R. A.; LOPES, A. T. Restauração Florestal de uma Mina de Bauxita: Avaliação do Desenvolvimento das Espécies Arbóreas Plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23 n. 3, Seropédica, jul./set. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.142515>

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S. Classificação da vegetação secundária em estágios de regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509810548>

SOLÓRZANO, A.; GUEDES-BRUNI, R. R.; OLIVEIRA, R. R. Composição florística e estrutural de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica com uso pretérito de produção de banana, no Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 451-462, Viçosa/MG, 2012.

SOUZA-FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 25-32, jan./mar. 2005.

SOUZA, F. M. **Avaliação da regeneração natural em pastagem abandonada**. Dissertação. Universidade Federal de Lavras, Pós graduação em Engenharia Florestal, Lavras, MG. 2015.

SOUZA, S. C. P. M.; GANDOLFI, S. G.; RORIGUES, R. R. A influência da cobertura vegetal e da distância do remanescente florestal no processo de regeneração natural na Floresta Ombrófila Densa Montana. **Hoehnea** 45(1): 55-68, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-20/2017>

SPLINK - speciesLink. Disponível <<http://www.splink.org.br/>> Acesso 10/6/2018.

SPVS - SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Revisão dos planos de manejo das Reservas Naturais Morro da Mina, Rio Cachoeira e Serra Itaqui – Paraná**. 2012. Disponível em [http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO MANEJO RESERVAS NATURAIS SPVS-1.pdf](http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO_MANEJO_RESERVAS_NATURAIS_SPVS-1.pdf)> Acesso: 03/10/2016.

SPVS - Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental. **Revisão dos planos de manejo das reservas naturais do Morro da Mina, Rio Cachoeira e Serra Itaqui - Paraná**. Disponível em <[http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO MANEJO RESERVAS NATURAIS SPVS-1.pdf](http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO MANEJO_RESERVAS_NATURAIS_SPVS-1.pdf)> Acesso 14/09/2018.

STANTURF, J. A.; PALIK, B. J.; DUMROESE, R. K. Contemporary forest restoration: a review emphasizing function. **Forest Ecology and Management**, v. 331, p. 292-323, 2014.

TABARELLI, M & MANTOVANI, W. Colonização de clareiras naturais na Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Rev. bras. Bot.**, vol.20, no.1, São Paulo, June 1997.

TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo (Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 217-223, agosto, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041999000200012>

TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Rev. Brasil. Biol.**, 59(2): 239-250, 1999b.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Flora Digital do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/index.php>> Acesso 10/06/2018.



UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. Compêndio Online Gerson Luiz Lopes. Disponível em <<https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/12751-2/>> Acesso 10/06/2018.

VALENTE, A. S. M.; GARCIA, P. O.; SALIMENA, F. R. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição, estrutura e similaridade florística da Floresta Atlântica, na Serra Negra, Rio Preto - MG. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 321-340, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201162209>

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. **O Clima do Litoral do Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Climatologia, agosto de 2008.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v. 9, i. 1-3, p. 429-437, september, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00101-2)

VIEIRA, I. C. G.; VEIGA, J. B.; YARED, J. A. G.; SALOMÃO, R. P.; OHASHI, JÚNIOR, S. B. **Bases técnicas e referências para o programa de restauração florestal do Pará: um bilhão de árvores para a Amazônia**. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, 103 p., Belém, 2008.

VILLALBA, R.; WEBLEN, T. T.; OGDEN, J. Climatic influences on the growth of subalpine trees in the Colorado front range. **Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1450-1462, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2307/1937468>

VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P.; GLIDDEN, S.; BUNN, S. E.; SULLIVAN, C. A.; REIDY LIERMANN C.; DAVIES P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, v. 467, p. 555–561, September, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature09440>

WILLIAMSON, G. B.; BENTOS, T. V.; LONGWORTH, J. B.; MESQUITA, R. C. G. Convergence and divergence in alternative successional pathways in Central Amazonia. **Plant Ecol. Divers.** 7, 341–348, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17550874.2012.735714>

WUNDERLE JR.; J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, V. 99, N. 1–2, p. 223-235, 1997.

ZACARIAS, R. R. **O componente arbóreo de dois trechos de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em solos hidromórficos, Guaraqueçaba, Paraná**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ZANON, M. L. B. & FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

ZIPARRO, V. B.; GUILHERME, F. A. G.; ALMEIDA-SCABBIA R. J.; MORELLATO L. P. C. Levantamento florístico de floresta atlântica no sul do estado de São Paulo, Parque Estadual Intervales, Base Saibadela. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 1, p. 147-170, Campinas, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032005000100015>

## ANEXO I - MATRIZES DE SIMILARIDADE

Neste anexo são apresentadas as matrizes de similaridade que embasaram a construção das análises de agrupamento do presente trabalho.

A média de similaridade florística para os estratos arbóreos foi de 34%, sendo 36% para o tratamento 1, 33% para o tratamento 2, 41% para o tratamento 3 e 35% para o tratamento 4. A correlação da análise foi de 0,77.

Tabela 1. Matriz de similaridade florística por índice de Jaccard para os estratos arbóreos da regeneração natural em plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, Paraná.

	B1T1	B1T2	B1T3	B1T4	B2T1	B2T2	B2T3	B2T4	B3T1	B3T2	B3T3	B3T4
B1T1												
B1T2	31%											
B1T3	67%	23%										
B1T4	42%	29%	33%									
B2T1	50%	27%	55%	46%								
B2T2	18%	27%	20%	17%	15%							
B2T3	29%	27%	21%	19%	18%	50%						
B2T4	29%	28%	40%	21%	33%	36%	41%					
B3T1	31%	29%	23%	20%	27%	40%	46%	53%				
B3T2	20%	36%	31%	19%	33%	36%	25%	50%	46%			
B3T3	50%	38%	33%	29%	44%	29%	44%	50%	47%	44%		
B3T4	42%	29%	45%	29%	46%	40%	27%	35%	29%	36%	47%	
Média	37%	29%	36%	28%	36%	30%	31%	38%	35%	34%	41%	37%

A média de similaridade florística para o estrato regenerante foi de 23%, sendo 24% para o tratamento 1, 28% para o tratamento 2, 22% para o tratamento 3 e 27% para o tratamento 4. A correlação da análise foi de 0,65.

Tabela 2. Matriz de similaridade florística por índice de Jaccard para o estrato regenerante em plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, Paraná.

	B1T1	B1T2	B1T3	B1T4	B2T1	B2T2	B2T3	B2T4	B3T1	B3T2	B3T3	B3T4
B1T1												
B1T2	36%											
B1T3	19%	32%										
B1T4	25%	25%	27%									
B2T1	40%	22%	19%	16%								
B2T2	19%	19%	31%	19%	25%							
B2T3	21%	21%	14%	20%	21%	24%						
B2T4	29%	17%	15%	27%	24%	20%	22%					
B3T1	21%	26%	23%	35%	12%	11%	16%	17%				
B3T2	29%	38%	30%	19%	30%	27%	24%	26%	24%			
B3T3	23%	23%	30%	22%	13%	21%	23%	19%	28%	21%		
B3T4	26%	26%	14%	25%	21%	30%	26%	29%	12%	24%	35%	
Média	26%	26%	23%	24%	22%	22%	21%	22%	20%	27%	23%	24%

A média de similaridade estrutural para os estratos arbóreos foi de 48%, sendo 43% para o tratamento 1, 55% para o tratamento 2, 38% para o tratamento 3 e 63% para o tratamento 4. A correlação da análise foi de 0,82.

Tabela 3. Matriz de similaridade estrutural por índice de Bray-Curtis para os estratos arbóreos da regeneração natural em plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, Paraná.

	B1T1	B1T2	B1T3	B1T4	B2T1	B2T2	B2T3	B2T4	B3T1	B3T2	B3T3	B3T4
B1T1												
B1T2	67%											
B1T3	56%	43%										
B1T4	69%	67%	51%									
B2T1	53%	47%	58%	61%								
B2T2	43%	47%	59%	48%	45%							
B2T3	32%	32%	21%	32%	26%	42%						
B2T4	68%	52%	45%	56%	49%	49%	44%					
B3T1	33%	33%	50%	33%	43%	51%	31%	47%				
B3T2	45%	52%	56%	50%	52%	67%	41%	63%	61%			
B3T3	42%	39%	45%	39%	61%	50%	40%	49%	58%	56%		
B3T4	66%	61%	49%	56%	44%	47%	30%	54%	42%	49%	47%	
Média	52%	49%	48%	51%	49%	50%	34%	52%	44%	54%	48%	50%

A média de similaridade estrutural para os estratos arbóreos foi de 31%, sendo 26% para o tratamento 1, 34% para o tratamento 2, 33% para o tratamento 3 e 30% para o tratamento 4. A correlação da análise foi de 0,61.

Tabela 4. Matriz de similaridade estrutural por índice de Bray-Curtis para o estrato regenerante em plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, Paraná.

	B1T1	B1T2	B1T3	B1T4	B2T1	B2T2	B2T3	B2T4	B3T1	B3T2	B3T3	B3T4
B1T1												
B1T2	39%											
B1T3	17%	39%										
B1T4	33%	39%	32%									
B2T1	47%	33%	24%	23%								
B2T2	26%	30%	44%	21%	33%							
B2T3	37%	42%	19%	37%	34%	27%						
B2T4	31%	34%	33%	41%	31%	18%	34%					
B3T1	16%	35%	34%	38%	14%	9%	20%	34%				
B3T2	32%	43%	41%	25%	46%	29%	32%	43%	32%			
B3T3	31%	39%	38%	43%	28%	25%	31%	41%	38%	35%		
B3T4	30%	24%	15%	27%	27%	31%	23%	28%	11%	36%	32%	
Média	31%	36%	30%	33%	31%	27%	30%	34%	26%	36%	35%	26%

## ANEXO II - DISTRIBUIÇÃO DA VARIÁVEL ALTURA TOTAL

Neste anexo, é apresentada a distribuição da variável altura total e sua análise gráfica. Esta permitiu inferir sobre a estratificação vertical da floresta.

O intervalo de classe foi de 1,7 m, o que corresponde à equação 1. Foram obtidas 11 classes de altura, conforme a tabela 1.

$$IC = \frac{Amp}{10} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: IC = Intervalo de classe e Amp = Amplitude.

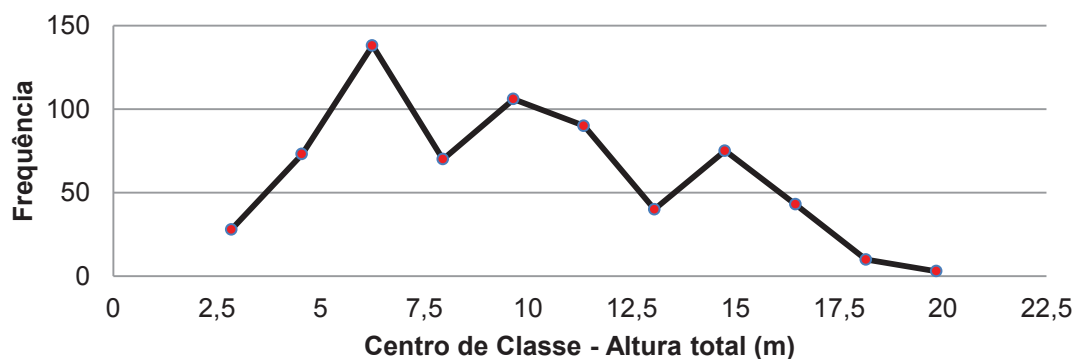
Tabela 1. Distribuição da variável altura total.

Classe	LI	CC	LS	F obs	Estrato
1	2	2,85	3,7	28	Inferior
2	3,7	4,55	5,4	73	Inferior
3	5,4	6,25	7,1	138	Inferior
4	7,1	7,95	8,8	70	Médio
5	8,8	9,65	10,5	106	Médio
6	10,5	11,35	12,2	90	Médio
7	12,2	13,05	13,9	40	Superior
8	13,9	14,75	15,6	75	Superior
9	15,6	16,45	17,3	43	Superior
10	17,3	18,15	19	10	Superior
11	19	19,85	20,7	3	Superior

Onde: **LI** = limite inferior; **CC** = centro de classe; **LS** = limite superior; **F obs** = frequência observada.

É possível notar na figura 1 que ocorrem três picos. Eles indicam probabilisticamente a ocorrência de três estratos.

Figura 1. Gráfico da distribuição da altura total.



### ANEXO III - TESTES DE NORMALIDADE DOS DADOS

Conforme as tabelas 1 a 8, nenhuma das oito variáveis da regeneração natural analisadas no presente trabalho apresentou distribuição de frequência diferente estatisticamente da distribuição normal (teste de Kolmogorov-Smirnov  $p > 0,05$ ; teste Qui-Quadrado  $p > 0,01$ ).

Tabela 1. Análise da distribuição da frequência da variável **altura total nos estratos arbóreos da regeneração natural** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (m)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	5,4	1	0,4837	0,5162	0,5510
2	6,6	1	3,2974	2,2974*	1,6007
3	7,9	6	5,5903	0,4096	0,0300
4	9,1	4	2,3569	1,6430	1,1453
Soma		12	11,7285		3,3271**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2]/F\ norm$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asterisco(s) junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 2. Análise da distribuição da frequência da variável **diâmetro à altura do peito dos estratos arbóreos da regeneração natural** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (cm)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	7,3	2	0,7254	1,2746	2,2395
2	8,0	1	3,1594	2,1594*	1,4759
3	8,6	6	4,8636	1,1364	0,2655
4	9,3	3	2,6465	0,3535	0,0472
Total		12	11,3950		4,0281**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2]/F\ norm$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asterisco(s) junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 3. Análise da distribuição da frequência da variável **abundância nos estratos arbóreos da regeneração natural** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (árv/ha)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	600	3	2,0969	0,9030*	0,3888
2	925	4	4,2919	0,2919	0,0198
3	1250	4	3,6528	0,3471	0,0329
4	1575	1	1,2927	0,2927	0,0662
Total		12	11,3345		0,5080**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asterisco(s) junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 4. Análise da distribuição da frequência da variável **área basal nos estratos arbóreos da regeneração natural** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (m <sup>2</sup> /ha)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	3,5	3	2,0413	0,9587*	0,4503
2	6,0	4	4,6063	0,6063	0,0798
3	8,5	3	3,7657	0,7657	0,1557
4	11,0	2	1,1152	0,8848	0,7019
Total		12	11,5285		1,3877**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 5. Análise da distribuição da frequência da variável **altura total no estrato regenerante** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (m)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	1,9	3	2,5109	0,4891	0,0953
2	2,5	6	5,1457	0,8543	0,1418
3	3,2	1	3,2649	2,2649*	1,5712
4	3,8	2	0,6414	1,3586	2,8789
Total		12	11,5629		4,6862**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

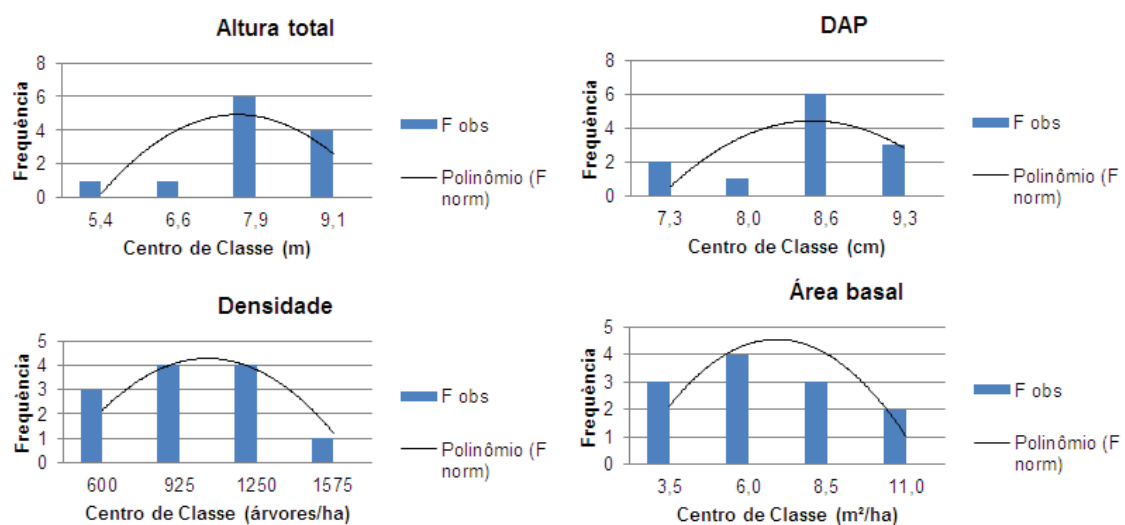
Tabela 6. Análise da distribuição da frequência da variável **número de espécies da regeneração natural por parcela** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (ind/ha)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	700	3	1,9331	1,0669*	0,5888
2	1000	4	4,8502	0,8502	0,1490
3	1300	3	3,8844	0,8844	0,2014
4	1600	2	0,9930	1,0070	1,0211
Total		12	11,6608		1,9604**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

As distribuições de probabilidade da altura total e do diâmetro, ambos dos estratos arbóreos, são bastante semelhantes e em ambas ocorre uma quebra de tendência na classe dois, mas, ainda assim, a maior parte das observações se concentra nas duas classes centrais (classes dois e três). A área basal e a abundância (nos dois estratos) acompanham as curvas da distribuição normal. A distribuição obtida da altura total no estrato regenerante apresenta importantes discrepâncias em relação à distribuição normal.

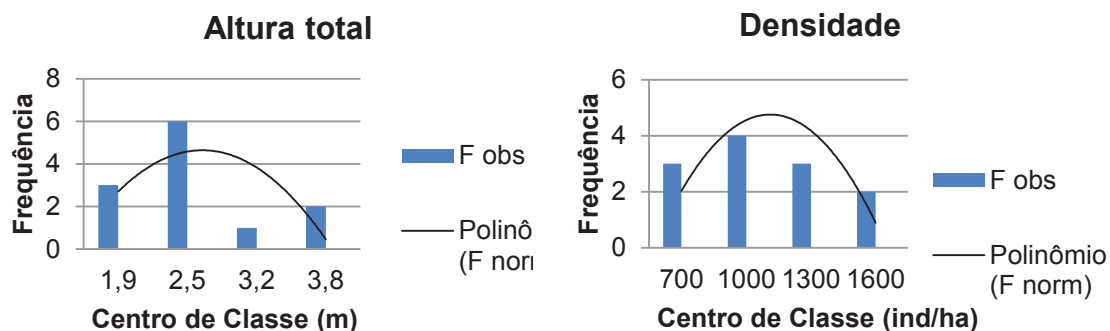
Figura 1. Distribuição da frequência de quatro variáveis dos estratos arbóreos da regeneração natural em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.



Onde: F obs = frequência observada e Polinômio (F norm) = linha de tendência polinomial quadrática da distribuição normal.



Figura 2. Distribuição da frequência de duas variáveis do estrato regenerante em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.



Onde: F obs = frequência observada e Polinômio (F norm) = linha de tendência polinomial quadrática da distribuição normal.

Conforme as tabelas 9 a 13, nenhuma das cinco variáveis do plantio analisadas apresentaram distribuição de frequência estatisticamente diferente da distribuição normal (Kolmogorov-Smirnov  $p > 0,05$ ; Qui-Quadrado  $p > 0,01$ ).

Tabela 9. Análise da distribuição da frequência da variável **altura total de seis espécies nativas** em plantio misto para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (m)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	10	3	0,9889	2,0111*	4,0901
2	11	5	3,5648	1,4352	0,5778
3	12	3	4,6834	1,6834	0,6051
4	13	1	2,2425	1,2425	0,6884
Soma		12	11,4795		5,9614**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2]/F\ norm$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 10. Análise da distribuição da frequência da variável **diâmetro à altura total (DAP) de seis espécies nativas** em plantio misto para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (cm)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	10,5	3	2,3673	0,6327*	0,1691
2	12	5	5,5581	0,5581	0,0560
3	13,5	3	3,2988	0,2988	0,0271
4	15	1	0,4949	0,5051	0,5154
Total		12	11,7192		0,7676**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 11. Análise da distribuição da frequência da variável **densidade de seis espécies nativas** em plantio misto para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (árvo/ha)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	800	1	2,1774	1,1774	0,6367
2	890	8	4,5249	3,4751*	2,6689
3	980	1	3,6163	2,6163	1,8928
4	1070	2	1,1115	0,8885	0,7103
Total		12	11,4301		5,9086**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Tabela 12. Análise da distribuição da frequência da variável **área basal de seis espécies nativas** em plantio misto para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (m <sup>2</sup> /ha)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	10	2	2,3940	0,3940	0,0648
2	12,2	7	5,8414	1,1586*	0,2298
3	14,4	2	3,1556	1,1556	0,4232
4	16,6	1	0,3774	0,6226	1,0270
Total		12	11,7684		1,7448**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2 / F\ norm]$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

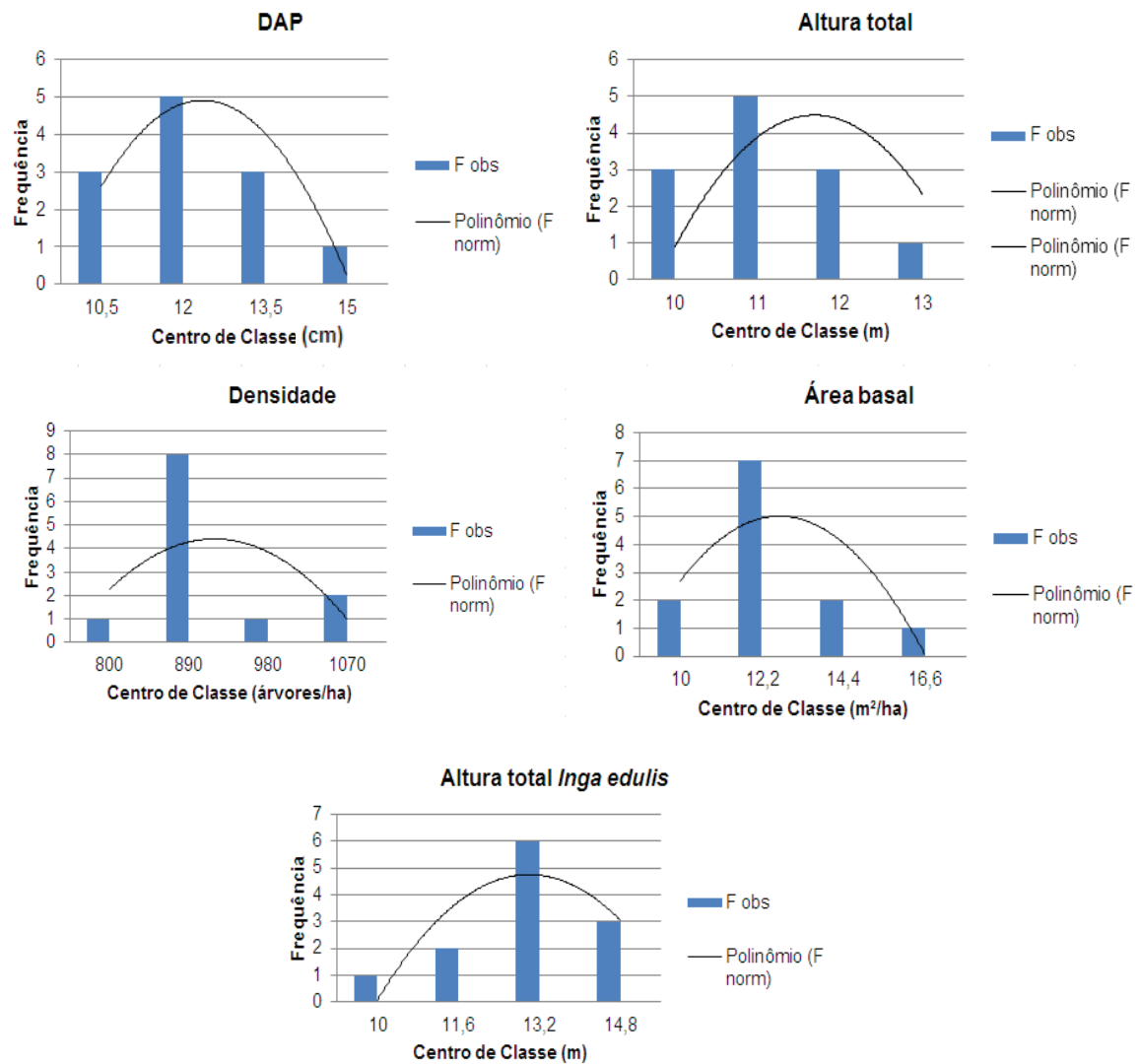
Tabela 13. Análise da distribuição da frequência da variável **altura total da espécie *Inga edulis*** em plantio misto de seis espécies nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Classe	CC (m)	F obs	F norm	Dif abs	X <sup>2</sup>
1	10	1	0,3712	0,6288	1,0654
2	11,6	2	2,8666	0,8666*	0,2620
3	13,2	6	5,6090	0,3910	0,0273
4	14,8	3	2,7806	0,2194	0,0173
Total		12	11,6273		1,3720**

Onde: **CC** = centro de classe; **F obs** = frequência observada; **F norm** = frequência obtida pela distribuição normal; **Dif abs** = diferença absoluta entre **F obs** e **F norm**; **X<sup>2</sup>** = quadrado da diferença entre **F obs** e **F norm** elevada ao quadrado, em relação à **F norm**, sendo a expressão equivalente:  $X^2 = [(F\ obs - F\ norm)^2]/F\ norm$ . Valor destacado em cor cinza corresponde ao maior valor de **Dif abs**, no qual a presença de asterisco significa que não há diferença significativa entre **F obs** e **F norm** pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ). A presença de asteriscos junto ao valor referente à soma de **X<sup>2</sup>** indica que **F obs** não difere de **F norm** pelo teste Qui-Quadrado ( $p > 0,01$ ).

Observando os gráficos de distribuição probabilística das cinco variáveis do plantio, é possível notar que para o diâmetro a distribuição observada acompanha visualmente a curva da distribuição normal, enquanto para a altura total, há maior discrepância gráfica entre os valores observados e a curva normal, pois ainda que a maior parte dos valores se encontre nas classes dois e três, nota-se maior concentração de observações nas classes um e dois em relação às classes três e quatro, o que gera um deslocamento da média para as classes inferiores. Na análise gráfica das distribuições probabilísticas da densidade e da área basal, nota-se também importante discrepância na tendência gerada pelos valores observados e a tendência da curva normal. Para estas duas variáveis, ocorre maior concentração de valores na classe dois e, ainda, no caso da densidade, ocorre uma quebra da tendência na classe quatro, com um aumento na frequência desta classe em relação à classe três. A variável altura total de *Inga edulis* apresentou distribuição gráfica acompanhando a distribuição normal.

Figura 2. Distribuição da frequência de cinco variáveis obtidas de um plantio misto de seis espécies arbóreas nativas, empregado para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.



Onde: F obs = frequência observada e Polinômio (F norm) = linha de tendência polinomial quadrática da distribuição normal.

## ANEXO IV - ANÁLISES DE VARIÂNCIA

Neste anexo encontram-se as análises de variância para a altura total e o DAP dos estratos arbóreos, únicas variáveis dendrométricas que apresentaram suficiência amostral e normalidade. As duas variáveis não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 1. Análise de variância da altura total dos estratos arbóreos da regeneração natural no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina, Paraná.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,696339	3	0,232113	0,608021	0,628283	4,066181
Dentro dos grupos	3,054013	8	0,381752			
Total	3,750351	11				

Tabela 2. Resumo dos dados de altura total dos estratos arbóreos da regeneração natural no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina, Paraná.

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
T1	3	7,266524	2,422175	0,169887
T2	3	6,936282	2,312094	0,067686
T3	3	8,392063	2,797354	0,942782
T4	3	8,641548	2,880516	0,346651

Tabela 3. Análise de variância do diâmetro nos estratos arbóreos da regeneração natural no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina, Paraná.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	7370000	3	2456667	0,824385	0,516347	4,066181
Dentro dos grupos	2384000 0	8	2980000			
Total	3121000 0	11				

Tabela 2. Resumo dos dados de diâmetro nos estratos arbóreos da regeneração natural no plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina, Paraná.

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
T1	3	19200	6400	8680000
T2	3	21400	7133,333	213333,3
T3	3	22000	7333,333	2333333
T4	3	16000	5333,333	693333,3

## ANEXO V - SUFICIÊNCIA AMOSTRAL DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Conforme a tabela 1, considerando apenas os estratos arbóreos, a amostra empregada neste trabalho (12 parcelas) foi estatisticamente suficiente para gerar as médias de altura total e diâmetro, mas não foi suficiente para as médias de abundância, área basal e índice de diversidade de Shannon. Para o estrato regenerante, não houve suficiência amostral nem para altura total nem para abundância.

Tabela 1. Média, coeficiente de variação e intensidade amostral para variáveis da regeneração natural no plantio misto de seis espécies arbóreas nativas para restauração de Florestal Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Parcela	Estratos arbóreos					Estrato regenerante	
	HT (m)	DAP (cm)	N (árvores/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	Shannon	HT (m)	N (ind/ha)
B1T1	5,4	8,5	1382	8,394	1,57	2,08	4800
B2T1	9,1	8,7	1382	10,781	1,56	2,41	7400
B3T1	8,5	7,8	625	3,391	1,41	2,15	9000
B1T2	9,2	9,3	1184	7,882	1,77	2,44	6000
B2T2	8,0	9,0	855	5,762	2,06	2,31	4600
B3T2	7,4	8,8	592	4,364	1,27	2,02	7400
B1T3	8,0	7,5	658	5,092	2,04	2,32	6000
B2T3	6,6	9,5	1414	8,357	1,99	2,65	5600
B3T3	8,4	7,5	822	4,745	1,91	2,88	9800
B1T4	7,4	8,6	789	6,133	1,88	2,51	6600
B2T4	7,1	8,5	987	4,692	2,38	3,91	7000
B3T4	8,0	8,9	1513	10,187	1,60	3,55	4400
<b>Média</b>	7,7	8,6	1017	6,648	1,79	2,60	6550
<b>Variância</b>	1,1	0,4	116166	5,804	0,100	0,34	2837273
<b>N parcelas</b>	9*	3*	55	65	15	24	32

Onde: **HT** = altura total; **DAP** = diâmetro à altura do peito; **N** = abundância; **G** = área basal; **Shannon** = índice de Shannon; **Coef. var.** = coeficiente de variação; **N parcelas** = número de parcelas necessárias para atingir a suficiência amostral (limite de erro de 10% e probabilidade de 95%). \* acompanha valores que significam suficiência amostral.

## ANEXO VI - COMPORTAMENTO DO PLANTIO NA AMOSTRAGEM 2017/2018

Este anexo apresenta as informações obtidas das árvores plantadas, com a amostragem realizada entre dezembro de 2017 e janeiro de 2018, no experimento plantio misto de seis espécies, Reserva da Guaricica - SPVS, Antonina, Paraná.

Embora os maiores valores de DAP e altura total tenham sido encontrados no tratamento 4, as tendências verificadas no censo (SCHAFFER, 2016) não se apresentam de forma clara na análise da amostra de 12 parcelas. Essa interpretação fica ainda mais expressiva para densidade e área basal, que não apresentaram suficiência amostral (Tabela 3) e nem normalidade (Figura 2 do anexo II).

Tabela 1. Comportamento do plantio por tratamento na amostragem 2017/2018.

Tratamento	DAP (cm)	HT (m)	N (árvores/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	HT <i>I. edulis</i>
1	11,9	11,0	998	12,807	11,2
2	12,2	11,4	647	9,068	13,5
3	11,7	12,0	779	9,781	14,1
4	12,6	12,6	921	13,213	13,9
Total	12,1	11,8	836	11,217	13,2

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; HT = altura total, em metros; N = densidade, em árvores por hectare; G = área basal, em metros quadrados por hectare; HT *I. edulis* = altura total da espécie *Inga edulis*.

Os resultados para a comparação entre as espécies apresentaram as mesmas tendências verificadas no censo e houve crescimento em diâmetro e em altura. Mas não houve intensidade amostral suficiente para comparar densidade e área basal entre os dois períodos.

Tabela 2. Comportamento do plantio por espécie na amostragem 2017/2018.

Espécie	DAP (cm)	HT (m)	G (m <sup>2</sup> /ha)	Mortalidade
<i>Citharexylum myrianthum</i>	12,5 (±2,2)	12,6 (±1,9)	2,348 (±0,91)	44,5% (±17,6)
<i>Inga edulis</i>	14,3 (±2,1)	13,2 (±1,4)	5,234 (±2,59)	52,0% (±20,2)
<i>Inga marginata</i>	8,7 (±4,5)	7,8 (±3,9)	0,404 (±0,53)	85,5% (±13,2)
<i>Myrsine coriacea</i>	10,9 (±2,3)	12,2 (±1,0)	1,981 (±1,64)	42,4% (±34,5)
<i>Schizolobium parahyba</i>	9,4 (±2,0)	9,2 (±2,5)	0,961 (±0,70)	60,5% (±19,7)
<i>Senna multijuga</i>	10,4 (±5,5)	8,7 (±4,3)	0,289 (±0,52)	95,3% (±9,0)
Total	12,2 (±1,4)	11,8 (±1,1)	11,217 (±3,07)	66,6% (±6,4)

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; HT = altura total, em metros; G = área basal, em metros quadrados por hectare; Mortalidade = taxa de mortalidade percentual. Os valores entre parêntesis correspondem ao desvio padrão entre as médias das parcelas.

Tabela 3. Média, variância e intensidade amostral para cinco variáveis obtidas no plantio misto de seis espécies arbóreas nativas para restauração de Florestal Ombrófila Densa aluvial em Antonina, Paraná.

Parcela	HT (m)	DAP (cm)	N (árv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	HT l. e. (m)
B1T1	10,4	13,3	1086	16,757	10,1
B2T1	11,8	11,6	592	6,133	11,8
B3T1	10,9	10,8	855	11,032	11,9
B1T2	10,2	11,2	888	13,196	12,8
B2T2	12,5	15,3	921	11,384	14,1
B3T2	11,9	10,8	691	14,459	13,5
B1T3	11,9	11,9	658	8,016	13,7
B2T3	11,4	11,8	822	12,679	13,8
B3T3	12,6	11,5	987	10,280	14,9
B1T4	12,6	12,9	658	6,612	13,8
B2T4	13,6	13,1	822	10,295	14,5
B3T4	11,5	11,9	1053	13,765	13,4
<b>Média</b>	11,8	12,2	836	11,217	13,2
<b>Variância</b>	1,0	1,6	26060	10,258	1,9
<b>N calculado</b>	4	5	18	39	5

Onde: **HT** = altura total em metros; **DAP** = diâmetro à altura do peito em centímetros; **N** = densidade em número de árvores por hectare; **G** = área basal em metros quadrados por hectare; **HT l. e.** = altura total de *Inga edulis* em metros; **N calculado** = número de parcelas necessárias para atingir a suficiência amostral para limite de erro de 10% e probabilidade de 95%.



## ANEXO VII - ESTRATOS ARBÓREOS POR TRATAMENTO

Este anexo apresenta as tabelas referentes à estrutura da regeneração natural em cada tratamento do experimento plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa em Antonina, PR.

Tabela 1. Estrutura no tratamento 1.

Espécie	N/ha	G/ha	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Alchornea glandulosa</i>	329	2,525	1,00	32%	40%	11%	28%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	186	1,365	0,67	18%	22%	7%	16%
<i>Nectandra membranacea</i>	88	0,553	1,00	9%	9%	11%	9%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	110	0,454	0,67	11%	7%	7%	8%
<i>Alchornea triplinervea</i>	55	0,397	1,00	5%	6%	11%	8%
<i>Miconia cinerascens</i>	55	0,256	0,67	5%	4%	7%	6%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	33	0,197	0,67	3%	3%	7%	5%
<i>Pera glabrata</i>	33	0,068	0,67	3%	1%	7%	4%
<i>Pleroma trichopodum</i>	33	0,151	0,33	3%	2%	4%	3%
<i>Sapium glandulosum</i>	33	0,064	0,33	3%	1%	4%	3%
<i>Randia armata</i>	11	0,119	0,33	1%	2%	4%	2%
<i>Euterpe edulis</i>	11	0,038	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Mimosa bimucronata</i>	11	0,035	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	11	0,028	0,33	1%	0%	4%	2%
<i>Ocotea puberula</i>	11	0,025	0,33	1%	0%	4%	2%
<i>Miconia cabucu</i>	11	0,022	0,33	1%	0%	4%	2%
Total Geral	1020	6,301	9,00	100%	100%	100%	100%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

Tabela 2. Estrutura no tratamento 2.

Espécie	N/ha	G/ha	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Alchornea glandulosa</i>	439	3,531	1,00	48%	50%	13%	37%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	164	1,181	1,00	18%	17%	13%	16%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	66	0,713	0,33	7%	10%	4%	7%
<i>Euterpe edulis</i>	44	0,105	1,00	5%	1%	13%	6%
<i>Pleroma trichopodum</i>	44	0,217	0,67	5%	3%	8%	5%
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	44	0,169	0,67	5%	2%	8%	5%
<i>Mimosa bimucronata</i>	11	0,59	0,33	1%	8%	4%	5%
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	22	0,151	0,67	2%	2%	8%	4%
<i>Miconia cabucu</i>	22	0,079	0,33	2%	1%	4%	3%
<i>Ocotea sp.</i>	11	0,101	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Matayba guianensis</i>	11	0,064	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Pera glabrata</i>	11	0,055	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Alchornea triplinervea</i>	11	0,05	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Nectandra membranacea</i>	11	0,05	0,33	1%	1%	4%	2%
<i>Casearia sylvestris</i>	11	0,038	0,33	1%	1%	4%	2%
Total Geral	921	7,093	8,00	100%	100%	100%	100%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

Tabela 3. Estrutura no tratamento 3.

Espécie	N/ha	G/ha	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Alchornea glandulosa</i>	208	0,829	1,00	28%	19%	10%	19%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	110	0,906	1,00	14%	21%	10%	15%
<i>Nectandra membranacea</i>	66	0,244	0,67	9%	6%	7%	7%
<i>Miconia cinerascens</i>	44	0,157	1,00	6%	4%	10%	6%
<i>Euterpe edulis</i>	55	0,221	0,67	7%	5%	7%	6%
<i>Pleroma trichopodum</i>	33	0,277	0,67	4%	6%	7%	6%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	33	0,27	0,67	4%	6%	7%	6%
<i>Neoblechnum cf. brasiliense</i>	44	0,348	0,33	6%	8%	3%	6%
<i>Vochysia bifalcata</i>	33	0,133	0,67	4%	3%	7%	5%
<i>Mimosa bimucronata</i>	11	0,367	0,33	1%	8%	3%	4%
<i>Coussarea cf. contracta</i>	11	0,274	0,33	1%	6%	3%	4%
<i>Alchornea triplinervea</i>	22	0,06	0,67	3%	1%	7%	4%
<i>Sapium glandulosum</i>	22	0,06	0,33	3%	1%	3%	3%
<i>Ocotea puberula</i>	22	0,06	0,33	3%	1%	3%	3%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	11	0,084	0,33	1%	2%	3%	2%
<i>Miconia cabucu</i>	11	0,038	0,33	1%	1%	3%	2%
<i>Pera glabrata</i>	11	0,035	0,33	1%	1%	3%	2%
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	11	0,028	0,33	1%	1%	3%	2%
Total	757	4,392	10,00	100%	100%	100%	100%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

Tabela 4. Estrutura no tratamento 4.

Espécie	N/ha	G/ha	F	Nr	Gr	Fr	IVI
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	384	2,946	1,00	28%	33%	9%	24%
<i>Alchornea glandulosa</i>	417	2,035	1,00	30%	23%	9%	21%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	132	1,059	1,00	10%	12%	9%	10%
<i>Nectandra membranacea</i>	143	0,665	0,67	10%	8%	6%	8%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	66	0,955	0,67	5%	11%	6%	7%
<i>Pleroma trichopodum</i>	33	0,27	0,67	2%	3%	6%	4%
<i>Euterpe edulis</i>	22	0,094	0,67	2%	1%	6%	3%
<i>Pera glabrata</i>	22	0,067	0,67	2%	1%	6%	3%
<i>Vochysia bifalcata</i>	22	0,085	0,33	2%	1%	3%	2%
<i>Cecropia pachystachya</i>	11	0,113	0,33	1%	1%	3%	2%
<i>Mimosa bimucronata</i>	11	0,095	0,33	1%	1%	3%	2%
<i>Miconia cinerascens</i>	11	0,075	0,33	1%	1%	3%	2%
<i>Amaioua guianensis</i>	11	0,059	0,33	1%	1%	3%	2%
<i>Alchornea triplinervea</i>	11	0,05	0,33	1%	1%	3%	1%
<i>Sapium glandulosum</i>	11	0,046	0,33	1%	1%	3%	1%
<i>Miconia cabucu</i>	11	0,042	0,33	1%	0%	3%	1%
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	11	0,038	0,33	1%	0%	3%	1%
<i>Myrsine coriacea</i>	11	0,035	0,33	1%	0%	3%	1%
<i>Solanum cf. pseudoquina</i>	11	0,031	0,33	1%	0%	3%	1%
<i>Psychotria cf. mapourioides</i>	11	0,025	0,33	1%	0%	3%	1%
<i>Pachystroma longifolium</i>	11	0,022	0,33	1%	0%	3%	1%
Total	1371	8,809	10,67	100%	100%	100%	100%

Onde: N = abundância em árvores por hectare; G = área basal em metros quadrados por hectare; F = frequência de ocorrência das espécies nas diferentes parcelas; Nr, Gr e Fr correspondem aos valores relativos de abundância, dominância e frequência; IVI = índice de valor de importância.

## ANEXO VIII - ESTRATO REGENERANTE POR TRATAMENTO

Este anexo apresenta as tabelas referentes à estrutura do estrato regenerante por tratamento do experimento plantio misto de seis espécies para restauração de Floresta Ombrófila Densa em Antonina, PR.

Tabela 1. Estrutura do estrato regenerante no tratamento 1.

Espécie	N	F	NR	FR	IVR
<i>Myrcia multiflora</i>	1267	1	20%	6,7%	13,2%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	667	0,67	10%	4,4%	7,4%
<i>Leandra australis</i>	400	1	6%	6,7%	6,5%
<i>Matayba guianensis</i>	467	0,67	7%	4,4%	5,9%
<i>Pera glabrata</i>	267	1	4%	6,7%	5,4%
<i>Alchornea glandulosa</i>	333	0,67	5%	4,4%	4,8%
<i>Cyathea cf. phalerata</i>	333	0,67	5%	4,4%	4,8%
<i>Neoblechnum cf. brasiliense</i>	200	0,67	3%	4,4%	3,8%
<i>Piper aduncum</i>	200	0,67	3%	4,4%	3,8%
<i>Psychotria cf. hoffmanseggiana</i>	200	0,67	3%	4,4%	3,8%
<i>Leandra cf. fallax</i>	133	0,67	2%	4,4%	3,3%
<i>Myrcia spectabilis</i>	200	0,33	3%	2,2%	2,7%
<i>Syzygium jambos</i>	200	0,33	3%	2,2%	2,7%
<i>Costus spirallis</i>	133	0,33	2%	2,2%	2,2%
<i>Ilex dumosa</i>	133	0,33	2%	2,2%	2,2%
<i>Miconia cabucu</i>	133	0,33	2%	2,2%	2,2%
<i>Myrsine coriacea</i>	133	0,33	2%	2,2%	2,2%
<i>Piper sp.</i>	133	0,33	2%	2,2%	2,2%
<i>Casearia decandra</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Cupania oblongifolia</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Euterpe edulis</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Ilex taubertiana</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Miconia cinerascens</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Miconia latecrenata</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Ocotea puberula</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Piper cernuum</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Tibouchina pulchra</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Vochysia bifalcata</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	67	0,33	1%	2,2%	1,6%
Total	6400	15	100%	100,0%	100,0%

Tabela 2. Estrutura do estrato regenerante no tratamento 2.

Espécie	N	F	NR	FR	IVR
<i>Leandra australis</i>	1333	1,0	18,7%	6,0%	12,3%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	600	1,0	8,4%	6,0%	7,2%
<i>Neoblechnum cf. brasiliense</i>	533	1,0	7,5%	6,0%	6,7%
<i>Alchornea glandulosa</i>	467	1,0	6,5%	6,0%	6,3%
<i>Myrcia multiflora</i>	467	1,0	6,5%	6,0%	6,3%
<i>Myrsine coriacea</i>	267	0,7	3,7%	4,0%	3,9%
<i>Piper aduncum</i>	200	0,7	2,8%	4,0%	3,4%
<i>Psychotria cf. mapourioides</i>	200	0,7	2,8%	4,0%	3,4%
<i>Leandra cf. variabilis</i>	333	0,3	4,7%	2,0%	3,3%
<i>Alchornea triplinervea</i>	133	0,7	1,9%	4,0%	2,9%
<i>Calyptranthes cf. lucida</i>	133	0,7	1,9%	4,0%	2,9%
<i>Psidium cattleianum</i>	133	0,7	1,9%	4,0%	2,9%
<i>Psychotria cf. hoffmanseggiana</i>	133	0,7	1,9%	4,0%	2,9%
<i>Acnistus arborescens</i>	200	0,3	2,8%	2,0%	2,4%
<i>Myrcia spectabilis</i>	200	0,3	2,8%	2,0%	2,4%
<i>Nectandra membranacea</i>	200	0,3	2,8%	2,0%	2,4%
<i>Pleroma trichopodium</i>	200	0,3	2,8%	2,0%	2,4%
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	200	0,3	2,8%	2,0%	2,4%
<i>Ilex dumosa</i>	133	0,3	1,9%	2,0%	1,9%
<i>Matayba guianensis</i>	133	0,3	1,9%	2,0%	1,9%
<i>Miconia jucunda</i>	133	0,3	1,9%	2,0%	1,9%
Asteraceae	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Casearia sylvestris</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Erythroxylum deciduum</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Marlierea sylvatica</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Miconia cabucu</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Miconia cinerascens</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Miconia latecrenata</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Nectandra leucantha</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Pera glabrata</i>	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Sida</i> sp.	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
<i>Sida</i> sp. 2	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
Solanaceae	67	0,3	0,9%	2,0%	1,5%
Total	7133	16,7	100,0%	100,0%	100,0%

Tabela 3. Estrutura do estrato regenerante no tratamento 3.

<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>F</b>	<b>NR</b>	<b>FR</b>	<b>IVR</b>
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	867	1,0	11,8%	6,4%	9,1%
<i>Alchornea glandulosa</i>	800	1,0	10,9%	6,4%	8,6%
<i>Myrcia multiflora</i>	733	1,0	10,0%	6,4%	8,2%
<i>Leandra australis</i>	667	0,7	9,1%	4,3%	6,7%
<i>Myrcia spectabilis</i>	400	0,7	5,5%	4,3%	4,9%
<i>Leandra cf. variabilis</i>	267	0,7	3,6%	4,3%	3,9%
<i>Neoblechnum cf. brasiliense</i>	400	0,3	5,5%	2,1%	3,8%
<i>Vernonanthura polyanthes</i>	400	0,3	5,5%	2,1%	3,8%
<i>Myrsine coriacea</i>	200	0,7	2,7%	4,3%	3,5%
<i>Solanum cf. pseudoquina</i>	200	0,7	2,7%	4,3%	3,5%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	200	0,7	2,7%	4,3%	3,5%
<i>Nectandra membranacea</i>	133	0,7	1,8%	4,3%	3,0%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	133	0,7	1,8%	4,3%	3,0%
<i>Costus spirallis</i>	200	0,3	2,7%	2,1%	2,4%
<i>Psychotria leiocarpa</i>	200	0,3	2,7%	2,1%	2,4%
<i>Euterpe edulis</i>	133	0,3	1,8%	2,1%	2,0%
<i>Gomidesia schaueriana</i>	133	0,3	1,8%	2,1%	2,0%
<i>Matayba guianensis</i>	133	0,3	1,8%	2,1%	2,0%
<i>Psidium cattleianum</i>	133	0,3	1,8%	2,1%	2,0%
<i>Vochysia bifalcata</i>	133	0,3	1,8%	2,1%	2,0%
<i>Alchornea triplinervea</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Allophylus edulis</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
Asteraceae	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Calophyllum brasiliense</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Ilex dumosa</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Inga edulis</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Miconia cinerascens</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Miconia latecrenata</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Mollinedia sp.</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Eugenia cf. excelsa</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
<i>Piper aduncum</i>	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
Solanaceae	67	0,3	0,9%	2,1%	1,5%
Total	7333	15,7	100,0%	100,0%	100,0%

Tabela 4. Estrutura do estrato regenerante no tratamento 4.

Espécie	N	F	NR	FR	IVR
<i>Alchornea glandulosa</i>	933	1,0	17,5%	100,0%	58,8%
<i>Myrcia multiflora</i>	667	1,0	12,5%	100,0%	56,3%
<i>Cyathea cf. delgadii</i>	533	1,0	10,0%	100,0%	55,0%
<i>Neoblechnum cf. brasiliense</i>	333	1,0	6,3%	100,0%	53,1%
<i>Sapium glandulosum</i>	200	1,0	3,8%	100,0%	51,9%
<i>Matayba guianensis</i>	267	0,7	5,0%	66,7%	35,8%
<i>Pera glabrata</i>	133	0,7	2,5%	66,7%	34,6%
<i>Nectandra membranacea</i>	333	0,3	6,3%	33,3%	19,8%
<i>Costus spirallis</i>	200	0,3	3,8%	33,3%	18,5%
<i>Pleroma trichopodum</i>	200	0,3	3,8%	33,3%	18,5%
<i>Miconia cinerascens</i>	133	0,3	2,5%	33,3%	17,9%
<i>Nectandra oppositifolia</i>	133	0,3	2,5%	33,3%	17,9%
<i>Psychotria leiocarpa</i>	133	0,3	2,5%	33,3%	17,9%
<i>Sloanea guianensis</i>	133	0,3	2,5%	33,3%	17,9%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	133	0,3	2,5%	33,3%	17,9%
<i>Alchornea triplinervea</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Cupania oblongifolia</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Erythroxylum cf. cuspidifolium</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Ilex dumosa</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Leandra cf. variabilis</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Leandra sp.</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Miconia cabucu</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Myrcia sp.</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Myrsine coriacea</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Piper cernuum</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Psychotria nuda</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Solanum sactaecatharinae</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
<i>Syzygium jambos</i>	67	0,3	1,3%	33,3%	17,3%
Total	5333	1,0	100,0%	100,0%	100,0%

## ANEXO IX - COMPORTAMENTO DO PLANTIO NO CENSO DE 2016

O Comportamento do plantio foi abordado em Schaffer (2016), com base num censo realizado no ano de 2016. No presente trabalho foram realizadas análises complementares com os dados desse censo, cujos resultados encontram-se no presente anexo.

Na tabela 1, nota-se uma tendência de aumento no DAP e na altura total dos tratamentos no sentido do tratamento 4. O tratamento 1 apresenta os menores valores para essas variáveis e o tratamento 4 apresenta os maiores. Já as variáveis densidade e área basal, apresentam uma tendência aproximadamente inversa, com o tratamento 1 apresentando os maiores valores e o tratamento 4 os menores.

Tabela 1. Comportamento do plantio misto de seis espécies arbóreas nativas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Tratamento	DAP (cm)	HT (m)	N (árv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)
1	11,5	10,1	1043	12,446
2	11,7	10,6	963	12,085
3	11,8	11,1	993	12,961
4	12,0	11,4	810	10,824
Média	11,7	10,8	953	12,079

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; HT = altura total, em metros; N = densidade, em árvores por hectare; G = área basal, em metros quadrados por hectare.

Dentre as espécies plantadas, conforme descrito por Schaffer (2016), o comportamento que se destaca positivamente é o de *Inga edulis*. Também *Citharexylum myritanthum* e *Myrsine coriacea* apresentaram comportamento vigoroso. *Senna multijuga* parece também ter crescido com vigor, mas restavam poucos indivíduos dessa espécie aos 10 anos de idade (Tabela 2).

Tabela 2. Comportamento por espécie plantada em área experimental para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR.

Tratamento	DAP (cm)	HT (m)	G (m <sup>2</sup> /ha)	Mortalidade
<i>Citharexylum myrianthum</i>	11,8	10,8	2,342	45,9%
<i>Inga edulis</i>	14,5	12,9	5,458	52,3%
<i>Inga marginata</i>	8,1	6,5	0,491	77,3%
<i>Myrsine coriacea</i>	10,5	11,5	2,039	31,9%
<i>Schizolobium parahyba</i>	9,8	8,5	1,054	56,8%
<i>Senna multijuga</i>	11,2	9,3	0,673	89,8%
Total	11,7	10,8	12,057	62,0%

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; HT = altura total, em metros; N = densidade, em árvores por hectare; G = área basal, em metros quadrados por hectare; HT *I. edulis* = altura total da espécie *Inga edulis*.

A proporção inicial de *Inga edulis* e de *Senna multijuga* era de 16,7% no tratamento 1, aumentando gradualmente pelos tratamentos 2 e 3, até atingir o valor de 33,3% no tratamento 4. *Inga edulis* apresentou as maiores médias de altura e diâmetro, enquanto *Senna multijuga* apresentou a maior mortalidade. Dessa forma, é natural que maiores densidades de *Inga edulis* apresentem maiores médias de DAP e altura total. Da mesma forma, é natural que maiores proporções da espécie que apresentou a maior mortalidade gerem menor densidade e menor área basal.

As espécies não apresentaram crescimento diferenciado entre os tratamentos (Tabela 3). Esse comportamento significa que as diferenças observadas na tabela 1 não decorrem de variações na competição, que teriam gerado maior ou menor crescimento individual, mas sim das diferentes arquiteturas e graus de adaptação apresentados pelas espécies. Dessa forma, tratamentos com maior proporção de *Inga edulis*, que apresentou o maior crescimento, geraram maiores médias de altura e diâmetro (Tabela 1).

Tabela 3. Médias de altura total (m) das espécies plantadas por tratamento em experimento de restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina, Paraná.

Tratamento	S. <i>multijuga</i>	M. <i>coriacea</i>	S. <i>parahyba</i>	I. <i>marginata</i>	I. <i>edulis</i>	C. <i>myrianthum</i>
1	7,79 a	11,38 a	8,39 a	6,95 a	11,72 a	10,47 a
2	9,36 a	11,87 a	8,32 a	6,69 a	13,59 a	10,16 a
3	9,90 a	11,37 a	8,72 a	6,45 a	13,24 a	11,86 a
4	9,24 a	12,15 a	8,59 a	6,40 a	12,65 a	11,76 a
Média geral	9,09	11,61	8,49	6,63	12,85	10,79

Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey  $p > 0,05$ ).