

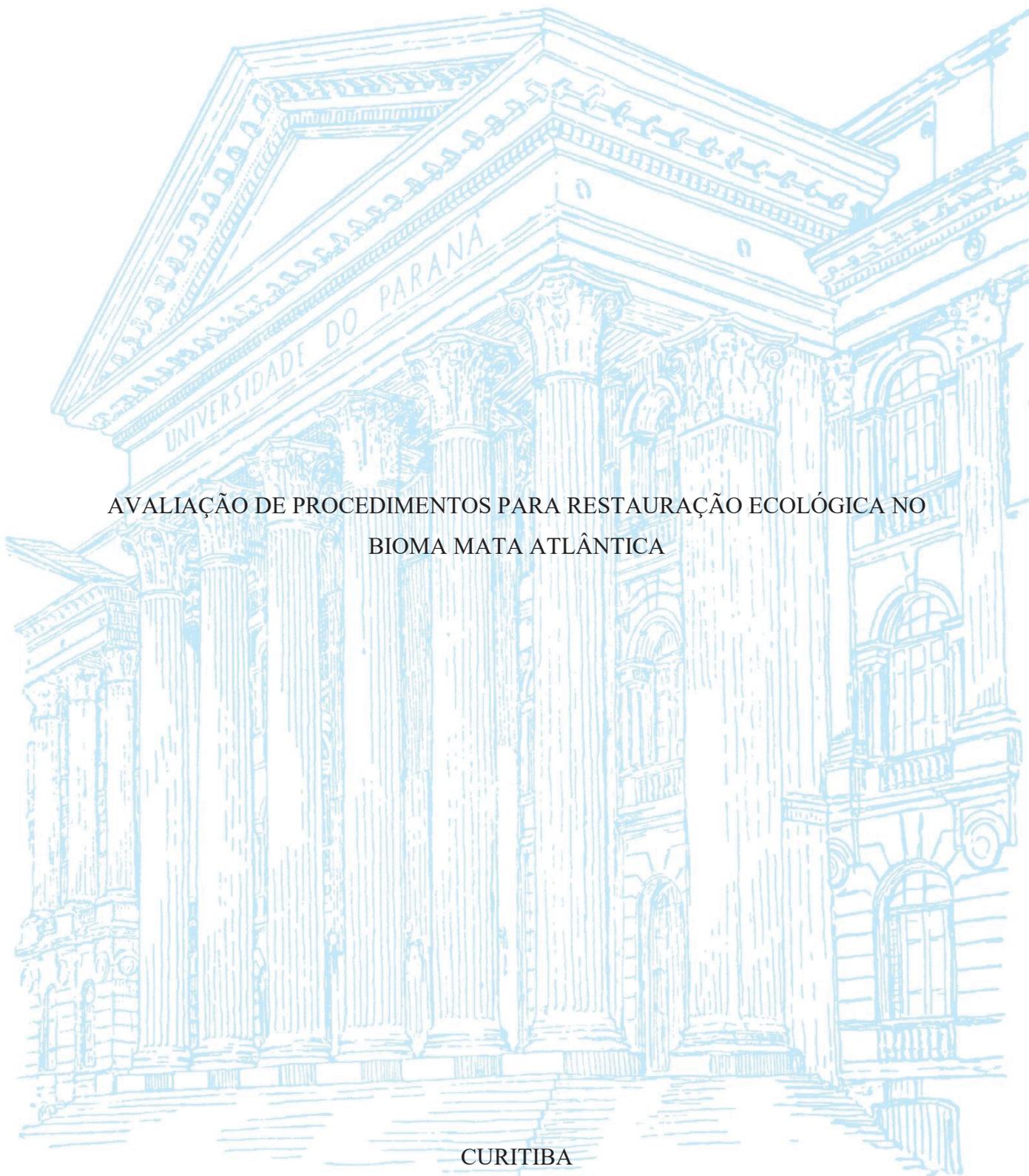
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CHAIANE RODRIGUES SCHNEIDER

AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO
BIOMA MATA ATLÂNTICA

CURITIBA

2023



CHAIANE RODRIGUES SCHNEIDER

AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO
BIOMA MATA ATLÂNTICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção de título de “Doutora em Engenharia Florestal”.

Orientador:

Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientadores:

Prof. Dr. Alexandre Behling

Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Prof. Dr. Román Carlos Ríos

CURITIBA

2023

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

Schneider, Chaiane Rodrigues

Avaliação de procedimentos para restauração ecológica no bioma Mata Atlântica / Chaiane Rodrigues Schneider. - Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Behling

Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Prof. Dr. Román Carlos Ríos

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 24/04/2023.

1. Recuperação ecológica. 2. Recuperação ecológica - Mata Atlântica. 3. Recuperação ecológica - Paraná. 4. Sucessão ecológica. 5. Degradação ambiental. 6. Indicadores ambientais. 7. Monitorização ambiental. I. Angelo, Alessandro Camargo. II. Behling, Alexandre. III. Blum, Christopher Thomas. IV. Ríos, Román Carlos. V. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. VI. Título.

CDD - 634.9

333.72

CDU - 634.0.25

634.0.25(816.2)

Bibliotecária: Marilene do Rocio Veiga – CRB9/424



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001018015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de CHAIANE RODRIGUES SCHNEIDER intitulada: **AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO BIOMA MATA ATLÂNTICA**, sob orientação do Prof. Dr. ALESSANDRO CAMARGO ANGELO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora 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, 24 de Abril de 2023.

Assinatura Eletrônica

26/04/2023 16:48:51.0

ALESSANDRO CAMARGO ANGELO
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

30/04/2023 08:24:39.0

IVAN CRESPO SILVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/04/2023 10:48:27.0

LUIZ FERNANDES SILVA DIONISIO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO
TOCANTINA DO MARANHÃO)

Assinatura Eletrônica

25/04/2023 10:56:03.0

ROSIMERI DE OLIVEIRA FRAGOSO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA)

Assinatura Eletrônica

26/04/2023 14:12:46.0

KAREN KOCH FERNANDES DE SOUZA

Avaliador Externo (CEEP NEWTON FREIRE MAIA (SEED-PR))

Avenida Lothário Meissner, 632 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80210-170 - Tel: (41) 3360-4212 - E-mail: pgfloresta@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 278718

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 278718

Dedico...

As guerreiras mãe e irmã.

Ao catequista Ivo Arens e o “povo do céu”.

As famílias agricultoras e restauradores florestais.

A SPVS e APREMAVI.

Aos colaboradores da Estação Experimental Fazenda Canguiri.

Aos sábios pesquisadores e colaboradores da ciência florestal.

Ao motivado orientador e nossa eterna equipe dos “nénes”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, luz presente em minha vida, agradeço pela benção da determinação.

A minha mãe Osvaldina Rodrigues por assegurar firmemente sua confiança durante os momentos mais difíceis desta jornada, minha irmã Shérly Rodrigues Schneider pelo apoio em mim depositadas para desenvolvimento das atividades, ao meu eterno catequista Ivo Arens, o amigo que se tornou um pai nas dificuldades e desafios a serem enfrentados. E ao Dalton Henrique Angelo, que na reta final desta caminhada se tornou um grande torcedor na concretização deste sonho.

A meu orientador prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo pela preocupação com meu desenvolvimento humano e profissional para melhor formação de uma personalidade crítica, científica e transformadora da sociedade.

Aos coorientadores Profs. Drs. Alexandre Behling, Christopher Thomas Blum, e Román Carlos Ríos, pelo apoio como comitê presente do campo ao laboratório, auxiliando na escolha metodológica, dispostos a discussões e adaptações das ideias que emergiram, em especial ao prof. Behling pelas considerações e constante dedicação em desenvolver as melhores análises para este trabalho.

Aos pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Edinelson Jose Maciel Neves e Antonio Aparecido Carpanezi, pela confiança em oportunizar esta singularidade de estudo no experimento por eles projetados, e ao Pesquisador Itamar Antonio Bognola, pela disposição no conhecimento podológico da área de pesquisa. A todos vocês, pela ciência e experiência transmitidas.

A Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS, ao Clóvis Borges e todos os demais colaboradores Reginaldo Antunes Ferreira, João Carlos Rodrigues Pontes e sua esposa Dona Lurdes dos Santos Pontes, Antônio da Veiga (Toninho), Fernando, Jandir, Vandir, que embora sejam grandes as dificuldades de nossa época, permaneceram em seus interesses primordiais e prestaram o máximo auxílio possível a toda nossa equipe para as coletas de dados e gestão das atividades.

Aos amigos acadêmicos de longa data, Gustavo Silva Oliveira, Maycon Thuan Saturnino da Silva, Joseane da Rocha, Edilaine Duarte, pelo companheirismo e participação dos momentos de altos e baixos decorridos da pós-graduação.

Aos amigos conquistados nos corredores da Universidade Federal do Paraná, Alexandre Dal Forno Mastella, Anna Claudia Fischer, Mirella Basileu, Jorge Danilo Zea Camaño, Adriane Avelhaneda Mallmann, Clebson Cerqueira, Isabelle Mesadri Gewehr, Ana

Carolina Coelho Schimaleski, Ana Beatriz Barbosa, Yuri Marlon Strzeleski Wodzik, Eduardo Abilhoa Mattar, Viviane Palma, a todos vocês pelo companheirismo e reciprocidade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudos que vigorou durante todo período da pós-graduação.

Agradeço ainda, o Laboratório de Sementes Florestais (LASF), o Laboratório de Manejo Florestal (LMF), Laboratório de Ecologia Florestal (LECOF) e, ao Laboratório de Ecofisiologia Florestal (LEF), e todos seus pesquisadores.

Incluindo os amigos e professores já citados, gostaria de expressar uma singela homenagem a todos que se dispuseram a participar das coletas de campo, análises de laboratório, reuniões, discussões, por toda dedicação e visão das possibilidades de fazer mais e juntos. Todos sempre temos o que contribuir com nosso pequeno ou grande esforço. Parabéns a todos:

Adriane Avelhaneda Mallmann

Ana Ceccon

Hiago Adamosky Machado

Inti de Souza

Isabella Kern Erzinger

Konrado Broetto Cruz

Leonardo Gustavo Rogal

Rainier Gustavo Antoniuk Bonato

Rafael Grazeke de Oliveira

Rodrigo Trompczynski Dall’Agnol

Sarah Domingues dos Santos

Yuri Marlon Strzeleski Wodzik

Agradeço imensamente a todos vocês, principalmente diante de tantos obstáculos e dificuldades que nos foram impostos, com a desvalorização da educação Brasileira, do ensino, da pesquisa e da extensão, tripé trivial das atividades universitárias, simultaneamente a Pandemia Mundial causada pela COVID-19. Tenho certeza de que este percurso que caminhamos se fará essencial para a vida das futuras gerações. Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

Chaiane Rodrigues Schneider, filha de Osvaldina Rodrigues, nascida em Maravilha – SC em 24 de julho de 1991. Trabalhou na empresa familiar de 2005 a 2008 e ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) em fevereiro de 2009. A partir de 2011 foi bolsista de iniciação científica no Laboratório de Manejo Florestal, atuando na avaliação de métodos de Inventário Florestal e no levantamento de informações da dinâmica de florestas nativas com alto valor de conservação. Em julho de 2013, iniciou estágio obrigatório no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), atuando na área de restauração ecológica de áreas mineradas pela Petrobrás, com uso da bioengenharia e avaliação de patente (*Coneplant*). Concluiu o curso de graduação, formando-se em fevereiro de 2014. No mesmo ano, contratada como Agente de Pastorais na Paróquia Nossa Senhora de Lourdes de Cunha Porã – SC atuou, dentre várias atividades, no acompanhamento de comunidades de agricultura familiar. Em fevereiro de 2016 iniciou o mestrado no programa de pós-graduação da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), no Laboratório de Silvicultura e restauração ecológica (LABSIRF), na linha pesquisa de Ecologia de Espécies Florestais e Ecossistemas Associados, atuando na avaliação do uso de Biomontes (*Biodeposits*) para restauração de áreas ciliares em empresa do setor florestal. No mês de março de 2018 ingressou no programa de pós-graduação em Engenharia Florestal no nível de doutorado da Universidade Federal do Paraná – UFPR, no Laboratório de Ecofisiologia Florestal (LEF), seguindo a temática de restauração na linha de pesquisa de Silvicultura Florestal, adicionou práticas e conhecimentos na aplicação de diferentes métodos e técnicas da restauração de florestas com idades distintas, em formações originalmente Ombrófilas Mistas e Densas, na qual faz parte esta tese. Trabalhou na programação de atividades de campo com diferentes equipes; planejamento e execução de projetos de curto à longo prazo; análise de alternativas para organizações públicas e privadas do setor florestal, principalmente voltados à avaliação e monitoramento de áreas socioecológicas, conservação e, socioeconômicas de exploração sustentável. No ano de 2022, por meio de processo seletivo, ingressou na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), como professora substituta das disciplinas de Dendrometria, Ecologia Florestal, Biologia da Conservação, Manejo de Florestas Plantadas, atuando também nas disciplinas de Meteorologia e Climatologia Florestal, Silvicultura Tropical e Introdução à Engenharia Florestal.

“Motirõ”?

(Tupi-guarani, para "reunião de pessoas para colher ou construir algo juntos, uns ajudando os outros")

RESUMO

O avanço das atividades relacionadas ao desmatamento das florestas, de forma específica, tem contribuído para cenários ambientais cada vez mais prejudiciais para a sociedade atual. Crises hídricas, aumento de pragas e doenças, empobrecimento social, êxodo rural, desnutrição e mudanças climáticas, são algumas citações que se pode dar referência. Na tentativa de mitigar esses efeitos, são realizados acordos internacionais no âmbito de uma infraestrutura socioeconômica e ambiental mais sustentável. Isso é possível reabilitando as funções ecológicas dos ecossistemas e a identidade ecológica da sociedade. Por esta razão, o objetivo deste estudo foi avaliar a evolução de plantios de restauração ecológica, com diferentes idades e fitofisionomias do bioma Mata Atlântica, para obter informações que norteiam a definição de estratégias de monitoramento dos processos sucessionais envolvidos. Localizadas no estado do Paraná, as áreas são geologicamente separadas pela Serra do Mar, originalmente de fitofisionomias Ombrófila Mista e Densa, com idades entre 10 e 17 anos, das quais são formadas por plantios homogêneos de *Mimosa scabrella*, sob distintas intensidades de práticas silviculturais, e plantios heterogêneos com 10 espécies arbóreas sob diferentes proporções, respectivamente. São áreas protegidas por lei e sofreram disparidade de impactos devido às atividades anteriormente aplicadas, como, por exemplo, atividade agropecuária, e treinamentos para operadores de máquinas e implementos agrícolas. As avaliações realizadas, por meio de dados quantitativos, semiquantitativos e qualitativos, compõem uma abordagem sobre as respostas silviculturais das espécies plantadas e sobre os efeitos na composição florística e na estrutura fitossociológica da regeneração natural. No que se refere à regeneração natural, os indicadores utilizados foram determinados com base em estudos conduzidos nos últimos 10 anos e, com o intuito de fornecer atratividade para efetivação dos monitoramentos, o estudo apresenta uma proposta de “Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas (AZE)”, onde o levantamento da regeneração ocorre sob a copa das espécies de maior desenvolvimento na restauração. Os resultados foram positivos para o desenvolvimento das espécies plantadas e para a evolução do processo sucessional com base na regeneração natural. Na Ombrófila Mista, as distintas práticas silviculturais aplicadas causaram efeito na altura e sobrevivência da *M. scabrella*, e conseqüentemente na regeneração, marcada pela *M. coriaceae*, *Allophylus edulis*, *Jacaranda puberula* e *Schinus terebinthifolia*. Na Floresta Ombrófila Densa, os plantios foram caracterizados pela heterogeneidade fenotípica e resposta silvicultural das espécies inseridas sob mesma proporção de plantio, com destaque para *Alchornea glandulosa*, *Inga edulis* e *Myrsine coriacea*. No entanto, o efeito da proporção não foi observado na regeneração natural, representada pelas arbóreas *Matayba guianensis*, *Nectandra membranacea* e as arbustivas *Psychotria nuda* e *P. suterella*. Adicionalmente, a composição florística e a estrutura fitossociológica da regeneração foram influenciadas pelas características dendrométricas da espécie de cobertura e pelas características ambientais que foram mais heterogêneas na Ombrófila Densa e mais homogêneas na Ombrófila Mista. Conclui-se que os procedimentos aplicados nas áreas tiveram efeito positivo, podendo, portanto, ser replicadas em áreas de tipologia e graus de perturbação antrópica semelhantes. A proposta de Monitoramento AZE, deve ser testada em diferentes ecossistemas e dimensões das áreas em restauração, pois se mostrou adequada para os levantamentos abordados.

Palavras-chave: Silvicultura da restauração; Ecologia da restauração; Indicadores ecológicos; Monitoramento ecológico/florestal; Práticas silviculturais.

ABSTRACT

The advance of activities related to the deforestation of forests, in a specific way, has contributed to increasingly harmful environmental scenarios for today's society. Water crises, increase in pests and diseases, social impoverishment, rural exodus, malnutrition and climate change, are some quotes that can be referenced. In an attempt to mitigate these effects, international agreements are made within the scope of a more sustainable socioeconomic and environmental infrastructure. This is possible by rehabilitating the ecological functions of ecosystems and the ecological identity of society. For this reason, the objective of this study was to evaluate the evolution of ecological restoration plantations, with different ages and phytophysiognomies of the Atlantic Forest biome, to obtain information that guides the definition of strategies for monitoring the successional processes involved. Located in the state of Paraná, the areas are geologically separated by the Serra do Mar, originally of Mixed and Dense Ombrophilous Forest, aged between 10 and 17 years, which are formed by homogeneous plantations of *Mimosa scabrella*, under different intensities of silvicultural practices, and heterogeneous plantations with 10 tree species in different proportions, respectively. These are areas protected by law and have suffered disparity in impacts due to previously applied activities, such as, for example, agricultural activity, and training for operators of agricultural machines and implements. The evaluations carried out, using quantitative, semi-quantitative and qualitative data, form an approach on the silvicultural responses of the planted species and on the effects on the floristic composition and on the phytosociological structure of natural regeneration. With regard to natural regeneration, the indicators used were determined based on studies carried out in the last 10 years and, in order to provide attractiveness for carrying out the monitoring, the study presents a proposal for "Monitoring Arboreal-Shrubs by Ecological Zones (AZE)", where the survey of regeneration takes place under the canopy of species with greater development in the restoration. The results were positive for the development of planted species and for the evolution of the successional process based on natural regeneration. In Mixed Ombrophilous, the different silvicultural practices applied had an effect on the height and survival of *M. scabrella*, and consequently on regeneration, marked by *M. coriacea*, *Allophylus edulis*, *Jacaranda puberula* and *Schinus terebinthifolia*. In the Dense Ombrophylous Forest, the plantations were characterized by phenotypic heterogeneity and silvicultural response of the species inserted under the same plantation proportion, with emphasis on *Alchornea glandulosa*, *Inga edulis* and *Myrsine coriacea*. However, the effect of proportion was not observed in natural regeneration, represented by the trees *Matayba guianensis*, *Nectandra membranacea* and the shrubs *Psychotria nuda* and *P. suterella*. Additionally, the floristic composition and the phytosociological structure of the regeneration were influenced by the dendrometric characteristics of the cover species and by the environmental characteristics that were more heterogeneous in the Ombrophylous Densa and more homogeneous in the Ombrophylous Mixta. It is concluded that the procedures applied in the areas had a positive effect and could therefore be replicated in areas with similar types and degrees of anthropic disturbance. The AZE Monitoring proposal must be tested in different ecosystems and dimensions of areas under restoration, as it proved to be adequate for the surveys addressed.

Keywords: Restoration forestry. Restoration ecology. Ecological indicators. Forest monitoring. Forest maintenance.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	FLUXOGRAMA GERAL DE ATIVIDADES PARA ATENDER O OBJETIVO CENTRAL DA TESE.	29
FIGURA 2 –	FLUXOGRAMA LINEAR DO LEVANTAMENTO DE ARTIGOS COM BASE NO OBJETO DE BUSCA, PRESSUPOSTOS, PALAVRAS-CHAVE E TERMOS ASSOCIADOS	38
FIGURA 3 –	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA (A) E MODALIDADE DE PROTEÇÃO (B) TRATADO NOS ARTIGOS SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO BIOMA MATA ATLÂNTICA NOS ÚLTIMOS 10 ANOS.....	42
FIGURA 4 –	IDADE (A), HISTÓRICO (B) E FITOFISIONOMIA (C) DAS ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA	42
FIGURA 5 –	PRÁTICAS SILVICULTURAIS (A) E ANÁLISES DOS MONITORAMENTOS (B) APLICADOS À RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA	43
FIGURA 6 –	ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA	44
FIGURA 7 –	LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO RESERVA PARTICULAR DE PATRIMÔNIO NATURAL (RPPN) (AE1) E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) (AE2).....	56
FIGURA 8 –	MAPA TEMÁTICO DO NDVI OBTIDOS PARA OS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO DA RPPN RESERVA NATURAL GUARICICA.....	58
FIGURA 9 –	VALORES DE NDVI OBTIDOS PARA OS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO DA RPPN RESERVA NATURAL GUARICICA	58
FIGURA 10 –	MAPA TEMÁTICO DO NDVI, NOS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO NA APA REPRESA DO IRAÍ, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA CANGUIRI	59
FIGURA 11 –	VALORES DE NDVI, NOS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO NA APA REPRESA DO IRAÍ, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA CANGUIRI	59
FIGURA 12 –	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA RESERVA NATURAL GUARICICA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS PARANÁ, BRASIL.....	68
FIGURA 13 –	ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES NO COMPORTAMENTO DAS 10 ESPÉCIES, PARA A COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES (CV1): DIÂMETRO MÉDIO (DM), ALTURA COMERCIAL (HL) E ALTURA TOTAL (HT), AS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE	71
FIGURA 14 –	ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES NO COMPORTAMENTO DAS 10 ESPÉCIES PARA A COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTRATIFICAÇÃO (CV2): POSIÇÃO	

	SOCIOLÓGICA (PS) E LUMINOSIDADE DA COPA (LC), AS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE.....	73
FIGURA 15 –	ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES PARA O COMPORTAMENTO DAS 10 ESPÉCIES PARA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS QUALIDADES (CV3) - QUALIDADE DO FUSTE (QF), SANIDADE DO FUSTE (SF) E QUALIDADE DA COPA (QC), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE.....	74
FIGURA 16 –	EXPRESSÃO DA PAISAGEM PARA A VEGETAÇÃO NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS IDENTIFICADAS COMO PISCINAS E TAQUARAL, EM PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO SOB A (IGUAL) E B (DESIGUAL) PROPORÇÃO MUDAS POR ESPÉCIE FACILITADORA.....	85
FIGURA 17 –	ESQUEMA ILUSTRATIVO PARA A COLETA DA PERCENTAGEM DE COBERTURA DE EPÍFITAS E DE TAQUARAS.....	86
FIGURA 18 –	ANÁLISE DE DISCRIMINANTES DA COBERTURA DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPi-F): FUSTE INFERIOR (FI), FUSTE MÉDIO (FM), FUSTE SUPERIOR (FS), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO.....	89
FIGURA 19 –	ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES PARA COBERTURA DE TAQUARAS (TAq): NO FUSTE (TF), NA COPA (TC) PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO.....	90
FIGURA 20 –	PRESENÇA E AUSÊNCIA DA COBERTURA DE EPÍFITAS E TAQUARAS SOB AS CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO, PARA ESPÉCIES PLANTADAS NAS PROPORÇÕES DE PLANTIO A E B, PARA AS CONDIÇÕES TAQUARAL (T) E PISCINAS (P).....	91
FIGURA 21 –	COBERTURA DE EPÍFITAS (A) E TAQUARAS (B) DO GÊNERO <i>Merostachys</i> spp. EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA PLANÍCIE LITORÂNEA.....	92
FIGURA 22 –	MONITORAMENTO AZE APLICADO PARA LEVANTAMENTO DA REGENERAÇÃO NATURAL SOB A COPA DE <i>A. Glandulosa</i> E <i>I. edulis</i>	104
FIGURA 23 –	ANÁLISE DE DISCRIMINANTES DOS 12 TRATAMENTOS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES.....	108
FIGURA 24 –	DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL DOS REGENERANTES NAS CLASSES DE DIÂMETRO DAS ÁRVORES DE COBERTURA NAS CONDIÇÕES PISCINAS (A) E TAQUARAL (B) SOB COPAS DE <i>A. glandulosa</i> e <i>I. edulis</i>	109
FIGURA 25 –	DISTRIBUIÇÃO DOS REGENERANTES POR HECTARE NAS CLASSES DE DIÂMETRO DAS ESPÉCIES DE COBERTURA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO.....	110

FIGURA 26 –	CURVAS DE RAREFAÇÃO PARA RIQUEZA DE ESPÉCIES AMOSTRADAS PARA O NÚMERO DE ÁRVORES DE COBERTURA/UNIDADES AMOSTRAIS	110
FIGURA 27 –	ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) OBTIDO PELA DISSIMILARIDADE DE BRAY-CURTIS, PARA COMPARAÇÃO FLORÍSTICA DOS REGENERANTES SOB AS COPAS DE <i>Inga edulis</i> E <i>Alchornea glandulosa</i>	113
FIGURA 28 –	ESTRATIFICAÇÃO DAS 10 ESPÉCIES DE MAIOR DESTAQUE NO LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO SOB COPAS DE <i>Alchornea glandulosa</i> E <i>Inga edulis</i>	117
FIGURA 29 –	DENSIDADE MÍNIMA E MÁXIMA POR HECTARE OBTIDA PARA AS 5 ESPÉCIES DE MAIOR DESTAQUE NA ESTRATIFICAÇÃO SOB COPAS DE <i>Alchornea glandulosa</i> E <i>Inga edulis</i> , NAS CONDIÇÕES PISCINAS E TAQUARAL	118
FIGURA 30 –	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA CANGUIRI, E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO IRAÍ, EM PINHAIS PARANÁ	131
FIGURA 31 –	MONITORAMENTO AZE APLICADO PARA LEVANTAMENTO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	135
FIGURA 32 –	DISPERSÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS COLETADAS PARA AS ÁRVORES DE <i>M. scabrella</i> EM PLANTIO DE RESTAURAÇÃO SOB DISTINTAS INTENSIDADE DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS	138
FIGURA 33 –	CENTROIDES PARA CADA FUNÇÃO E TRATAMENTO OBTIDO NA ANÁLISE DE DISCRIMINANTES DOS 6 TRATAMENTOS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES	139
FIGURA 34 –	DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL DOS REGENERANTES NAS CLASSES DE DIÂMETRO DA <i>M. scabrella</i> , PARA OS BLOCOS DE MAIOR E MENOR MANUTENÇÃO	140
FIGURA 35 –	DISTRIBUIÇÃO DOS REGENERANTES POR HECTARE NAS CLASSES DE DIÂMETRO DA <i>M. scabrella</i> , EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO ...	140
FIGURA 36 –	CURVAS DE RAREFAÇÃO PARA RIQUEZA DE ESPÉCIES AMOSTRADAS PARA O NÚMERO DE ÁRVORES DE COBERTURA/UNIDADES AMOSTRAIS	141
FIGURA 37 –	ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) OBTIDO PELA DISSIMILARIDADE DE BRAY-CURTIS, PARA ESTRUTURA FLORÍSTICA DOS REGENERANTES SOB AS COPAS DE <i>M. scabrella</i>	145
FIGURA 38 –	ESTRATIFICAÇÃO DAS 5 ESPÉCIES REGENERANTES DE MAIOR DESTAQUE SOB COPAS DE <i>M. scabrella</i> NOS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM) INTENSIDADE DE MANEJO DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS	147

FIGURA 39 – DENSIDADE MÍNIMA E MÁXIMA POR HECTARE OBTIDA PARA AS 5 ESPÉCIES DE MAIOR DESTAQUE NA ESTRATIFICAÇÃO SOB COPAS DE <i>M. scabrella</i> NOS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM) INTENSIDADE DE MANEJO DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS	148
FIGURA 40 – ESQUEMA ILUSTRATIVO SOBRE O MONITORAMENTO AZE, POR MEIO DAS ZONAS ECOLÓGICAS (ZE) E DOS QUADRANTES (Q) DISPOSTOS NAS DIREÇÕES NORTE (N), SUL (S), LESTE (L) E OESTE (O).....	169
FIGURA 41 – FLUXOGRAMA DE ANÁLISES DA REGENERAÇÃO NATURAL REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E DA PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE	171
FIGURA 42 – CROQUI DE ACESSO ÀS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA RESERVA NATURAL GUARICICA	177
FIGURA 43 – EXEMPLO DE FICHA DE CAMPO PARA LEVANTAMENTO DA REGENERAÇÃO NATURAL PELA PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE.....	178

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – ESPÉCIES UTILIZADAS EM RESTAURAÇÕES FLORESTAIS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA, DESTACADAS EM MAIS DE UM ARTIGO CIENTÍFICO..... 45
- TABELA 2 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA NA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS (CV), DAS DIMENSÕES (CV1), DA ESTRATIFICAÇÃO (CV2) E DAS QUALIDADES (CV3), PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy}) 70
- TABELA 3 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F), DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC); E MATRIZ DE ESTRUTURAS (ME), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE, A PARTIR DA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES (VC1) – DIÂMETRO MÉDIO (DM), ALTURA COMERCIAL (HL) E ALTURA TOTAL (HT) 71
- TABELA 4 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F), DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC); E MATRIZ DE ESTRUTURAS (ME), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE, A PARTIR DA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA ESTRATIFICAÇÃO (CV2) – POSIÇÃO SOCIOLÓGICA (PS) E LUMINOSIDADE (LC)..... 72
- TABELA 5 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F), DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC); E MATRIZ DE ESTRUTURAS (ME), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE, A PARTIR DA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS QUALIDADES (CV3) – QUALIDADE DO FUSTE (QF), SANIDADE DO FUSTE (SF), QUALIDADE DA COPA (QC)..... 74
- TABELA 6 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA PARA COBERTURAS (C) DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPi-F), DE EPÍFITAS NA COPA (EPi-C), E DE TAQUARAS (TAq), PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})..... 87
- TABELA 7 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES (F) DISCRIMINANTES A PARTIR DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC) E MATRIZ DE ESTRUTURAS, NA COBERTURA DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPi-F): SUPERIOR (FS), MÉDIO (FM), INFERIOR (FI); E DE EPÍFITAS NA COPA (EPi-C): INFERIOR (CI), EXTERIOR (CE), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO 88
- TABELA 8 – CENTROIDES DO GRUPO PARA CADA FUNÇÃO E ESPÉCIE, PARA COBERTURA DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPi-F) E DE EPÍFITAS NA COPA (EPi-C), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO 89

TABELA 9 –	DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES A PARTIR DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%) E CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC), MATRIZ DE ESTRUTURAS PARA CORRELAÇÃO, PARA COBERTURA DE TAQUARAS (CV6): NO FUSTE (TF) E NA COPA (TC), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO	90
TABELA 10 –	LIMITES INFERIORES (LI) E SUPERIORES (LS) DAS CLASSES DE DIÂMETRO (DAP) E ALTURA PARA SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE COBERTURA NAS PROPORÇÕES (P) E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS (CAM) DAS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO	105
TABELA 11 –	RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA PARA TRATAMENTOS, PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})	107
TABELA 12 –	DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F) E DA MATRIZ DE ESTRUTURAS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES	107
TABELA 13 –	ESPÉCIES IDENTIFICADAS (NI) SOB AS COPAS DAS ESPÉCIES DE COBERTURA <i>A. glandulosa</i> , E <i>I. edulis</i> EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS.....	111
TABELA 14 –	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE ORIGEM (O), BIOMA (BIO), GRUPO ECOLÓGICO (GE), FORMA DE VIDA (FV) E SÍNDROME DE DISPERSÃO (SD), NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES REGENERANTES IDENTIFICADAS (NI) SOB AS COPAS DAS ESPÉCIES DE COBERTURA (EC): <i>A. glandulosa</i> (T), E <i>I. edulis</i> (I), EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS	112
TABELA 15 –	ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') E EQUABILIDADE E PIELOU (J'), NAS FORMAS DE VIDA ARBÓREA (ARB) E ARBUSTIVA (ARU) PARA OS REGENERANTES SOB AS COPAS DE <i>A. glandulosa</i> E <i>I. edulis</i>	114
TABELA 16 –	ESTRUTURA HORIZONTAL PARA DENSIDADE POR HECTARE (DA), FREQUÊNCIA (FA) E VALOR RELATIVO DE IMPORTÂNCIA (VR), DAS 10 ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS SOB AS COPAS DE <i>A. glandulosa</i> E <i>I. edulis</i> , E DAS 5 MAIS REPRESENTATIVAS NAS CONDIÇÕES TAQUARAL E PISCINAS.....	115
TABELA 17 –	ESTRUTURA VERTICAL PARA POSIÇÃO SOCIOLÓGICA ABSOLUTA (PSA) E RELATIVA (PSR) DOS ESTRATOS AVALIADOS, DAS 10 ESPÉCIES REGENERANTES MAIS REPRESENTATIVAS SOB AS COPAS DE <i>A. glandulosa</i> E <i>I. edulis</i>	116
TABELA 18 –	LIMITES INFERIORES (LI) E SUPERIORES (LS) DAS CLASSES DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) PARA SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE COBERTURA NAS DISTINTAS INTENSIDADES DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS APLICADAS NAS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO	134

TABELA 19 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA, DE VARIÂNCIA E SOBREVIVÊNCIA OBTIDAS NOS PLANTIOS DE <i>M. scabrella</i> PARA OS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM) INTENSIDADE DE MANEJO NAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS	137
TABELA 20 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA PARA OS TRATAMENTOS, PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})	138
TABELA 21 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F) E DA MATRIZ DE ESTRUTURAS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HT _m) DOS REGENERANTES.....	138
TABELA 22 – ESPÉCIES IDENTIFICADAS (NI) SOB AS COPAS DE <i>M. scabrella</i> EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	141
TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE ORIGEM (O), BIOMA (BIO), GRUPO ECOLÓGICO (GE), FORMA DE VIDA (FV) E SÍNDROME DE DISPERSÃO (SD), DAS ESPÉCIES REGENERANTES SOB AS COPAS DE <i>M. scabrella</i>	143
TABELA 24 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') E EQUABILIDADE DE PIELOU (J), PARA AS ARBÓREAS (ARB) E ARBUSTIVAS (ARU) DOS REGENERANTES SOB AS COPAS DE <i>M. scabrella</i>	145
TABELA 25 – FITOSSOCIOLOGIA OBTIDA PARA ESTRUTURA HORIZONTAL E VERTICAL DAS 10 ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS SOB AS COPAS DE <i>M. scabrella</i> NAS DISTINTAS INTENSIDADES DE MANEJO DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS	146

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ARTIGOS CIENTÍFICOS SELECIONADOS PARA ANÁLISE.....	39
QUADRO 2 – IDENTIFICAÇÃO (NI) DAS ESPÉCIES PLANTADAS SOB AS DISTINTAS PROPORÇÕES DE ÁRVORES (A IGUAL E B DESIGUAL) NOS TALHÕES FACILITADORES (TS) E SUA CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO GRUPO ECOLÓGICO (GE); PIONEIRA (Pi), SECUNDÁRIA INICIAL (Si).....	69
QUADRO 3 – DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS COLETADA E AGRUPADA EM CADA COMBINAÇÃO DE VARIÁVEIS (CV) PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA	69
QUADRO 4 – CONSTRUÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA ANÁLISE DOS EFEITOS SOBRE O NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ESPÉCIES E ALTURA TOTAL MÉDIA DOS RENEGERANTES	105
QUADRO 5 – DESCRIÇÃO DAS AVALIAÇÕES REALIZADAS PARA A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DA REGENERAÇÃO NATURAL.....	106
QUADRO 6 – DESCRIÇÃO DA INTENSIDADE (I) DE MANEJO NAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS APLICADAS NOS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM), DURANTE OITO ANOS DE RESTAURAÇÃO	133
QUADRO 7 – CONSTRUÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA ANÁLISE DOS EFEITOS SOBRE O NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ESPÉCIES E ALTURA TOTAL MÉDIA DOS RENEGERANTES.....	135
QUADRO 8 – PERGUNTAS PARA OS ESTUDOS DOS CAPÍTULOS ANTERIORES.	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	– Agricultura
A	– Tratamento de iguais proporções de espécies
A+AI	– Agropecuária e arbóreas invasoras
A+B	– Alta e baixa diversidade de espécies
AB	– Base
AC	– Cobertura
AD	– Alta diversidade
AE	– Área de transição
AE1	– Área de estudo 1
AE2	– Área de estudo 2
AF	– Análise foliar
AI+P	– Arbóreas invasoras e pecuária
AM	– Análises multivariadas
ANA	– Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANOVA	– Análise de Variância
AP	– Agropecuária
AP+Q	– Agropecuária e queimadas
APA	– Área de Proteção Ambiental
APP's	– Áreas de Preservação Permanente
ArcGIS	– <i>Geographic Information System</i>
ARIE	– Area de relevante interesse ecológico
AS	– Análise de solo
ASA	– Aspecto socioambiental
AU	– Autovalores
AV	– Verde
B	– Tratamento B
BD	– Baixa diversidade
Bio	– Biomassa
BS	– Banco de sementes
C	– Conjunto de estratégias
CA	– Campos de altitude
CAI	– Controle de arbóreas invasoras

CAP	– Circunferência à altura do peito
CAPES	– Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	– Correlação canônica
CE	– Copa exterior
CF	– Combate a formigas
CI	– Copa interior
CN	– Campos nativos
Cus	– Custos
CV	– Combinação de variáveis
DAP	– Diâmetro à altura do peito
DBC	– Delineamento de blocos casualizados
D-Co	– Controle coroamento manual
Di	– Diversidade
DM	– Diâmetro médio
D-M+Me	– Controle manual e mecanizado
D-Me	– Controle mecanizado
D-Q	– Controle químico
EC	– Estação ecológica
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI-C	– Cobertura de epífitas na copa
EPI-F	– Cobertura de epífitas no fuste
Eq	– Equabilidade
Es	– Análise de estratificação
F	– Funções discriminantes
FAO	– <i>Food and Agriculture Organization</i>
FE	– Floresta estadual
FED	– Floresta estacional decídua
Fen	– Fenologia
FES	– Floresta estacional semidecídua
FF	– Floresta fluvial
FI	– Cobertura epífitas no fuste inferior (%).
Fito	– Fitossociologia
FM	– Cobertura epífitas no fuste médio (%)
FN	– Floresta nacional

FOD	– Floresta ombrófila densa
FOM	– Floresta ombrófila mista
FR	– Floresta de restinga
FS	– Cobertura epífitas no fuste superior (%)
G+AI	– Gramíneas e arbóreas invasoras
GF	– Grupos funcionais
GPS	– <i>Global Positioning System</i>
GS	– Estágio sucessional
H	– Hidrogel
HL	– Altura comercial
HT	– Altura total
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM-SPSS	– <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
ID	– Índices de dispersão
Isso	– Isolamento dos fatores degradantes
ITPS	– Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe
ITR	– Imposto Territorial Rural
L	– Leste
LANDSAT	– <i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LC	– Luminosidade da copa
LiDAR	– <i>Light Detection and Ranging</i>
LS	– Abrange mais de um estado
M	– Mineração
MA	– Mata Atlântica
MANOVA	– Análise de Variância Multivariada
MC	– Mata ciliar
MCo	– Métricas da copa
N	– Norte
N	– Nucleação
NDVI	– Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NE	– Não especificado
NI	– Número de identificação
O	– Oeste
ODS	– Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU	– Organização das Nações Unidas
P	– Pecuária
PA	– Bloco piscinas tratamento A
PB	– Bloco piscinas tratamento B
PD	– Períodos distintos
PDS	– Preparo do solo
PDS-Me	– Preparo do solo mecanizado
PE	– Parque estadual
PN	– Parque nacional
PNM	– Parque natural municipal
PNUMA	– Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PR	– Paraná
OS	– Posição sociológica
PWG	– Policy Working Group
Q	– Informações qualitativas
QC	– Qualidade da copa
QGIS	– <i>Quantum Geographic Information System</i>
RA	– Reservatório artificial
RA	– restauração ativa
RB	– Reserva biológica
RDI	– Represa do Iraí
RE	– Reserva ecológica
Re	– Replântio
RL	– Reserva Legal
RN	– Regeneração natural
RNG	– Reserva Natural Guaricica
RP	– restauração passiva
RPPN	– Reserva particular do patrimônio natural
S	– Sul
ScieLO	– <i>Scientific Electronic Library Online</i>
SER	– <i>Society for Ecological Restoration</i>
SF	– Sanidade do fuste
Si	– Similaridade
SIRGAS	– Sistema de Referência Geodésico para as Américas

So	– Sobrevivência
SPP	– Espécie
SPVS	– Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental
SQ	– Qualidade do fuste
TA	– Bloco taquaral tratamento A
TAq	– Cobertura de taquaras
TB	– Bloco taquaral tratamento B
TC	– Cobertura de taquaras na copa
TF	– Cobertura de taquaras no fuste
TM	– <i>Thematic Mapper</i>
TS	– Talhões facilitadores
VANT	– Veículo Aéreo Não Tripulado
UFSC	– Universidade Federal de Santa Catarina
UNEP	– <i>United Nations Environment Programme</i>
UTM	– <i>Universal Transversa de Mercator</i>
VC	– Variação cumulativa

LISTA DE SÍMBOLOS

\geq	– Maior ou igual a
\leq	– Menor ou igual a
*	– Asterisco indicando associação ou diferenças estatísticas
λ	– Lambda
α	– Nível de significância (0,05)
%	– Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS.....	28
1.1.1	Objetivo geral	28
1.1.2	Objetivos específicos.....	28
	REFERÊNCIAS	30
2	CAPÍTULO I – ESPÉCIES, PRÁTICAS SILVICULTURAIS E MONITORAMENTO: ESTRATÉGIAS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS DA MATA ATLÂNTICA 1	35
2.1	INTRODUÇÃO.....	36
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.2.1	Levantamento bibliográfico.....	38
2.2.2	Procedimentos para análise e interpretação dos resultados obtidos	39
2.3	RESULTADOS	41
2.4	DISCUSSÃO.....	46
2.5	CONCLUSÕES.....	49
	REFERÊNCIAS	50
3	CAPÍTULO II – ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE VEGETAÇÃO DE ÁREAS EM RESTAURAÇÃO INSERIDAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO PARANÁ2	53
3.1	INTRODUÇÃO.....	54
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
3.2.1	Áreas de estudo.....	55
3.2.2	Obtenção das imagens.....	56
3.2.3	Processamento das imagens.....	57
3.3	RESULTADOS	57
3.3.1	RPPN – Reserva Natural Guaricica	57

3.3.1	APA – Represa do Iraí.....	59
3.4	DISCUSSÃO	60
3.4.1	RPPN – Reserva Natural Guaricica.....	60
3.4.1	APA – REPRESA DO IRAÍ.....	61
3.5	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS.....	63
4	CAPÍTULO III – VARIAÇÃO NA PROPORÇÃO DE MUDAS SEUS EFEITOS NA HETEROGENEIDADE DA POPULAÇÃO DE ARBÓREAS PLANTADAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA3	65
4.1	INTRODUÇÃO	66
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	67
4.2.1	Área de estudo.....	67
4.2.2	Implantação da restauração	68
4.2.3	Coleta e análise dos dados após 13 anos	69
4.3	RESULTADOS	70
4.3.1	Análise De Variância Multivariada (MANOVA)	70
4.3.2	CV1.....	70
4.3.2	CV2.....	72
4.3.3	CV3.....	73
4.4	DISCUSSÃO	75
4.5	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS.....	79
5	CAPÍTULO IV – A COBERTURA DE EPÍFITAS E TAQUARAS NO PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA4.....	82
5.1	INTRODUÇÃO	83
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	84
5.2.1	Área de estudo.....	84

5.2.2	Coleta e análise de dados	85
5.3	RESULTADOS	87
5.3.1	Cobertura de epífitas.....	87
5.3.2	Cobertura de taquaras	90
5.3.3	Distribuição nas características do entorno	91
5.4	DISCUSSÃO.....	92
5.5	CONCLUSÕES.....	95
	REFERÊNCIAS	96
6	CAPÍTULO V – PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE NA AVALIAÇÃO dos EFEITOS DAS ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA REGENERAÇÃO NATURAL5.....	99
6.1	INTRODUÇÃO.....	100
6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	102
6.2.1	Área de estudo	102
6.2.2	Implantação do projeto de restauração e histórico de uso do solo	102
6.2.3	Coleta de dados – aplicação da proposta de Monitoramento AZE	103
6.2.4	Processamento dos dados para a regeneração natural	105
6.3	RESULTADOS	107
6.3.1	Efeito dos tratamentos	107
6.3.2	Esforço amostral riqueza e características ecológicas	110
6.3.3	Dissimilaridade florística	113
6.3.4	Composição florística para diversidade e equabilidade	114
6.3.5	Estrutura fitossociológica	115
6.4	DISCUSSÃO.....	119
	REFERÊNCIAS	123
7	CAPÍTULO VI – INTENSIDADES DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS NO DESENVOLVIMENTO DA <i>Mimosa scabrella</i> Bentham E NA COMPOSIÇÃO	

	FLORÍSTICA E ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DA REGENERAÇÃO NATURAL EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA⁶	128
7.1	INTRODUÇÃO	129
7.2	MATERIAL E MÉTODOS	131
7.2.1	Área de estudo.....	131
7.2.2	Histórico e implantação da área	132
7.2.2	Coleta e processamento dos dados	134
7.3	RESULTADOS	137
7.3.1	Plantio de bracatingas – <i>Mimosa scabrella</i>	137
7.3.1	Efeito dos tratamentos na regeneração natural.....	138
7.3.2	Esforço amostral, riqueza e características ecológicas.....	141
7.3.3	Dissimilaridade florística	144
7.3.3	Diversidade e equabilidade	145
7.3.4	Fitossociologia	146
7.4	DISCUSSÃO	149
	REFERÊNCIAS.....	153
8	CAPÍTULO VII – RECOMENDAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA E A DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE⁷	158
8.1	INTRODUÇÃO	159
8.2	MATERIAL E MÉTODOS	160
8.2.1	Recapitulando as estratégias de restauração.....	161
8.2.2	A construção da proposta de Monitoramento AZE	161
8.3	RESULTADOS	162
8.3.1	Procedimentos para restauração ecológica da Mata Atlântica	162

8.3.2	Definição da Proposta de Monitoramento Arbóreo-arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE)	167
8.4	IMPLICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	170
8.4.1	Na restauração passiva ou plantio com técnicas de nucleação.....	170
8.4.2	Na restauração ativa com plantio em área total de alta ou baixa diversidade:	171
8.4.3	Monitoramentos.....	171
8.4.4	Estudos para aprimoramento da proposta de Monitoramento AZE	172
8.4.5	Aspectos positivos identificados	172
8.4.6	Cuidados a serem considerados	173
8.5	CONCLUSÕES.....	174
	REFERÊNCIAS	175
	APENDICE A	177
	APÊNDICE B	178

“Construímos muros demais e pontes de menos.”

(Isaac Newton, matemático, físico, astrônomo, teólogo e autor inglês, figura-chave na Revolução Científica)

1 INTRODUÇÃO

A elevada “competência” humana para desbravar e “conquistar” novos horizontes, de maneira intencional ou não, direcionaram maciços florestais do mundo à fragmentação dos ecossistemas naturais. Estima-se que cerca de 420 milhões de hectares foram desmatados nos últimos 30 anos, e que a taxa de desmatamento mundial alcançou os 10 milhões de hectares por ano entre 2015 e 2020 (*Food and Agriculture Organization – FAO; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, 2020*).

O desmatamento está associado à ocupação do solo para implantação de atividades agropecuárias, e com o aumento da população urbana e seu consumo, evoluem para atividades imobiliárias, de mineração, energéticas e industriais urbanas (BALZON; SILVA; SANTOS, 2004; SCHNEIDER, 2018). Esse conjunto de atividades, na intensidade e constância pelas quais são exercidas, aumentaram significativamente a concentração de gases do efeito estufa, aquecendo a atmosfera global e causando as mudanças climáticas (VAZ, 2010; VALVERDE; MARENGO, 2010). Simultaneamente, geraram a degradação ambiental, que engloba a redução do potencial dos recursos naturais, como o solo, a água, ar e os organismos (KOBAYAMA; MINELLA; FABRIS, 2001; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2007).

Essa redução altera a forma e a dinâmica das florestas, dos processos hídricos, e a biodiversidade, com o aumento de espécies ameaçadas de extinção e a diminuição da diversidade genética das populações (CHAZDON, 2003; BALZON; SILVA; SANTOS, 2004; SILVA, 2018; FAO; PNUMA, 2020; VERCILLO *et al.*, 2022). Além disso, as florestas estão sujeitas a inúmeros distúrbios naturais, como os processos geomorfológicos em constante ação na paisagem, e a ocorrência de incêndios que afetam negativamente os ecossistemas (DURLO; SUTILI, 2012; TORRES *et al.*, 2017; FAO; PNUMA, 2020).

Diante deste panorama de degradação, as ocorrências de desastres ambientais, crises hídricas, doenças contagiosas, são cada vez mais frequentes, além do aumento do empobrecimento social (VAZ, 2010; MALUF; ROSA, 2011; RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017). Estudos apontaram, que o contínuo desmatamento e as mudanças climáticas podem reduzir drasticamente a produtividade agropecuária, pelo aumento na disseminação de pragas e doenças nas safras, a alteração no regime de precipitação nas plantações, e indisponibilidade de água para sistemas de irrigação. No pior cenário, estima-se que quase 40% dos territórios agrícolas mundiais podem exigir novos cultivares com características ambientais inexistentes

(WANG *et al.*, 2021; ORTIZ-BOBEA *et al.*, 2021; ZABEL *et al.*, 2021). A situação é agravada, ao considerar que a maioria das áreas rurais estão sob responsabilidade de pequenos produtores, economicamente mais afetados com a diminuição da produtividade agropecuária (DIAS-FILHO, 2014).

A dissolução para este cenário é proporcionar melhores condições socioeconômicas à população, atrelado às políticas ambientais em nível regional; uma vez que, elevam a probabilidade de diminuir as taxas de desmatamento e suas consequências (ALESINA; RODRIK, 1994; MYERS, 1994; GEIST; LAMBIN, 2001; ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). Neste sentido, a humanidade tem direcionado a realização de acordos internacionais, baseados no desenvolvimento de uma infraestrutura socioeconômica sustentável. Tais acordos são norteados por metas a serem cumpridas, e entre elas, a proteção, restauração e promoção do uso sustentável dos ecossistemas (CALIMAN, 2019).

No âmbito da restauração ecológica, estima-se que cada dólar investido, gere até US\$ 30 em benefícios econômicos, com aumento na produtividade agropecuária, condições de manter as mudanças de temperaturas globais abaixo de 2°C e, conseqüentemente, a segurança alimentar da sociedade. Ademais, restaurar 15% das terras convertidas à agropecuária e interromper novas conversões, pode-se evitar 60% das extinções, além dos intensos desequilíbrios na distribuição das precipitações anuais (MARTINELLI *et al.*, 2014; MARENGO *et al.*, 2010; *United Nations Environment Programme – UNEP*, 2021). Por esta razão, a restauração ecológica de 350 milhões de hectares de ecossistemas degradados, é uma prioridade em escala global a ser cumprida até 2030 (MENZ *et al.*, 2013; SHACKELFORD *et al.*, 2013; DAVE *et al.*, 2017; CALIMAN, 2019).

O Brasil, por sua vez, possui a segunda maior área de florestas naturais do planeta, com 477 milhões de hectares, um panorama oportuno e potencial para ser peça chave no desenvolvimento sustentável (SILVA, 2007). Porém, devido à grande diversidade de biomas e fitofisionomias existentes, a quantidade de informações e elementos práticos para o manejo adequado dos recursos envolvidos, ainda são incipientes (PEIXOTO; LUZ; BRITO, 2016).

Simultaneamente, a velocidade, intensidade e os tipos das degradações desempenhadas nestes ecossistemas, são igualmente diversos. Ações degradantes no solo, água, ar e organismos, resultam em solos empobrecidos e erodidos, instabilidade hidrológica, produtividade primária e diversidade biológica reduzida, muitas vezes incapaz de recuperar-se naturalmente (PARROTA, 1992; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2007).

Nestes casos, devem ser aplicados um conjunto de procedimentos que reabilitem suas funções ecológicas no menor tempo possível, com o manejo da paisagem. Desencadear os

processos de interação ecológica, ao mesmo tempo que incorporam bens e serviços socioeconômicos (*Society For Ecological Restoration – SER*, 2004; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Esses procedimentos correspondem às estratégias de restauração ecológica, uma reprodução acelerada da dinâmica natural de propagação e disseminação das espécies, baseada no processo de sucessão ecológica.

Citam-se duas metodologias principais para restauração ecológica, a condução da regeneração natural e a condução de plantios, a restauração passiva e ativa, respectivamente. A condução da regeneração natural é muito comum por ser mais barata e inferir, basicamente no isolamento da área afetada (TRENTIN *et al.*, 2018). No entanto, além da necessidade de uma série de fatores ambientais favoráveis, as interações ecológicas esperadas podem levar décadas para ocorrer na qualidade esperada.

A restauração ativa, compreende o plantio de espécies arbustivas e arbóreas, inseridas de tal forma que aceleram os processos de sucessão, da etapa colonizadora de uma floresta incipiente, para o sombreamento e recrutamento de espécies com características sucessionais avançadas (RIBEIRO *et al.*, 2002). Porém, está associada a custos elevados, pela aquisição de mudas, as etapas de plantio, as práticas silviculturais, e a mão-de-obra correspondente. Ressalta-se ainda, que a irrisória quantia de organizações, que coletam sementes e produzem mudas com diversidade de espécies, é um desafio adicional (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015), muito embora, na maioria das situações, os plantios com elevada quantidade de espécies seja uma exigência legislativa em vigor.

Neste sentido, a legislação e as políticas públicas desempenham um papel importante na execução dessas ações, construindo um perfil econômico relacionado a cada ecossistema, seu manejo, produtividade e técnicas para cada cenário de degradação (BENINI *et al.*, 2016). A lei estabelece a proteção e a restauração, caso degradada, das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e de Reserva Legal (RL) (BRASIL, 2012), e permite uma comparação entre os custos de oportunidade da produção agropecuária e a restauração ecológica (MOLIN *et al.*, 2018).

A exemplo, pode-se mencionar os biomas Amazônia e a Mata Atlântica. Na Amazônia a Reserva Legal a ser recuperada representa 80% da propriedade rural e 20% na Mata Atlântica (BRASIL, 2012). Por um lado, a Amazônia abriga elevada biodiversidade, a maior parte dos povos originários, mantém o ar úmido para si, e garante chuvas fartas no verão nas regiões distantes do hemisfério, inclusive na Mata Atlântica. Por outro lado, a Mata Atlântica possui rica biodiversidade, sob apenas 12,4% de sua vegetação original, e sustenta a maior densidade

demográfica do país sob constante expansão e, portanto, altamente fragmentada (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019; NOBRE, 2014; TORRES *et al.*, 2017).

Complementarmente, apenas 20% dos estabelecimentos agropecuários contam com algum tipo de orientação técnica (PEREIRA; CASTRO, 2021), o que torna necessário fortalecer e atualizar constantemente os extensionistas sobre a restauração. Por estas razões, a legislação e as políticas públicas precisam contribuir não apenas na conservação dos recursos e sua restauração, mas também viabilizar a aplicação de projetos de restauração com abrangência multidisciplinar, de âmbito social, e com base científica direcionada para cada ecossistema (SOARES-FILHO *et al.*, 2014).

A ciência contribui continuamente para a estruturação dessa abrangência multidisciplinar, com a experimentação de variações das estratégias de restauração. Citam-se estudos pela condução da regeneração natural, plantio de mudas arbóreas e arbustivas, consórcios com leguminosas forrageiras, técnicas de nucleação, planejamento de uso futuro de produtos florestais não madeireiros das áreas restauradas, entre outros (CARNEVALI *et al.*, 2016; FRAGOSO *et al.*, 2016; COUTINHO *et al.*, 2019; TRENTIN *et al.*, 2018; CALDEIRA, 2020; KISSMANN *et al.* 2020).

Com o tempo, as pesquisas consolidaram observações necessárias para definição da estratégia de restauração, como o cercamento da área, a presença de fonte de propágulos, de espécies invasoras, da erosão do solo, a vulnerabilidade ambiental, o histórico de uso do solo, a presença de viveiros florestais na região, a proximidade com fatores degradantes, e os recursos financeiros disponíveis (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Algumas questões, no entanto, ainda são discutidas e necessitam de maior aprofundamento, como por exemplo, a quantidade de espécies (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007; CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2006), sua distribuição nos plantios, e as práticas silviculturais aplicadas.

Neste sentido, são sinalizadas espécies facilitadoras, com características que proporcionam estrutura e dinâmica à restauração (MARTINS *et al.*, 2014). Para a estrutura, espera-se rápido crescimento, ampla cobertura de copa e capacidade de fixar nitrogênio, que possibilitam o aumento da sobrevivência e aptidão das plantas vizinhas, evita a erosão e enriquece a matéria orgânica do solo (MARTINS *et al.*, 2014; ZHANG, 2015; MONTESINOS, 2015; BADANO *et al.*, 2016; VERGNE *et al.*, 2016). Para a dinâmica, uma floração e frutificação atraente e abundante, e ausência de capacidade alelopática, na busca de atrair animais dispersores, enriquecer o banco de sementes do solo, a regeneração natural, além de possibilitar o desenvolvimento de níveis tróficos (REIS *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2015; SÜHS *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Portanto, superar os desafios da restauração ecológica, é unir os princípios fundamentais da ecologia e da silvicultura. A ecologia orienta nas características ecológicas e fitofisionômicas das áreas a serem restauradas, das degradações atuantes, e fornece indicadores ambientais de acordo com o monitoramento da trajetória ecológica (ODUM, 1983). A silvicultura, por sua vez, executa métodos e técnicas que garantem a efetividade da restauração, a qualidade ambiental, pois visa acelerar dos processos de interação ecológica destas áreas, podendo ainda, agregar rentabilidade econômica (LAMPRECHT, 1990).

Atualmente, os métodos, técnicas e práticas silviculturais são notadamente aplicadas e desenvolvidas no setor agrícola e florestal, porém se restringem a poucas espécies arbóreas, em suma exóticas. Neste sentido, há uma lacuna de conhecimento técnico, pois é menos comum na literatura científica estudos de avaliação silvicultural de espécies nativas (MENDONÇA *et al.*, 2017; BRANCALION *et al.*, 2012; PIOTTO *et al.*, 2018; LAMB, 2014).

Adicionalmente, as avaliações dos monitoramentos são limitadas a composição florística e estrutura fitossociológica, espelhados nos levantamentos ecológicos, uma vez que a restauração ecológica reproduz os seus princípios (PIOTTO *et al.*, 2018). Não obstante, o monitoramento é financeiramente oneroso (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015), e geralmente fornecem apenas parte das informações do processo restaurativo, deixando-se de avaliar, por exemplo, a expressão silvicultural das arbóreas facilitadoras, que podem subsidiar sucesso em projetos futuros.

Para diminuir os custos dos levantamentos e inserir maior quantidade de informações, difundiu-se o uso de geotecnologias. O imageamento das áreas com uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), ou obtidas por satélite, possibilita o mapeamento da cobertura do solo, e sua evolução com base nos índices de vegetação e classificação supervisionada, e o histórico de transformação da paisagem (SILVA *et al.*, 2019; ALBUQUERQUE, 2022).

Com as ferramentas do sensoriamento remoto, é possível monitorar a fenologia e as métricas de copa das espécies de dossel, a conectividade da paisagem ou a necessidade de restauração de áreas no entorno (TAROLLI, 2014; CHEN *et al.*, 2017; BALIEIRO *et al.*, 2019). Tecnologias mais sofisticadas, como *Light Detection and Ranging* (LiDAR), permite ainda, a mensuração completa de árvores de cobertura e estimativa da biomassa (RIBAS; ELMIRO, 2013). Uma alternativa promissora para realizar os monitoramentos das áreas, no entanto, ainda assim, é necessário efetivar atividades em campo, especialmente para identificação das espécies.

Notadamente, é necessário atrelar os levantamentos de campo com os levantamentos por imageamento, uma inovação acerca do monitoramento de áreas em processo restauração

ecológica. São procedimentos que podem garantir maior quantidade e agilidade na coleta de informações, à menores custos e com a mesma confiabilidade esperada para essas análises.

Neste sentido, de acordo com as problemáticas apresentadas e a importância da temática para o Brasil, este estudo irá abordar a restauração ecológica de um sentido amplo ao específico (FIGURA 1). Com base em plantios heterogêneos com diferentes proporções de mudas por espécie arbórea facilitadora, e em plantios homogêneos com distintas intensidades na aplicação de práticas silviculturais, são analisados procedimentos acerca da temática, e por fim, definida uma proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE), de áreas em processo restaurativo com o intuito de impulsionar discussões, não apenas sobre as estratégias de restauração, mas também em como monitorá-las.

Para melhor compreensão das abordagens estudadas o presente trabalho está dividido em capítulos, que consistem em:

- CAPÍTULO I –** Espécies, práticas silviculturais e monitoramento: estratégias para restauração ecológica de áreas protegidas da Mata Atlântica
Pergunta: Quais as informações disponíveis sobre as estratégias de restauração ecológica de áreas protegidas do bioma Mata Atlântica?
- CAPÍTULO II –** Análise multitemporal da cobertura de vegetação de áreas em restauração inseridas em Unidades de Conservação do Paraná
Pergunta: Qual a transformação na cobertura vegetal de áreas em restauração, a partir de imagens dos satélites LANDSAT?
- CAPÍTULO III –** Variação na proporção de mudas e seus efeitos na heterogeneidade da população de arbóreas plantadas em restauração ecológica
Pergunta: Qual a proporção de árvores por espécie, resulta em melhores condições de desenvolvimento das arbóreas facilitadoras na restauração?
- CAPÍTULO IV –** A cobertura de epífitas e taquaras no processo de restauração ecológica
Pergunta: As distintas proporções por espécie, afetam a cobertura de epífitas e taquaras sobre as espécies plantadas?
- CAPÍTULO V –** Proposta de Monitoramento AZE na avaliação dos efeitos das estratégias de restauração ecológica na regeneração natural
Pergunta: Quais os efeitos das estratégias de restauração ecológica na regeneração natural, obtidos com uso da proposta de Monitoramento AZE?

CAPÍTULO VI – Intensidades de práticas silviculturais no desenvolvimento da *Mimosa scabrella* Benth. e na composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração natural em restauração ecológica

Pergunta: O desenvolvimento da arbórea facilitadora *M. scabrella*, e a composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração são influenciadas pelas intensidades das práticas silviculturais empregadas na restauração ecológica?

CAPÍTULO VII – Recomendações de procedimentos de restauração ecológica de áreas protegidas no bioma Mata Atlântica e a definição da proposta de Monitoramento AZE

Pergunta: De acordo com os resultados dos capítulos apresentados, quais as recomendações sobre as estratégias de restauração ecológica de áreas protegidas no bioma Mata Atlântica e quais as diretrizes da proposta de Monitoramento AZE?

1.1 OBJETIVOS

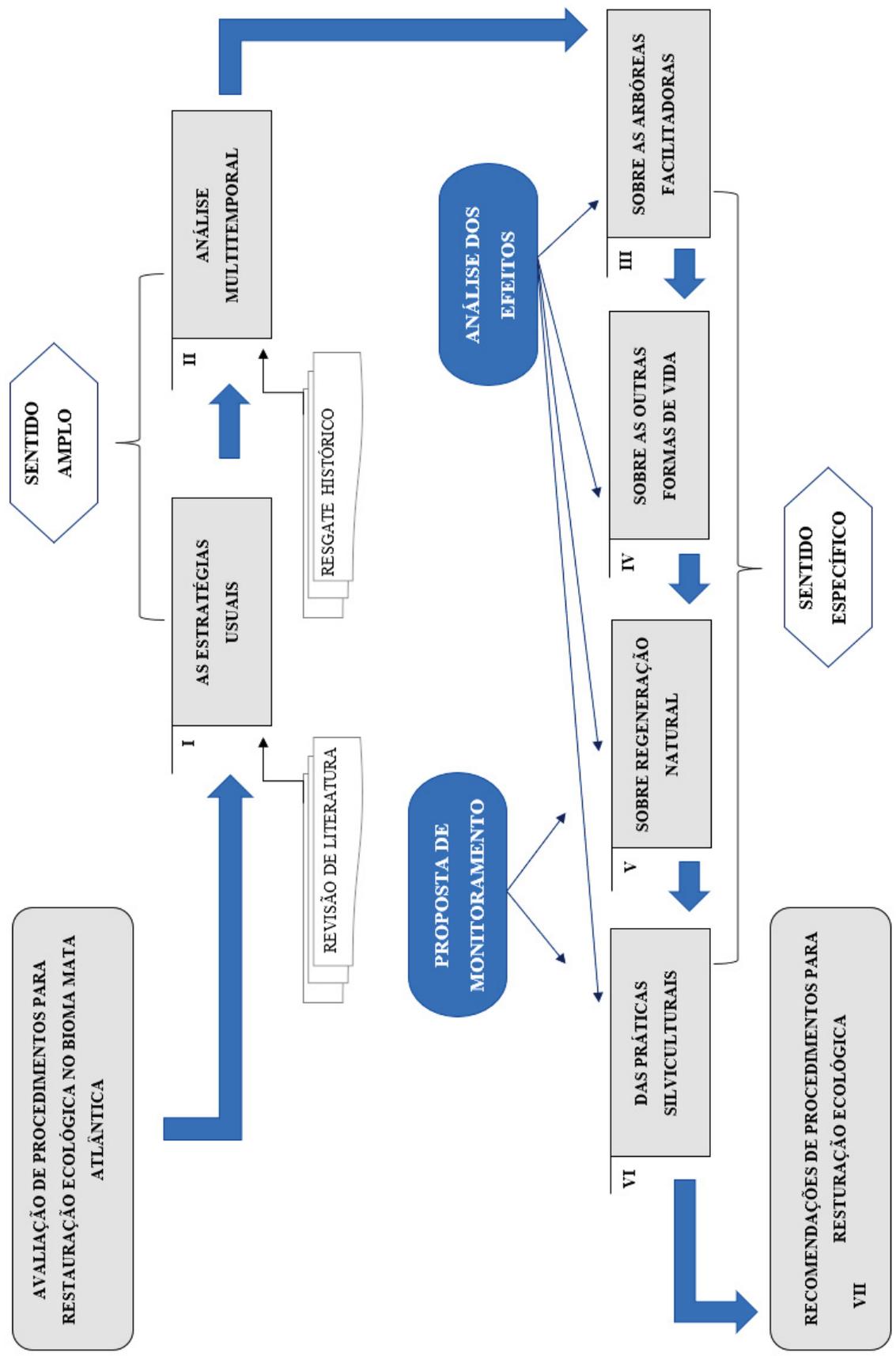
1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a efetividade dos procedimentos de restauração ecológica empregados nas formações Ombrófilas do bioma Mata Atlântica, e uma proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE).

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar as estratégias e os indicadores mais utilizados nos projetos de restauração ecológica realizados em áreas protegidas do bioma Mata Atlântica;
- Resgatar o histórico de cobertura de vegetação das áreas com uso da geotecnologia;
- Determinar o comportamento silvicultural das arbóreas plantadas sob as distintas estratégias de restauração;
- Identificar cobertura de epífitas e taquaras sobre as arbóreas plantadas;
- Avaliar a composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração natural resultante das estratégias empregadas por meio dos indicadores mais utilizados nos projetos de restauração;
- Apresentar recomendações sobre os procedimentos envolvidos na restauração ecológica em áreas protegidas do bioma Mata Atlântica;
- Definir diretrizes para aplicação da proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas.

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA GERAL DE ATIVIDADES PARA ATENDER O OBJETIVO CENTRAL DA TESE



REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. W. de. **Aplicação de aeronaves remotamente pilotadas e fotogrametria para avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração ecológica**. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental). Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, SP, 2022.
- ALESINA, A.; RODRIK, D. Política distributiva e crescimento econômico. **Quarterly Journal of Economics**, v. 109, n. 2, p. 465-490, 1994.
- ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- ARRAES, R. de A. E.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012. DOI: 10.1590/S0103-20032012000100007
- BADANO, E. I. *et al.* Facilitation by nurse plants contributes to vegetation recovery in human-disturbed desert Ecosystems. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, p. 485-497, 2016.
- BALIEIRO, C.; GIRÃO, V.; SILVA, T.; SARCINELLI, T. Uso de sensoriamento remoto para monitorar projetos de restauração de vegetação nativa no Brasil. *In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (Anais ...)*. INPE, Santos, SP, p. 1883-1886, 2019.
- BALZON, D. R.; SILVA, J. C. G. L da; SANTOS, A. J. dos. Aspectos mercadológicos de produtos florestais não madeireiros – análise retrospectiva. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 363-371, 2004.
- BRANCALION, P. H. S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R. R. **Restauração ecológica**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos., 2015. 432 p.
- BRANCALION, P. H. S; VIANI, R. A.G.; RODRIGUES, R. R; GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. *In: restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Editado: MARTINS, S. Editora UFV, Viçosa, MG, p. 262-293.
- BENINI, M. *et al.* Custos de restauração da Vegetação Nativa no Brasil. Economia da restauração, p. 21-36, 2017. *In: Forest restoration economy / Rubens de Miranda Benini, Sérgio Adeodato. – São Paulo (SP): The Nature Conservancy, 2017. 136 p.*
- BRASIL. Lei Nº12.651/2012. Disponível em: < <https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: abr. 2023.
- CALDEIRA, M. V. W. Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 2, 2020. DOI: 10.34062/afs.v7i2.8310.
- CALIMAN, G. **Cátedras UNESCO e os desafios dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Geraldo Caliman (organizador) – Brasília: Cátedra UNESCO de Juventude, Educação e Sociedade; Universidade Católica de Brasília, 2019. 151 p.

- CARNEVALI, N. H de S. *et al.* Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 277-286, 2016. DOI: [dx.doi.org/10.5380/rf.v46i2.42881](https://doi.org/10.5380/rf.v46i2.42881).
- CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no estado do Paraná: em solos não degradados. Colombo – PR: **Embrapa Florestas**, 2006. 57 p.
- CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. USA, v. 6, n. 1-2, p. 51-71, 2003.
- CHEN, S. McDERMID, G.; CASTILHA, G.; LINKE, J. Measuring vegetation height in linear disturbances in the boreal forest with UAV photogrammetry. **Remote Sensing**, v. 9, p. 1257, 2017. DOI: [10.3390/rs9121257](https://doi.org/10.3390/rs9121257)
- COUTINHO, A. G; ALVES, M.; SAMPAIO A. B.; SCHMIDT, I. B.; VIEIRA, D. L. M. Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, v. 22, p. 61-70, 2019.
- DAVE, R. *et al.* **Bonn Challenge Barometer of Progress**: Spotlight Report. Gland, Switzerland: IUCN, 36 p., 2017.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Moacyr Bernardino Dias-Filho. – Belém, PA, Documentos 402, Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.
- DURLO; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. Porto Alegre: EST edições, 2012. 189 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO; PROGRAMA DAS AÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. **El estado dlos bosques del mundo - Los bosques, la biodiversidad y las personas**. Roma. 2020. 197 p. DOI: [10.4060/ca8642es](https://doi.org/10.4060/ca8642es).
- FRAGOSO, R. de O. *et al.* Recuperação de área degradada no domínio floresta estacional semidecidual sob diferentes tratamentos. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 699–711, 2016. DOI: [10.5902/1980509824194](https://doi.org/10.5902/1980509824194).
- KISSMANN, C. *et al.* Modelos de plantios e atributos funcionais de espécies nativas utilizadas em projetos de restauração em floresta de Araucaria. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 1103–1115, 2020. DOI: [10.5902/1980509840924](https://doi.org/10.5902/1980509840924).
- KOBIYAMA, M.; MINELLA, G. P. J.; FABRIS, R. **Áreas degradadas e sua recuperação**. *In*: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.
- LAMB, D. **Large-scale forest restoration**. Earthcan, Routledge/Taylor and Francis, New York. 301 p. 2014.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Hans Lamprecht. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1990.

- MALUF, R. S.; ROSA, T. da S. **Projeto Mudanças climáticas, desigualdades sociais e populações vulneráveis no Brasil**: construindo capacidades - subprojeto populações. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (Relatório). Rio de Janeiro. v.1, 2011.
- MARENGO, J. A. *et al.* Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v. 35, p. 1073-1097, 2010. DOI: 10.1007/s00382-009-0721-6
- MARTINELLI, L. A. *et al.* Capítulo 5 – Ciclos biogeoquímicos e mudanças climáticas. *In*: PBMC, 2014: **Base científica das mudanças climáticas**. Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 p.
- MARTINS, S. V. *et al.* **Manual de procedimentos gerais para restauração ecológica no estado do Espírito Santo**. Vitória: CEDAGRO, 2014. 23 p.
- MENZ, M. H. M.; DIXON, K. W.; HOBBS, R. J.; Harnessing new scientific capacity. **Science**, v. 336, n. 6087, p. 1397-1397, 2013.
- MENDONÇA, G. C. de; CHICHORRO, J. F.; MENDONÇA, A. R. de; GUIMARÃES, L. A. DE O. P. Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 277-290, 2017. DOI: 10.5902/1980509826466
- MOLIN, P. G.; CHAZDON, R.; FERRAZ, S. F. de B.; BRANCALION, P. H. S. A landscape approach for cost-effective large-scale forest restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 6, p. 2767–2778, 2018.
- MONTESINOS, D. Plant-plant interactions: from competition to facilitation. **Web Ecology**, v. 15, p. 1-2, 2015. DOI: 10.5194/we-15-1-2015
- MYERS, E. N. **Políticas para Reduzir Emissões de Desmatamento e Degradação (REDD)**: Uma análise das questões enfrentadas pela incorporação de REDD em políticas climáticas baseadas no mercado em Florestas Tropicais. Documento de discussão RFF DP 07-50. dez. 2007.
- NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA, 2014. Disponível em: <<http://www.ccst.inpe.br/publicacao/>>. Acesso em: abr. 2023.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Tradução: RIOS, R. I.; TRIBE, C. J. Rio de Janeiro, RJ: Editora Guanabara Koogan S.A., 1988. Basic Ecology, 1983.
- OLIVEIRA, A. T. M.; CANALE, G. R.; NOGUEIRA, L. A. S.; FRANÇA, A. L. SANTOS, J. D. P.; CÓRDOVA, M. O. Estrutura e síndromes de dispersão da vegetação arbórea em floresta nativa e agrofloresta, na Amazônia Meridional. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 352-362, 2020. DOI: 10.19084/rca.19602
- ORTIZ-BOBEA, A.; AULT, T. R.; CARRILLO, C. M; CHAMBERS, R. G.; LOBELL, D. B. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. **Nature Climate Change**, v. 11, p. 306-312, 2021. DOI: 10.1038/s41558-021-01000-1
- PARROTA, J. A. The role of plantationforest in rehabilitation degraded tropical ecosystems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, p. 115-133, 1992.

- PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. de. **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016, 196 p.
- PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. de. Assistência técnica na agricultura Brasileira: uma análise sobre a origem da orientação técnica por meio do censo agropecuário de 2017. Rio de Janeiro, 2021. DOI: 10.38116/td2704. Disponível em: <<https://bit.ly/2V16pfO>>. Acesso em: abr. 2023.
- PIOTTO, D.; ROLIM, S.G.; MONTAGNINI, F.; CALMON, M. Sistemas silviculturais com espécies nativas na Mata Atlântica: panorama, oportunidades e desafios. *In*: ROLIM, S.G.; PIOTTO, D. (Eds.) *Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Editora Rona, Belo Horizonte, p.9-19. 2018.
- REIS, A. *et al.* Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 244-250, 2010.
- RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n.89, p. 185-198. 2017. DOI: 10.1590/s0103-40142017.31890016
- RIBEIRO, N.; SITO, A. A.; GUEDES, B. S.; STAISS, C. **Manual de Silvicultura Tropical**. FAO, Maputo, Universidade Eduardo Mondlane, 2002. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/>>. Acesso em: mar 2023.
- SCHNEIDER, C. R. **Avaliação de biomontes e sua influência na regeneração natural e na presença da fauna, em áreas pós-colheita de *Pinus* spp. na Serra Catarinense, Brasil**. 2018. 117 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages, 2018.
- SHACKELFORD, N. *et al.* Primed for Change: Developing Ecological Restoration for the 21st Century. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 3, p. 297-304, 2013. DOI: 10.1111/rec.12012
- SILVA, M. Os desafios da gestão das florestas naturais. *In*: Opiniões - Sobre as florestas nativas brasileiras. Revista opiniões 2007. Disponível em: <<https://issuu.com/opinioesbr/docs/opcp07-issuu-jpeg?fr=sYzE0MTE1NDIwNjI>>. Acesso em: mar 2023.
- SILVA, K. A; *et al.* Interactions between the Herbaceous and Shrubby-Arboreal components in a Semiarid Region in the Northeast of Brazil: Competition or Facilitation? **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 157-165, 2015. DOI: 10.1590/1983-21252015v28n318rc
- SILVA, P. L. de A. **Biodiversidade e mudanças climáticas no Brasil: levantamento e sistematização de referências**. WWF Brasil (Relatório). Brasília, 2018.
- SILVA, T. M. da; CALDEIRA, C. R. T.; CALDEIRA, M. C. O.; BALIEIRO, C. P.; FERREIRA, M. E. Classificação da cobertura da terra em áreas de restauração ecológica por intermédio de veículo aéreo não transportado. *In*: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (**Anais ...**), INPE, Santos SP, P. 20180-20183, 2019.
- SOARES-FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, p. 363-364, 2014. DOI: 10.1126/science.1246663

- SOS – MATA ATLÂNTICA. **Relatório anual 2019**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2019. 55 p. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/>>. Acesso em: abr. 2023.
- SÜHS, R. B.; GIEHL, E. L. H.; PERONI, N. Interaction of land management and araucaria trees in the maintenance of landscape diversity in the highlands of southern Brazil. **Plos one**, v. 13, n. 11, p. e0206805, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0206805
- TAROLLI, P. High-resolution topography for understanding earth surface processes: opportunities and challenges. **Geomorphology**, Elsevier, v. 216, p. 295-312, 214. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.03.008
- TRENTIN, B. E. *et al.* restauração ecológica na mata atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 160–174, 2018.
- TORRES, F. T. P.; LIMA, G. S.; COSTA, A. das G. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **Revista Floresta**, v. 46, n. 4, p. 531-541, 2017. DOI: 10.5380/rf.v46i3.44199
- VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. A. Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 125-145, 2010.
- VAZ, D. dos S. *In*: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física; II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Alterações climáticas, riscos ambientais e problemas de saúde: breves considerações (**Anais...**) Universidade de Coimbra, 2010, p. 1-11. Disponível em: <<https://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF>>. Acesso em: abr. 2023.
- VERCILLO, U. E. *et al.* Espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção no Brasil: o planos de ação nacionais e suas contribuições para as metas globais de biodiversidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 59, p. 461-488. 2022. DOI: 10.5380/dma.v59i0.77521
- VERGNE, D. C.; ALMEIDA, H. S.; CAMPOS, C. C. F.; MARTINS, N. S.; RAMOS, F. N. Isolated trees with high crown coverage and densities increase pasture seed rain. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, p. 486-494, 2016.
- WANG, C. *et al.* Occurrence of crop pests and diseases has largely increased in China since 1970. **Nature Food**, v. 3, p.57-65, 2022. DOI: 10.1038/s43016-021-00428-0
- ZABEL, F. *et al.* Large potential for crop production adaptation depends on available future varieties. **Global Change Biology**, v. 27, n. 16, p. 3870-3882, 2021. DOI: 10.1111/gcb.15649
- ZHANG, Y.; MA, K.; ANAND, M.; YE, W.; FU, B. Scale dependence of the beta diversity-scale relationship. **Community Ecology**, v.16, p. 39-47, 2015.

“Entender a história é enxergar a real intimidade que temos com as florestas, no passado, no presente, e na prática da restauração, a garantia de intimidade futura.”
(A autora)

2 CAPÍTULO I – ESPÉCIES, PRÁTICAS SILVICULTURAIS E MONITORAMENTO: ESTRATÉGIAS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS DA MATA ATLÂNTICA ¹

RESUMO

Para entender a condução de novos paradigmas voltados à restauração ecológica, o objetivo deste trabalho foi revisar a literatura sobre a aplicação da restauração ecológica em áreas protegidas do bioma Mata Atlântica, a fim de contribuir ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Com uso de indexadores, palavras-chave voltadas, e a critérios voltados ao tema, foram selecionados 58 artigos científicos analisados por meio de uma revisão sistemática e comparados entre si no uso de suas estratégias. Os resultados mostraram preferência pela restauração ativa com variações na diversidade de espécies, e a restauração passiva. Adubação, controle de plantas competidoras, combate a formigas e o preparo do solo são as práticas silviculturais mais mencionadas. Na análise dos monitoramentos propostos, a diversidade, as informações intrínsecas as espécies e a paisagem, a fitossociologia e as métricas da copa, se expressaram os indicadores mais recomendados para avaliação do processo restaurativo, e sugerem 74 espécies para uso nos projetos. Ademais, é necessário incentivar que as produções científicas sobre a temática, contemplem também as regiões centro-oeste e nordeste, os levantamentos da fauna, bem como a descrição detalhada sobre a implantação do projeto de restauração ecológica.

Palavras-chave: Plantio de mudas; Regeneração natural; Indicadores; Recuperação de áreas degradadas; ODS.

¹ Capítulo em forma de artigo aceito na revista científica: *Ciência Florestal*.

2.1 INTRODUÇÃO

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) descritos no pacto global assinado em 2015 e reafirmado em 2022, fazem parte da chamada “Agenda 2030” composta por 17 objetivos, desdobrados em 169 metas. O objetivo de N°15, sobre a vida terrestre, é mais específico sobre conservar, restaurar e promover a sustentabilidade no uso dos recursos naturais. Construídos para reestruturar do fluxo de consumo, e atualizar os sistemas de produção com respeito ao meio ambiente e responsabilidade social, os objetivos visam mitigar as alterações ambientais previstas (CALIMAN, 2019).

As mudanças climáticas podem afetar a produtividade agropecuária, a disponibilidade de água e, portanto, a segurança alimentar da sociedade (FAO; PNUMA, 2020; METZGER *et al.*, 2019). Jared Mason Diamond, em seu livro “Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso e o sucesso”, faz uma abordagem sobre os fatores que levaram a falência de civilizações, e entre eles, o manejo aplicado na exploração dos recursos naturais. Obviamente, que as civilizações colapsadas adotaram o pior tipo de manejo durante décadas, tornando insustentável a produção de alimentos e obtenção de água, por mais “futuristas” que tenham sido suas construções e sistemas em áreas urbanas e rurais (DIAMONT, 2005).

Desta forma, a degradação ambiental não é um fato ou conceito recente. Está atrelado a um processo histórico de expansão das atividades agropecuárias (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015), disputas territoriais e étnicas, voltadas ao crescimento econômico (POTT; ESTRELA, 2017), sobrepondo atividades urbano-industriais, que comprometem o potencial dos recursos naturais, degradando-as.

Áreas degradadas são caracterizadas pela presença de impactos negativos nas características do solo, na qualidade da água, na produtividade da vegetação, e na diversidade genética dos organismos que a compõe (PARROTA, 1992; KAGEYAMA; GANDARA, 2000). Aliada a falta estrutura política, econômica, e de planejamento no zoneamento agrícola para expansão em áreas com baixa aptidão às atividades, agregam desconforto social, produtivo e econômico. Corroboram inclusive, para processos de degradação mais atuantes, dificultando cada vez mais sua gestão (SPERANDIO *et al.*, 2012; BRANCALION, GANDOLFI, RODRIGUES, 2015).

A exemplo, o bioma Mata Atlântica abriga cerca de 22.000 espécies, cerca de 20% de todas as espécies do planeta, porém restam apenas 12,4% de sua vegetação original, e atualmente está entre os cinco primeiros biomas no *ranking hotspot* mundial. Portanto, é um dos biomas que contém a biodiversidade mais ameaçada do planeta, pela constante pressão do

desmatamento, das práticas inadequadas das atividades agropecuárias, industrialização, expansão urbana e poluição (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

A problemática sugere uma crise socioeconômica e ecológica da era atual que força a humanidade a reconsiderar o conjunto de atividades dentro de um contexto ecológico mais amplo. Fazer uso da economia na busca de soluções razoáveis e a ciência na criação de práticas que evitem e/ou revertam a atual trajetória de contínua degradação (ANDRADE; ROMEIRO, 2011). Um contexto que a restauração ecológica foi idealizada, para acelerar a recuperação de ecossistemas naturais, com respeito aos processos funcionais, composição das espécies e estrutura da comunidade (McDONALD *et al.*, 2016).

Na restauração ecológica se aplica procedimentos que envolvem métodos, técnicas, espécies, e práticas silviculturais, em vista de desencadear os processos ecológicos de sucessão, que criam funcionalidade aos ecossistemas. Os métodos compreendem a restauração ativa, na qual são realizados plantios de mudas ou sementes, e a restauração passiva, que envolve o isolamento da área e a condução da regeneração natural. As técnicas, se referem a formação de núcleos: enleiramento de galharia, poleiros artificiais, transposição de solo ou serapilheira, banco de sementes, e núcleos de Anderson, (ESPÍNDOLA *et al.*, 2005; REIS *et al.*, 2010; MARTINS *et al.*, 2014; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; TRENTIN *et al.*, 2018).

Em vista da diversidade de ecossistemas do bioma Mata Atlântica, da quantidade de fatores degradantes, além da disponibilidade de recursos financeiros, os métodos e técnicas da restauração podem ser combinados entre si e com a escolha de espécies, especialmente arbóreas. Tais combinações correspondem as estratégias, empregadas para aumentar a conectividade da paisagem e superar desafios ambientais para desencadear as interações ecológicas do processo restaurativo.

Ao longo do anos, experimentações de variações das estratégias de restauração foram realizadas (CARNEVALI *et al.*, 2016; FRAGOSO *et al.*, 2016; COUTINHO *et al.*, 2019; TRENTIN *et al.*, 2018; CALDEIRA, 2020; KISSMANN *et al.*, 2020). Portanto, quais as informações disponíveis sobre as estratégias de restauração ecológica de áreas protegidas do bioma Mata Atlântica?

Para conduzir a novos paradigmas voltados à restauração ecológica, apontando os elementos essenciais que devem estar presentes na elaboração de planos e projetos sobre o tema, este estudo busca reunir referenciais da literatura sobre a restauração ecológica em áreas protegidas da Mata Atlântica.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Levantamento bibliográfico

Na delimitação do conteúdo e determinação dos objetos de busca, a partir da temática da Restauração Ecológica, a metodologia considerou artigos científicos publicados entre os anos de 2012 e 2022 (últimos 10 anos), na grande área das Ciências Agrárias I, com uso de espécies arbustivas e arbóreas. A localização foi limitada ao bioma Mata Atlântica, em áreas de proteção da vegetação nativa no meio rural, definidas pela legislação do Código Florestal (Lei Nº 12.651 de 2012), que corresponde a Áreas de Preservação Permanente (APP's), Reserva Legal (RL), e ainda as modalidades descritas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei Nº 9.985, de 2000) (BRASIL, 2012; 2000).

Sobre a obtenção e leitura do material de pesquisa, a produção científica sobre o referido tema foi obtida em indexadores nos bancos de dados: da plataforma Scientific Electronic Library Online (SciELO) (<http://www.scielo.br/>); do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (<http://www.periodicos.capes.gov.br/>); e o Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>). A busca foi realizada por meio de palavras-chave associadas com o objeto de busca principal nas distintas terminologias atualmente utilizadas (FIGURA 2).

FIGURA 2 – FLUXOGRAMA LINEAR DO LEVANTAMENTO DE ARTIGOS COM BASE NO OBJETO DE BUSCA, PRESSUPOSTOS, PALAVRAS-CHAVE E TERMOS ASSOCIADOS



FONTE: A Autora (2023).

2.2.2 Procedimentos para análise e interpretação dos resultados obtidos

No total foram obtidos 537 artigos, posteriormente, submetidos a triagem de confirmação dos pressupostos inicialmente determinados, no qual limitou-se a um total de 58 artigos científicos selecionados para análise (QUADRO 1).

A análise comparativa e interpretação crítica para redação final do texto entre os artigos selecionados, considerou uma revisão sistemática, resumindo os trabalhos conforme: a distribuição geográfica, a modalidade de proteção, idade, histórico de uso do solo, as fitofisionomias trabalhadas, as práticas silviculturais executadas, avaliações realizadas nos monitoramentos, as estratégias sob o conjunto de metodologias e técnicas, e das espécies facilitadoras citadas com melhor desenvolvimento, visando recomendações na restauração florestal no Bioma Mata Atlântica.

QUADRO 1 – ARTIGOS CIENTÍFICOS SELECIONADOS PARA ANÁLISE

Nº	Autores	Título	Revista Científica
(Continua)			
1	Aguirre <i>et al.</i> , 2015	Potencial da sementeira direta na restauração florestal de pastagem abandonada no município de Piracaia, SP, Brasil	<i>Hoehnea</i>
2	Altivo & Rodrigues, 2017	Ecological functionality of restoration of degraded areas in the mata atlantica biome, Rio de Janeiro, Brazil	<i>Brazilian Journal of Environmental Sciences</i>
3	Barboa; Rodrigues; Couto, 2013	Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas	<i>Hoehnea</i>
4	Baylão Junior; Valcarcel; Nettesheim, 2013	Fatores do meio físico associados ao estabelecimento de espécies rústicas em ecossistemas perturbados na mata atlântica, Piraí, RJ - Brasil	Ciência Florestal
5	Caldeira <i>et al.</i> , 2020	Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica	<i>Advances in Forestry Science</i>
6	Callegaro <i>et al.</i> , 2018	Influência de fatores ambientais sobre espécies vegetais em floresta estacional para uso potencial em restauração	Nativa
7	Carnevalo <i>et al.</i> , 2016	Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada	Revista Floresta
8	César <i>et al.</i> , 2014	Does a native grass (<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.) limit tropical forest restoration like an alien grass (<i>Melinis minutiflora</i> p. Beauv.)?	<i>Tropical Conservation Science</i>
9	Cielo-Filho; Souza, 2016	Assessing passive restoration of an atlantic forest site following a <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. Plantation clearcutting	Ciência Florestal
10	Coelho <i>et al.</i> , 2021	Regeneração florestal e chuva de sementes na conversão de um talhão de <i>Pinus</i> sp. em floresta nativa	Biotemas
11	Colmanetti <i>et al.</i> , 2016	Phytosociology and structural characterization of woody regeneration from a reforestation with native species in southeastern Brazil	Revista Árvore
12	Colmanetti; Barbosa, 2013	Fitossociologia e estrutura do estrato arbóreo de um reflorestamento com espécies nativas em Mogi-Guaçu, SP, Brasil	Hoehnea
13	Correia; Martins, 2015	Banco de Sementes do Solo de Floresta Restaurada, Reserva Natural Vale, ES	Floresta e Ambiente
14	Coutinho <i>et al.</i> , 2019	Restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil	Ciência Florestal
15	Cury <i>et al.</i> , 2012	Remoção de sementes em um fragmento de floresta Estacional Semidecidual e em um plantio de restauração no Sul do Brasil	Revista do Instituto Florestal

Nº	Autores	Título	Revista Científica
(Continuação)			
16	Daronco; Melo; Machado, 2012	Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (<i>Manihot sculenta</i> Crantz) para restauração de mata ciliar	Revista Árvore
17	Dias <i>et al.</i> , 2019	Coroamento com papelão para controle de braquiária na formação de povoamento para restauração florestal	Pesquisa Florestal Brasileira
18	Dias; Umetsu; Breier, 2014	Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal	Ciência Florestal
19	Durigan; Suganuma, Melo, 2016	Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades	Scientia Forestalis
20	Ferez <i>et al.</i> , 2015	Silvicultural opportunities for increasing carbon stock in restoration of Atlantic forests in Brazil	<i>Forest Ecology and Management</i>
21	Ferreira <i>et al.</i> , 2013	Espécies Potenciais para Recuperação de Áreas de Preservação Permanente no Planalto Catarinense	Floresta e Ambiente
22	Fonseca <i>et al.</i> , 2017	Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência	Ciência Florestal
23	Fragoso <i>et al.</i> , 2016	Recuperação de área degradada no domínio floresta estacional semidecidual sob diferentes tratamentos	Ciência Florestal
24	Gonzalo; Garcia; Gomes, 2015	Avaliação de área recuperada sobre cava de areia em São Paulo, SP, Brasil	Hoehnea
25	Klippel <i>et al.</i> , 2015	Avaliação de métodos de restauração florestal de mata de Tabuleiros-ES	Revista Árvore
26	Lisboa; Cielo-Filho; Câmara, 2021	Florística e fitossociologia do componente arbóreo-arbustivo de mata ciliar em estágio inicial de sucessão na microbacia do rio Xaxim (Oeste do Paraná, Brasil): subsídios para a restauração ecológica	Lilloa
27	Marcuzzo; Araújo; Gasparin, 2015	Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em unidades de conservação: um estudo de caso no Sul do Brasil	Revista Floresta
28	Mota; Torezan 2013	Necromassa em reflorestamentos com espécies nativas da Mata Atlântica com 4, 6 e 8 anos de implantação	Hoehnea
29	Nascimento <i>et al.</i> , 2017	Espécies vegetais potenciais para recuperação de áreas sob a influência da mineração de bauxita em campos de altitude na região de Poços de Caldas - MG	Ciência Florestal
30	Oliveira <i>et al.</i> , 2018	Banco de sementes do solo para uso na recuperação de matas ciliares degradadas na região noroeste Fluminense	Ciência Florestal
31	Piaia <i>et al.</i> , 2021	Short-term effects of passive restoration in springs habitats in Southern Brazil	Ciência Rural
32	Piaia <i>et al.</i> , 2021	Avaliação de indicadores ecológicos na restauração por plantio em núcleo com diferentes idades	Ciência Florestal
33	Piña-Rodrigues; Aoki, 2013	Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba - SP	Ciência Florestal
34	Pozzan <i>et al.</i> , 2020	Modelos de plantios e atributos funcionais de espécies nativas utilizadas em projetos de restauração em floresta de araucária	Ciência Florestal
35	Rech <i>et al.</i> , 2015	Avaliação da Restauração Florestal de uma APP Degradada em Santa Catarina	Floresta e Ambiente
36	Reis; Davide; Ferreira, 2014	Indicadores preliminares para avaliação da restauração em reflorestamentos de ambientes ciliares	Pesquisa Florestal Brasileira
37	Ribeiro <i>et al.</i> , 2013	Regeneração natural em áreas desmatadas e dominadas por <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn. na Serra da Mantiqueira	Cerne
38	Rotmeister <i>et al.</i> , 2015	Estrutura e diversidade da regeneração florestal na nascente do Córrego São Pedro, Juiz de Fora, MG	Revista Agrogeoambiental
39	Rovedder <i>et al.</i> , 2018	Natural regeneration in a conservation unit: subsidy for restoration actions	Floresta e Ambiente
40	Samila; Franco; Piña-Rodrigues, 2017	Funcionalidade ecológica de modelos de restauração: microbacia do ribeirão pirai, Cabreúva, SP	Revista do Instituto Florestal
41	Sampaio; Barbosa, 2012	Estudo do crescimento de espécies de árvores semidecíduas em uma área ciliar revegetada	Revista Árvore
42	Santos <i>et al.</i> , 2018	Controle químico de plantas daninhas em povoamentos de restauração florestal	Pesquisa Florestal Brasileira
43	Santos <i>et al.</i> , 2019	Consórcio de espécies arbóreas com leguminosas herbáceas como estratégia para restauração florestal	<i>Advances in Forestry Science</i>

Nº	Autores	Título	Revista Científica
(Conclusão)			
44	Santos <i>et al.</i> , 2020	Estratégias de controle de braquiárias <i>Urochloa</i> spp. na formação de povoamento para restauração florestal	Ciência Florestal
45	Scariot; Tres; Reis, 2014	Componente arbustivo-arbóreo de matas ciliares em restauração e remanescentes naturais inseridos em matriz silvícola, Rio Negrinho, SC	Ciência Florestal
46	Schäffer <i>et al.</i> , 2020	Crescimento de espécies arbóreas nativas em recuperação de área degradada no litoral do Paraná	Pesquisa Florestal Brasileira
47	Seubert <i>et al.</i> , 2017	Regeneração natural em diferentes períodos de abandono de áreas após extração de <i>Eucalyptus grandishill</i> ex maiden, em argissolo vermelho-amarelo álico, em Brusque, Santa Catarina	Ciência Florestal
48	Silva <i>et al.</i> , 2013	Caracterização fitossociológica e fitogeográfica de um trecho de floresta ciliar em Alfredo Wagner, SC, como subsídio para restauração ecológica	Ciência Florestal
49	Silva <i>et al.</i> , 2019	Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil	Revista Brasileira de Ciências Agrárias
50	Silva; Leite; Bim, 2021	Florística e fitossociologia de áreas de restauração com diferentes históricos de uso	Pesquisa Florestal Brasileira
51	Silvestrini <i>et al.</i> , 2012	Natural regeneration in abandoned fields following intensive agricultural land use in an Atlantic Forest Island, Brazil	Revista Árvore
52	Soares <i>et al.</i> , 2016	Influence of ecological group composition, plantation spacing and arrangement in the restoration of riparian forest on reservoir shores	Ciência Florestal
53	Souza <i>et al.</i> , 2012	Potencial da regeneração natural como método de restauração do entorno de nascente perturbada	Cerne
54	Souza; Piña-Rodrigues 2013	Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na floresta ombrófila densa, Paraty, RJ	Revista Árvore
55	Sperandio <i>et al.</i> , 2012	Emprego da Serapilheira Acumulada na Avaliação de Sistemas de Restauração Florestal em Alegre – ES	Floresta e Ambiente
56	Suganuma <i>et al.</i> , 2013	Ecosistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais?	Revista Árvore
57	Villa <i>et al.</i> , 2016	Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio	Floresta e Ambiente
58	Watanabe; Sant'Ana, 2014	Avaliação da restauração das áreas de preservação permanente de propriedades rurais, situadas no Córrego do Galante, em Monte Castelo e Tupi Paulista, estado de São Paulo	Cultura Agrônômica

FONTE: A Autora (2023).

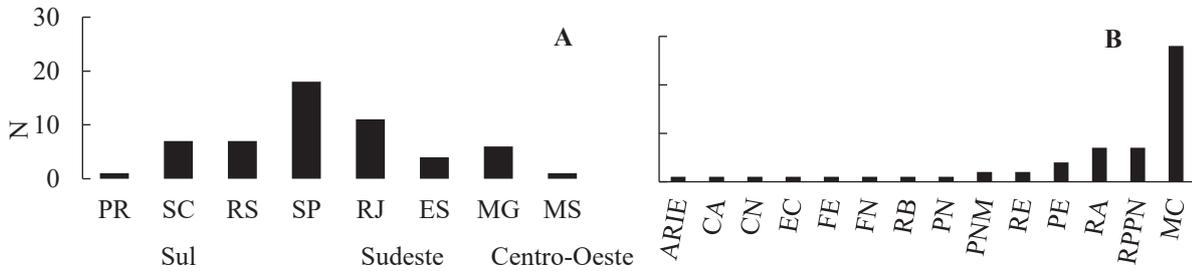
2.3 RESULTADOS

A quantidade de estudos nos estados de São Paulo (17), e Rio de Janeiro (11), revelam notoriedade da região Sudeste na restauração florestal em alguma modalidade de proteção no bioma Mata Atlântica. A região Sul possui praticamente a mesma quantidade de artigos publicados quando somados, com uma média de 6,34 estudos em cada estado (PR, SC e RS). Ressalta-se a incipiente condução de pesquisas e estudos sobre o tema nas demais regiões do país, como o Centro-Oeste e o Nordeste (FIGURA 3A).

A maior parte dos estudos são conduzidos em matas ciliares (28 artigos), e nenhum em reserva legal. As demais modalidades inseridas principalmente sobre as Unidades de Conservação (UC's), correspondem aos demais estudos publicados, e somam 21 estudos sobre

o tema. Os reservatórios artificiais (RA) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) são as UC's que efetuam mais estudos sobre a temática após a mata ciliar (MC) (FIGURA 3B).

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA (A) E MODALIDADE DE PROTEÇÃO (B) TRATADO NOS ARTIGOS SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO BIOMA MATA ATLÂNTICA NOS ÚLTIMOS 10 ANOS

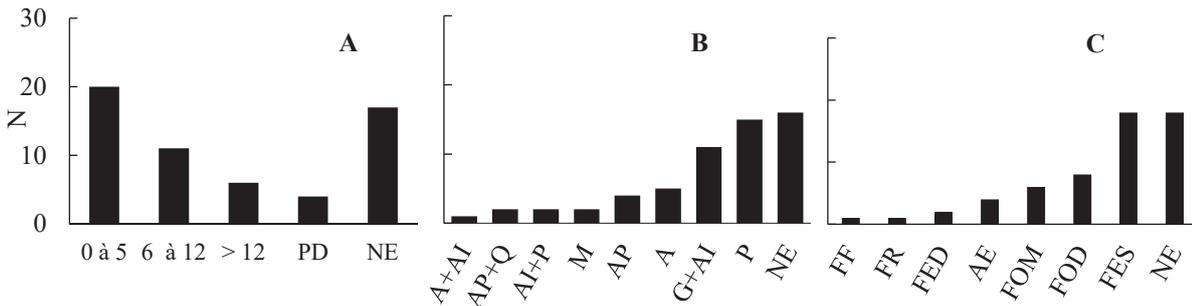


LEGENDA: ARIE: área de relevante interesse ecológico; CA: campos de altitude; CN: campos nativos; EC: estação ecológica; FE: floresta estadual; FN: floresta nacional; RB: reserva biológica; PN: parque nacional; PNM: parque natural municipal; RE: reserva ecológica; PE: parque estadual; RA: reservatório artificial; RPPN: reserva particular do patrimônio natural; MC: mata ciliar.

FONTE: A Autora (2023).

A maior quantidade de estudos engloba da implantação até os cinco anos de idade, especialmente com o acompanhamento dos primeiros 30 meses. Positivamente, este resultado incide motivação direcionada a restauração ecológica além do reflexo da legislação (FIGURA 4A).

FIGURA 4 – IDADE (A), HISTÓRICO (B) E FITOFISIONOMIA (C) DAS ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA



LEGENDA: PD: períodos distintos; NE: não especificado; A+AI: agropecuária e arbóreas invasoras; AP+Q: agropecuária e queimadas; AI+P: arbóreas invasoras e pecuária; M: mineração; AP: agropecuária; A: agricultura; G+AI: gramíneas e arbóreas invasoras; P: pecuária; AE: área de transição; FED: floresta estacional decídua; FES: floresta estacional semidecídua; FF: floresta fluvial; FOD: floresta ombrófila densa; FOM: floresta ombrófila mista; FR: floresta de restinga.

FONTE: A Autora (2023).

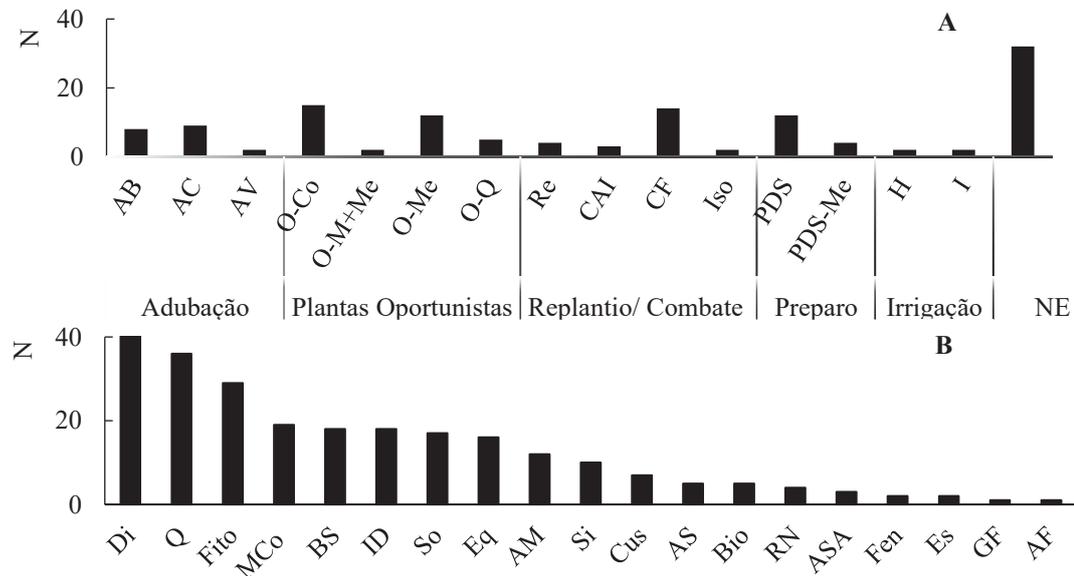
Por outro lado, cerca de 29% dos artigos não apresentam a idade do processo de restauração, o que gera demérito aos estudos, visto que uma estratégia pode ser positiva ou negativa indiferente à idade de desenvolvimento. O mesmo serve para o histórico anterior e a fitofisionomia original da área, em que 27% e 30% dos estudos, respectivamente, não os

relataram. Esta informação confere carência de diagnósticos das áreas que antecede a aplicação dos estudos, e são valiosas para determinar as estratégias após uso do solo, dada a variedade de ocupações e aptidões (FIGURA 4-B e C - NE).

Dos histórico e da fitofisionomia apresentados, a pecuária (P) (15 estudos), a presença de gramíneas e arbóreas invasoras (G+AI) (11) e a condução em florestas estacionais semidecíduas e ombrófilas densa e mista foram os mais mencionados (FIGURA 4-B e C), provavelmente associados à gravidade das atividades exercidas ao longo do tempo, a oportunidade de uso do solo após remoção das florestas, e pela dominância geográfica e importância das matas ciliares trabalhadas, respectivamente.

Nas práticas silviculturais, nota-se que a adubação, o controle de plantas competidoras/infestantes/oportunistas, o preparo do solo (PDS) e o combate a formigas cortadeiras (CF) são frequentemente mencionados nos artigos científicos estudados, mesmo que não supere os 13%. A irrigação e a aplicação de hidrogel foram identificados em apenas dois artigos cada, provavelmente associado à regularidade de precipitação no bioma. Mais de 55% dos artigos não mencionaram as práticas silviculturais aplicadas nas áreas (FIGURA 5A).

FIGURA 5 – PRÁTICAS SILVICULTURAIS (A) E ANÁLISES DOS MONITORAMENTOS (B) APLICADOS À RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA



LEGENDA: AB: adubação de base; AC: adubação de cobertura; AV: adubação verde; D-Co: controle coroamento manual; D-M+Me: controle manual e mecanizado; D-Me: controle mecanizado; D-Q: controle químico; Re: replantio; CAI: controle de arbóreas invasoras; CF: combate a formigas; Iso: isolamento dos fatores de degradação; PDS: preparo do solo; PDS-Me: preparo do solo mecanizado; H: hidrogel; NE: não especificado; Di: diversidade; Q: informações qualitativas; Fito: fitossociologia; MCo: métricas da copa; BS: banco de sementes; ID: índices de dispersão; So: sobrevivência; Eq: equabilidade; AM: análises multivariadas; Si: similaridade; Cus: custos; AS: análise de solo; Bio: biomassa; RN: regeneração natural; ASA: aspecto socioambiental; Fen: fenologia; Es: análise de estratificação; GF: grupos funcionais; AF: análise foliar.

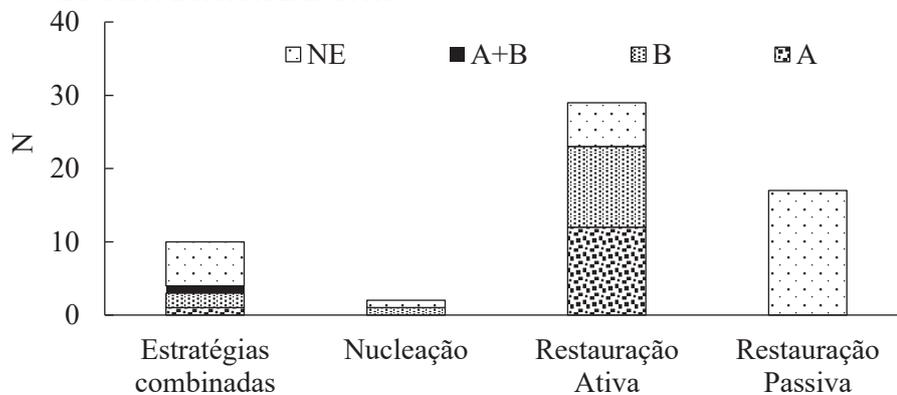
FONTE: A Autora (2023).

Como resultado às análises realizadas nos monitoramentos, a análise de diversidade, das características ecológicas como estágio sucessional, origem e forma de vida da regeneração e da fitossociologia foram os mais realizados. Considerou-se ainda a grande quantidade de estudos com análises das métricas da copa, banco de sementes, índices de dispersão, sobrevivência e equabilidade (FIGURA 5B).

Ressalta-se que a análise dos 58 artigos não evidenciou qualquer abordagem sobre a suficiência amostral, curva espécie-área, curva de acumulação de espécies ou curvas de rarefação (1 artigo) para posterior efetivação das análises. Do mesmo modo, nenhum dos artigos evidenciou levantamento da fauna silvestre como forma de monitoramento das áreas.

As estratégias encontradas nos artigos científicos selecionados mostraram que há maior quantidade de estudos conduzidos pela restauração ativa (R), com alta diversidade de espécies plantadas (A), seguida da aplicação de baixa diversidade (B). Nota-se preferência à aplicação do plantio de mudas ou sementes para conduzir a restauração das áreas desflorestadas em detrimento da restauração passiva (FIGURA 6).

FIGURA 6 – ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA



LEGENDA: NE: não especificado a diversidade de espécies plantadas; A+B: alta e baixa diversidade de espécies; B: baixa diversidade; A: alta diversidade.

FONTE: A Autora (2023).

A nucleação associada a menores custos teve pouca representatividade (2 artigos) (FIGURA 6), possivelmente porque algumas áreas degradadas não retornam às funções ecológicas tão prontamente com uso da nucleação em relação ao plantio em área total, além da importância direta das áreas protegidas e seus impactos diretos sobre a sociedade.

Tal fato corrobora para uma combinação de estratégias (10 artigos), que podem atender melhor as condições intrínsecas que se encontram as áreas a serem restauradas. No entanto, dos 39 artigos conduzidos com a restauração ativa ou estratégias combinadas, 12 não mencionaram a coorte de espécies utilizadas na implantação do projeto (FIGURA 6).

As espécies de maior desenvolvimento na avaliação dos 58 estudos, chegam a um total de 255. Aquelas mencionadas repetidamente entre os artigos analisados, totalizam 74 espécies com aptidão para uso em áreas protegidas do bioma Mata Atlântica (TABELA 1).

TABELA 1 – ESPÉCIES UTILIZADAS EM RESTAURAÇÕES ECOLÓGICAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA, DESTACADAS EM MAIS DE UM ARTIGO CIENTÍFICO (F)

Nomenclatura científica	F	Nomenclatura científica	F
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	2	<i>Inga vera</i> Willd.	3
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	2	* <i>Joannesia princeps</i> Vell.	2
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	3	* <i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	2
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) H. ex Niederl.	6	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	5
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	2	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	2
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	6	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	2
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	2	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	3
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	2	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	2	* <i>Mimosa scabrella</i> Benth.	2
<i>Cabranea canjerana</i> (Vell.) Mart.	3	<i>Moquiinastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	4
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	3	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	3
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	5	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	5
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	3	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	4
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	4	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees	2
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	6	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	2
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	2	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	2
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	10	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	6
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	2	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	14
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	3	<i>Piper aduncum</i> L.	4
* <i>Couratari asterotricha</i> Prance	2	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	2
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	5	<i>Pleroma granulosum</i> (Desr.) D. Don	2
<i>Croton urucurana</i> Baill.	3	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	6
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	3	<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	7
* <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	2	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	3
<i>Dictyoloma vandellianum</i> A.Juss.	2	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	8	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	14
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	3	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	7
<i>Eugenia uniflora</i> L.	7	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	4
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	5	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	3
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	3	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	8
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	6	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	4
* <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. DC.) Matt	2	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	2
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. DC.) Matt	3	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	4
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	* <i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	2
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	2	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	2
<i>Inga edulis</i> Mart.	5	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	2
<i>Inga marginata</i> Willd.	5	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	2

NOTA: * Espécie com distribuição geográfica restrita ao bioma Mata Atlântica e/ou presente em poucos estados.
FONTE: A Autora (2023).

Entre as 74 espécies, oito se destacaram pela maior quantidade de citações (F) com bom desenvolvimento: *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolia*, *Citharexylum myrianthum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Senna multijuga*, *Eugenia uniflora*, *Psidium cattleyanum* e *Schizolobium parahyba*. Sete espécies apresentaram distribuição geográfica restrita ao bioma da Mata Atlântica e/ou distribuídas em poucos estados (*), são elas: *Couratari*

asterotricha, *Dalbergia nigra*, *Joannesia princeps*, *Lithraea brasiliensis*, *Mimosa scabrella*, *Handroanthus chrysotrichus* e *Trichilia claussenii*. Outras espécies se destacaram por possuírem ampla distribuição geográfica, com aptidão de uso em todos os biomas nacionais, como por exemplo, *Cecropia pachystachya*, *Senegalia polyphylla* e *Guarea guidonia* (TABELA 1).

2.4 DISCUSSÃO

A maior quantidade de estudos conduzidos nas regiões sudeste e sul do Brasil se justificam por compor quase que completamente seus limites territoriais. Além disso, é fortemente favorecida pela quantidade de projetos e programas financiados, cooperação com fundações e universidades que apoiam a conservação da MA, e pela maior representatividade política em nível federal (STEINBERGER; RODRIGUES, 2010).

A ausência de estudos nas demais regiões preocupa, sobretudo por se tratar de áreas protegidas previstas na legislação, e pela constante e ascendente expansão territorial, do histórico de antropização, alta heterogeneidade e à complexidade biológica, cultural e socioeconômica das regiões centro-oeste e nordeste. No entanto, deve-se salientar que as áreas de MA são significativamente menores nessas regiões, e portanto, os esforços de restauração estejam mais concentrados em outros biomas destas regiões.

A evidência de trabalhos em reservatórios artificiais (RA) e em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) é um reflexo da disponibilidade financeira ofertada para pesquisas nestes locais. Para os RA, a crescente demanda energética contribui para o aumento de barragens e da restauração ecológica, quando previsto na lei. A RPPN, por sua vez, além de receber apoio do Estado no seu monitoramento e repressão contra ilícitos, apresenta isenção do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), além de poder servir como área de compensação ambiental.

Por outro lado, a evidência de mais estudos conduzidos em matas ciliares relaciona-se principalmente a proximidade dos impactos às comunidades, devido ao assoreamento dos rios que modificam a fauna e a flora, a qualidade e a velocidade da água (VANZELA *et al.*, 2010), resultando na redução da disponibilidade hídrica e nos desastres naturais que têm sido cada vez mais recorrentes (MACCARINI; SILVA, 2016).

Ao se tratar da reserva legal (RL), a falta de estudos pode ser atribuída a legislação, pois permite que a propriedade rural com até quatro módulos fiscais, compute a reserva legal junto as áreas de preservação permanente (APP's), o que pode ter afetado sua representatividade

neste estudo. Ou em outros casos, à sua compensação fora dos limites do imóvel (SILVA; RANIERI, 2014).

Além disso, culturalmente pode haver desinteresse econômico sustentável que ela representa nas propriedades rurais do bioma. Neste sentido, um aspecto pouco abordado são os benefícios ecossistêmicos à produtividade agrícola que as áreas protegidas proporcionam. A degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária brasileira. Estima-se que 80% das pastagens cultivadas no Brasil encontram-se em algum estado de degradação, incapaz de sustentar os níveis e qualidade de produção e em estado vulnerável a pragas e doenças (CARVALHO *et al.*, 2017). Por esta razão, é importante elaborar um diagnóstico detalhado das áreas a serem restauradas. Muitos profissionais desconsideram a elaboração de um diagnóstico aprofundado sobre histórico de uso do solo das áreas, que implica diretamente na estratégia a ser aplicada. Uma área com décadas de atividade agropecuária próximas a remanescentes representa condições distintas à uma área geograficamente isolada e conduzida sob atividade mineradora, ou por plantios homogêneos com espécies perenes.

Como exemplo, em uma restauração passiva, grande parte das espécies mais abundantes é influenciada pela altitude, profundidade do solo e espessura da serapilheira, e ainda favorecidas pelo teor de argila no estabelecimento de populações arbóreas (CALLEGARO *et al.*, 2018). As espécies pioneiras desenvolvidas isoladamente formam núcleos naturais que promovem condições às espécies de estágios posteriores. Neste sentido, maior será o número de espécies conforme o núcleo natural aumenta (COUTINHO *et al.*, 2019).

As pioneiras tendem a apresentar taxa de sobrevivência mais elevada quando comparadas às não pioneiras, porém acarretam um dossel homogêneo. Portanto, recomenda-se inserir também espécies de estágios de sucessão posteriores (SILVA *et al.*, 2019), enriquecendo os núcleos naturais ou a restauração passiva, e definir uma coorte variável de espécies quando conduzir uma restauração ativa com uso da nucleação ou plantios em área total. Permanece, no entanto, a necessidade de eliminar a competição com o controle de plantas infestantes e combate a formigas, para favorecer mais rapidamente o recobrimento da área pelas arbóreas, simultaneamente ao seu desenvolvimento (KLIPPEL *et al.*, 2015).

Comumente, é possível observar que o plantio de mudas em área total apresenta maiores custos e maior diversidade da regeneração natural emergente do que a nucleação, que por sua vez, é maior que a restauração passiva, especialmente pelo rápido recobrimento e condições favoráveis de sucesso vegetal. No entanto, o plantio de mudas compõe menor resposta no período inicial dada a quantidade de práticas silviculturais necessárias para garantir a sobrevivência das mudas (TRENTIN *et al.*, 2018).

Desta forma, o conjunto de estratégias surtem efeitos diretos na composição de espécies futuras da área sob um processo restaurativo. É desinteressante à restauração ecológica, 40 anos com 20% de ocupação da área por espécies arbóreas (COUTINHO *et al.*, 2019) quando é possível um recobrimento total aos 10 anos de idade (SCHÄFFER *et al.*, 2020).

Nestas circunstâncias, a avaliação do banco de sementes representa a forma de monitoramento eficaz na previsão da composição futura de espécies das áreas em restauração. Embora apresente uma variação sazonal, a riqueza dos fragmentos aumenta à medida que melhora seu estado de conservação. Ainda assim, sugere-se o enriquecimento do banco de sementes das áreas conservadas em prol da diversidade e da variabilidade genética (PIÑA-RODRIGUES; AOKI, 2014).

Durigan, Suganuma e Melo (2016) buscaram dar suporte ao monitoramento de matas ciliares em restauração em regiões de Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), gerando valores esperados e críticos para diferentes atributos da comunidade arbórea com base na avaliação de diferentes atributos de 26 plantios de restauração em diferentes idades. Ecossistemas em restauração com valores abaixo do valor crítico para determinado atributo, estão susceptíveis a ações de manejo adaptativo que direcionem a trajetória rumo ao estado desejado. Entre os atributos mencionados, cita-se a riqueza total de espécies arbóreas. Aos quatro anos de idade o intervalo esperado está entre 18 e 25 espécies. Aos 25 anos este intervalo propõe considerar bem sucedida uma restauração entre 41 e 59 espécies arbóreas amostradas (DURIGAN; SUGANUMA; MELO, 2016).

A Resolução Nº 47 de novembro de 2003, da Secretaria do Meio-Ambiente do estado de São Paulo, orienta “a recuperação florestal de áreas degradadas [...], será efetivada mediante o plantio de mudas de, no mínimo, 80 (oitenta) espécies arbóreas” (SÃO PAULO, 2003). No entanto, se observar os valores críticos anteriormente mencionados, por que plantar 80 espécies arbóreas? Obviamente que a resolução busca manter a biodiversidade do estado. Todavia, a fragmentação dos ecossistemas de São Paulo impede a obtenção sementes com diversidade de espécies para produção de mudas nos viveiros florestais (CIELO-FILHO; SOUZA, 2016). No entanto, a própria fragmentação exige o plantio de mudas, e diminui a diversidade de plantio, porém aliando espécies aptas às adversidades ambientais, e produzidas nos viveiros florestais.

Projetos de restauração ativa conduzidos com baixa diversidade podem superar diversas adversidades, especialmente nos custos envolvidos. Primeiro, o viveiro florestal poderá absorver a demanda de espécies desejadas, e a produção de mudas, o plantio e as práticas silviculturais, atendem um padrão de atividades que diminui os custos. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento das mudas será homogêneo, com rápido recobrimento do solo e fechamento

de dossel, que diminui e/ou elimina alguns fatores degradantes, e condiciona a próxima etapa de composição de espécies da regeneração natural, e viabiliza abrigo e alimento para a fauna.

Altivo e Piña-Rodrigues (2017), em avaliação da restauração ativa com alta diversidade (88 espécies), identificaram que algumas espécies, com desenvolvimento expressivo também apresentaram elevadas taxas de mortalidade, e que portanto, o plantio em alta densidade pode causar o futuro restabelecimento de gramíneas invasoras, afetando a dinâmica ecológica. Além disso, quando da escolha de espécies a serem utilizadas, deve-se aferir experimentações já realizadas para evitar elevada mortalidade.

Saber com quais espécies trabalhar é de fundamental importância no planejamento de projetos de restauração ecológica. As matas ciliares, por exemplo, precisam de espécies que suportem períodos de inundação, facilite o fluxo gênico entre áreas restauradas e remanescentes em prol da regeneração natural, portanto, é interessante considerar espécies ribeirinhas (FONSECA *et al.*, 2017) frutíferas e melíferas de ocorrência natural, de modo a contribuir para o enriquecimento genético e da recuperação da fauna terrestre e aquática.

Neste sentido, os projetos e estudos científicos devem apresentar as espécies trabalhadas, do contrário este fato não inibe somente futuros estudos voltados à restauração ecológica, como também gera incertezas sobre a real aptidão das espécies nas estratégias utilizadas, e sobre os monitoramentos apresentados.

2.5 CONCLUSÕES

A restauração ativa, embora ainda enfrente adversidades, é a metodologia preferida. Uma grande riqueza de espécies se destaca entre os estudos avaliados.

Observados a diversidade de fatores, espécies e ecossistemas, que interferem na replicação e evolução de projetos de restauração florestal, recomenda-se a condução e publicação dos futuros estudos contenham o mínimo de informações de caracterização ambiental, descrição da implantação, das práticas silviculturais e monitoramento, de maneira específica ou citada. Ressalta-se que o monitoramento, quando de restauração ativa, comtemple avaliações de desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas, a fim de subsidiar novos projetos.

Deve-se incentivar a elaboração de programas e projetos de restauração florestal em áreas protegidas, do setor público ao privado, e nas regiões do centro-oeste e nordeste brasileiro. Acrescenta-se ainda, estimular a condução de estudos socioambientais no âmbito da restauração ecológica.

REFERÊNCIAS

- ALTIVO, F. de S.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M. Ecological functionality of restoration of degraded areas in the mata atlantica biome, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (Online), Rio de Janeiro, n. 43, p. 17–31, 2017. DOI: 10.5327/Z2176-947820170175.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação Ambiental e Teoria Econômica: Algumas Reflexões sobre uma “Economia dos Ecossistemas”. **Economia**, Brasília - DF, v.12, n.1, p.3-26, 2011.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração ecológica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 431 p.
- BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal**. República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2012.
- BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2000.
- CALDEIRA, M. V. W. Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 2, 2020. DOI: 10.34062/afs.v7i2.8310
- CALIMAN, G. **Cátedras UNESCO e os desafios dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Geraldo Caliman (organizador) – Brasília: Cátedra UNESCO de Juventude, Educação e Sociedade; Universidade Católica de Brasília, 2019. 151 p.
- CALLEGARO, R. M. *et al.* Influência de fatores ambientais sobre espécies vegetais em floresta estacional para uso potencial em restauração. **Nativa**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 91-99, 2018. DOI: 10.31413/nativa.v6i1.4728.
- CARVALHO, W. T. V. *et al.* Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **PUBVET**, v. 11, n. 10, p. 0947-1073, 2017. DOI: dx.doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045.
- CARNEVALI, N. H de S. *et al.* Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 277-286, 2016. DOI: dx.doi.org/10.5380/rf.v46i2.42881.
- CIELO-FILHO, R.; SOUZA, J. A. D. de. Assessing passive restoration of an atlantic forest site following a *Cupressus lusitanica* Mill. Plantation clearcutting. **Ciência Florestal** [online], v. 26, n. 02, p. 475-488, 2016. DOI: doi.org/10.5902/1980509822748.
- COUTINHO, P. R. de O. dos S. *et al.* restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 1307–1323, 2019. DOI: 10.5902/1980509827844.

- DIAMOND, J. **Colapso**: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. Brasil: Editora Record, 2020. 724 p.
- DURIGAN, G.; SUGANUMA, M. S.; MELO, A. C. G. de. Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 463-474, jun. 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.19](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.19).
- ESPINDOLA, M. B. *et al.* Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 27-38, 2005.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO; PROGRAMA DAS AÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. **El estado de los bosques del mundo** - Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. 2020. 197 p. DOI: [10.4060/ca8642es](https://doi.org/10.4060/ca8642es).
- FRAGOSO, R. de O. *et al.* Recuperação de área degradada no domínio floresta estacional semidecidual sob diferentes tratamentos. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 699–711, 2016. DOI: [10.5902/1980509824194](https://doi.org/10.5902/1980509824194). DOI: doi.org/10.5902/1980509824194.
- FONSECA, D. A. da; *et al.* Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 521–534, 2017. DOI: [10.5902/1980509827733](https://doi.org/10.5902/1980509827733).
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo – Fapesp. 2000. 261 p.
- KLIPPEL, V. H. *et al.* Avaliação de métodos de restauração ecológica de mata de Tabuleiros-ES. **Revista Árvore** [online], v. 39, n. 1, p. 69-79, 2015. DOI: [10.1590/0100-67622015000100007](https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100007).
- KISSMANN, C. *et al.* Modelos de plantios e atributos funcionais de espécies nativas utilizadas em projetos de restauração em floresta de Araucária. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 1103–1115, 2020. DOI: [10.5902/1980509840924](https://doi.org/10.5902/1980509840924).
- MACCARINI; SILVA. A relação entre o código florestal brasileiro e os desastres naturais. **Revista ordem pública**, v. 9, n. 1, p. 223-233, 2016.
- MARTINS, S. V. *et al.* **Manual de procedimentos gerais para restauração ecológica no estado do Espírito Santo**. Vitória: CEDAGRO, 2014. 23 p.
- MCDONALD, T.; GANN, G. D.; JONSON, J.; DIXON, K. W. **International standards for the practice of ecological restoration** – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C., 1 ed. 2016, 47 p.
- METZGER, J. P. *et al.* Why Brazil needs its Legal Reserves. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 91–103, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.pecon.2019.09.001.
- PARROTA, J. A. The role of plantation forest in rehabilitation degraded tropical ecosystems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 114, p. 115-133, 1992.

- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AOKI, J. Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba - SP. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 911–923, 2014. DOI: 10.5902/1980509816603.
- POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017. DOI: 10.1590/s0103-40142017.31890021.
- REIS, A. *et al.* Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 244-250, 2010.
- SÃO PAULO. RESOLUÇÃO SMA Nº 47, DE 26 de novembro de 2003. Diário Oficial do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2003.
- SCHAFFER, L. H. *et al.* Crescimento de espécies arbóreas nativas em recuperação de área degradada no litoral do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 40, 2020. DOI: 10.4336/2020.pfb.40e201801680.
- SILVA, J. S. da; RANIERI, V. E. L. O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 115-132, 2014.
- SILVA, M. P. K. L da; *et al.* Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14 n. 1, p. 1-7, 2019. DOI: 10.5039/agraria.v14i1a5612.
- SOS – MATA ATLÂNTICA. **Relatório anual 2019**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2019. 55 p. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/>>. Acesso em: abr. 2023.
- SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A.; CAMPANHARO, W. A.; DEL CARO, C. F.; HOLLANDA, M. P. de. Avaliação da erosão hídrica pela alteração na superfície do solo em diferentes coberturas vegetais de uma sub-bacia hidrográfica no município de Alegre – ES. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1411-1418, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n4p1411
- STEINBERGER, M.; RODRIGUES, R. J. Conflitos na delimitação territorial do bioma Mata Atlântica. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 37–48, 2010. DOI: 10.35699/2237-549X.13295.
- TRENTIN, B. E. *et al.* restauração ecológica na mata atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 160–174, 2018. DOI: 10.5902/1980509831647.
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online], v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010, DOI: doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008.

"Antes de ser livre, é necessário ser apenas."

(Alexander von Humboldt, geógrafo, polímata, naturalista, explorador e proponente da filosofia romântica prussiana. Influenciou Charles Darwin, Ernst Haeckel, Alfred Russel Wallace, entre outros)

3 CAPÍTULO II – ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE VEGETAÇÃO DE ÁREAS EM RESTAURAÇÃO INSERIDAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO PARANÁ²

RESUMO

Em busca de definir alternativas para o monitoramento de áreas protegidas na Mata Atlântica, consolidar as informações e ações necessárias sobre as mesmas perante a sociedade e ainda, popularizar a prática da restauração ecológica nas comunidades envolvidas, o objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica da cobertura vegetal por meio de imagens dos satélites LANDSAT, em áreas de restauração ecológica dentro de unidades de conservação do Paraná, Brasil. O estudo foi desenvolvido em duas áreas: área de estudo 01 (AE1) Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN): Reserva Natural Guaricica; e área de estudo 02 (AE2) Fazenda Experimental Canguiri, dentro da Área de Proteção Ambiental (APA), da Represa do Iraí, Paraná - Brasil. As análises consistiram no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), com imagens de LANDSAT (5 e 8-9) dos últimos 20 anos para a RPPN e dos últimos 10 anos para a APA. O uso de elementos espaciais e NDVI por meio de imagens LANDSAT é uma alternativa viável para observar a dinâmica das áreas degradadas em processo de restauração ecológica. Recomenda-se a continuidade do monitoramento para a RPPN e ações urgentes de restauração para a conectividade ambiental na APA.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem; Florestas Ombrófilas; Geoprocessamento; NDVI.

² Capítulo em forma de artigo submetido na revista científica: *Revista Floresta*.

3.1 INTRODUÇÃO

A palavra degradação, do latim *degradatio ōnis*, quando traduzida para o português brasileiro, une as palavras degradar + ação. No âmbito ambiental, envolve principalmente a redução dos potenciais dos recursos renováveis e não renováveis ocasionando alterações irreversíveis na forma, na dinâmica, na qualidade do ambiente, compreende o solo, a água, o ar e os organismos (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2007).

Neste sentido, ações que podem destruir totalmente os ecossistemas ou as populações localizadas em seu entorno são tão diversas quanto os tipos de áreas degradadas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Portanto, define-se degradação como a remoção, enterro ou destruição da vegetação nativa, fauna e camada superficial do solo, de tal forma que inviabilizam o desenvolvimento socioeconômico (ALMEIDA, 2016; PARROTA, 1992).

A restauração ecológica vem ao encontro desta problemática e por meio de um processo naturalmente lento, se busca acelerar o processo sucessão para condições necessárias a recomposição das funções ecológicas do ecossistema. Com o passar das décadas, diversas estratégias têm sido desenvolvidas a partir de novos resultados adquiridos dos monitoramentos de áreas em restauração (DURIGAN; RAMOS, 2013; CHAZDON, 2014).

Portanto, o conhecimento sobre a ecologia da paisagem e os processos sucessórios envolvidos são relevantes para esta temática, sendo de comum acordo entre os restauradores que o diagnóstico das áreas degradadas é essencial para determinar as estratégias que melhor se aderem às problemáticas causadoras de sua degradação (SCHLICKMANN *et al.*, 2018). Entender o processo de descaracterização da paisagem é a porta de entrada para um projeto de restauração de sucesso.

Oportunamente, os detentores das áreas degradadas, instituições de pesquisa e monitoramento agroambiental, entre outros, fornecem alguns dados históricos do tipo de atividades e destino da exploração dos recursos naturais efetuados, que abordam as principais ações e eventos climáticos que incidiram na localidade.

Delimitar a vegetação em períodos diferentes indica as mudanças ocorridas em intensidade e a velocidade ao longo do tempo. Desta forma, permite reconstruir os cenários passados, compreender o atual e modelar os cenários futuros sobre a condição de uso e cobertura da terra, atribuições centrais dos órgãos de planejamento e tomada de decisões relativas à conservação de ecossistemas naturais e a sua restauração (SILVA; ECKHARDT; REMPEL, 2011).

Adicionalmente, imageamento das áreas com uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), ou obtidas por satélite, e das ferramentas do sensoriamento remoto é possível adquirir e processar imagens orbitais multitemporais, para análise da cobertura da vegetação e sua evolução de modo eficiente (ALBUQUERQUE, 2022; BERVEGLIERI *et al.*, 2019). E desta maneira, monitorar o desmatamento, a presença de incêndios florestais, a conectividade da paisagem, a fenologia e as métricas de copa das espécies de dossel, bem como a necessidade de restauração de áreas no entorno (TAROLLI, 2014; CHEN *et al.*, 2017).

Neste sentido, qual a transformação na cobertura vegetal de áreas em restauração, a partir de imagens dos satélites LANDSAT? Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica multitemporal da cobertura vegetal, por meio de imagens dos satélites LANDSAT, de áreas em restauração dentro de unidades de conservação do Paraná, Brasil.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas áreas de estudo. A primeira área de estudo está inserida em unidade de conservação na modalidade de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) na Reserva Natural Guaricica (RNG-SPVS), no município de Antonina, Paraná, sob as coordenadas geográficas dos blocos em 48°70'15" O; 25°31'32" S e 48°70'11" O; 25°30'72" S. É limítrofe do Rio Cachoeira, na rodovia PR-405 e da Reserva Biológica Bom Jesus (FIGURA 7).

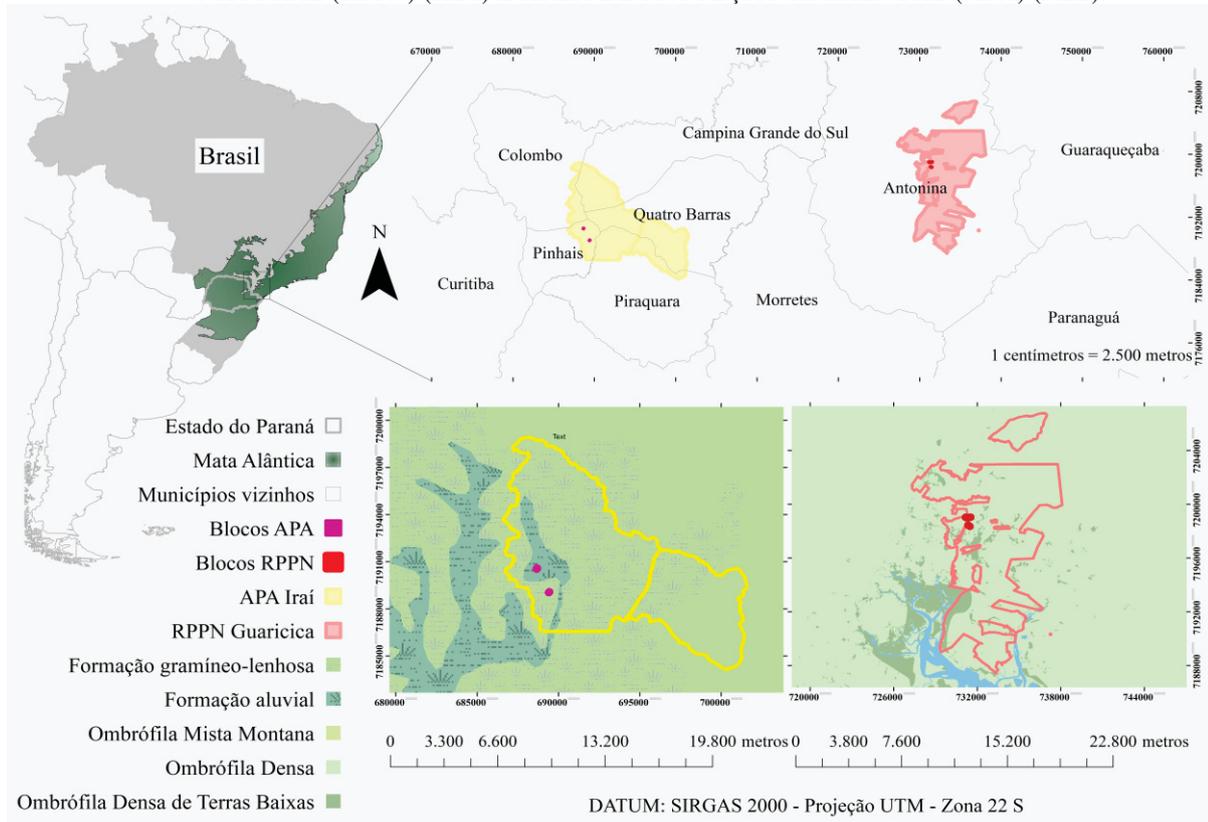
A Reserva Natural Guaricica foi registrada na modalidade de RPPN do ano de 2000 a 2004, e em 2006 foram iniciados os plantios de restauração florestal na região. Compreende diferentes experimentos com plantio de cinco à dez espécies arbóreas nativas para restauração florestal, sendo o experimento de estudo composto por 2 ha de área com plantio de 10 espécies arbóreas facilitadoras.

A segunda área de estudo está inserida em unidade de conservação, na modalidade de Área de Proteção Ambiental (APA) na Represa do Iraí (RDI), na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná (Fazenda Canguiri) que faz parte da APA, no município de Pinhais, estado do Paraná, distante cerca de 20 km de Curitiba nas seguintes coordenadas geográficas 25°23'12.3"S e 49°07'33.2"W (FIGURA 7).

A APA Canguiri confere tempo superior na modalidade de proteção, no entanto, são conduzidas atividades de pesquisa agrária na parte que compõe a estação experimental da

UFPR. Neste caso, o experimento foi iniciado no ano de 2012, com plantio equiâneo de *Mimosa scabrella* Benth., e contém um total de 0,20 ha.

FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL (RPPN) (AE1) E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) (AE2).



Fonte: A autora (2023).

3.2.2 Obtenção das imagens

As imagens LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*), sensor TM (*Thematic Mapper*) possuem resolução espacial de 30 metros e foram obtidas do site *Science for a Changing World* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), com critérios de porcentagem máxima de 50% de nuvens. As imagens não se limitaram a um período específico do ano. O período foi definido para compor antes e depois da implantação do processo restaurativo.

Para a RPPN: foram utilizadas seis cenas do satélite LANDSAT, sendo três cenas do LANDSAT 5, para 31/05/2000, 30/04/2006, 19/11/2010, e três cenas do LANDSAT 8-9 para 13/10/2014, 11/12/2018, 13/06/2022. O processo restaurativo iniciou em 2006, 24 anos de análise temporal. Para a APA: foram utilizadas 4 cenas do satélite LANDSAT, sendo uma cena do LANDSAT 5 para 19/11/2010, e três do LANDSAT 8-9 para 29/10/2014, 20/07/2018, 09/09/2022. O processo restaurativo que iniciou em 2012, 10 anos da análise temporal.

3.2.3 Processamento das imagens

O processamento das imagens foi conduzido no *software* ArcGIS Esri durante o período de licença gratuita para estudantes obtida pelo site (<https://learn-arcgis-learn.org/hub.arcgis.com/pages/access-arcgis-software>) e também posteriormente no *software* gratuito QGIS (<https://qgis.org/en/site/>). As ferramentas utilizadas para processamento das imagens foram “*Raster Calculator*”; “*Composite Bands*”, “*Buffer*” e “*Raster Processing*”.

Toda a base cartográfica foi trabalhada no formato matricial e georreferenciada na Projeção Cartográfica UTM (*Universal Transversa de Mercator*), Datum SIRGAS 2000, Zona 22 Sul. O georreferenciamento das cenas foi apoiado pelos vetores dos blocos das áreas de estudo, formadas a partir das coletas de coordenadas geográficas com aparelho GPS (*Global Positioning System*).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized difference vegetation index*, NDVI) tem valores que variam de -1 a +1, sendo que valores negativos correspondem a alvos sem cobertura vegetal e valores próximos a +1 correspondem a alvos com cobertura vegetal verde e densa. O NDVI é calculado pela seguinte relação (1) (ROUSE *et al.*, 1973):

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: *NIR*: reflectância na banda do infravermelho próximo; *VIS*: reflectância na banda do vermelho visível.

Para identificar diferenças nos valores de NDVI entre os anos se aplicou uma análise de variância a um nível de significância de $\alpha=0,05$, e posterior teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade caso fossem identificadas diferenças.

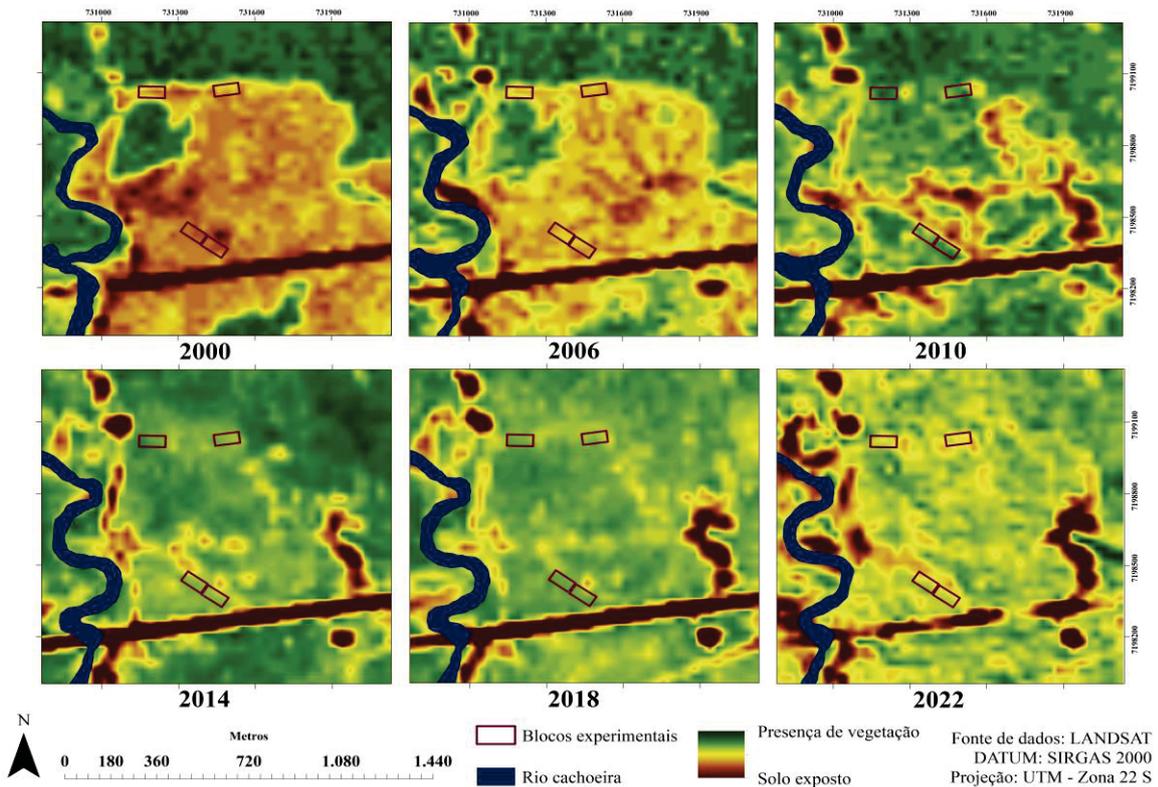
3.3 RESULTADOS

3.3.1 RPPN – Reserva Natural Guaricica

Os resultados para o processamento das imagens evidenciaram aumento na cobertura da vegetação, considerando análise iniciada no ano 2000, 2006, 2010, 2014, 2018 e 2022. No ano de 2000, a coloração marrom indica os menores valores de NDVI obtidos e representam a presença de solos expostos com maior evidência em relação aos demais anos de avaliação. Em 2006, o ano de plantio do experimento, o cenário muda pouco. No entanto, no ano de 2010 já é possível identificar avanços no recobrimento da superfície, indicando aumento da cobertura

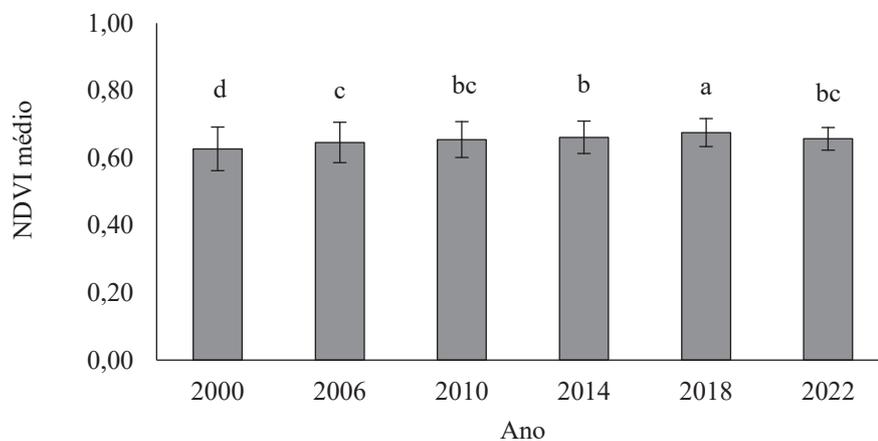
vegetal até o ano de 2018, embora em 2022 o cenário indica exposição de solo distribuídas de maneira quase uniforme na área (FIGURA 8). Estatisticamente, o ano de 2018 apresenta média superior que o difere dos demais. Os anos de 2018, 2022 e 2014 são estatisticamente iguais, e diferem dos anos 2006 e 2000 (FIGURA 9).

FIGURA 8 – MAPA TEMÁTICO DO NDVI OBTIDOS PARA OS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO DA RPPN RESERVA NATURAL GUARICICA



FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 9 – VALORES DE NDVI OBTIDOS PARA OS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO DA RPPN RESERVA NATURAL GUARICICA



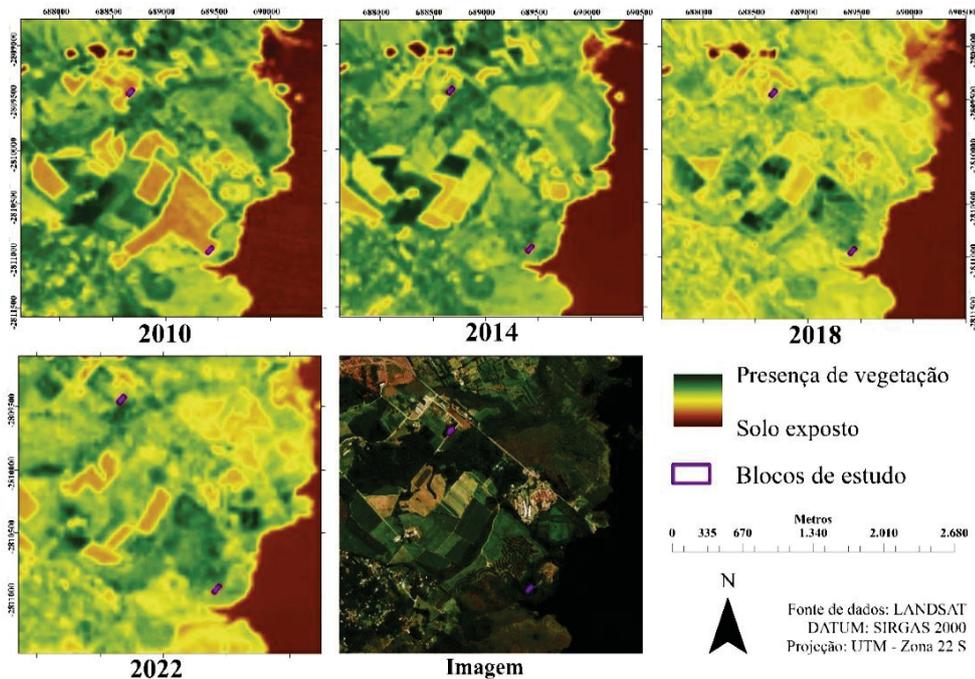
NOTA: letras iguais representam médias iguais pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

FONTE: A Autora (2023).

3.3.1 APA – Represa do Iraí

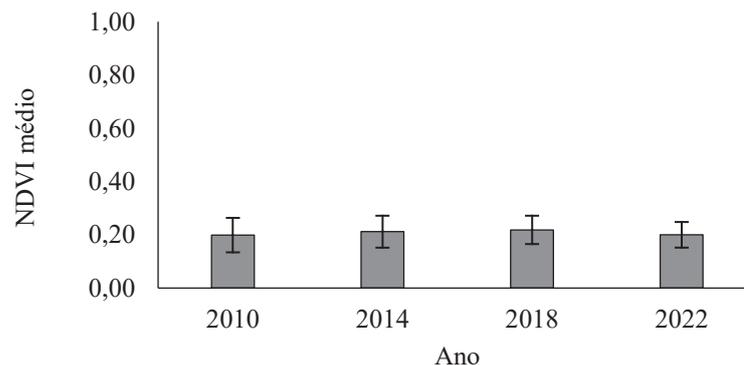
Na análise do mapa temático do NDVI para a Represa do Iraí, associada à Estação Experimental Fazenda Canguiri, os blocos identificados estão sob área de solo exposto no ano de 2010, representados pelos menores valores de NDVI. No ano de 2014, se observa a melhor condição de vegetação para os anos observados (FIGURA 10). A ANOVA não identificou diferenças significativas para os valores de NDVI obtidos entre os anos de 2010 a 2022, com uma média geral de 0,2072 e uma variância média de 0,0897. No entanto, se observa a maior média para o ano de 2018 seguido do ano de 2014 (FIGURA 11).

FIGURA 10 – MAPA TEMÁTICO DO NDVI, NOS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO NA APA REPRESA DO IRAÍ, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA CANGUIRI



FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 11 – VALORES DE NDVI, NOS LIMITES DAS PARCELAS DE RESTAURAÇÃO NA APA REPRESA DO IRAÍ, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA CANGUIRI



FONTE: A Autora (2023).

3.4 DISCUSSÃO

3.4.1 RPPN – Reserva Natural Guaricica

Em análise dos resultados, primeiramente é possível afirmar que as observações conferem com o histórico apresentado sobre a área. No ano de 2000, a formalização da RPPN não estava concluída e muitas atividades agropecuárias, como a bubalinocultura ainda eram atuantes na região.

Em 2006, as atividades de plantio de espécies nativas estavam em sua fase, com o preparo do solo, visto que a implantação ocorreu em junho e setembro de 2006. Nos anos seguintes, 2010, 2014 e 2018, foi possível observar que a cobertura de vegetação aumentou consideravelmente, associado ao desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas em 2006, apenas refletindo a rodovia PR-405, a estrada que margeia o rio Cachoeira e as áreas alagadas presentes.

Contudo, no ano de 2022 observa-se um aumento da exposição do solo, possivelmente explicado pelo ciclo de vida das espécies nativas inseridas em 2006, com características sucessionais pioneiras que estão em fase de senescência. Adicionalmente, pode estar associado a senescência de espécies de taquaras, que estão presentes na face norte e noroeste das imagens, observadas na visita *in loco* das áreas. Desta forma, pode-se inferir que há abertura de clareiras ocorrendo nas áreas e que a resiliência do processo de restauração será definida pela presença do banco de sementes presente na área.

Complementarmente, sobre o uso das geotecnologias na restauração ecológica, as observações sobre senescência das espécies arbóreas facilitadoras plantadas e das taquaras, bem como a abertura de clareiras e seu banco de sementes disponível devem ser melhor investigadas a campo, comparando as áreas observadas nos mapas temáticos e aferindo o tipo de vegetação de senescência e regeneração natural.

Outro aspecto a ser observado é o rio Cachoeira. Em cada período avaliado ele apresenta um curso principal definido, no entanto, com muitas variações de vazão em seu percurso. Boa parte de sua extensão foi alterada por atividades antrópicas, por meio de construções para seu desvio e drenagem. Possivelmente, a condição de RPPN da área conduzida por plantios de restauração parece proporcionar estabilidade nas variações de vazão a partir do ano de 2014, ou seja, aos oito anos de restauração.

Os anos de 2018, 2014 e 2022, nesta ordem, se referem a períodos com evolução no recobrimento arbóreo devido ao escurecimento dos tons de verde no mapa temático e pelos

valores de NDVI obtidos. Os anos de 2018 e 2022, com maior variação de cores nos tons de verde e marrom, se referem a alterações no componente arbóreo das áreas, que podem representar em um ambiente mais complexo na diversidade de habitats presente. Embora o ano de 2022, na RPPN, tenha mostrado a abertura de clareiras e/ou diminuição da vegetação arbórea, nota-se que a variância para os valores obtidos de NDVI (que variam de -1 a 1) é a menor variância e afere baixo impacto do processo de dinâmica florestal à paisagem.

3.4.1 APA – Represa do Iraí

Inversamente ao observado para a RPPN, observa-se na Represa do Iraí que a cobertura de vegetação diminuiu ao longo dos períodos avaliados, especialmente a partir do ano 2018. A parte nordeste das imagens mostra que a refletância da água da represa aumentou, o que evidencia a retirada da vegetação propiciando maior alagamento no local. Outra grande área com exposição do solo pode ser vista na área sul das imagens.

Duas alternativas podem ser usadas para justificar tais resultados. A primeira delas pode ser a desvalorização das áreas florestais de conservação (CAPELARI *et al.*, 2020), e o incentivo ao desmatamento explícito pelo governo da época, que se perpetuou do ano de 2018 a 2022. A segunda, e provavelmente mais relacionada, poderia ser explicada pela represa estar inserida em área altamente urbanizada e fragmentada, em que a ausência de áreas florestadas impossibilitou sua evolução. A associação de ambas as justificativas, pode ser considerada.

Os anos de 2022 e 2010 apresentam as menores médias e variâncias de NDVI observadas para a APA, provavelmente devido aos menores níveis de vegetação identificados. Embora não significativo, é possível identificar um retrocesso de 10 anos da cobertura de vegetação arbórea quando se considera o aumento das médias para os anos de 2014 e 2018.

Um acréscimo no processo evolutivo da paisagem para estes períodos, no entanto, por ser um local com a condução de atividades agropecuárias de pesquisa, extensão e subsistência, bem como, de expansão urbana, está mais vulnerável às adversidades intrínsecas destas atividades, o que levou a diminuição das médias para o ano de 2022. Nesta época, as atividades realizadas eram voltadas à agricultura (ZANELLO *et al.*, 2014) e às atividades de instrução de motoristas para a condução de máquinas agrícolas.

Notoriamente, os componentes espaciais da paisagem como observação dos efeitos da fragmentação ou das alterações na paisagem são importantes para estudos dos processos ecológicos (BARROS; FARIAS; MARINHO, 2022). Em especial, o NDVI pode ser usado não

apenas para detectar padrões espaciais, mas também a distribuição de parâmetros biofísicos atuantes (CARDILHO; MacDONALD; RUSHTON, 1999).

Melhores indicadores como alternativa ao monitoramento das áreas em restauração podem ser observados quando a estrutura da vegetação formada é associada ao NDVI e a análises multitemporais (GAMARRA *et al.*, 2016). A confiabilidade, disponibilidade e a atual facilidade de acesso às imagens de satélite, proporcionaram observar o histórico de transformação da paisagem através dos anos de cobertura vegetal.

Para as Unidades de Conservação, a possibilidade de planejamento e gestão de atividades de melhoria da qualidade ambiental e o desenvolvimento de projetos de restauração ecológica (MALLMANN *et al.*, 2015), foram aferidos neste estudo, e direcionaram caminhos a serem seguidos na evolução das suas funcionalidades ecológicas, como a restauração ecológica, o enriquecimento e a conservação das áreas no entorno das parcelas trabalhadas.

Complementarmente, para a APA Represa do Iraí, a elevada antropização da região requer conscientização sobre sua importância. A ausência ou a má qualidade das matas ciliares gera como principal consequência o assoreamento dos rios que, além de modificar ou deteriorar a qualidade da água, a fauna e a flora (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010), alteram sua vazão e reduzem a disponibilidade hídrica, com implicações de caráter econômico, ambiental e social (CEPED-UFSC, 2013; MACCARINI; SILVA, 2016).

3.5 CONCLUSÕES

O uso do geoprocessamento se mostrou satisfatório para determinar a cobertura da vegetação e seu histórico evolutivo nas áreas em processo de restauração ecológica.

A evolução dos processos de sucessão nas diferentes áreas não se concretiza apenas com a condução de plantios de restauração, mas também necessita de políticas de incentivo a proteção e/ou isolamento dos fatores de degradação nas áreas do entorno.

Na RPPN, o processo restaurativo apresenta dinâmica ecológica com a abertura de clareiras. Sugere-se uma aferição em campo das espécies em senescência e uma avaliação da regeneração ou do banco de sementes para identificar necessidades de enriquecimento.

Na APA, o processo de evolução no entorno das áreas de restauração não ocorreu além de haver nítido retrocesso. Sugere-se um planejamento voltado à conectividade dos ecossistemas das margens da Represa do Iraí a toda extensão da APA, se torna essencial para a evolução e proteção a água que abastece a região metropolitana de Curitiba – PR.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. W. de. **Aplicação de aeronaves remotamente piloteadas e fotogrametria para avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração ecológica**. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental). Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, SP, 2022.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3. ed. rev. amp. Ilhéus: Editus, 2016, 200 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- BARROS, A. S.; FARIAS, L. M. de; MARINHO, J. L. A. Aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na caracterização da cobertura vegetativa de Juazeiro do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 06, p. 2885-2895. 2020.
- BERVEGLIERI, A.; IMAI, N. N.; TOMMASSELLI, A. M.; MARTINEZ, B. F. Geração de modelo de altura de árvore usando imagens aéreas históricas para o monitoramento da regeneração em floresta Tropical de Mata Atlântica. **Anuário do Instituto de Geociências**, UFPR, v. 42, n. 4, p. 206-218. 2019.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração ecológica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 431 p.
- CARDILLO, M., MacDONALD, DW & RUSHTON, SP Prevendo a riqueza e distribuição de espécies de mamíferos: testando a eficácia de dados de cobertura terrestre derivados de satélites. **Paisagem Ecologia**, v. 14, p. 423-435. 1999.
- CAPELARI, M. G. M., ARAÚJO, S. M. V. G. de, CALMON, P. C. D. P.; BORINELLI, B. Large-scale environmental policy change: analysis of the Brazilian reality. **Revista De Administração Pública**, v. 54 n. 6, p. 1691–1710, 2020.
- CEPED-UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres**. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 126 p.
- CHAZDON, R. L. **Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. Chicago, University of Chicago Press, 2014.
- CHEN, S. McDERMID, G.; CASTILHA, G.; LINKE, J. Measuring vegetation height in linear disturbances in the boreal forest with UAV photogrammetry. **Remote Sensing**, v. 9, p. 1257, 2017. DOI: 10.3390/rs9121257
- DURIGAN, G.; RAMOS, V. S. (Org.) **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras, 2013. 49 p.
- GAMARRA, R.M; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Uso do NDVI na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de unidade de conservação no cerrado. **Revista Espaço Geográfico em Análise**, v. 37, p. 307-332. 2016.

- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. Landsat Surface Reflectance Product. Versão 3.3. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: jun 2021 a dez 2022.
- MACCARINI; SILVA. A relação entre o código florestal brasileiro e os desastres naturais. **Revista ordem pública**, v. 9, n. 1. 2016.
- MALLMANN, C. L., PRADO, D. A., FILHO, W.P. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p.1454-1469. 2015.
- PARROTA, J. A. The role of plantation forest in rehabilitation degraded tropical ecosystems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 114, p. 115-133, 1992.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *In: Proceedings of the third erts symposium*, SP-351 Goddard Space Flight Center, 1973, Washington: NASA, 1973, p. 309–317.
- SCHLICMANN, M. B. *et al.* Impact Assessment from Coal Mining Area in Southern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8; p. 426-437, 2018.
- SILVA, J. F.L e; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Análise temporal e modelagem ambiental da cobertura florestal nativa do município de Roca Sales – RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, n. 04, p. 629-642. 2011.
- TAROLLI, P. High-resolution topography for understanding earth surface processes: opportunities and challenges. **Geomorphology**, Elsevier, v. 216, p. 295-312, 214. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.03.008
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. Manejo de Solo, Água e Planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 1, p. 55-64. 2010.
- ZANELLO, S.; GURSKI, B; FAVARETTO, N.; SOUZA, L. C. Avaliação do Potencial de uso agrícola e da fragilidade ambiental na estação experimental do Canguiri em Pinhas – PR. **Synergismus scyentifica**, UTPR, Pato Branco, v. 9, n. 1, 2014.

“O mesmo argumento já foi usado repetidamente. ‘Caso você proteja um lugar, deixará as pessoas sem trabalho’. Quase sem exceção, acontece o contrário. Quando se protege a natureza, as pessoas querem viver próximas de ecossistemas saudáveis e desfrutá-los porque se sentem melhor por estes estarem vivos. A conservação não destrói a prosperidade, mas a cria.”

(Mike Finley, antigo diretor dos parques nacionais de Everglades, Yosemite e Yellowstone, Estados Unidos)

4 CAPÍTULO III – VARIACÃO NA PROPORÇÃO DE MUDAS E SEUS EFEITOS NA HETEROGENEIDADE DA POPULAÇÃO DE ARBÓREAS PLANTADAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA³

RESUMO

Em vista de gerar estratégias para o uso de espécies nativas para a restauração ecológica, este trabalho apresenta os efeitos resultantes de um plantio com espécies arbóreas facilitadoras, sob diferentes proporções, aos 13 anos de restauração ecológica, em área anteriormente voltada à bubalinocultura. A plantação, realizada em região de Ombrófila Densa das Terras Baixas, do bioma Mata Atlântica na planície litorânea paranaense, consistiu no estabelecimento de 10 espécies nativas, distribuídas em dois tratamentos: iguais (A) e desiguais (B) proporções de árvores por espécie. Após a realização de um censo florestal, identificou-se que a estrutura silvicultural das espécies nos tratamentos divergiu significativamente e a proporção “A” contribuiu para um cenário com maior heterogeneidade silvicultural das arbóreas plantadas nas áreas, o que pode ser benéfico para evolução do processo de restauração ecológica. Adicionalmente, *Alchornea glandulosa*, *Inga edulis* e *Myrsine coriacea* expressaram melhor desenvolvimento na área e elevada resiliência às adversidades ambientais resultantes da atividade pecuária, especialmente em relação as gramíneas invasoras, portanto, são especialmente recomendáveis para uso na restauração ecológica.

Palavras-chave: Dinâmica ecológica; Espécies facilitadoras; Espécies invasoras; Mata Atlântica. Monitoramento.

³ Capítulo em forma de artigo aceito na revista científica: *Forests*.

4.1 INTRODUÇÃO

Marcado por intensas transformações na paisagem, o litoral do Paraná no final da década de 1960, por meio de incentivos de políticas fiscais contrárias ao desenvolvimento regional, destinou-se à constituição de grandes latifúndios com exploração de madeira, palmito e criação de búfalos, que estimularam, até o início dos anos 1980, o desmatamento de vastas áreas de floresta e a desapropriação de grande quantidade de agricultores locais, simultaneamente ao empobrecimento social da região (RAYNAUT; ZANONI; LANA, 2018; PIERRI *et al.*, 2006).

Nos últimos 20 anos, a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), em uma área com aproximadamente 19 mil hectares, promoveu a criação, estruturação e manutenção de reservas naturais na planície litorânea do Paraná. Dentre elas, a Reserva Natural Guaricica, no município de Antonina, às margens do rio Cachoeira, que possui 8.677 hectares e encontrava-se sob influência de diversos fatores de degradação ambiental (SPVS, 2020).

A primeira perturbação a se relatar é o desvio do rio Capivari, localizado no primeiro planalto paranaense, que resultou em um fluxo de água adicional ao rio Cachoeira e ampliou significativamente sua vazão (SPVS, 2020), e provou alagamentos na área de estudo. Destaca-se também neste contexto, o desmatamento que resultou na fragmentação do ecossistema com objetivo de transformar florestas em terras para atividades agropecuárias (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012).

Com alternativas econômicas limitadas, por conseguinte, implantou-se a bubalinocultura, caracterizada pela tripla aptidão comercial (corte, leite e tração) e elevada adaptabilidade a variações de clima, relevo, vegetação e alimentação (BERTONI *et al.*, 2020; EMBRAPA, 2019; SANTOS *et al.*, 2016). No entanto, os búfalos (*Bubalus bubalis* L.) são intolerantes à radiação solar direta e na procura de livrar-se dos incômodos térmicos, os animais resfriam-se e chafurdam-se em rios, pântanos e áreas sombreadas (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021; WAHID; ROSNINA, 2011; ABLAS *et al.*, 2007), o que contribuiu para a compactação do solo, implicando em efeitos adversos ao crescimento vegetal, pela alteração de suas propriedades físicas, especialmente em locais com teor de água favorável à compactação (BONINI; ALVES, 2012; COLLARES *et al.*, 2011).

Concomitantemente, para suprir o sistema de produção implantado, houve a contaminação biológica com gramíneas exóticas inseridas para formação das pastagens, dada principalmente pela presença da *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster (Braquiária)

(CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009). Embora vizinha da Reserva Biológica Bom Jesus (ReBio - Bom Jesus), e próxima a um dos patrimônios culturais do estado do Paraná, a Serra do Mar, que permanece sob certos aspectos, intacta nas suas encostas, devido ao relevo acidentado (AB'SÁBER, 1950); a intensidade das degradações geradas afetou expressivamente sua resiliência (CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009), e inviabilizou, em muitos casos, a restauração ecológica por meio da condução da regeneração natural.

Neste sentido é preciso salientar que o enfoque da restauração consiste em um sistema integrado, e que nem sempre a autoperpetuação dos seus ecossistemas poderá ser garantida sem a atuação também das inter-relações (ENGEL; PARROTA, 2003) dos diferentes componentes bióticos e abióticos, em escala local e regional. Por esta razão, todo projeto de restauração ecológica deve ser norteado no conceito e processo de sucessão e buscar os melhores resultados, em vista de compensar o dano do passado e progressivamente aumentar a extensão e funcionamento dos ecossistemas (MCDONALD *et al.*, 2016). Desta forma, os processos dinâmicos que geram inter-relações são suficientes para continuar seu desenvolvimento na ausência de assistências antrópicas (SER; PWG, 2004).

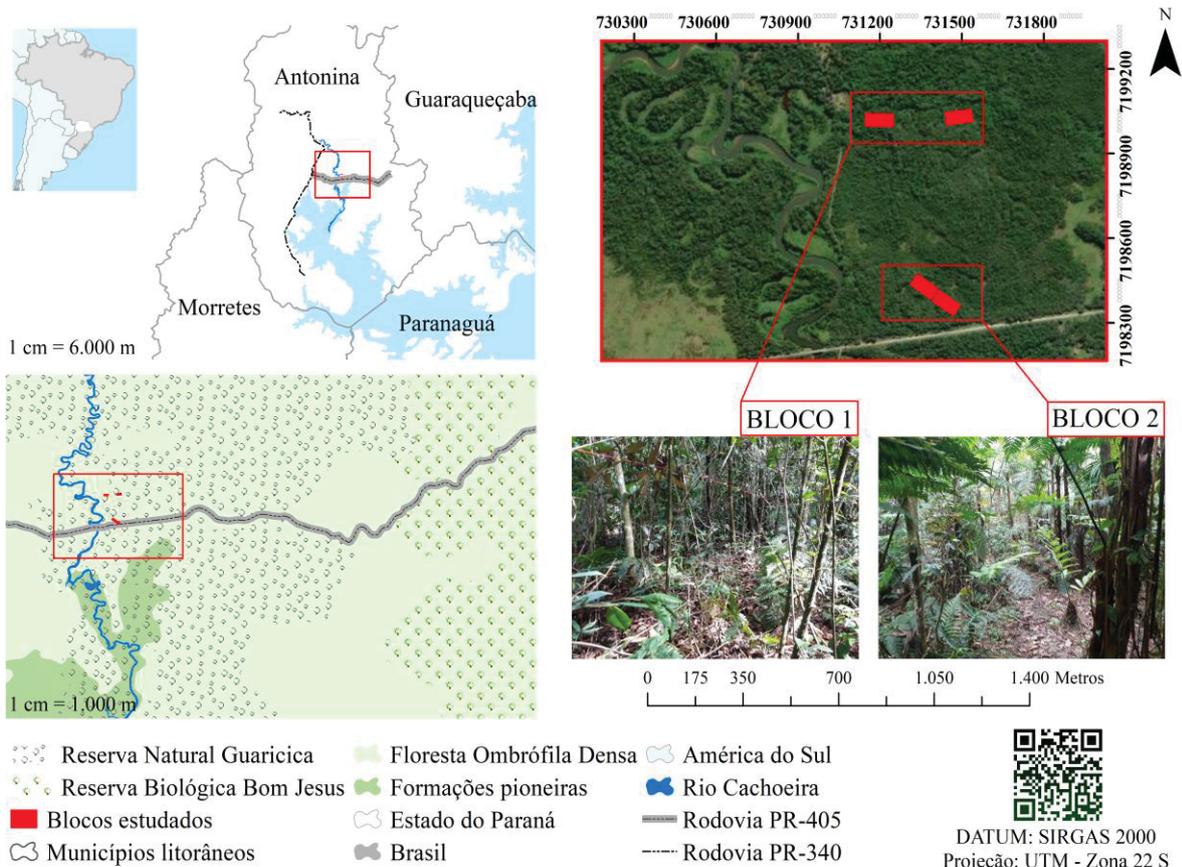
Diante da importância dos efeitos de rápido recobrimento do solo esperados à restauração, qual a proporção de árvores por espécie, resulta em melhores condições de desenvolvimento das arbóreas facilitadoras na restauração? O presente estudo teve como objetivo avaliar a estrutura silvicultural de dez espécies arbóreas facilitadoras inseridas sob diferentes densidades de plantio, em restauração de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas na Planície Litorânea do Paraná, no Sul do Brasil.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

Localizada na planície litorânea Paranaense, no município de Antonina, sob as coordenadas geográficas 48°70'15" O; 25°31'32" S e 48°70'11" O; 25°30'72" S (FIGURA 12). Inserida na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), Reserva Natural Guaricica (RNG-SPVS), possui fitofisionomia Ombrófila Densa de Terras Baixas (RODERJAN *et al.*, 2002), clima é caracterizado pela classificação de Köppen como Cfa, de elevada precipitação e com verões quentes e úmidos (ALVARES *et al.* 2013). Formação geológica Quaternário Fluvio-marinho e o solo é classificado como PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico Típico.

FIGURA 12 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA RESERVA NATURAL GUARICICA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSE DAS TERRAS BAIXAS PARANÁ, BRASIL



FONTE: A Autora (2023).

4.2.2 Implantação da restauração

A implantação foi realizada pela Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Florestas) em 2006. O preparo do solo foi executado de forma mecanizada, e a abertura das covas manual. O plantio sob espaçamento de 4 m² por planta, perfazendo um total de 5.200 mudas arbóreas, sob delineamento de blocos casualizados (DBC) com distribuição das parcelas de dimensões de 50 x 100 m, (5.000 m² - 0,5 ha) em duas repetições, resultando em uma área experimental total de 2,0 ha (APÊNDICE A). As práticas silviculturais no pós-plantio, citam-se: o coroamento manual deixando os resíduos no entorno da muda na forma de *mulch*, roçada semimecanizada nas entre linhas.

Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de talhões facilitadores (TS), A e B, com igual e diferentes proporções de mudas por espécie, respectivamente. As espécies foram numeradas de 1 à 10 e caracterizadas pelo grupo sucessional de pioneira a secundária inicial (BUDOWSKI, 1965) de rápido crescimento (QUADRO 1).

QUADRO 2 – IDENTIFICAÇÃO (NI) DAS ESPÉCIES PLANTADAS SOB AS DISTINTAS PROPORÇÕES DE ÁRVORES (A IGUAL E B DESIGUAL) NOS TALHÕES FACILITADORES (TS) E SUA CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO GRUPO ECOLÓGICO (GE); PIONEIRA (Pi), SECUNDÁRIA INICIAL (Si)

Identificação e Taxonomia			TS		GE
NI	Nome científico	Família	A %	B %	
1	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Euphorbiaceae	10	7	Pi, Si
2	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	10	10	Pi, Si
3	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	10	7	Si
4	<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	10	17	Pi, Si
5	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	10	7	Si
6	<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae	10	10	Pi, Si
7	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Fabaceae	10	12	Pi
8	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult.	Primulaceae	10	7	Pi
9	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae	10	7	Pi, Si
10	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H. S. Irwin & Barneby	Fabaceae	10	17	Pi

FONTE: A Autora 2023; Adaptado de Budowski (1965).

4.2.3 Coleta e análise dos dados após 13 anos

Foi realizado um inventário 100% (censo), mensurando de 1885 árvores em dados quantitativos e semiquantitativos, posteriormente agrupados em uma combinação de variáveis (CV) determinada de acordo com as características de interesse à experiência dos pesquisadores para realizar a análise estatística (QUADRO 3).

QUADRO 3 – DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS COLETADA E AGRUPADA EM CADA COMBINAÇÃO DE VARIÁVEIS (CV) PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA

CV	Variáveis	Base dados coletados	
		Dados quantitativos	
CV1	Dimensões	Diâmetro médio (DM)	Diâmetro à altura do peito (DAP 1,30 cm)
		Altura comercial (HL)	Fuste de possível aproveitamento (m)
		Altura total (HT)	Da base à extremidade mais alta da copa (m)
		Dados semiquantitativos	
CV2	Estratificação	Posição sociológica (PS)	1: dossel 2: intermediário 3: sub-bosque
		Luminosidade da copa (LC)	1: 100% iluminada 2: 25% sombreada 3: 50% sombreada 4: 75% sombreada 5: 100% sombreada
CV3	Qualidades	Qualidade do fuste (QF)	1: fuste retilíneo 2: 50% tortuoso 3: >50% tortuoso 4: bifurcado >DAP 5: bifurcado <DAP 6: sapopemas
		Sanidade do fuste (SF)	1: saudável 2: cupins e podridões 3: árvore oca 4: morta em pé 5: brotação
	Qualidade da copa (QC)		1: 100% existente 2: espécie decídua 3: 25% sem folhas 4: 25–50% sem folhas 5: >50% sem folhas 6: 100% inexistente

FONTE: A Autora (2023).

A combinação de variáveis das dimensões (CV1) é composta pelos dados quantitativos obtidos com uso de fita métrica para tomada do diâmetro a 1,30 metros do solo ($d_{1,3}$) e de

Clinômetro *Haglof* para as alturas. Os demais agrupamentos abrangem dados semiquantitativos, obtidos a partir da estimativa visual, com balizamento diário da equipe de coleta composta de 3 a 5 pessoas.

Para cada CV, aplicou-se uma análise de variância multivariada (MANOVA). Quando identificadas diferenças entre as médias dos grupos, para cada CV e proporções sob as espécies como tratamento foi conduzida a análise de discriminantes. As análises foram realizadas no *software* IBM SPSS *Statistics* 28.0. Os dados foram padronizados para eliminar o efeito da unidade de medida, especialmente para análise de discriminantes (ANDERSON, 1972; FIELD, 2005; HAIR *et al.*, 2005; MORRINSON, 2005; TABACHNICK; FIDELL, 2013).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Análise De Variância Multivariada (MANOVA)

Os resultados da Análise de Variância Multivariada (MANOVA) para cada grupo combinado indicam que, para todos os testes aplicados na MANOVA, houve diferenças significativas entre as médias dos grupos para cada CV analisada (TABELA 2).

TABELA 2 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA NA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS (CV), DAS DIMENSÕES (CV1), DA ESTRATIFICAÇÃO (CV2) E DAS QUALIDADES (CV3), PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})

Fator	Teste	CV1		CV2		CV3	
		Valor	α	Valor	α	Valor	α
Proporções	λ_{Wilks}	0,992	0,003	0,995	0,009	0,993	0,005
	λ_{Roy}	0,008	0,003	0,005	0,009	0,007	0,005
Espécies	λ_{Wilks}	0,492	<0,001	0,596	<0,001	0,732	<0,001
	λ_{Roy}	0,657	<0,001	0,658	<0,001	0,223	<0,001
Interações	λ_{Wilks}	0,975	0,008	0,967	<0,001	0,957	<0,001
	λ_{Roy}	0,014	0,002	0,030	<0,001	0,022	<0,001

FONTE: A Autora (2023).

4.3.2 CV1

Para as dimensões das espécies (CV1), três funções discriminantes foram determinadas e em apenas duas funções se explica mais de 90% da variabilidade total dos dados. Adicionalmente, diante dos valores resultantes para matriz de estruturas, observa-se elevada correlação canônica da altura total (0,890 e 0,854) e do diâmetro médio (0,842 e 0,869) com a função 1, e da altura comercial (0,804 e 0,806) com a função 2, para ambas as proporções

(TABELA 3). Os valores dos centroides do grupo para as funções discriminantes correlacionadas com as variáveis de cada espécie expressam diferenças para cada tratamento, de -1,351 a 1,132 em A, e -1,404 a 0,934 em B (FIGURA 13).

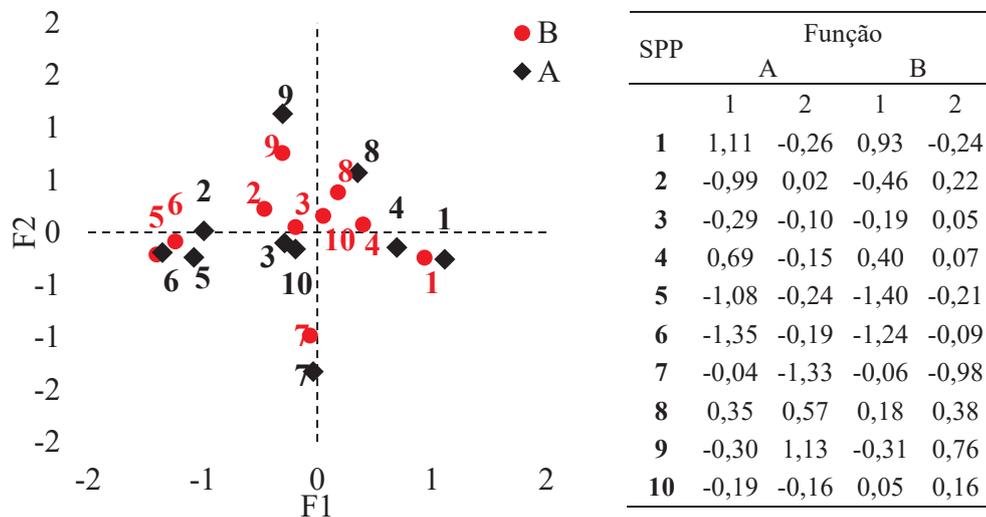
TABELA 3 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F), DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC); E MATRIZ DE ESTRUTURAS (ME), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE, A PARTIR DA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES (VC1) – DIÂMETRO MÉDIO (DM), ALTURA COMERCIAL (HL) E ALTURA TOTAL (HT)

CV1	Descrição das Funções			Matriz de Estruturas			
	F	1	2	3	F	1	2
A	AU	0,755	0,263	0,069	HT	0,890*	-0,061
	VC%	69,50	93,70	100	DM	0,842*	-0,254
	CC	0,656	0,456	0,253	HL	0,589	0,804*
B	AU	0,634	0,115	0,040	DM	0,869*	-0,313
	VC%	80,30	95,00	100	HT	0,854*	0,086
	CC	0,623	0,322	0,196	HL	0,579	0,806*

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 13 – ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES NO COMPORTAMENTO DAS 10 ESPÉCIES, PARA A COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS DIMENSÕES (CV1): DIÂMETRO MÉDIO (DM), ALTURA COMERCIAL (HL) E ALTURA TOTAL (HT), AS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE



LEGENDA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

FONTE: A Autora (2023).

De acordo com a análise de discriminantes, comparativamente, a proporção A apresenta os centroides de cada espécie mais distantes entre si do que a proporção B. Desta forma, em relação às variáveis de diâmetro médio, altura comercial e altura total, a proporção A resultou em maior heterogeneidade silvicultural entre as espécies arbóreas plantadas e a proporção B maior homogeneidade (FIGURA 13).

Ao considerar a função 1 (DM e HT) dentre as espécies com os melhores resultados, *Alchornea glandulosa* (1), *Inga edulis* (4) e *Myrsine coriacea* (8), se expressam mais próximas umas das outras, em ambas as proporções, evidência da maior aptidão à região de estudo e de que a proporção de plantio é irrelevante para seu desenvolvimento (FIGURA 13).

Contrariamente, as espécies 2, 5 e 6, que correspondem a *Citharexylum myrianthum*, *I. laurina* e *I. marginata*, respectivamente, demonstraram os menores valores dentre as espécies plantadas, em ambas as proporções, embora um resultado sutilmente superior possa ser observado para *C. myrianthum*, na proporção B. *I. laurina* (5) e *I. marginata*, (6) não manifestaram desenvolvimento fisiológico esperado às suas características sucessionais (FIGURA 13).

Na análise da função 2, correlacionada à altura comercial (HL), nas proporções A e B, as espécies 10 (*Senna multijuga*) e 8 (*M. coriacea*) expressaram os melhores resultados. A espécie 7, *Mimosa bimucronata*, por sua vez, diferencia-se amplamente, dispondo de medidas menos comerciais da variável (FIGURA 13).

4.3.2 CV2

Para a combinação de variáveis de estratificação (CV2) das espécies, em ambas as proporções, observa-se que a função 1 expressa mais de 97% da variabilidade total, uma elevada correlação canônica das variáveis com a mesma função, em que a posição sociológica (PS) detém valores de 0,939 na proporção A e 0,948 na proporção B, a luminosidade da copa (LC) com 0,707 na proporção A e 0,807 na B (TABELA 4). Os centroides para as funções discriminantes correlacionadas com CV2 expressam as diferenças para as espécies com valores de -0,944 a 1,490 para proporção A e de -0,724 a 1,555 para proporção B (FIGURA 14).

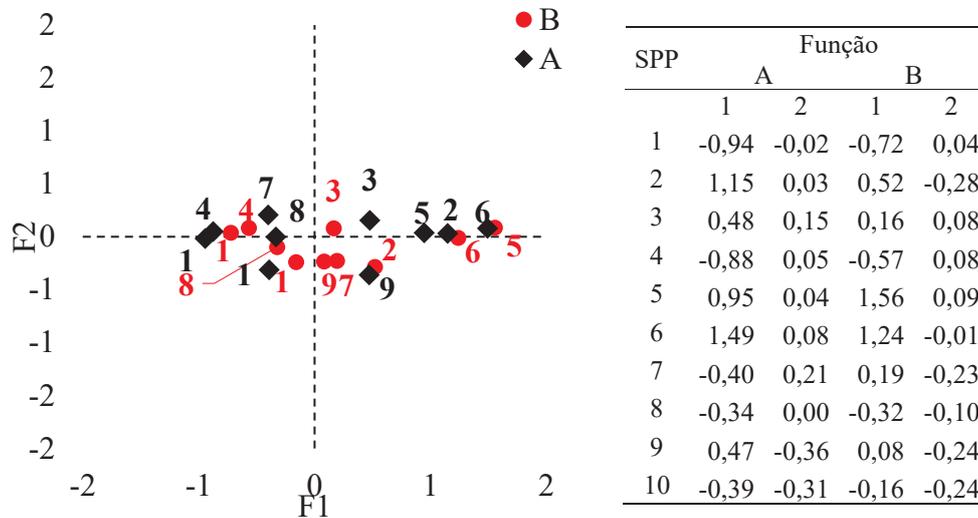
TABELA 4 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F), DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC); E MATRIZ DE ESTRUTURAS (ME), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE, A PARTIR DA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA ESTRATIFICAÇÃO (CV2) – POSIÇÃO SOCIOLÓGICA (PS) E LUMINOSIDADE (LC)

CV2	Descrição das Funções			Matriz de Estruturas		
	F	1	2	F	1	2
A	AU	0,762	0,016	PS	0,939*	-0,343
	VC%	97,90	100	LC	0,770*	0,638
	CC	0,658	0,126			
B	AU	0,682	0,014	PS	0,948*	-0,319
	VC%	97,90	100	LC	0,807*	0,591
	CC	0,637	0,119			

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 14 – ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES NO COMPORTAMENTO DAS 10 ESPÉCIES PARA A COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTRATIFICAÇÃO (CV2): POSIÇÃO SOCIOLÓGICA (PS) E LUMINOSIDADE DA COPA (LC), AS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE



LEGENDA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

FONTE: A Autora (2023).

Na análise de discriminantes de CV2, assim como ocorreu para a CV1, a proporção A gerou maior heterogeneidade do que em B (FIGURA 14). Isto significa que na proporção B, a posição sociológica e a luminosidade são semelhantes para as espécies e contribuem para um ambiente mais homogêneo em relação aos estratos e ao sombreamento das espécies.

De maneira oposta, as espécies 2 (*C. myrianthum*), 5 (*I. laurina*) e 6 (*I. marginata*) formam o sub-bosque da floresta com menor incidência de luminosidade em suas copas. As espécies 3 (*H. alchorneoides*), 7 (*M. bimucronata*), 9 (*S. parahyba*) e 10 (*S. multijuga*), estatisticamente não representam um estrato ou luminosidade específica da floresta, pois apresentam maior variabilidade entre si e estão mais próximas pela quantidade de indivíduos dentro das variáveis avaliadas (FIGURA 14).

4.3.3 CV3

As funções 1 e 2 representam mais de 87% da variabilidade total, em que a correlação da sanidade do fuste (SF) para a função 1 (0,843 e 0,913) e a qualidade do fuste (QF) para a função 2 (0,792 e 0,843). A qualidade da copa (QC) possui maior correlação com a função 1 (0,467 e 0,514) (TABELA 5). Os centroides dos grupos para as funções discriminantes correlacionadas expressam valores entre -1,002 a 1,920 para proporção A e -0,675 a 2,128 para proporção B (FIGURA 15).

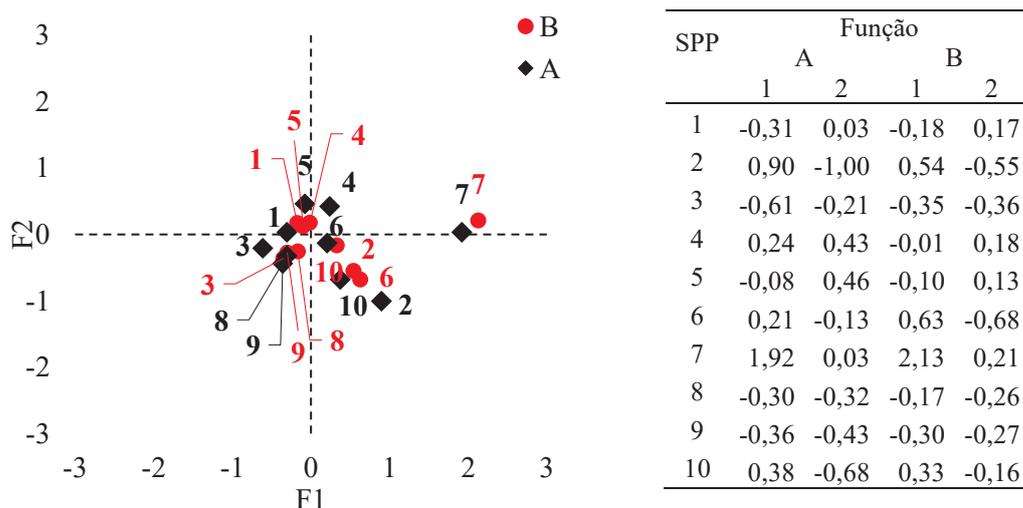
TABELA 5 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F), DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC); E MATRIZ DE ESTRUTURAS (ME), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE, A PARTIR DA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS QUALIDADES (CV3) – QUALIDADE DO FUSTE (QF), SANIDADE DO FUSTE (SF), QUALIDADE DA COPA (QC)

CV3	F	Descrição das Funções			F	Matriz de Estruturas	
		1	2	3		1	2
A	AU	0,258	0,156	0,062	SF	0,843*	-0,379
	VC%	54,20	87,00	100	QF	0,585	0,792*
	CC	0,453	0,368	0,241	QC	0,467	-0,460
B	AU	0,213	0,066	0,028	SF	0,913*	-0,164
	VC%	69,50	90,90	100	QF	0,486	0,843*
	CC	0,419	0,248	0,164	QC	0,514	-0,405

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 15 – ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES PARA O COMPORTAMENTO DAS 10 ESPÉCIES PARA COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS QUALIDADES (CV3) - QUALIDADE DO FUSTE (QF), SANIDADE DO FUSTE (SF) E QUALIDADE DA COPA (QC), NAS PROPORÇÕES (P) DE IGUAL (A) E DESIGUAL (B) MUDAS POR ESPÉCIE



LEGENDA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

FONTE: A Autora (2023).

Na análise de discriminantes obtida para a CV3, a proporção A contribui para características mais heterogêneas, principalmente determinada pela sanidade do fuste (função 1). Na proporção B, as espécies são influenciadas pela qualidade do fuste. Em ambas as proporções a espécie 7 (*M. bimucronata*) é, de acordo com a função 1, a mais dessemelhante, com sanidade do fuste mais danificada, dada principalmente pela maior quantidade de árvores com presença de podridões e/ou cupins. Adicionalmente, outras espécies como 6 (*I. marginata*), 2 (*C. myrianthum*) e 10 (*S. multijuga*), também foram influenciadas por esta variável, no entanto, com número de árvores muito inferior a *M. bimucronata* (FIGURA 15).

Considerando-se que a variável qualidade da copa (QC), está mais associada com a função 1, deve-se enfatizar que as espécies com menor sanidade do fuste são as mesmas com estimativa de copa pouco densa para esta variável. Dentre as demais espécies estudadas, 1 (*A. glandulosa*), 4 (*I. edulis*) e 5 (*I. laurina*) destacaram-se com boa sanidade do fuste e qualidade da copa (FIGURA 15).

Na função 2, correlacionada à qualidade do fuste (QF), as espécies 2 (*C. myrianthum*), 3 (*H. alchorneoides*), 6 (*I. marginata*), 8 (*M. coriacea*), 9 (*S. parahyba*) e 10 (*S. multijuga*) apresentaram-se semelhantes entre si, mais precisamente pela presença de tortuosidade em seus fustes. O mesmo ocorre para as espécies 1 (*A. glandulosa*), 4 (*I. edulis*), 5 (*I. laurina*) e 7 (*M. bimucronata*), pela semelhança na presença de bifurcações, salvo a quantidade de árvores amostradas por espécie. Neste sentido, a espécie que mais apresentou bifurcações, abaixo de 1,30 m (DAP), foi *M. bimucronata* (FIGURA 15).

4.4 DISCUSSÃO

Sob o ponto de vista da restauração ecológica, a maior heterogeneidade silvicultural das espécies arbóreas plantadas demonstra características ambientais de influência na sua estrutura horizontal e vertical dos plantios.

É necessário aferir sua contribuição heterogeneidade ambiental na regeneração, por ser uma estrutura mais desejável para a diversificação de espécies e se expressa como um dos principais fatores que contribuem a composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta (SILVA *et al.* 2016, HIGUCHI *et al.* 2012), pois a diversidade de fatores que interagem na comunidade contribui para um cenário sucessório na restauração.

Dessa forma, a maior heterogeneidade proporciona a formação de maior amplitude de nichos ecológicos, intensificada pela abundância de propágulos que a região de estudo possui. Por outro lado, a presença de *Urochloa* spp., é um importante obstáculo à regeneração natural, e plantios de restauração que resultem em estruturas mais homogêneas tendem a gerar um recobrimento mais rápido e efetivo no controle das gramíneas. Portanto, ambas as proporções avaliadas parecem promover objetivos da restauração e acelerar os processos ecológicos.

Evidentemente, que o arranjo de espécies escolhido para uso na restauração e seu comportamento na área são cruciais para heterogeneidade ambiental. Nesta perspectiva, as espécies deste estudo que apresentaram maior aptidão local, *A. glandulosa* (1), *I. edulis* (4) e *M. coriacea* (8) são convenientes para uso estratégico na restauração de áreas dominadas por

gramíneas exóticas invasoras (*Urochloa* sp.), dado o potencial de contribuir para a estrutura vertical e horizontal das espécies plantadas na restauração.

O desenvolvimento vigoroso de plantios com *I. edulis* e *M. coriacea* (4 e 8), com alta expressividade desta última, juntamente com *A. glandulosa* (1), também em regeneração natural, são constantemente relatados para a região (SCHÄFFER *et al.* 2020, CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009), e reafirmam sua contribuição para formação do dossel florestal e a aptidão para ocupação territorial de ambas as proporções deste estudo (SIMINSKI *et al.*, 2021.; GASPARIANI; BARRETO; CAVATTE, 2020), sem dúvida uma característica essencial à restauração ecológica.

Resultados semelhantes são observados com destaque para *I. edulis* e *C. myrianthum* (4 e 2), em detrimento de *I. marginata*. Entretanto, há um contraste importante em que *C. myrianthum* não estava entre as espécies que apresentaram melhor desenvolvimento nas proximidades com esta área de estudo (SCHÄFFER *et al.*, 2020).

Por outro lado, *C. myrianthum*, *S. parahyba*, *M. bimucronata* e *S. multijuga* (2, 9, 7 e 10), apresentaram um desenvolvimento superior ao observado na área de estudo, quando em locais mais adequados à suas demandas autoecológicas (CARPANEZZI; CARPANEZZI 2006). Ao mesmo tempo, entre as espécies mais abundantes na regeneração de pastagens abandonadas próximas à área de estudo, encontram-se as espécies *S. multijuga* (10) e *H. alchorneoides* (3) (CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009).

I. laurina e *I. marginata* (5 e 6) mesmo com características de rápido crescimento inicial e longevidade maior que as pioneiras (25 a 60 anos) (CARPANEZZI; CARPANEZZI 2006), não conseguiram manifestar plenamente suas atividades fisiológicas, de modo que, após 13 anos, parecem esperar por condições favoráveis para se desenvolverem, e são menos competitivas em relação às demais espécies estudadas. Opostamente ao esperado, *S. multijuga* (10) que comumente expõe fortes ramos laterais, forquilhas e brotos desde a base, se destacou na variável altura comercial, provavelmente explicado pelo efeito da competição decorrente do alinhamento de plantio.

Porém, deve-se considerar também que o número de árvores amostradas desta espécie, juntamente com *M. bimucronata* (7), é menor que as demais, além disso, as precárias condições fitossanitárias do fuste indicam que ambas estão saindo do sistema para favorecer outras, avançando no processo de restauração. Fato confirmado pela presença de troncos em pé e caídos e ausência de árvores vivas para as espécies (SCHÄFFER *et al.*, 2020; CARVALHO, 2004).

Portanto, é necessário um monitoramento mais aprofundado das áreas para garantir que a saída abrupta dessas espécies do sistema não interrompa o andamento dos estágios

sucessionais caso a regeneração natural ainda não consiga ocupar os espaços abertos pela mortalidade (CARPANEZZI; CARPANEZZI 2006).

No entanto, é possível observar o comportamento de certas espécies. A característica pioneira e de grande copa e baixa altura média na forma de vida arbórea de *M. bimucronata* (7) (FREIRE *et al.*, 2017) resulta em maiores percentuais de importância e ocupação da copa entre 3 e 8 anos de idade (SILVA *et al.*, 2021; PIAIA *et al.*, 2021). Esta ocupação diminui ao longo do tempo, simultaneamente às características vigorosas das demais espécies que se foram de desenvolvendo (MATTAR, 2019). Além disso, o comportamento observado é explicado pela característica inerente à espécie, de disposição tortuosa dos caules com grande quantidade de bifurcações, que resultou em menores alturas comerciais mesmo com o alinhamento de plantio.

Além de *M. bimucronata* (7) ser uma espécie que indica avanços no processo de restauração ecológica quando suprimida por outras espécies, também expressa interessantes contribuições ecológicas para a restauração. Citam-se as características como fixação de nitrogênio (FREIRE *et al.*, 2017) e caráter nucleador, pois abriga a fauna, tem a função de poleiro para a avifauna, além de exercer proteção física para as mudas de diversas espécies, entre elas *M. coriacea* (8) (BITENCOURT *et al.* 2007), que representa uma das espécies destacadas neste estudo, e pode ter sido beneficiada, dada sua baixa mortalidade (SCHÄFFER *et al.*, 2020) e dispersão contínua de suas sementes.

Na ausência desses fatores de risco, ao progresso dos estágios sucessionais, como erosão do solo, desmatamento e eventos climáticos naturais, a inclusão de espécies de ciclo curto em projetos de restauração próximas a paisagens bem preservadas, principalmente quando em proporções moderadas, pode favorecer o desenvolvimento de espécies secundárias iniciais e tardias de regeneração natural, sendo, portanto, benéfica ao processo sucessório, além de possibilitar maior heterogeneidade ambiental.

4.5 CONCLUSÕES

De forma geral, em virtude das características fenotípicas das espécies e a competição proporcionada pelo espaçamento, o plantio com número igual de árvores para cada espécie resultou em maior heterogeneidade no comportamento silvicultural das espécies arbóreas plantadas.

A estrutura vertical e horizontal formada pela proporção A, resulta em maior diversidade de luminosidade, temperatura e nichos ecológicos, interessantes para a restauração.

No entanto, pelo histórico de degradação anterior à restauração e a presença da *Urochloa* spp., a proporção B é uma alternativa interessante, diante da necessidade de combater espécies exóticas invasoras presentes na superfície do solo, o que tende a reduzir os custos da restauração, e da indisponibilidade de mudas de outras espécies no momento do plantio.

Certamente, os resultados ressaltam a necessidade de se observar o objetivo de cada projeto, bem como as barreiras relativas a cada situação de degradação, quando da definição do método de restauração a ser aplicada. Neste caso, partiu-se da premissa de combinar diferentes características fenotípicas de espécies nativas em um plantio, possibilitando a formação de um ambiente atrativo aos propágulos e agentes dispersores nativos.

Para restauração de florestas em regiões de características fitogeográficas e fatores de degradação semelhantes, sobre as espécies estudadas pode-se recomendar e concluir que:

- *A. glandulosa*, *I. edulis* e *M. coriacea*: mostraram-se altamente competitivas e resilientes à presença de gramíneas exóticas. Adicionalmente, contribuíram para a formação do dossel e para a sanidade da floresta.
- *C. myrianthum*, *H. alchorneoides*, *I. laurina*, *I. marginata* e *S. parahyba*: demonstraram-se aptas para uso na restauração ecológica, juntamente com *A. glandulosa*, *I. edulis* e *M. coriacea* e *H. alchorneoides*, contribuem para distintos estratos inferiores da floresta.
- *M. bimucronata* e *S. multijuga*: expressaram importante papel no recobrimento inicial da superfície e sua senescência pode contribuir para o recrutamento de espécies. Além disso, suas características morfofisiológicas compõem benefícios à proteção de espécies arbóreas de estágios sucessionais posteriores e ao abrigo à fauna.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. A Serra do Mar e a Mata Atlântica em São Paulo. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 4, p. 61-70, 1950. (Comentários a uma série de fotografias aéreas de Paulo Florençano).
- ABLAS, D. S.; TITTO, E. A.; PEREIRA, A. M. F.; TITTO, C. G.; LEME, T. M. C. Comportamento de bubalinos a pasto frente a disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 167-175, 2007.
- ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: Academic Press, 1972.
- ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba – SP, v. 50, n.1, p. 119-140, 2012.
- BERTONI, A. *et al.* Similarities and Differences between River Buffaloes and Cattle: Health, Physiological, Behavioral and Productivity Aspects. **Journal of Buffalo Science**, v. 9, p. 92-109, 2020.
- BITENCOURT, F. de; ZOCHE, J. J.; COSTA, S.; SOUZA, P. Z. de; MENDES, A. R. Nucleação por *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze em áreas degradadas pela mineração de carvão. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 750-752, 2007.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 329-336, Campina Grande – PB: UAEA/UFMG, 2012.
- BUDOWSKI, G. N. Distribution of tropical American rain forest species in the light of succession processes. **Turrialba**, v.15, n. 1, p. 40-43, 1965.
- CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no estado do Paraná: em solos não degradados. Colombo – PR: **Embrapa Florestas**, 2006. 57 p.
- CARVALHO, P. E. R. Maricá – *Mimosa bimucronata*. Colombo – PR: **Embrapa Florestas**. Circular Técnica 94. 2004.
- 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, p. 1048-1056, 2009.

- COLLARES, G. L.; REINER, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura – pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 246-250, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sanidade de bubalinos no extremo sul do Brasil / Maria Cecília Florisbal Damé. Pelotas: **Embrapa** Clima Temperado, 2019. 30 p.
- ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. 2003. **Definindo a restauração ecológica: tendências e mundiais**. p. 1-26 In: Kageyama, PY, de Oliveira, RE, de Moraes, LFD, Engel, VL e Mendes, FBG (Eds.) "restauração ecológica de ecossistemas naturais", Botucatu (SP), Brasil, FEPAF. 340 p.
- FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS**. 2 ed. London: SAGE. Publications, 2005.
- FREIRE, J. M.; JESUS, E. C.; ROUWS, J. R. C.; FARIA, S. M.; ZILLI, J. E. Efeito do substrato sobre o crescimento de mudas de *Mimosa bimucronata* inoculadas com estirpes de rizóbio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 131-138, 2017.
- GASPARINI, V.; BARRETO, I.; CAVATTE, P. C. **Acúmulo de carboidratos em sementes de *Myrsine coriacea* ao longo de um gradiente de altitude**. Vitória, Anais da Semana de Biologia da UFES – Botânica, v. 1, p. 7, 2020.
- HAIR Jr. J.F.; ANDERSON, R.E. TATHAN, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HIGUCHI, P. *et al.* Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.
- INSTITUTO DE PESQUISA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL (SPVS) (Org.). **Reservas Naturais da SPVS – 20 anos de história**. Curitiba: InVerso, 2020, 224 p.
- MATTAR, E. A. 2019. 119 f. **Regeneração natural em plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na planície litorânea paranaense**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2019.
- MCDONALD, T.; GANN, G. D.; JONSON, J.; DIXON, K. W. **International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts**. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C., 1 ed. 2016, 47 p.
- MOTA-ROJAS. Thermal biology in river buffalo in the humid tropics: neurophysiological and behavioral responses assessed by infrared thermography. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2021.
- MORRISON, D. **Multivariate Statistical Method**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- PIAIA, B. B.; ROVEDDER, A. P. M.; PROCKNOW, D.; CAMARGO, B. Avaliação de indicadores ecológicos na restauração por plantio em núcleo com diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1512-1534, 2021.

- PIERRI, N.; ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. de; KIM, M. K. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. Editora UFPR: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 13, p. 137-167, 2006.
- RAYNAUT, C.; ZANONI, M.; LANA, P. C. **O desenvolvimento sustentável regional: o que proteger? Quem desenvolver?** Edição especial: 25 anos do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, v. 47, 2018. DOI: 10.5380/dma.v47i0.62452.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.
- SANTOS, C. L. R. *et al.* Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1590/1808-1657000022014.
- SCHÄFFER, L. H. *et al.* Crescimento de espécies arbóreas nativas em recuperação de área degradada no litoral do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 40, 2020. DOI: 10.4336/2020.pfb.40e201801680.
- SILVA, J. O. *et al.* Heterogeneidade ambiental e regeneração natural em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 112, p. 787-797, 2016.
- SILVA, F. A. M.; LEITE, G. S.; BIM, O. J. B. Florística e fitossociologia de áreas de restauração com diferentes históricos de uso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 41, p. 1-14, 2021. DOI: 10.4336/2021.pfb.41e201901935.
- SIMINSKI, A.; ZAMBIAZI, D. C.; DOS SANTOS, K. L.; FANTINI, A. C. Dynamics of Natural Regeneration: Implications for Landscape Restoration in the Atlantic Forest, Brazil. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 4, p. 1-15, 2021. DOI: 10.3389/ffgc.2021.576908.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE (SER); POLICY WORKING GROUP (PWG). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International, p. 1-14.
- TABACHNICK, B.G.; FIDELL, L.S. **Using multivariate statistics**. 6. ed. Pearson: New York. 2013.
- WAHID, H.; ROSNINA, Y. Management of Dairy Animals: Buffalo: Asia. **Encyclopedia of Dairy Sciences**, 2 ed., p. 772-779, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074002296?via%3Dihub>>. Acesso em: set. 2021.

“Biodiversidade é a biblioteca das vidas.”

(Thomas Lovejoy, ambientalista e biólogo norte-americano especializado em conservação, ecologia e biologia tropical, pioneiro na biologia da conservação, pai da biodiversidade)

5 CAPÍTULO IV – A COBERTURA DE EPÍFITAS E TAQUARAS NO PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA⁴

RESUMO

O recrutamento de espécies não arbóreas é muito desejado no processo de restauração ecológica. Embora muito benéfica à interação das espécies em prol de sua riqueza, os fatores de degradação atuantes em caráter variável no tempo e na intensidade agregam necessidades de maior conhecimento sobre o comportamento da estrutura florestal a este incremento. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar a ocupação por epífitas e taquaras sobre as espécies plantadas em projeto de restauração de Floresta Ombrófila Densa na planície litorânea paranaense. A partir do censo florestal foi realizado uma coleta semiquantitativa com base na porcentagem de cobertura no fuste e na copa por epífitas vasculares (orquídeas e bromélias), epífitas avasculares (briófitas), e de diferentes espécies e de taquaras escandentes do gênero *Merostachys* spp. O processamento consistiu na análise de discriminantes e sua distribuição espacial sobre as condições ambientais de estudo. Os resultados evidenciaram que a cobertura de epífitas nas árvores é dependente das interações morfofisiológicas com os nichos de fuste e copa, e que a cobertura de taquaras do gênero *Merostachys* spp., se restringe a cumprir sua deficiência de sustentação física com distribuição ocorre em forma de maciços.

Palavras-chave: Bambu; Clareiras; Cobertura no fuste e copa; Fragmentação.

⁴ Capítulo em forma de artigo a ser submetido na revista científica: *Brazilian Journal of Biology*.

5.1 INTRODUÇÃO

As formações florestais que apresentam ocorrência altamente pronunciada de plantas com hábito epifítico nas Américas Central e do Sul e no cinturão subandino (NIEDER; ENGWALD; BARTHLOTT *et al.*, 1999) correspondem à Mata atlântica e a Amazônia, com maior riqueza de espécies das famílias Orchidaceae e Bromeliaceae (KERSTEN, 2010), e Araceae e Orchidaceae, respectivamente (OBERMULLER *et al.*, 2014; BENAVIDES *et al.*, 2005).

A região leste do Paraná, onde a Floresta Ombrófila Densa é a formação predominante, apresenta exuberância em relação ao porte e rapidez de desenvolvimento dos vegetais, como também elevada riqueza de espécies (BLUM; RODERJAN; GALVÃO, 2011). As epífitas representam 15% da flora vascular conhecida da Mata Atlântica e assumem grande importância florística e ecológica para estes ambientes (FREITAS *et al.*, 2016).

Adicionalmente, a dinâmica de comunidades nas florestas tropicais é influenciada pela flora epifítica, uma vez que, rapidamente, captam e reintegram energia e matéria ao ecossistema. São fonte alternativa de umidade pela evaporação de água armazenada na biomassa e pela evapotranspiração e nutrientes especialmente importante durante as estações secas (KERSTEN, 2010) e ainda responsáveis por 80% da retenção de nitrogênio inorgânico (CLARK *et al.*, 1998) que influenciam no desenvolvimento das plantas.

Outras formas de vida muito discutidas no âmbito das florestas e sua restauração, são as regionalmente conhecidas por taquaras e tabocas. As alterações antrópicas dos ambientes naturais, em especial os processos de fragmentação e degradação florestal, desencadearam oportunidade de desenvolvimento de densas populações de taquaras nativas, geralmente associados à redução de espécies em remanescentes florestais no sul do Brasil (LACERDA; KELLERMANN, 2017; OLMOS *et al.*, 2009).

Em escala mundial são conhecidas por bambus e possuem cerca de 1300 espécies no mundo. Muitas comercialmente incentivadas, especialmente originárias do continente asiático. Embora o Brasil lidere a riqueza de espécies de taquaras na América Latina, sua utilização comercial, usada para construção, alimentos, utensílios, decorações e embarcações, ainda é muito restrita em relação aos demais países, principalmente relacionado a ausência cultural de seu uso (EMBRAPA, 2017).

Sob certas condições ecológicas, os bambus nativos formam populações densas, dominantes ou subdominantes, que persistem enquanto dura o intervalo entre duas florações gregárias consecutivas (EMBRAPA, 2017). Na Mata Atlântica, são observados maciços dos

gêneros *Merostachys* spp. e *Guadua* spp., como centro de diversidade e endemismo (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999) e sua presença pode proporcionar uma comunidade florística distinta (GRISCOM; DALY; ASHTON, 2007).

Considerando estas características ecológicas, as estratégias de restauração, os plantios de distintas proporções por espécie, afetam a cobertura de epífitas e taquaras sobre as espécies plantadas? Este estudo teve como objetivo identificar a cobertura de epífitas e taquaras nativas sobre as espécies plantadas nas áreas de restauração ativa na planície litorânea paranaense, Brasil.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área de estudo

Inserida em unidade de conservação, na modalidade de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), na Reserva Natural Guaricica (RNG-SPVS), do município de Antonina, estado do Paraná, a área de estudo apresenta fitofisionomia típica da floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas de relevo da planície litorânea do Paraná, sob influência oceano atlântico (RODERJAN *et al.*, 2002; IBGE, 2012). A temperatura média anual da área é de 21°C e a taxa pluviométrica varia entre 2.200 e 2.600 mm, sendo o período de dezembro a março os meses de maior precipitação. O clima é caracterizado pela classificação de Köppen como Cfa, de elevada precipitação e com verões quentes e úmidos (GOUDARD; DE PAULA, 2016).

O plantio de restauração nas áreas de estudo foi realizado em 2006, com uso de 10 espécies arbóreas facilitadoras, sob distintas proporções de mudas por espécie. No total, foram plantadas 5.200 mudas sob um espaçamento de 4 m²/planta. Após 14 anos de restauração, as áreas apresentam características ambientais distintas observadas para o histórico de uso do solo e pela trajetória de desenvolvimento das espécies arbóreas.

Nas áreas estudadas, anterior à restauração a ocupação e uso do solo era composta basicamente por pastagens de gramíneas exóticas do gênero *Urochloa* spp. que supriam a atividade de bubalinocultura. No entanto, em bandos os búfalos (*Bubalus bubalis* L.) diariamente resfriavam-se em rios, pântanos e nos locais sombreados, ou revolvendo o solo dos locais abertos (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021; WAHID; ROSNINA, 2011), o que contribuiu para a compactação do solo, e a formação de depressões no terreno com até um metro de profundidade. Em parte destas áreas sob plantio de restauração, com o passar do tempo, a ação

hídrica das cheias do rio Cachoeira levou água e sedimentos a estas depressões, diminuindo-as profundidade¹, entre 30 e 60 cm, com acúmulo permanente de água, identificando-os como área de “piscinas” (FIGURA 16).

FIGURA 16 – EXPRESSÃO DA PAISAGEM PARA A VEGETAÇÃO NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS IDENTIFICADAS COMO PISCINAS E TAQUARAL, EM PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO SOB A (IGUAL) E B (DESIGUAL) PROPORÇÃO MUDAS POR ESPÉCIE FACILITADORA

SPP	%		PISCINAS	
	A	B	A	B
1	10	7		
2	10	10		
3	10	7		
4	10	17		
5	10	7		
6	10	10		
7	10	12		
8	10	7		
9	10	7		
10	10	17		

		TAQUARAL		
SPP	%		A	B
	1	10	7	
2	10	10		
3	10	7		
4	10	17		
5	10	7		
6	10	10		
7	10	12		
8	10	7		
9	10	7		
10	10	17		

LEGENDA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

FONTE: A Autora (2023).

Em outra parte das áreas estudadas, as depressões não são observadas, no entanto, no ano de 2011, eventos meteorológicos na região² contribuíram para a mortalidade de boa parte do plantio de restauração, e oportunizou o desenvolvimento de taquaras nativas, identificando-a como área de “taquaras” (FIGURA 16).

5.2.2 Coleta e análise de dados

A cobertura de epífitas e taquaras foi observada em todas as árvores sobreviventes do plantio realizado em 2006, um total de 1885 árvores, nos tratamentos de igual e desigual

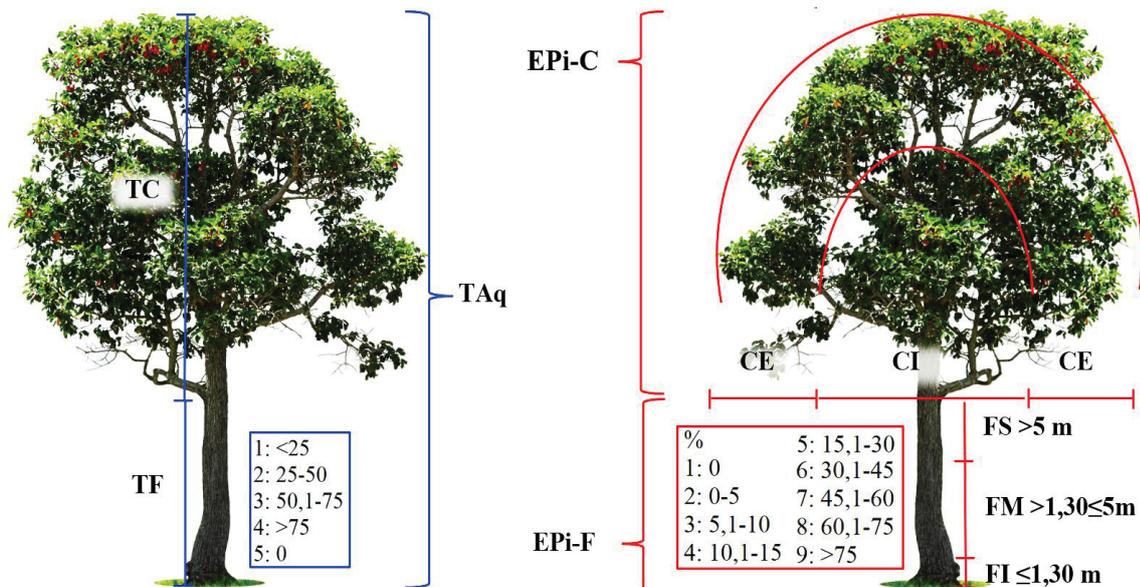
¹ Comunicação verbal quando solicitado informações sobre o histórico de uso do solo ao Senhor João Carlos Rodrigues Pontes e Antônio da Veiga (Toninho), antigos trabalhadores na atividade de bubalinocultura e atuais guardas-florestais da Reserva Natural Guaricica.

² Comunicação verbal Senhor João Carlos Rodrigues Pontes e Antônio da Veiga (Toninho), aliada a confirmação por meio de produção científica: ANGELO, A. C. S. de; FONTÃO P. A. B.; SANTOS, I. dos. Águas de março: originalidade e excepcionalidade de evento extremo de precipitação ocorrido na Serra do Mar paranaense. 2022. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15556>

proporções de mudas por espécie. Em cada árvore foram observadas, para o grupo de epífitas a presença de epífitas vasculares considerando orquídeas e bromélias, e epífitas não vasculares, considerando as briófitas. Para o grupo das gramíneas nativas de taquaras escandentes, considerou-se a presença do gênero *Merostachys* spp. Ressalta-se que para as taquaras não foram observadas quantidade e sua regeneração no solo, e sim sua cobertura na árvore plantada, devido a sua característica escandente.

A presença de das epífitas e taquaras não foi realizada ao nível de espécie, apenas para a forma de vida. Os dados foram coletados em percentagem de cobertura sobre as partes da árvore, observada e estimada visualmente. Em seguida, foram numeradas de maneira semiquantitativa, as epífitas os número ordinais de 1 a 9, e as taquaras de 1 a 5 (FIGURA 17). Esse processo contou com o diário de balizamento da equipe de coleta.

FIGURA 17 – ESQUEMA ILUSTRATIVO PARA A COLETA DA PERCENTAGEM DE COBERTURA DE EPÍFITAS E DE TAQUARAS



LEGENDA: TAq: percentagem de cobertura de taquaras; TF: cobertura de taquaras no fuste (%); TC: cobertura de taquaras na copa (%); EPI-C: percentagem de cobertura de epífitas na copa; CE: copa exterior; CI: copa interior; EPI-F: cobertura de epífitas no fuste; FS: epífitas no fuste superior (%); FM: epífitas no fuste médio (%); FI: epífitas no fuste inferior (%). A figura não mostra e não é intuitiva para a cobertura de taquaras (não há ocorrência nas árvores, mas, sim, ao lado das mesmas). O ilustração, nesse sentido, está inadequada, sugiro melhorar a representação para torná-la mais intuitiva.

FONTE: A Autora (2023).

Posteriormente, as informações foram agrupadas em cobertura de epífitas na copa (EPI-C), cobertura de epífitas no fuste (EPI-F) (KERSTEN, 2006) e cobertura de taquaras (TAq) no fuste e na copa, no entanto, sem subdivisões, pois a cobertura impreterivelmente se mostrou totalmente presente ou ausente em toda a copa e/ou em todo o fuste (FIGURA 17).

Para cada conjunto de variáveis (EPi-C, EPi-F, TAq), aplicou-se uma análise de variância multivariada (MANOVA). Se identificadas diferenças entre as médias dos grupos, ou seja, das espécies para a cobertura de epífitas, na copa ou no fuste (EPi-C, EPi-F) e na cobertura de taquaras (TAq), ao nível de significância $\alpha=0,05$, foi conduzida a análise de discriminantes. As análises foram realizadas com o uso do *software* IBM SPSS *Statistics* 28.0. Os dados foram padronizados para eliminar o efeito da unidade de medida, somente para análise de discriminantes (ANDERSON, 1972; FIELD, 2005; HAIR *et al.*, 2005; MORRINSON, 2005; TABACHNICK; FIDELL, 2013).

Adicionalmente, para cada árvore foram coletadas informações adicionais acerca das características no entorno da árvore, como a presença ou ausência de depressões alagadas (áreas alagadas), e presença ou ausência de clareiras. Com estas informações, foi desenvolvido um mapa temático no *software* gratuito QGIS (<https://qgis.org/en/site/>), com uso do da distribuição das epífitas e taquaras nos plantios, e com base nos 4 m² por planta foi estimado a cobertura por área (m²) das taquaras.

5.3 RESULTADOS

A Análise de Variância Multivariada (MANOVA) indicou diferenças significativas entre as médias dos grupos para a cobertura de epífitas na copa (EPi-C) e da cobertura de epífitas no fuste (EPi-F). Para a cobertura de taquaras (TAq), foram identificadas apenas diferenças entre espécies (TABELA 6).

TABELA 6 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA PARA COBERTURAS (C) DE EPÍFITAS NO FUSTE(EPi-F), DE EPÍFITAS NA COPA (EPi-C), E DE TAQUARAS (TAq), PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})

Fator	Teste	EPi-F		EPi-C		TAq	
		Valor	α	Valor	α	Valor	α
Proporções	λ_{Wilks}	0,998	0,203	0,995	0,009	1,000	0,886
	λ_{Roy}	0,002	0,203	0,005	0,009	0,000	0,886
Espécies	λ_{Wilks}	0,849	<0,001	0,949	<0,001	0,935	<0,001
	λ_{Roy}	0,142	<0,001	0,040	<0,001	0,038	<0,001
Interação	λ_{Wilks}	0,970	<0,001	0,969	<0,001	0,991	0,571
	λ_{Roy}	0,016	<0,001	0,030	<0,001	0,007	0,153

FONTE: A Autora (2023).

5.3.1 Cobertura de epífitas

Na descrição das funções discriminantes, observa-se que a variabilidade total dos dados é compreendida pelas funções 1 e 2, que ultrapassaram 95% da variação cumulativa,

tanto para a cobertura de epífitas no fuste (EPi-F) como na copa (EPi-C) (TABELA 7). Na matriz de estruturas, dentre as variáveis que correspondem a EPi-F, para proporção A, as coberturas de epífitas nos fustes superior (FS) e médio (FM) estão correlacionadas com a função 1, e no fuste inferior (FI) estão correlacionadas com a função 2. Para proporção B, a cobertura no FS está correlacionada com a função 2, enquanto as coberturas no FM e FI com a função 1. As variáveis que correspondem a EPi-C, na proporção A, ocorreu maior correlação de cobertura na copa inferior (CI) com a função 1 e na copa exterior (CE) com a função 2, contrariamente ao observado na proporção B (TABELA 7).

TABELA 7 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES (F) DISCRIMINANTES A PARTIR DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%), CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC) E MATRIZ DE ESTRUTURAS, NA COBERTURA DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPi-F): SUPERIOR (FS), MÉDIO (FM), INFERIOR (FI); E DE EPÍFITAS NA COPA (EPi-C): INFERIOR (CI), EXTERIOR (CE), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO

P		Descrição das Funções			Matriz de Estruturas			
		1	2	3	1	2		
EPi-F	A	AU	0,091	0,016	0,005	FS	0,796*	-0,291
		VC%	81,10	95,80	100	FM	0,727*	0,005
		CC	0,288	0,127	0,068	FI	0,602	0,786*
	B	AU	0,239	0,071	0,008	FM	0,881*	-0,153
		VC%	75,10	97,50	100	FS	0,608	0,720*
		CC	0,439	0,258	0,089	FI	0,595	-0,452
EPi-C	A	AU	0,054	0,007		CI	0,991*	0,134
		VC%	88,30	100		CE	-0,145	0,989*
		CC	0,226	0,084				
	B	AU	0,075	0,014		CE	1,000*	-0,011
		VC%	84,80	100		CI	0,253	0,968*
		CC	0,265	0,115				

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

Os valores dos centroides obtidos para a EPi-F estão entre -0,624 a 1,089 na proporção A e -0,727 a 2,023 na proporção B. Em relação a EPi-C, na proporção A observa-se valores entre -0,249 e 0,750 e em B, valores dispersos entre -0,181 a 1,412 (TABELA 8). Diante da análise de discriminantes para EPi-F observa-se maior heterogeneidade de cobertura na proporção B associada a maior cobertura de epífitas no fuste médio e superior (FM e FS), e maior homogeneidade em A. Para a função 1 (EPi-F), a maior cobertura de epífitas no fuste observada na proporção A foi para as espécies 1 (*A. glandulosa*), 2 (*C. myrianthum*), 3 (*H. alchorneoides*), 4 (*I. edulis*) e 7 (*M. bimucronata*) e na proporção B para as espécies 1, 2, 3, 7, 8 (*M. coriacea*) e 10 (*S. multijuga*). Para a função 2, se destacaram as espécies 2, 3, 4, 6 (*I. marginata*), 7, e 9 (*S. parahyba*) em A, e 1, 3 e 8 em B. A espécie 7 (*M. bimucronata*), em ambas as proporções foi a mais dessemelhante (FIGURA 18).

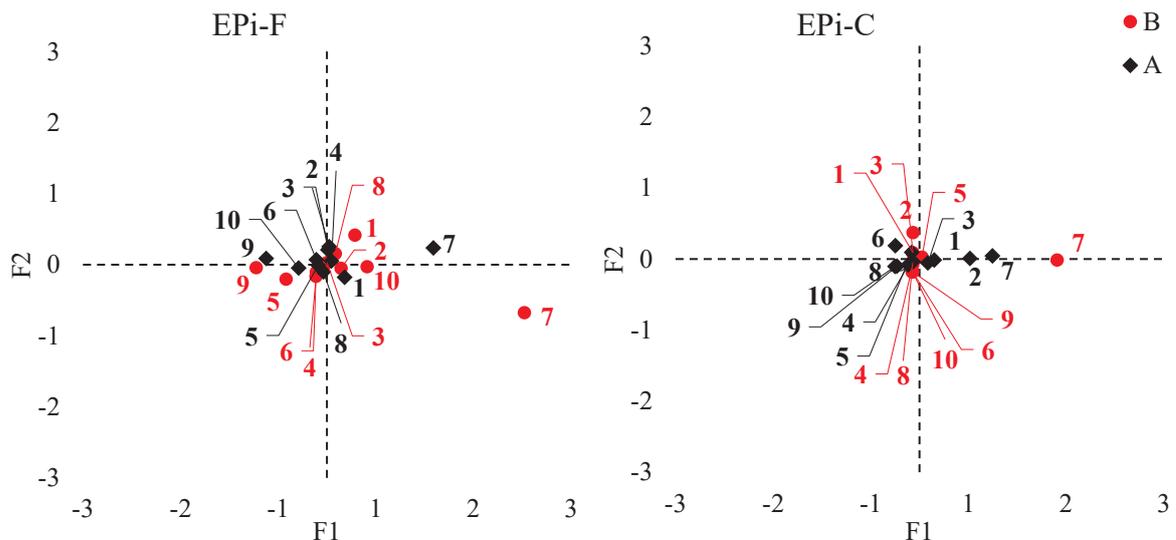
TABELA 8 – CENTROIDES DO GRUPO PARA CADA FUNÇÃO E ESPÉCIE, PARA COBERTURA DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPI-F) E DE EPÍFITAS NA COPA (EPI-C), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO

Espécie	EPI-F				EPI-C			
	A		B		A		B	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	0,182	-0,177	0,287	0,416	0,153	-0,012	-0,067	0,090
2	0,023	0,255	0,144	-0,051	0,518	0,010	-0,064	0,374
3	0,011	0,211	0,001	0,032	0,087	-0,053	-0,067	0,087
4	0,047	0,051	-0,111	-0,161	-0,113	-0,083	-0,069	-0,078
5	-0,089	-0,008	-0,420	-0,205	-0,079	0,095	0,026	0,029
6	-0,108	0,069	-0,110	-0,105	-0,245	0,188	-0,070	-0,181
7	1,089	0,236	2,023	-0,676	0,750	0,044	1,412	-0,012
8	-0,037	-0,101	0,086	0,158	-0,066	-0,038	-0,069	-0,040
9	-0,624	0,090	-0,727	-0,043	-0,229	-0,100	-0,070	-0,181
10	-0,291	-0,046	0,413	-0,026	-0,249	-0,103	-0,070	-0,181

LEGENDA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 18 – ANÁLISE DE DISCRIMINANTES DA COBERTURA DE EPÍFITAS NO FUSTE (EPI-F): FUSTE INFERIOR (FI), FUSTE MÉDIO (FM), FUSTE SUPERIOR (FS), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO



LEGENDA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

FONTE: A Autora (2023).

Na EPI-C, as diferenças são sutilmente marcadas pela variável mais correlacionada com a função. Neste sentido, a proporção A representa maior influência de cobertura na copa interna (CI - função 1) e a proporção B na copa externa (CE - função 2). As espécies a serem consideradas na EPI-C, para função 1, a espécie 7 (*M. bimucronata*) se mostrou diferente das demais, mais destacadamente na proporção B. Embora as proporções tenham evidenciado pouca diferenciação entre as espécies, na função 1 da proporção A, as espécies 1, 2, 3 e 7 apresentaram a maior cobertura de epífitas na CI. Na proporção B, influenciada pela função 2, destacaram-se as espécies 1, 2, 3 e 5 na CE (FIGURA 18).

5.3.2 Cobertura de taquaras

As diferenças significativas identificadas pela MANOVA, apenas para as espécies, permitiram uma análise de discriminantes que considerou ambas as proporções. De acordo com a descrição das funções obtidas, a variabilidade total dos dados é atendida em 100% pelas funções 1 e 2, altamente correlacionadas à cobertura de taquaras na copa (TC) (0,945) e no fuste (TF) (0,997), respectivamente. Além disso, os valores dos centroides obtidos para cada espécie concentram-se entre -0,368 e 0,482, nas funções 1 e 2, valores muito próximos e semelhantes as espécies para a cobertura de taquaras do gênero *Merostachys* spp., tanto no fuste (função 2) como na copa (função 1) (TABELA 9 e FIGURA 19). Esse resultado pode ser explicado pelas taquaras ocorrerem em somente 23% das árvores mensuradas e presentes em apenas uma das repetições do experimento.

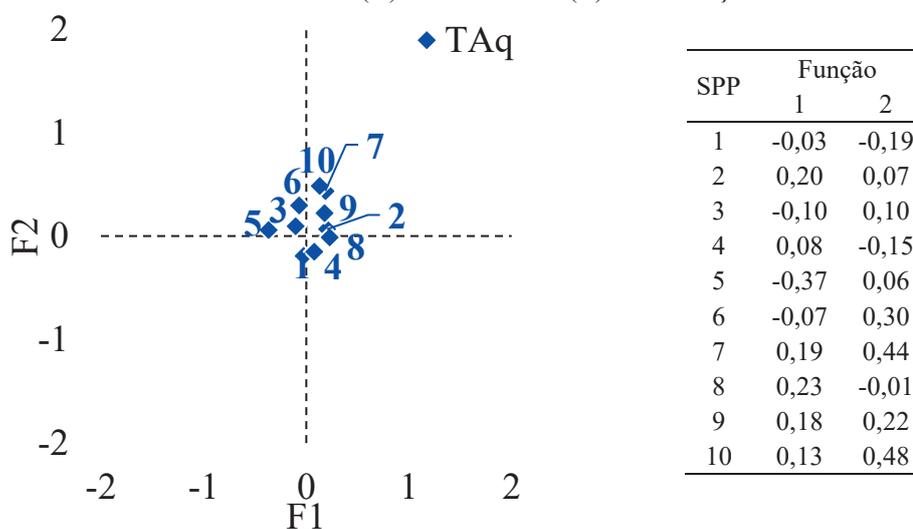
TABELA 9 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES A PARTIR DOS AUTOVALORES (AU), VARIAÇÃO CUMULATIVA (VC%) E CORRELAÇÃO CANÔNICA (CC), MATRIZ DE ESTRUTURAS PARA CORRELAÇÃO, PARA COBERTURA DE TAQUARAS (CV6): NO FUSTE (TF) E NA COPA (TC), PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO

Funções	Descrição das Funções			Matriz de Estruturas	
	AU	VC%	CC	TC	TF
1	0,038	54,30	0,192	0,945*	0,079
2	0,032	100	0,176	0,327	0,997*

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

FIGURA 19 – ANÁLISE DE DISCRIMINANTES E OS VALORES DOS CENTROIDES PARA COBERTURA DE TAQUARAS (TAq): NO FUSTE (TF), NA COPA (TC) PARA ESPÉCIES PLANTADAS EM IGUAL (A) E DESIGUAL (B) PROPORÇÃO



NOTA: 1- *A. glandulosa*; 2- *C. myrianthum*; 3- *H. alchorneoides*; 4- *I. edulis*; 5- *I. laurina*; 6- *I. marginata*; 7- *M. bimucronata*; 8- *M. coriacea*; 9- *S. parahyba*; 10- *S. multijuga*.

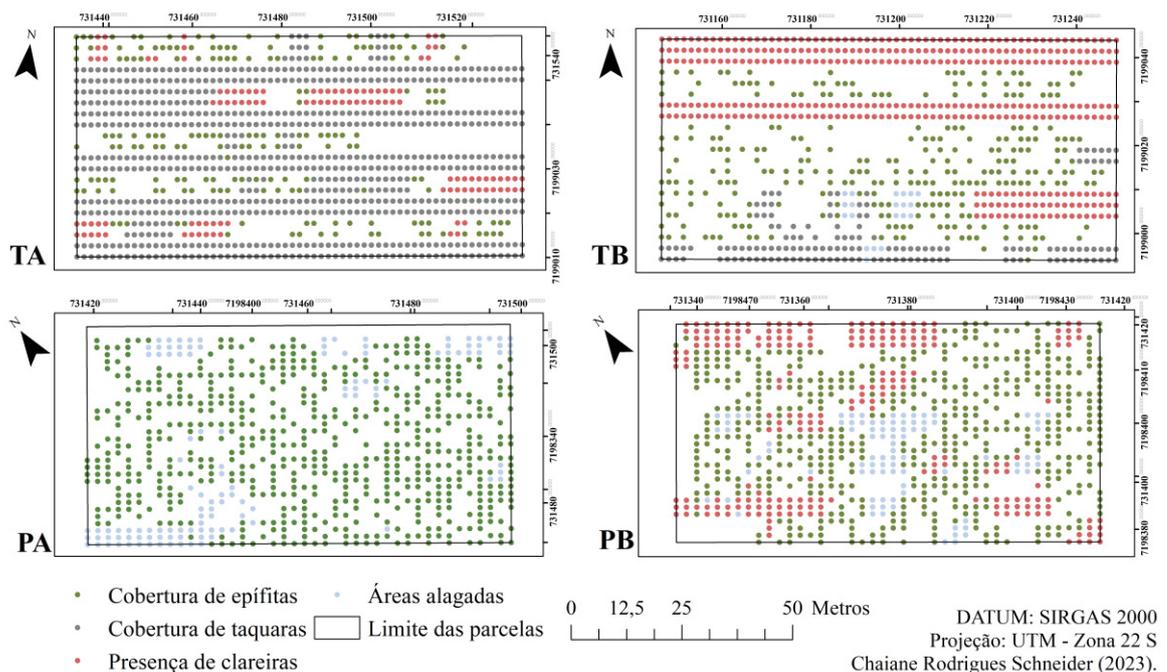
FONTE: A Autora (2023).

As espécies 6 (*I. marginata*), 7 (*M. bimucronata*), 9 (*S. parahyba*) e 10 (*S. multijuga*) apresentaram menor cobertura de taquaras em suas copas e fustes, especialmente a espécie 10, nos dois tratamentos avaliados, provavelmente atribuído a menor altura dos indivíduos amostrados. A maior cobertura de taquaras observada nas espécies 1 (*A. glandulosa*), 4 (*I. edulis*) e 8 (*M. coriacea*) também com as maiores alturas de arbóreas identificadas, sugere uma relação das taquaras com espécies de maior quantidade de indivíduos e de maior desenvolvimento em altura na área (FIGURA 19).

5.3.3 Distribuição nas característica do entorno

No total, foram identificados 1580 m² de ocupação por taquaras *Merostachys* spp. e um total de 1292 m² para as epífitas, nas parcelas avaliadas. Observa-se que o comportamento na distribuição da cobertura de taquaras do gênero *Merostachys* spp., é especialmente estruturado em forma de maciços ao longo da condição ambiental de taquaras com a proporção A. Segundo relatos dos guardas-florestais, no terceiro ano de plantio das mudas das 10 espécies, um evento meteorológico, com fortes raios atingiu as quatro primeiras linhas, face norte, da condição ambiental taquaral (A e B) (FIGURA 20).

FIGURA 20 – PRESENÇA E AUSÊNCIA DA COBERTURA DE EPÍFITAS E TAQUARAS SOB AS CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO, PARA ESPÉCIES PLANTADAS NAS PROPORÇÕES DE PLANTIO A E B, PARA AS CONDIÇÕES TAQUARAL (T) E PISCINAS (P)

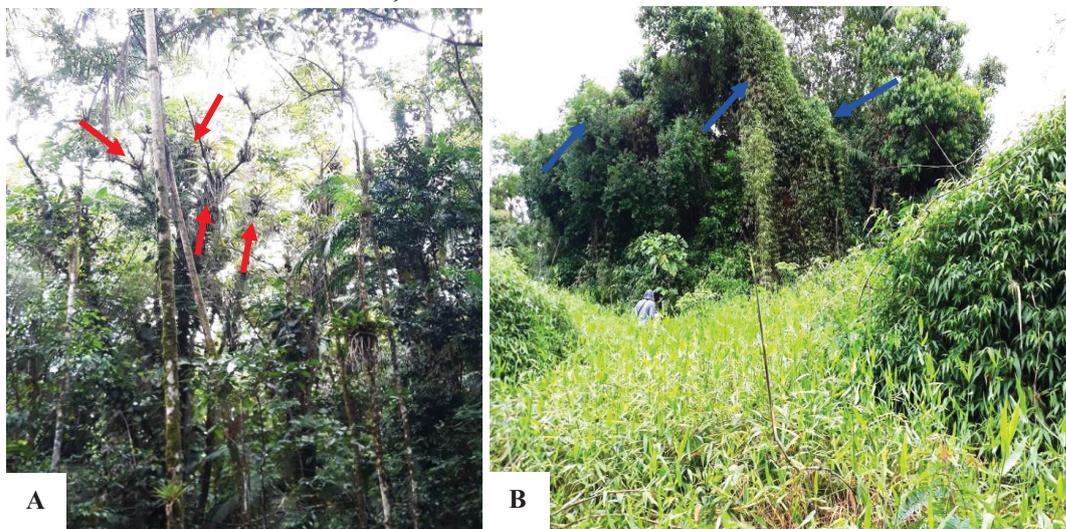


LEGENDA: as áreas de clareiras não apresentam árvores vivas, apenas contabilizadas para análise.
 FONTE: A Autora (2023).

Segundo relatos dos guardas-florestais, no terceiro ano de plantio das mudas das 10 espécies, um evento meteorológico, com fortes raios atingiu as quatro primeiras linhas, face norte, da condição ambiental taquaral (A e B) (FIGURA 20).

Dez anos depois, no taquaral (TB), ainda permanece uma extensa área de clareira. Espera-se que as clareiras influenciem o avanço da cobertura de taquaras nas florestas, pela oportunidade de luminosidade, ainda que isto não tenha sido observado na clareira formada em TB. No entanto, em TA a cobertura formou-se de maneira bastante expressiva, o que demonstra a necessidade de árvores em condições de sustentar fisicamente o crescimento das taquaras do gênero *Merostachys* spp., uma vez que, a característica fisiológica destas taquaras não permitem autosustentação (FIGURA 20 e FIGURA 21). Além disso, a elevada cobertura de taquaras parece ocorrer em detrimento da cobertura de epífitas, na qual foi bem mais significativa na condição ambiental piscinas (PA e PB), possivelmente, associado a quantidade de pequenos alagamentos dentro de cada parcela (FIGURA 20).

FIGURA 21 – COBERTURA DE EPÍFITAS (A) E TAQUARAS (B) DO GÊNERO *Merostachys* spp. EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA PLANÍCIE LITORÂNEA



FONTE: A Autora (2023).

5.4 DISCUSSÃO

A maior cobertura de epífitas nos fustes médio e superior, notadamente, ocorreu nas espécies com maior desenvolvimento na área de estudo, especialmente apresentavam as maiores alturas amostradas. O desenvolvimento semelhante de epífitas em condições desfavoráveis ou favoráveis classifica-as como plantas de recrutamento dificultado pela alta sensibilidade às variações climáticas, indicadoras adequadas de mudanças no clima local, à

estrutura, saúde e conservação do ecossistema e por isso dependem do equilíbrio e permanência das árvores de maior porte (BATAGHIN; BARROS; PIRES, 2010; KERSTEN, 2010; TRIANA-MORENO *et al.*, 2003; HIETZ, 1998).

Na espécie 7 (*M. bimucronata*), a cobertura de epífitas ocorre em todas as porções de fuste avaliadas, provavelmente favorecida pelas características de troncos e bifurcações com tortuosidade, ambiente propício a sustentação e acúmulo de matéria orgânica às epífitas (KERSTEN, 2010; VALLADARES; SKILLMAN; PEARCY, 2002). Desta forma, as espécies com maior cobertura de epífitas nas variáveis consideradas, em suma, são as mesmas que conferem características de tortuosidades e bifurcações.

Nas porções internas da copa o acúmulo de substrato sobre os ramos mais grossos, com ramificações centrais e ângulos mais abertos, bem como os níveis relativamente elevados de umidade e luminosidade, tendem a fornecer espaço para a interceptação de diásporos, fixação e desenvolvimento das epífitas, embora a copa em todas suas porções tenha condições para propiciar o seu desenvolvimento (KERSTEN, 2010). Este é um conjunto de características da copa atraem espécies de epífitas, e conseqüentemente a formação de nichos ecológicos, compostos por polinizadores, como o beija-flor, que forrageiam em distintos estratos verticais e diferem o fluxo gênico mesmo entre indivíduos na mesma árvore (BENNETT, 1986).

Já a dinâmica sobre a colonização do sub-bosque da floresta por densas populações de taquaras após intensa atividade antrópica é um processo comum em áreas tropicais sujeitas à fragmentação (LIEBSCH *et al.*, 2021). O período de dormência das sementes de taquaras parece ser determinado pela radiação solar, de tal forma que, em locais mais expostos à radiação, a germinação ocorre mais rapidamente do que em locais mais sombreados (LIEBSCH; REGINATO, 2009). Desta forma, a abertura de clareiras demonstra ser a condição ideal para formação de suas populações.

Na área de estudo, embora não ocorram atividades antrópicas que criem estas condições, ela não está imune a injúrias de origem climática. Esta região apresenta fenômenos meteorológicos que associados ao complexo de montanhas da Serra do Mar, contribuem para aumentar as nuvens verticais, o que resulta no maior ciclo de vida de tempestades (HEILMANN *et al.*, 2018). Guardas-florestais locais relataram a incidência de raios nos primeiros anos de plantio, o que contribuiu para a mortalidade de muitas árvores, especificamente nas duas primeiras linhas da parcela em questão, uma situação que também é descrita por Griscom e Ashton (2003).

A mortalidade concentrada de espécies plantadas também se constitui em importante fator gerador de clareiras posteriores à formação do dossel e, portanto, tende a apresentar

relação positiva com a ocupação por taquaras e outras lianas. Assim, locais com maiores proporções de espécies que em poucos anos atingiram o dossel e senesceram, como ocorreu com *S. multijuga* e com *M. bimucronata*, tendem a ser mais afetados pela presença de taquaras e outras lianas.

A mortalidade das árvores e a consequente abertura de clareiras, podem favorecer a proliferação de espécies de taquaras do gênero *Merostachys* spp. em grupos densos (LACERDA; KELLERMANN, 2017), o que compromete o recrutamento de espécies de estágio avançado de sucessão (LIEBSCH *et al.*, 2021), assim como a presença em diversidade da fauna (KURTEN, 2013), dificultando importantes interações no processo de restauração ecológica.

Podem representar ainda, uma relação inversa à ocorrência e abundância de espécies zoocóricas, podendo desencadear um efeito cascata trófica (JORGE *et al.*, 2013), embora a floração e frutificação das taquaras sirva de alimento para algumas espécies de roedores (JAKSIC; LIMA, 2003; VASCONCELOS *et al.*, 2005). No entanto, os efeitos descritos são mais relacionados a áreas altamente fragmentadas (VASCONCELOS *et al.*, 2005), pois em pequena escala e em ambientes conservados a presença de taquaras podem representar importante fonte de heterogeneidade florística e estrutural da regeneração natural após sua senescência (SANTOS *et al.*, 2015), que ocorre após um período longo.

No entanto, deve-se atentar ao monitoramento destas áreas. Assim como as epífitas mostraram maior afinidade com espécies de maior destaque em desenvolvimento na área, as taquaras também seguem esta analogia. A ausência de propriedades de sustentação de algumas das espécies de taquaras – neste caso identificada ao nível de gênero *Merostachys* spp. – tendem a depositar sua carga em árvores mais altas dentro de sua faixa de crescimento (GRISCOM; ASHTON, 2003), na procura por luminosidade, inibindo o desenvolvimento de outras espécies de crescimento mais lento.

Como consequência pode ocorrer o empobrecimento do componente arbóreo, ou no atraso dos processos de sucessão da floresta, no caso de áreas em processo de restauração, decorrente da ocupação em larga escala de espécies nativas de taquaras que assumem caráter invasivo (*Merostachys* spp.), aumentando as pressões ecológicas nas florestas (EMBRAPA, 2017).

Embora os eventos meteorológicos possivelmente possam ter proporcionado a invasão de taquaras, na porção do experimento, ela não explica a permanência no longo prazo, mantendo as comunidades florestais no longo prazo sob sua influência, em estágios sucessionais iniciais e em escala temporal atrelada ao seu ciclo de vida, de 30 anos,

aproximadamente, além da sua capacidade de excluir competitivamente as espécies regenerantes (LACERDA; KELLERMANN, 2017; GRISCOM; ASHTON, 2003).

5.5 CONCLUSÕES

A cobertura de epífitas se associa não apenas pela interação morfofisiológica com os distintos nichos (fuste e copa), mas também ao porte das árvores presentes. As taquaras, por sua vez, apresentam cobertura voltada especificamente às condições de sustentação, preferindo, também, as árvores mais desenvolvidas da área.

A distribuição das taquaras em forma de maciços florestais representa uma necessidade de constante monitoramento para que não se estenda a outras localidades, devendo, portanto, enriquecer as áreas em processo de restauração com espécies resilientes e competitivas à sua presença

Entre as espécies plantadas que representaram maior sustentação para epífitas e taquaras, pode-se mencionar:

- *A. glandulosa*, *C. myrianthum*, *H. alchorneoides* e *M. bimucronata* com maior expressividade desta última, mostraram-se mais interessantes para o desenvolvimento de epífitas tanto no fuste quanto na copa.
- *A. glandulosa*, *I. edulis*, e *M. coriacea* representam maior resiliência, se necessário, à sustentação de taquaras em seus fustes e copas na área de restauração.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: Academic Press, 1972.
- BATAGHIN, F. A.; BARROS, F.; PIRES, J. S. R. Distribuição da comunidade de epífitas vasculares em sítios sob diferentes graus de perturbação na Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 3, p. 501-512, 2010.
- BENAVIDES, A. M.; DUQUE, M. A. J.; DUIVENVOORDER, J. F.; VASCO, G. A. J.; CALLAJAS, R. A first quantitative census of vascular epiphytes in rain forests of Colombian Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, p. 739-758. 2005.
- BENNETT, B. C. Patchiness, diversity, and abundance relationships of vascular epiphytes. **Selbyana**, v. 9, n. 1, p. 70-75, 1986. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/41888787>>. Acesso em: mai. 2022.
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Composição florística e distribuição altitudinal de epífitas vasculares da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Morretes, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4. 2011. DOI: 10.1590/S1676-06032011000400015
- CLARK, K. L.; NADKARNI, N.; SCHAEFER, D.; GHOLZ, H. L. Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia. Orgs.: Patrícia Maria Drumond; Guilherme Wiedman. 1 ed., Rio de Janeiro, 2017.
- FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS**. 2 ed. London: SAGE. Publications, 2005.
- FREITAS, L. *et al.* A comprehensive checklist of vascular epiphytes of the Atlantic Forest reveals outstanding endemic rates. **PhytoKeys**, v. 58, p. 65-79. 2016.
- GOUDARD, G.; DE PAULA, E. V. O clima do Litoral paranaense: variabilidades, mudanças climáticas, tendências e desafios. *In*: Clima: boas práticas de adaptação. Orgs: BOLDRINI, E. B. *et al.* 1 ed. Antonina: **ADEMAN**, p. 13-29, 2016, 200 f.
- GRISCOM, B.; ASHTON, P. M. S. Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. **Forest Ecology and Management**, v. 175, p. 445-454. 2003.
- GRISCOM, B. W.; DALY, D. C.; ASHTON, P. M. S. Floristics of Bamboo-Dominated Stands in Lowland Terra-Firme Forests of Southwestern Amazonia. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 134, n. 1, p. 108-125. 2007.
- HAIR Jr. J.F.; ANDERSON, R.E. TATHAN, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

- HEILMANN, F.; FERNANDES C.; LEITE E. A.; PINHEIRO L. C. Características das tempestades com raios no litoral do Paraná. Sistema Meteorológico do Paraná / SIMEPAR, **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 22, 2018.
- HIETZ, P. Diversity and Conservation of Epiphytes in a Changing Environment. **Pure and Applied Chemistry**, v. 70, n. 11, p. 2114, 1998. Disponível em: < <http://old.iupac.org/symposia/proceedings/phuket97/hietz.html> >. Acesso em: set. 2021.
- JAKSIC, F. M.; LIMA, M. Myths and facts on ratadas: Bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreaks in South America. **Austral Ecology**, v. 28, n. 3, p. 237-251. 2003. DOI: 10.1046/j.1442-9993.2003.01271.x
- JORGE, M. L. S. P.; GALETTI, M.; RIBEIRO, M. C.; FERRAZ, K. M. P. M. B. Mammal defaunation as surrogate of trophic cascades in a biodiversity hotspot. Special Issue: Defaunation's impact in tropical terrestrial ecosystems. **Biological Conservation**, v. 163, p. 49-57, 2013.
- JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK, L. G.; LONDOÑO, X.; STERN, M. J. **American Bamboos**. Smithsonian Institution Press, Washington. 1999
- KERSTEN, R. A. (2006) **Epifitismo vascular na Bacia do Alto Iguaçu, Paraná**. 2006. 218 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.
- KERSTEN, R. A. Epífitas vasculares - histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica. **Hoehnea**, v. 37, p. 9-38. 2010.
- KURTEN, E. L. Cascading effects of contemporaneous defaunation on tropical forest communities. Special Issue: Defaunation's impact in tropical terrestrial ecosystems. **Biological Conservation**, v. 163, p. 22-32, 2013.
- MORRISON, D. **Multivariate Statistical Method**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- MOTA-ROJAS. Thermal biology in river buffalo in the humid tropics: neurophysiological and behavioral responses assessed by infrared thermography. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2021.
- LACERDA, A. E. B.; KELLERMANN, B. **Bambus nativos como espécies invasoras no sul do Brasil**, p. 179-195, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1080006/bambus-nativos-como-especies-invasoras-no-sul-do-brasil> >. Acesso em: set. 2021.
- LIEBSCH, D.; REGINATO, M. Florescimento e frutificação de *Merostachys skvortzovii* Sendulsky (taquara-lixá) no estado do Paraná. **Iheringia, Sér. Bot.**, Porto Alegre, v. 64, n. 1, p. 53-56, 2009.
- LIEBSCH, D.; SANTIAGO, J. E. V.; MIKICH, S. B.; MARQUES, M. C. M.; GALVÃO, F. Effects of selective logging, fragmentation, and dominance of bamboos on the structure and diversity of Araucaria Forest fragments. **Forest Ecology and Management**, v. 487, 2021.
- NIEDER J.; ENGWALD S.; BARTHLOTT, W. Patterns of neotropical epiphyte diversity. **Selbyana**, v. 20, p. 66-75. 1999.

- OBERMULLER, F. A.; FREITAS, L.; DALY, D. C.; SILVEIRA, M. Patterns of diversity and gaps in vascular (hemi-)epiphyte flora of Southwestern Amazonia. **Phytotaxa**, v. 166, p. 259-272. 2014.
- OLMOS, F.; GALETTI, M.; PASCHOAL, M.; MENDES, S. L.; ELMS, F. “Hábitos do rato-do-bambu-do-sul, *Kannabateomys amblyonyx* (Rodentia, Echimyidae) no Sudeste do Brasil.” **Mammalia**, v. 57, n. 3. 2009. DOI: 10.1515/mamm.1993.57.3.325
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.
- SANTOS, K. F. *et al.* Regeneração natural do componente arbóreo após a mortalidade de um maciço de taquara em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 107-117, 2015.
- TABACHNICK, B.G.; FIDELL, L.S. **Using multivariate statistics**. 6. ed. Pearson: New York. 2013.
- TRIANA-MORENO, L. A.; GARZON-VENEGAS, N. J.; SANCHEZ-ZAMBRANO, J.; O. VARGAS. Epífitas vasculares como indicadores de regeneración en bosques intervenidos de la Amazonia Colombiana. **Acta Biológica Colombiana**, v. 8, n. 2, p. 31-42, 2003.
- VALLADARES, F.; SKILLMAN, J. B.; PEARCY, R. W. Convergence in light capture efficiencies among Tropical Forest understory plants with contrasting crown architectures: a case of morphological compensation. **American Journal of Botany**, v. 89, n. 8, p. 1275-1284, 2002.
- VASCONCELOS, M. F.; VASCONCELOS, A. P.; VIANA, P. L.; PALÚ, P.; SILVA, J. F. Observações sobre aves granívoras (Columbidae e Emberizidae) associadas à frutificação de taquaras (Poaceae, Bambusoideae) na porção meridional da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, v. 6, n. 1, p. 75-77, 2005.
- WAHID, H.; ROSNINA, Y. Management of Dairy Animals: Buffalo: Asia. **Encyclopedia of Dairy Sciences**, 2 ed., p. 772-779, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074002296?via%3Dihub>>. Acesso em: set. 2021.

“Para todo fim, um recomeço.”

(Antoine de Saint-Exupéry, escritor, ilustrador e piloto francês, autor de ‘O Pequeno Príncipe’)

6 CAPÍTULO V – PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DAS ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA REGENERAÇÃO NATURAL⁵

RESUMO

A análise da composição florística e da estrutura fitossociológica corresponde à base de informações para identificar os efeitos ecológicos resultantes das estratégias aplicadas em uma restauração. É necessário, portanto, tornar acessível à prática de monitoramento das áreas para que ocorra avanços da ciência em relação à temática. Desta forma, este estudo tem o intuito de avaliar a proposta de Monitoramento Arbóreo-arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE), na análise da composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração natural em áreas em restauração ecológica. A proposta de Monitoramento AZE consiste na coleta de dados da regeneração de áreas em restauração, sob as copas das árvores de maior desenvolvimento, onde os mesmos são mensurados do fuste à extremidade da copa a cada metro de distância, que compõe a zona ecológica. Neste estudo, o levantamento foi realizado sob as copas de *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., e *Inga edulis* Mart., com diferentes diâmetros, presentes sob plantios de restauração com distintas proporções de árvores por espécie. Entre as análises citam-se a Análise de Variância Multivariada (MANOVA) dos efeitos incidentes sobre a regeneração e, conseqüentemente na sua composição florística e estrutura fitossociológica. Os resultados demonstraram que a proporção de plantio das arbóreas, como estratégia à restauração não se expressaram relevantes para a regeneração, no entanto, as características dendrométricas da árvore de cobertura e as características ambientais da área, causam efeito no número de espécies, na altura total média e na densidade dos regenerantes. A composição da regeneração é marcada pelas arbóreas *M. guianensis*, *N. membranacea* e arbustivas *P. nuda* e *P. suterella*. Preliminarmente em relação à proposta de Monitoramento AZE, conclui-se que a seleção das árvores de cobertura deve ocorrer após uma estratificação detalhada das condições ambientais da área, além de considerar a seleção das árvores com maiores diâmetros, para melhor abrangência das informações e concepção de planos de ação na área em restauração.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Densa; Copas; *I. edulis*; *A. glandulosa*; Estratificação;

⁵ Capítulo em forma de artigo para submissão posterior na revista: *Forest Ecology and Management*.

6.1 INTRODUÇÃO

A regeneração natural ocorre dentro de uma dinâmica florestal constituída sob os preceitos da sucessão ecológica. Fundamentalmente, a quantidade e distribuição de espécies de determinado grupo ecológico, contribui para o estágio sucessional de uma floresta. A literatura engloba diferentes terminologias para os grupos ecológicos baseados nas características morfofisiológicas das plantas, em especial sobre sua tolerância a radiação solar ou a sombra (ALMEIDA, 2016). Por esta razão, se pode dizer que a regeneração natural é um processo lento de construção e reconstrução de uma floresta, que evolui a partir de condições pré-determinadas fortalecidas em sua dinâmica ecológica (BRANCALION, GANDOLFI, RODRIGUES, 2015).

A ecologia da restauração baseia-se nesses conceitos sucessionais (SER, 2004), que dá suporte à restauração ecológica e utiliza de espécies pioneiras e secundárias iniciais nos plantios de preenchimento de áreas degradadas. Como exemplo, se pode mencionar *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., e *Inga edulis* Mart., ambas de ampla abrangência fitofisionômica, especialmente Ombrófilas Densa da Mata Atlântica e da Amazônia (CARVALHO, 2006; CARVALHO, 2014).

Neste sentido, as espécies que se estabelecem frente aos diversos fatores de heterogeneidade ambiental – topografia, pedologia, interações da fauna, clima, entre outros – conferem características próprias aos locais pelo qual é possível observar tendências em sua composição ecológica (RODRIGUES *et al.*, 2007; SOUZA; MEIRA NETO; SOUZA, 2013; MAGNAGO *et al.*, 2012).

Por essa razão, o monitoramento de conhecimento da diversidade florística e fitossociológica deve compreender o recrutamento de espécies na regeneração natural e em toda sua composição (CHAVES *et al.*, 2013). Realizar levantamentos florísticos e fitossociológicos das comunidades vegetais, apresentam propósitos comparativos para determinar, se possível, padrões no comportamento das espécies no espaço e no tempo (MIRANDA *et al.*, 2019; DURIGAN *et al.*, 2016). Portanto, na regeneração natural, além de reconhecer sua estrutura frente às diversidades ou adversidades ambientais, caracterizam também o futuro da floresta a ser estabelecida e a adequação de atividades para seu melhor desenvolvimento (DURIGAN *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2017).

A ausência de monitoramentos em áreas de restauração a partir dos 3 anos de idade – tempo máximo sustentado pela legislação (BRASIL, 2012) – é extremamente preocupante, dada a falta de informações sobre a efetiva evolução dos processos ecológicos. Além disso,

quando perduram por mais tempo, raramente se sabe se os objetivos da restauração foram alcançados (HOLL, 2023).

Como efeito, menores são os financiamentos e programas voltados a restauração, além de prejuízos econômicos à sociedade com a diminuição da produtividade, maior risco de desastres ambientais, estiagens prolongadas e êxodo rural, falta de identidade sobre valor do patrimônio natural e limitação de caminhos potenciais, como o ecoturismo rural (LOCATELLI *et al.*, 2015; RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

Existem diversos manuais de monitoramento detalhados para diferentes tipos de ecossistemas, no entanto, boa parte dos projetos de restauração carecem de um protocolo de monitoramento robusto, com planos de ação adaptativos às circunstâncias, sejam elas ambientais ou financeiras, ou aos mais diversos parâmetros que possam ser avaliados na restauração (HOLL, 2023).

A legislação oferece algumas ferramentas que orientam a avaliação da estrutura e da composição de vegetação; no entanto, não existe atualmente uma regra que estabeleça as variáveis mais adequadas a serem registradas (LIBONI *et al.*, 2019). No entanto, a maioria dos planos de monitoramento são incapazes de avaliar o sucesso da restauração, pela ausência de ordenamento dos resultados desejados, de um cronograma de mensuração, ou mesmo confiar que o monitoramento consiste sumariamente na coleta de dados (BERNHARDT *et al.*, 2005; HOLL, 2023).

É necessário compreender que o monitoramento irá determinar as ações que perdurem nos processos de sucessão à uma floresta estabelecida. Por isso, é interessante que o monitoramento da restauração inicie com a implantação do projeto, repetindo-se em intervalos pré-determinados (CHAVES *et al.*, 2015). Tais intervalos, o processamento dos dados e sua divulgação, geralmente não são considerados nos orçamentos ou mesmo são realizados. Isso se reflete na replicação errônea ações necessárias ao processo restaurativo, e a falta de reconhecimento de ações de sucesso e evolução nas tendências de desenvolvimento e planos de manejo (CHAPMAN, 1999; VIANI *et al.* 2017).

Neste sentido, a ciência procura propor um método rápido para avaliação de diversos parâmetros da vegetação, relativas à tomada de decisão (ARONSON *et al.*, 2011; LIBONI *et al.*, 2019; VIANI *et al.*, 2017), mas a realidade das áreas *versus* os protocolos de monitoramento deve ser discutida e testada, com adaptação de parâmetros mínimos selecionados a serem considerados (HOLL, 2023). Por esta razão, este estudo apresenta uma a proposta de Monitoramento Arbóreo-arbustivo por Zonas Ecológicas (AZE) a fim de contribuir ao desenvolvimento de tendências para o monitoramento de áreas em restauração.

Neste sentido, quais os efeitos das estratégias de restauração ecológica na regeneração natural, obtidos com uso da proposta de Monitoramento AZE? O objetivo é avaliar a proposta de Monitoramento AZE, para análise da composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração natural em áreas em restauração ecológica na Floresta Ombrófila Densa.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Área de estudo

A área de estudo está inserida em uma unidade de conservação, enquadrada como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), a Reserva Natural Guaricica (RNG-SPVS), no município de Antonina, estado do Paraná. Sob as coordenadas geográficas 48°70'15" O; 25°31'32" S e 48°70'11" O; 25°30'72" S, cercada pelo Rio Cachoeira, a rodovia PR-405 e a Reserva Biológica Bom Jesus (ReBio/ICMBio).

A fitofisionomia é típica da floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas de relevo da planície litorânea do Paraná, sendo influenciada pelo oceano atlântico (RODERJAN *et al.*, 2002). O clima da região litorânea do estado do Paraná, enquadra-se no tipo climático Cfa, temperado chuvoso, moderadamente quente, úmido em todas as estações e com verões quentes, segundo a classificação climática de Köppen (VANHONI; MENDONÇA, 2008). A formação geológica é considerada como Quaternário Fluviomarinho e o solo é classificado como PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico Típico, fortemente ácidos e de lento escoamento de água, grande concentração de plintita (concreções ferruginosas) nos 40 cm iniciais desde a superfície (EMBRAPA, 2018), em elevação inferior a 100 m.

6.2.2 Implantação do projeto de restauração e histórico de uso do solo

O projeto foi implantado no ano de 2006, e os tratamentos foram constituídos por dois tipos de talhões facilitadores (TS), de igual (A) e desigual (B) proporções de mudas por espécie, respectivamente. As dez espécies plantadas correspondem ao grupo sucessional das pioneiras e secundárias iniciais: *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., *Citharexylum myrianthum* Cham., *Hieronyma alchorneoides* Allemão, *Inga edulis* Mart., *Inga laurina* (Sw.) Willd., *Inga marginata* Willd., *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze, *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult., *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, e *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby.

Com delineamento de blocos casualizados (DBC), os talhões facilitadores foram distribuídos sob parcelas de dimensões de 50 x 100 m, ou seja, 5.000 m² (0,5 ha) perfazendo uma área experimental total de 2,0 ha. O preparo do solo foi executado de forma mecanizada e abertura das covas manual, onde as espécies foram plantadas com 4 m² por planta (5.200 mudas). As práticas silviculturais pós plantio consistiram no coroamento manual e roçada semimecanizada nas entre as linhas.

O histórico de ocupação e uso do solo compreende a remoção da floresta original para atividades agropecuárias, especialmente composta por pastagens de gramíneas exóticas do gênero *Urochloa* spp. que supriam a atividade de bubalinocultura (*Bubalus bubalis* L.). Tal atividade, aliada aos hábitos diários dos bandos de búfalos, contribuiu para a compactação do solo, e a formação de depressões no solo.

Com o passar do tempo, em um dos talhões facilitadores, as cheias do rio Cachoeira levaram água e sedimentos formando pequenas “piscinas” entre 30 e 60 cm, identificando-as como tal. Coincidentemente, no outro talhão facilitador, eventos meteorológicos na região contribuíram para a mortalidade de boa parte das mudas³, e oportunizou o desenvolvimento de taquaras nativas escandentes do gênero *Merostachys* spp., identificando-a como área de “taquaras”.

6.2.3 Coleta de dados – aplicação da proposta de Monitoramento AZE

A proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas – Monitoramento AZE, é direcionada as áreas em processo de restauração florestal. Engloba a seleção de árvores com formato de copa abrangente, de melhor desenvolvimento na área, impreterivelmente presente no dossel da restauração, selecionando-as com uma distância mínima de duas vezes o diâmetro da sua copa. Sob as copas das árvores selecionadas, a regeneração natural é mensurada a partir do fuste à extremidade da copa, em sequentes raios de um metro, denominados zonas ecológicas.

Para aplicação da proposta, fez-se uso das informações obtidas nos capítulos anteriores, a partir da tabulação dos dados de mensuração de todos os indivíduos (censo florestal) plantados

³ Comunicação verbal quando solicitado informações sobre o histórico de uso do solo ao Senhor João Carlos Rodrigues Pontes e Antônio da Veiga (Toninho), antigos trabalhadores na atividade de bubalinocultura e atuais guardas-florestais da Reserva Natural Guaricica.

Comunicação confirmada por meio de produção científica: ANGELO, A. C. S. de; FONTÃO P. A. B.; SANTOS, I. dos. Águas de março: originalidade e excepcionalidade de evento extremo de precipitação ocorrido na Serra do Mar paranaense. *Revista Brasileira De Climatologia*, v. 31, n. 18, p. 332-361, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v31i18.15556

realizado entre os anos de 2020 e 2021. De acordo com dados quantitativos e semiquantitativos, as espécies de maior desenvolvimento *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., *Inga edulis* Mart., e *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult.

Selecionou-se portanto, árvores de *A. glandulosa* para mensuração da regeneração natural sob copas. No entanto, nas primeiras atividades a campo, a regeneração natural sob as copas das espécies do entorno, visualmente parecia expressar um comportamento distinto dos regenerantes. Neste sentido, selecionou-se árvores de *I. edulis*, a fim de identificar ou evitar exclusividade da regeneração sob as copas das espécies de maior desenvolvimento (FIGURA 22).

FIGURA 22 – MONITORAMENTO AZE APLICADO PARA LEVANTAMENTO DA REGENERAÇÃO NATURAL SOB A COPA DE *A. glandulosa* E *I. edulis*



FONTE: A Autora (2023).

Além disso, para identificar ou evitar efeitos das dimensões das árvores de cobertura no levantamento, foram obtidos limites inferiores e superiores para três classes de diâmetro e altura (1, 2 e 3) da *A. glandulosa* e *I. edulis*. A partir destes limites pré-determinados, foram selecionadas aleatoriamente dentro da estratégia da restauração e das condições ambientais, 24 árvores de cada espécie, totalizando 48 árvores para mensuração dos regenerantes (TABELA 10). Cada árvore selecionada foi identificada e considerada uma unidade amostral para o Monitoramento Arbóreo-arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE).

TABELA 10 – LIMITES INFERIORES (LI) E SUPERIORES (LS) DAS CLASSES DE DIÂMETRO (DAP) E ALTURA, PARA SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE COBERTURA NAS PROPORÇÕES (P) E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS (CAM) DAS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO

CAM	P	Classes	<i>A. glandulosa</i>				<i>I. edulis</i>			
			Diâmetro (cm)		Altura (m)		Diâmetro (cm)		Altura (m)	
			LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Piscinas	A	1	23	51	11	14	24	45	7	11
	A	2	51	79	14	18	45	66	11	15
	A	3	79	107	18	21	66	87	15	19
	B	1	17	43	11	14	27	45	8	12
	B	2	43	70	14	16	45	62	12	16
	B	3	70	96	16	19	62	80	16	20
Taquaral	A	1	28	50	11	13	29	50	9	11
	A	2	50	73	13	16	50	70	11	14
	A	3	73	95	16	18	70	91	14	17
	B	1	33	55	11	13	27	49	9	12
	B	2	55	78	13	15	49	71	12	15
	B	3	78	100	15	17	71	94	15	18

Fonte: A autora (2023).

Com uso de uma fita métrica, a coleta quantitativa dos indivíduos arbóreos e arbustivos consistiu na altura total de todos os regenerantes presentes dentro de cada zona ecológica. Foram mensuradas duas zonas ecológicas para cada árvore selecionada, pois nenhuma árvore superou um raio de dois metros de copa, que representou a área amostrada.

6.2.4 Processamento dos dados para a regeneração natural

Com base nas características ambientais, nas classes dendrométricas, da espécies de cobertura, e das proporções dos plantios de restauração, foram construídos 12 tratamentos, para as variáveis de quantidade de espécies, altura total e número de regenerantes (QUADRO 4).

QUADRO 4 – CONSTRUÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA ANÁLISE DOS EFEITOS SOBRE O NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ESPÉCIES E ALTURA TOTAL MÉDIA DOS REGENERANTES

Tratamentos	Condições ambientais	Classe dendrométrica	Espécie de cobertura	Proporção de plantio	Variáveis
1	Piscinas	1	<i>A. glandulosa</i>	A/B	Quantidade de espécies (NE)
2	Piscinas	2	<i>A. glandulosa</i>	A/B	
3	Piscinas	3	<i>A. glandulosa</i>	A/B	
4	Taquaral	1	<i>A. glandulosa</i>	A/B	Altura total média (HT _m)
5	Taquaral	2	<i>A. glandulosa</i>	A/B	
6	Taquaral	3	<i>A. glandulosa</i>	A/B	
7	Piscinas	1	<i>I. edulis</i>	A/B	Número de regenerantes (NI)
8	Piscinas	2	<i>I. edulis</i>	A/B	
9	Piscinas	3	<i>I. edulis</i>	A/B	
10	Taquaral	1	<i>I. edulis</i>	A/B	
11	Taquaral	2	<i>I. edulis</i>	A/B	
12	Taquaral	3	<i>I. edulis</i>	A/B	

Fonte: A autora (2023).

Os tratamentos foram submetidos a uma análise de variância multivariada (MANOVA) e se identificada diferenças entre as médias dos grupos, ao nível de significância $\alpha=0,05$, prosseguiu-se na análise de discriminantes com os dados padronizados (ANDERSON, 1972; HAIR *et al.*, 2005; MORRINSON, 2005). Posteriormente, ajustou-se uma distribuição exponencial ($f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ ($0 \leq x < \infty$)), com base no número esperado de sucessos (λ); e, no logaritmo neperiano (e) para identificar a distribuição e a probabilidade de uma densidade de regenerantes (x) ocorrer sob os efeitos atuantes (RIBEIRO JUNIOR, 2004; MONTGOMERY; RUNGER, 2016). Ademais, as análises sobre a composição florística e estrutura fitossociológica seguiram os procedimentos recomendados na literatura (QUADRO 5).

QUADRO 5 – DESCRIÇÃO DAS AVALIAÇÕES REALIZADAS PARA A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DA REGENERAÇÃO NATURAL

Avaliações	Análises	Resolução	Referência	
Composição Florística	Riqueza	Curvas de rarefação $E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N_r - ni}{np}}{\binom{N_r}{np}} \right]$	Wilsey <i>et al.</i> , 2005	
	Ecologia	EMBRAPA	<embrapa.br/florestas/publicacoes>	
		REFLORA	<reflora.jbrj.gov.br >	
	Dis-similaridade	NMDS Bray-Curtis	<i>Specieslink</i>	<specieslink.net>
			APG III e IV	Chase <i>et al.</i> , 2016
Diversidade e Equabilidade	Índice Shannon H'	$H' = - \sum_{i=1}^s pi * \ln(pi)$	Felfili; Rezende, 2003 Scolforo; Mello; Silva, 2008	
	Índice de Pielou J	$J = \frac{H'}{H'_{max}}$	Souza; Soares, 2013	
Estrutura Fitossociológica	Estrutura horizontal	Densidade absoluta e relativa	$D_i = \frac{n_i}{A}$ $DR_i = \frac{n_i}{N} * 100$	
		Frequência absoluta	$FA_i = \frac{U_i}{U_T}$ $FR_i = \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^k FA_i} * 100$	
		Valor relativo de importância	$VR_i = DR_i + FR_i$	
	Estrutura vertical	Densidade absoluta	$DA_{ij} = \frac{n_{ij}}{A}$	Brower; Zar, 1984 Souza; Soares, 2013
		Valor fitossociológico absoluto e relativo	$VF_{ij} = \frac{DA_{ij}}{A}$ $VFR_{ij} = \frac{DA_{ij}}{DTA} * 100$	
		Posição sociológica absoluta	$PSA_i = \sum_{j=1}^m DA_{ij} * VF_j$	
		Posição sociológica relativa	$PSR_i = \frac{PSA_i}{\sum_{j=1}^m PSA_i} * 100$	
Área total amostrada em hectares		$A = \frac{(\pi r^2) * U_t}{10000}$		

LEGENDA: NMDS = *Nonmetric Multidimensional Scalling*; APG= *Angiosperm Phylogeny Group* \ln = logaritmo neperiano; NT= total de regenerantes; $n_{i_1} - n_{i_2}$ = diferença das abundâncias da espécie i nas duas comunidades; $E(S_n)$ = número de espécies esperado; N_r = total de regenerantes amostrados; np = número de regenerantes padronizado; S = total de espécies amostradas; $pi = n_i / N$; N = regenerantes amostrados, na forma de vida i ; n_i = regenerantes amostrados da i -ésima espécie; $H'_{max} = \ln(S)$ = diversidade máxima, na forma de vida i ; A = área total amostrada (m^2/ha); U_i = total de amostras com a i -ésima espécie; U_t = total de amostras; n_i = regenerantes amostrados da i -ésima espécie do j -ésimo estrato; DA_{ij} = densidade absoluta obtida para i -ésima espécie no j -ésimo estrato; π = proporção numérica constante; r = raio da zona ecológica. O número de amostras corresponde as árvores selecionadas.

FONTE: A Autora (2023).

A obtenção do índice de diversidade Shannon e equabilidade de Pielou foi realizado separadamente para a forma de vida arbórea e arbustiva, a fim de não superestimar os resultados dos índices. Para a estrutura vertical, os estratos de altura pré-determinados (j), compreendem: plântula (0 a 30 cm); sub-bosque (30,01 a 130 cm); intermediário (130,01 a 300 cm); sub-dossel (> 300 cm).

Todas as análises inclusas na proposta podem ser realizadas com uso dos softwares Microsoft Excel®, no SPSS Statistics 28.0 (IBM, 2020), e no Pacote PAST versão 3.0 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), em suas versões gratuitas ou de licença anual para estudantes.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Efeito dos tratamentos

Os resultados da Análise de Variância Multivariada (MANOVA), para os testes aplicados, indicaram diferenças significativas entre as médias dos grupos para os tratamentos analisados. Três funções discriminantes foram determinadas e em apenas duas funções se explica mais de 80% da variabilidade total dos dados (TABELA 11). Observa-se, na matriz de estruturas, a elevada correlação canônica do número de indivíduos e espécies (0,874 e 0,731) com a função 1 e de altura total média (0,968) com a função 2 (TABELA 12).

TABELA 11 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA PARA TRATAMENTOS, PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})

Fator	Teste	Valor	α
Intercepto	λ_{Wilks}	0,033	<0,0001
	λ_{Roy}	29,434	<0,0001
Tratamentos	λ_{Wilks}	0,187	<0,0001
	λ_{Roy}	1,402	<0,0001

FONTE: A Autora (2023).

TABELA 12 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F) E DA MATRIZ DE ESTRUTURAS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES

F	Descrição das Funções			F	Matriz de Estruturas	
	1	2	3		1	2
AU	1,402	0,685	0,319	NI	0,874*	0,167
VC%	58,30	86,80	100	NE	0,731*	0,514
CC	0,764	0,638	0,492	HTm	-0,246	0,968*

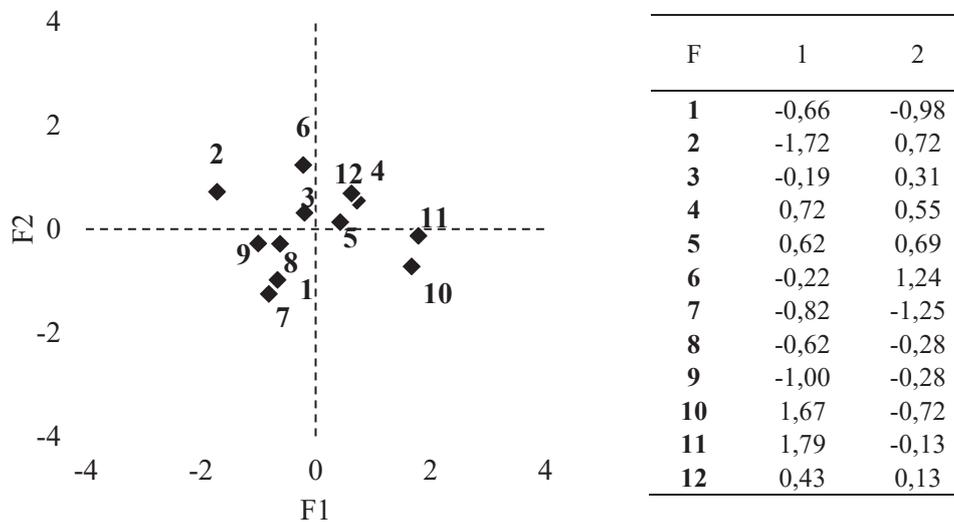
LEGENDA: AU=autovalores; CV%=coeficiente de variação; CC=correlação canônica.

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

O valor dos centroides para os grupos resultantes da análise discriminante dos tratamentos, apresenta valores entre -1,72 e 1,79 para a função 1 e -1,25 a 1,24 para função 2. Diante da análise de discriminantes, a estrutura da regeneração natural, para as variáveis estudadas não apresentou efeito das proporções de plantio (A e B). Os maiores valores são observados para o número de indivíduos e espécies (função 1) nos tratamentos 4, 5, 10, 11 e 12, que correspondem a ambas as espécies de cobertura, na condição taquaral, sob as classes de maiores diâmetros (2 e 3), com exceção do tratamento 10 (FIGURA 23).

FIGURA 23 – ANÁLISE DE DISCRIMINANTES DOS 12 TRATAMENTOS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES



NOTA: Cada tratamento compreende: classe (1, 2, 3), condição (T ou P), proporção (A ou B) e espécie de cobertura (*A. glandulosa* ou *I. edulis*), sendo: *A. glandulosa* = 1: classe 1, piscinas, A e B; 2: 2, piscinas, A e B; 3: 3, piscinas, A e B; 4: 1, taquaral, A e B; 5: 2, taquaral, A e B; 6: 3, taquaral, A e B; e *I. edulis* = 7: 1, piscinas, A e B; 8: 2, piscinas, A e B; 9: 3, piscinas, A e B; 10: 1, taquaral, A e B; 11: 2, taquaral, A e B; 12: 3, taquaral, A e B.
 FONTE: A Autora (2023).

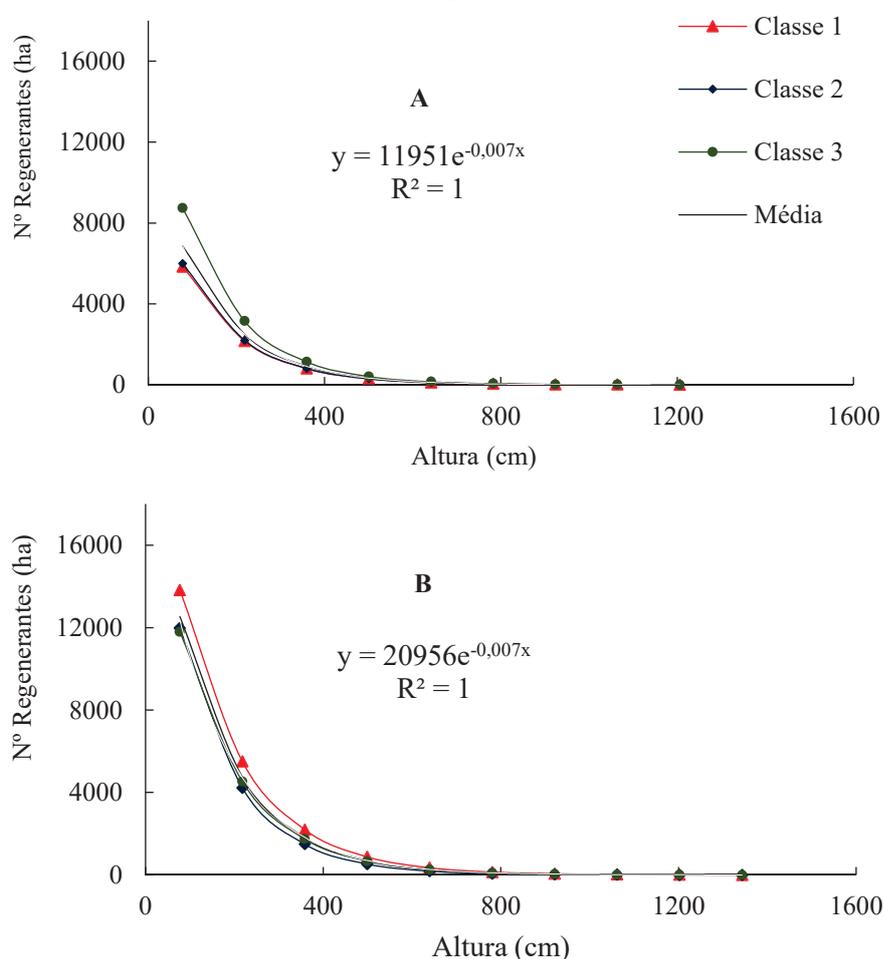
Adicionalmente, os resultados menos satisfatórios para as variáveis correlacionadas com a função 1 (NI e NE), foram para os tratamentos 1, 7, 8 e 9, que correspondem a ambas as espécies de cobertura (*A. glandulosa* e *I. edulis*) na condição piscinas e englobam todas as classes de diâmetro observadas. Para a altura total média (HTm-função 2), os melhores valores são observados para os tratamentos 2, 5 e 6, que correspondem a espécie *A. glandulosa*, nas classes de maior diâmetro das árvores selecionadas e correspondem às condições piscinas e taquaral. Os menores valores são observados para os tratamentos 1, 7 e 10, que em suma refletem a menor classe de diâmetro das árvores de cobertura selecionadas (FIGURA 23).

O tratamento 3, que corresponde a maior classe da espécie *A. glandulosa* na condição piscinas, se mostrou positiva em relação à altura total média, no entanto, ligeiramente inferior para o número de indivíduos e o número de espécies e (FIGURA 23). Tais dados corroboram

para o maior efeito das condições ambientais presentes sobre o número de indivíduos e espécies e das classes de diâmetro das árvores de cobertura sobre os maiores valores em altura total média, obtidas para os regenerantes.

Desse modo, a distribuição exponencial dos regenerantes para as classes de diâmetro das árvores de cobertura, nas condições piscinas e taquaral, demonstraram que além do comportamento marcante de distribuição dos dados em J-invertido com maior densidade de regenerantes nas menores alturas estimadas, se observa densidades e alturas superiores na condição taquaral em relação a piscinas, especialmente na classe 1 (FIGURA 24).

FIGURA 24 – DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL DOS REGENERANTES NAS CLASSES DE DIÂMETRO DAS ÁRVORES DE COBERTURA NAS CONDIÇÕES PISCINAS (A) E TAQUARAL (B) SOB COPAS DE *A. glandulosa* e *I. edulis*

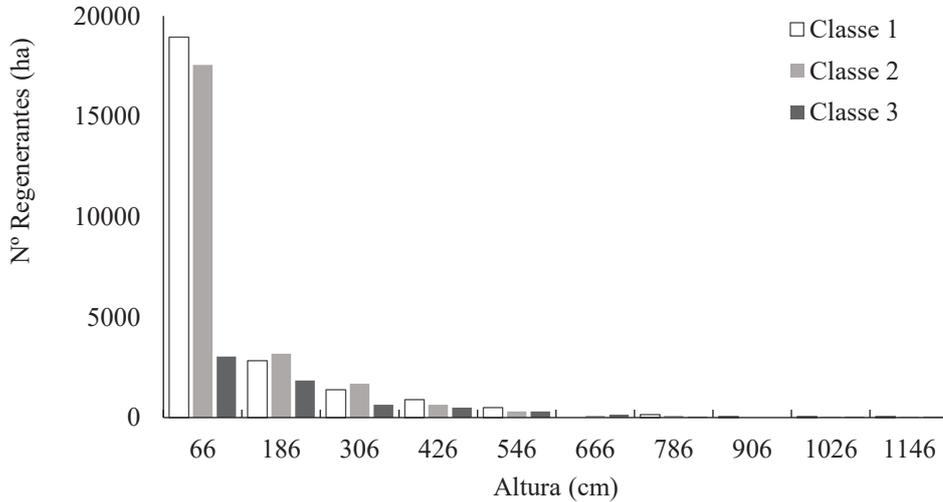


FONTE: A Autora (2023).

Na condição piscinas, a maior densidade observada foi na classe 3 da árvore de cobertura. Observa-se maior competição no desenvolvimento dos regenerantes nos menores diâmetros da árvore de cobertura na condição taquaral e de maior diâmetro da árvore de cobertura na condição piscinas (FIGURA 24). Quando estimado por hectare, a distribuição de

regenerantes nas classes se mostra maior nas classes 1 e 2 (FIGURA 25), contudo, sob efeitos das condições ambientais da condição taquaral (FIGURA 23).

FIGURA 25 – DISTRIBUIÇÃO DOS REGENERANTES POR HECTARE NAS CLASSES DE DIÂMETRO DAS ESPÉCIES DE COBERTURA EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO

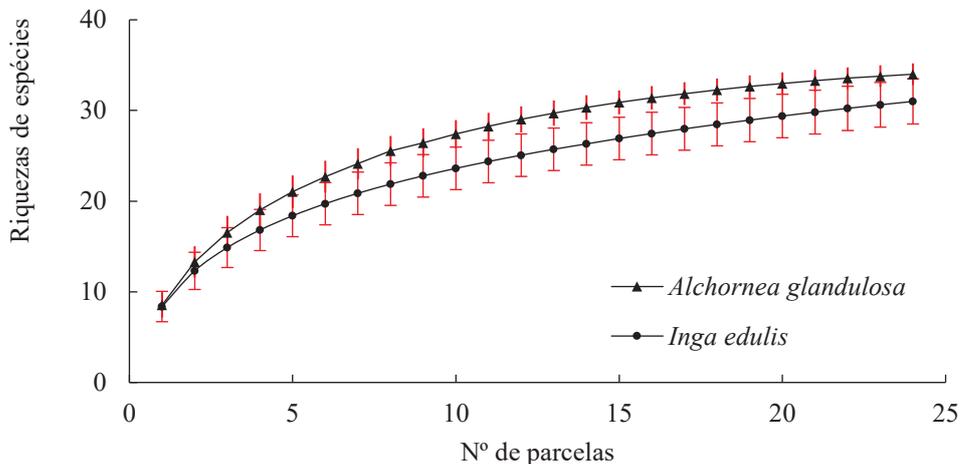


FONTE: A Autora (2023).

6.3.2 Esforço amostral riqueza e características ecológicas

A tendência de estabilidade das curvas de rarefação das espécies se mostra maior para o levantamento sob as copas de *A. glandulosa* que para *I. edulis*. Contudo, em ambas as espécies de cobertura, o número de espécies começa a estabilizar a partir da unidade amostral 17, com 34 espécies regenerantes sob as copas de *A. glandulosa* e sutilmente menor para *Inga edulis* (31) (FIGURA 26).

FIGURA 26 – CURVAS DE RAREFAÇÃO PARA RIQUEZA DE ESPÉCIES AMOSTRADAS PARA O NÚMERO DE ÁRVORES DE COBERTURA/UNIDADES AMOSTRAIS



FONTE: A Autora (2023).

As espécies identificadas somam um total de 39 regenerantes sob as copas de *A. glandulosa* e *I. edulis*. As famílias mais representativas na área em restauração foram Myrtaceae (6 espécies), Fabaceae (4), e Euphorbiaceae, Rubiaceae e Sapindaceae com três espécies cada (TABELA 13).

TABELA 13 – ESPÉCIES IDENTIFICADAS (NI) SOB AS COPAS DAS ESPÉCIES DE COBERTURA *A. glandulosa*, E *I. edulis* EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS

Família	Nome científico	NI
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	9
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	32
Bignoniaceae	<i>Handroanthus umbellatus</i> (Sond.) Mattos	11
	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	35
Celastraceae	<i>Monteverdia schumanniana</i> (Loes.) Biral	19
	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	12
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	30
	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	1
Fabaceae	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	3
	<i>Inga edulis</i> Mart.	13
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	14
	<i>Inga marginata</i> Willd.	15
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	24
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	38
Melastomataceae	<i>Miconia formosa</i> Cogn.	17
	<i>Miconia cinerascens</i> var. <i>robusta</i> Wurdack	18
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	10
Myristicaceae	<i>Viola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	33
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	8
Myrtaceae	<i>Myrcia glabra</i> (O.Berg) D.Legrand	20
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	36
	<i>Myrcia neoobscura</i> E. Lucas & C. E. Wilson	21
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	22
	<i>Myrcia strigipes</i> Mart.	37
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	25
Phytolaccaceae	<i>Seguiera langsdorffii</i> Moq.	31
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L.	26
	<i>Piper cernuum</i> Vell.	27
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	23
	<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltld.) Wawra	28
Rubiaceae	<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.	29
	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	39
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	34
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	4
	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. <i>et al.</i>) Hieron. ex Niederl.	2
Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	7
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	16
Solanaceae	<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.	5
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	6

FONTE: A Autora (2023).

Das espécies regenerantes sob as copas de *A. glandulosa*, 68% das espécies são nativas sem característica endêmica e 32% são endêmicas. A distribuição fitofisionômica demonstra que 26% das espécies ocorrem apenas no bioma da Mata Atlântica, e 74% com ocorrência

também em outros biomas brasileiros, com destaque para o Cerrado e a Amazônia. Sob as copas de *I. edulis*, a porcentagem de endemismo é menor (29%), assim como a ocorrência fitofisionômica das espécies no bioma estudado (21%) (TABELA 14).

TABELA 14 – CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE ORIGEM (O), BIOMA (BIO), GRUPO ECOLÓGICO (GE), FORMA DE VIDA (FV) E SÍNDROME DE DISPERSÃO (SD), NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES REGENERANTES IDENTIFICADAS (NI) SOB AS COPAS DAS ESPÉCIES DE COBERTURA (EC): *A. glandulosa* (T), E *I. edulis* (I), EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS

EC	NI	Nome científico	O	BIO	GE	SD	FV
T/I	1	<i>A. glandulosa</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Pi, Si	Zo	ARB
T	2	<i>A. edulis</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	Zo	ARB
T	3	<i>A. anthelmia</i>	N	Ce, Ma	Pi, Si	Zo	ARB
T/I	4	<i>C. sylvestris</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	Zo	ARB
T/I	5	<i>C. strigilatum</i>	N	Am, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	Zo	ARU
T/I	6	<i>C. myrianthum</i>	N	Ca, Ce, Ma	Pi, Si	Zo	ARB
T/I	7	<i>C. oblongifolia</i>	NE	Am, Ca, Ce, Ma	Si, St	Zo	ARB
T/I	8	<i>E. uniflora</i>	N	Ca, Ce, Ma, Pm	Si	Zo	ARB
T/I	9	<i>E. edulis</i>	N	Ce, Ma	St	Zo	ARB
T/I	10	<i>G. macrophylla</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm	Si	Zo	ARB
T/I	11	<i>H. umbellatus</i>	NE	Ca, Ce, Ma	Si, St	Ae	ARB
T/I	12	<i>H. alchorneoides</i>	N	Am, Ma	Pi	Zo	ARB
T/I	13	<i>I. edulis</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Pi, Si	Zo	ARB
T/I	14	<i>I. laurina</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Si	Zo	ARB
T/I	15	<i>I. marginata</i>	N	Am, Ce, Ma	Pi, Si	Hd, Zo	ARB
I	35	<i>J. puberula</i>	NE	Ma, Ce	Si, St	Au, Ae	ARB
T/I	16	<i>M. guianensis</i>	N	Am, Ce, Ma, Pl	Si, St	Zo	ARB
T/I	17	<i>M. formosa</i>	NE	Ma	Si, St	Au, Zo	ARB
T/I	18	<i>M. cinerascens</i>	NE	Ma	Si, St	Au, Zo	ARU
T/I	19	<i>M. schumanniana</i>	NE	Ma	Si, St	Zo	ARB
T	20	<i>M. glabra</i>	NE	Ma	Si, St	Zo	ARB
I	36	<i>M. multiflora</i>	NE	Ma, Ce, Ca, Am, Pm	Si, St	Zo	ARB
T/I	21	<i>M. neoobscura</i>	NE	Ma	Si, St	Zo	ARB
I	22	<i>M. strigipes</i>	N	Am, Ce, Ma, Ca, Pl	Si, St	Zo	ARB
T	37	<i>M. splendens</i>	NE	Ma	Si, St	Zo	ARB
T	23	<i>M. coriacea</i>	N	Ce, Ma	Pi	Zo	ARB
T/I	24	<i>N. membranacea</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Si, St	Zo	ARB
I	38	<i>O. pulchella</i>	N	Ce, Ma, Pm	Si, St	Zo	ARB
T/I	25	<i>P. glabrata</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Pi	Zo	ARB
T/I	26	<i>P. aduncum</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	Zo	ARU
T	27	<i>P. cernuum</i>	N	Am, Ce, Ma, Pl	Si	Zo	ARU
T/I	28	<i>P. nuda</i>	NE	Ma	Si, St, Cl	Zo	ARU
T/I	29	<i>P. suterella</i>	N	Ma	Si, St	Zo	ARU
I	39	<i>R. armata</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Si, St	Zo	ARU
T	30	<i>S. glandulosum</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Pi	Zo	ARB
T	31	<i>S. langsdorffii</i>	NE	Ce, Ma	Si, St	Ae	ARB
T/I	32	<i>S. romanzoffiana</i>	N	Ce, Ma, Pm	Pi, Si, St	Zo	ARB
T/I	33	<i>V. bicuhyba</i>	NE	Ma	Si, St	Zo	ARB
T/I	34	<i>Z. rhoifolium</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Si, St	Zo	ARB

LEGENDA: T: apenas sob copas de tapiá; I: apenas sobre copas de Ingá-vermelho; T/I: presente em ambas as copas; N: nativa não endêmica; NE: nativa endêmica; Am: Amazônia; Ca: Caatinga; Ce: Cerrado; Ma: Mata Atlântica; Pl: Pantanal; Pm: Pampa; Pi: pioneira; Si: secundária inicial; St: secundária tardia; Cl: clímax; Ae: anemocórica; Au: autocórica; Hd: hidrocórica; Zo: zoocórica; ARB: arbórea; ARU: arbustiva.

FONTE: A Autora (2023).

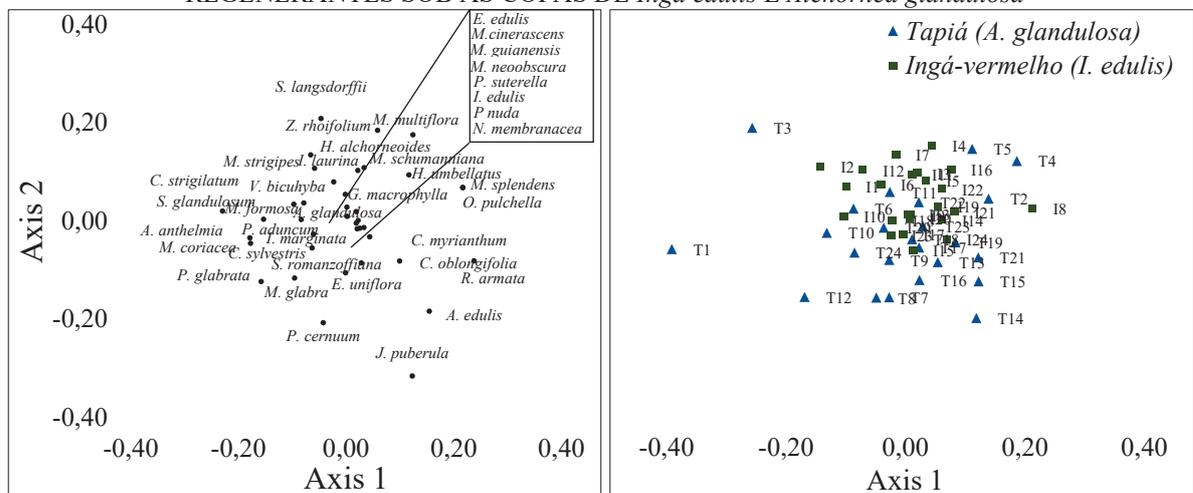
Em relação aos grupos ecológicos, em ambas as espécies de cobertura, observou-se 76% de espécies secundárias ou em mais de uma classificação secundária (inicial e tardia). Quanto à síndrome de dispersão 85% apresentam dispersão zoocórica sob as copas de *I. edulis*, e uma porcentagem superior é registrada para os regenerantes sob as copas de *A. glandulosa* (94%).

Do mesmo modo, a forma de vida arbórea se mostra mais atuante sob as copas de *A. glandulosa* (82%), em detrimento da *I. edulis*, embora sua porcentagem supere os 74% (TABELA 14). Desta forma, os resultados de ambas as espécies, associado à expressiva forma de vida arbórea, mas também arbustivas de grupos avançados, como *P. cernuum*, *P. nuda*, *P. suterella* e *R. armata*, corrobora para o avanço sucessional da floresta e elevada presença da fauna, com maior intensidade sob as copas de *A. glandulosa* (TABELA 14).

6.3.3 Dissimilaridade florística

A análise do Escalonamento Multidimensional não-Métrico (nMDS), apresentou adequada ordenação dos dados, com um valor de stress de 0,16 na composição florística entre os regenerantes sob as copas de *A. glandulosa* e *I. edulis*, no entanto, não se mostrou adequada para composição florística entre as parcelas com um valor de stress de 0,27. De acordo com o índice de Bray-Curtis, as espécies regenerantes possuem considerável dissimilaridade florística com um valor de 0,62 e 0,38 de semelhanças entre si (FIGURA 27).

FIGURA 27 – ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) OBTIDO PELA DISSIMILARIDADE DE BRAY-CURTIS, PARA COMPARAÇÃO FLORÍSTICA DOS REGENERANTES SOB AS COPAS DE *Inga edulis* E *Alchornea glandulosa*



FONTE: A Autora (2023).

Menciona-se maior similaridade para *M. cinerascens*, *E. edulis*, *M. neoobscura*, *M. guianenses*, *P. suterella*, *I. edulis*, *P. nuda*, *N. membranacea*, presentes sob as copas de ambas as espécies de cobertura. As espécies mais dissimilares correspondem a *S. langsdorffii*, *M. splendens*, *A. edulis*, e *P. cernuum* e *S. glandulosum* presentes sob as copas de *A. glandulosa*, e *M. multiflora*, *O pulchella*, *R. armata*, *J. puberula* sob as copas de *I. edulis* (FIGURA 27).

Quando observada a estrutura florística entre as unidades amostrais, as amostras de *A. glandulosa*, estão mais distantes entre si em relação às unidades de *I. edulis*. Neste caso, a dissimilaridade foi ainda maior (0,76), destacadamente para as parcelas T3, T4, T7, T8, T12, T14 em *A. glandulosa*, e I2, I4 e I8 para *I. edulis*. No entanto, pela ordenação dos dados não se mostrar adequada pelo valor de stress, não é possível inferir sobre um comportamento de exclusividade na abundância de regenerantes sob as copas de *I. edulis* e *A. glandulosa* (FIGURA 27).

6.3.4 Composição florística para diversidade e equabilidade

A diversidade (H') e a uniformidade de distribuição (J') obtidos para dos regenerantes, no que se refere à forma de vida arbórea, sob as copas de *A. glandulosa* (2,60; 0,78) foi superior em relação ao *I. edulis* (2,11; 0,66). Para a forma de vida arbustiva, os valores de diversidade do índice de diversidade de Shannon (H') foram bem próximos, de 1,16 e 1,21, respectivamente, no entanto com uniformidade de distribuição pelo índice de equabilidade de Pielou, maior para os regenerantes sob *I. edulis* (0,68) (TABELA 15).

TABELA 15 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') E EQUABILIDADE E PIELOU (J'), NAS FORMAS DE VIDA ARBÓREA (ARB) E ARBUSTIVA (ARU) PARA OS REGENERANTES SOB AS COPAS DE *A. glandulosa* E *I. edulis*

Espécie de cobertura	Análise	FV	NE	NI	H'	J'
<i>A. glandulosa</i>	Total	ARB	28	482	2,60	0,78
		ARU	6	214	1,16	0,65
	Condição Taquaral	ARB	20	321	2,41	0,80
		ARU	5	111	1,19	0,74
	Condição Piscinas	ARB	24	161	2,47	0,78
		ARU	5	103	0,97	0,60
<i>I. edulis</i>	Total	ARB	25	524	2,11	0,66
		ARU	6	268	1,21	0,68
	Condição Taquaral	ARB	21	356	2,01	0,66
		ARU	5	178	1,25	0,78
	Condição Piscinas	ARB	16	168	1,89	0,68
		ARU	6	90	1,05	0,59

FONTE: A Autora (2023).

A mesma analogia é observada comparativamente para os resultados de diversidade e equabilidade obtidos para a condição taquaral sob *A. glandulosa* e *I. edulis*. Contudo, ao analisar a condição piscinas a diversidade pelo índice de Shannon foi superior para *A. glandulosa* (2,47) que para *I. edulis* (1,89). A espécie de cobertura *A. glandulosa*, basicamente apresenta valores superiores para diversidade e uniformidade de distribuição das espécies de hábito arbóreo e a cobertura *I. edulis* para as espécies de hábito arbustivo, de grupos ecológicos avançados. No entanto, os resultados sugerem influência das condições ambientais sobre a diversidade de espécies (TABELA 15).

6.3.5 Estrutura fitossociológica

Na análise da estrutura horizontal, as dez espécies de maior valor relativo (VR), somam quase 60% das espécies regenerantes sob as copas de *A. glandulosa*, uma estrutura marcada pela elevada densidade estimada. Sob as copas de *I. edulis* este valor é ainda maior chegando a 78%. Interessante perceber que a espécie de maior valor relativo à densidade e frequência sob as copas de *A. glandulosa* seja *Psychotria suterella* e sob as copas de *I. edulis*, foi o próprio Ingá-vermelho (TABELA 16).

TABELA 16 – ESTRUTURA HORIZONTAL PARA DENSIDADE POR HECTARE (DA), FREQUÊNCIA (FA) E VALOR RELATIVO DE IMPORTÂNCIA (VR), DAS 10 ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS SOB AS COPAS DE *A. glandulosa* E *I. edulis*, E DAS 5 MAIS REPRESENTATIVAS NAS CONDIÇÕES TAQUARAL E PISCINAS

	<i>Alchornea glandulosa</i>				<i>Inga edulis</i>			
	Espécie	DA	FA	VR	Espécie	DA	FA	VR
Geral	<i>Psychotria suterella</i>	4145	1,29	11,32	<i>Inga edulis</i>	6101	0,96	17,67
	<i>Matayba guianensis</i>	3249	0,75	8,40	<i>Psychotria nuda</i>	4310	0,88	13,73
	<i>Inga edulis</i>	2454	0,63	6,45	<i>Psychotria suterella</i>	2918	0,71	10,03
	<i>Psychotria nuda</i>	1492	1,25	5,50	<i>Myrcia neoobscura</i>	2023	0,67	8,06
	<i>Virola bicuhyba</i>	1293	1,46	5,44	<i>Matayba guianensis</i>	1956	0,58	7,41
	<i>Nectandra membranacea</i>	1492	1,08	5,19	<i>Nectandra membranacea</i>	2984	0,04	5,94
	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	895	1,42	4,50	<i>Euterpe edulis</i>	1061	0,46	4,91
	<i>Euterpe edulis</i>	1426	0,46	3,92	<i>Miconia cinerascens</i>	1061	0,46	4,91
	<i>Myrcia neoobscura</i>	928	0,96	3,75	<i>Citharexylum myrianthum</i>	497	0,29	2,79
	<i>Miconia cinerascens</i>	928	0,83	3,52	<i>Alchornea glandulosa</i>	332	0,33	2,74
Taquaral	<i>Matayba guianensis</i>	3647	1,00	11,41	<i>Inga edulis</i>	7891	0,75	12,57
	<i>Psychotria suterella</i>	3714	0,83	10,68	<i>Psychotria nuda</i>	4907	1,92	10,49
	<i>Inga edulis</i>	2984	0,83	9,41	<i>Psychotria suterella</i>	4310	2,00	9,80
	<i>Euterpe edulis</i>	2586	0,83	8,72	<i>Nectandra membranacea</i>	3448	1,58	7,81
	<i>Virola bicuhyba</i>	2586	0,75	8,30	<i>Myrcia neoobscura</i>	3448	1,42	7,50
Piscinas	<i>Psychotria suterella</i>	4576	0,75	18,49	<i>Inga edulis</i>	4310	0,92	19,74
	<i>Matayba guianensis</i>	2852	0,67	12,96	<i>Psychotria nuda</i>	3714	0,83	17,35
	<i>Inga edulis</i>	1923	0,83	11,52	<i>Nectandra membranacea</i>	2520	0,75	13,21
	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	1326	0,33	6,20	<i>Psychotria suterella</i>	1525	0,58	9,00
	<i>Psychotria nuda</i>	1459	0,25	5,97	<i>Alchornea glandulosa</i>	597	0,58	6,29

FONTE: A Autora (2023).

A regeneração de *I. edulis* sobre suas copas pode ser esperado, no entanto, enquanto seus descendentes ainda encontram condições de germinar com tal expressividade, sob as copas da *A. glandulosa* as condições parecem favorecer espécies de maior tolerância a sombra, no entanto ambas as regenerantes são apresentadas em outras colocações de importância no valor relativo da estrutura horizontal. A diferença na densidade associada à baixa frequência absoluta, comparativamente, sugere menor distribuição dos regenerantes avaliados sob a cobertura dos Ingás. A comparação entre as condições taquaral e piscinas só reforça esta afinidade, além de expressar maiores valores de densidade e frequência para a condição taquaral em detrimento da condição piscinas (TABELA 16).

Desta forma, pode-se inferir que embora as copas de *I. edulis* expressem maiores densidades dos regenerantes, e sob as copas de *A. glandulosa* melhor distribuição dos regenerantes na área em restauração, as condições ambientais que se encontram as espécies plantadas, quanto os regenerantes, refletem a evolução no processo de restauração, à medida que ocorre a maior dinâmica de interação e competição entre as espécies.

Ao avaliar a estrutura vertical, uma inferência que se pode fazer para regenerantes sob as copas das espécies de cobertura, é que se destacaram basicamente os mesmos da estrutura horizontal, o que sugere elevada abundância das espécies e de sua abrangência. Nesta perspectiva, a espécie de cobertura exerce efeito na composição de espécies na estrutura horizontal e vertical da regeneração natural, reforçada pela elevada expressividade da *P. nuda* e *P. suterella* em ambas as espécies de cobertura, das quais apresentam forma de vida arbustiva e grupo ecológico avançado (secundária tardia) e condições de luminosidade distintas (TABELA 17).

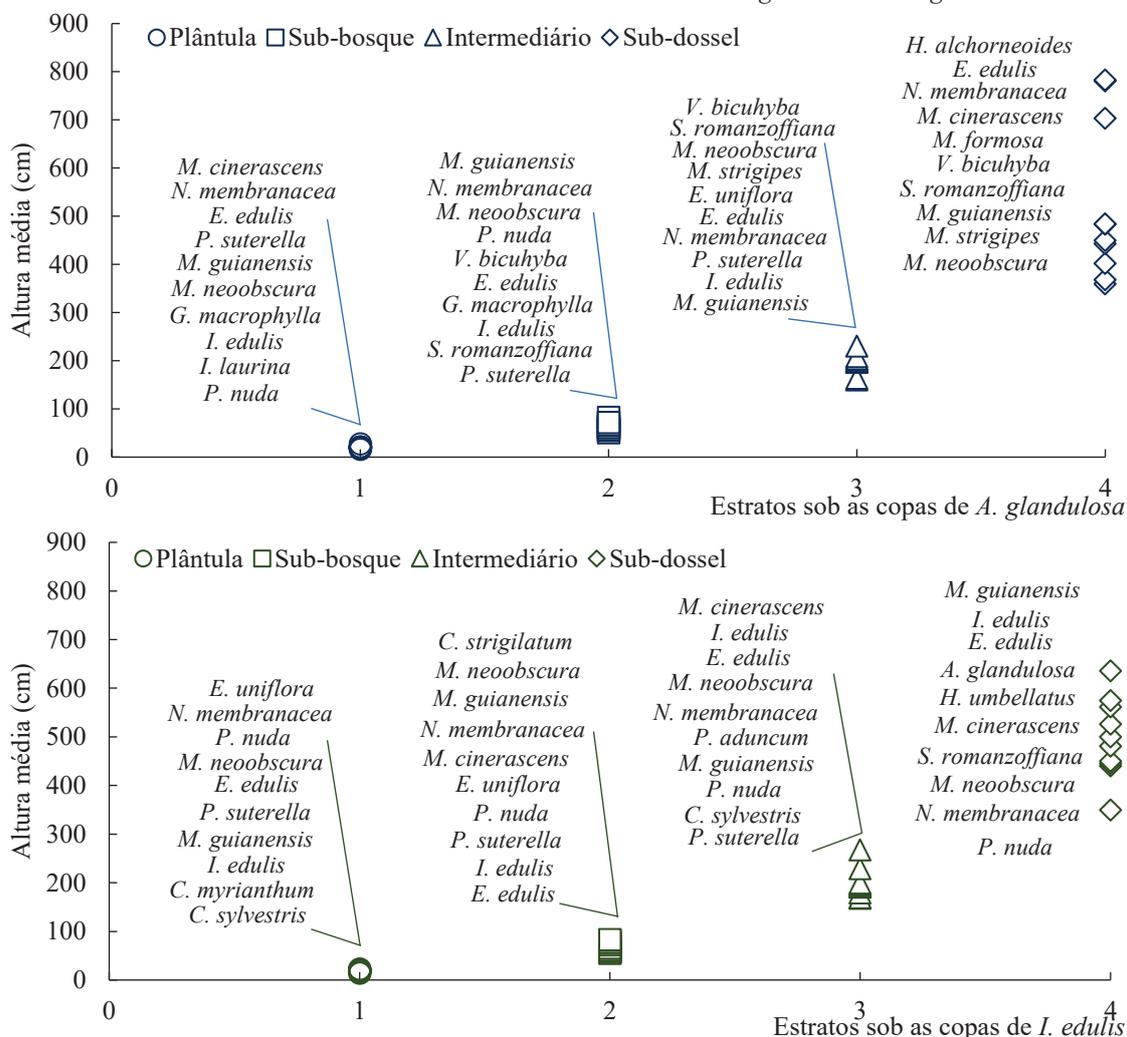
TABELA 17 – ESTRUTURA VERTICAL PARA POSIÇÃO SOCIOLÓGICA ABSOLUTA (PSA) E RELATIVA (PSR) DOS ESTRATOS AVALIADOS, DAS 10 ESPÉCIES REGENERANTES MAIS REPRESENTATIVAS SOB AS COPAS DE *A. glandulosa* E *I. edulis*

<i>Alchornea glandulosa</i>			<i>Inga edulis</i>		
Espécie	PSA	PSR	Espécie	PSA	PSR
<i>Psychotria suterella</i>	1523	21,27	<i>Inga edulis</i>	2350	27,19
<i>Matayba guianensis</i>	1031	14,40	<i>Psychotria nuda</i>	1536	17,77
<i>Inga edulis</i>	775	10,82	<i>Psychotria suterella</i>	1084	12,54
<i>Psychotria nuda</i>	541	7,56	<i>Nectandra membranacea</i>	843	9,76
<i>Nectandra membranacea</i>	413	5,77	<i>Matayba guianensis</i>	577	6,68
<i>Guarea macrophylla</i>	391	5,46	<i>Myrcia neoobscura</i>	576	6,67
<i>Virola bicuhyba</i>	371	5,18	<i>Euterpe edulis</i>	308	3,57
<i>Euterpe edulis</i>	369	5,16	<i>Eugenia uniflora</i>	258	2,98
<i>Myrcia neoobscura</i>	297	4,15	<i>Miconia cinerascens</i>	205	2,38
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	262	3,65	<i>Citharexylum myrianthum</i>	196	2,27

FONTE: A Autora (2023).

Para melhor examinar esta tendência, com as densidades absolutas obtidas na análise da estrutura vertical, foram observadas as 10 espécies que se destacaram em cada estrato pré-determinado. Nesta observação mais detalhada, é possível afirmar que regenerantes sob as copas de *A. glandulosa* e *I. edulis*, são bastante semelhantes. No entanto, são observadas diferenças nas alturas e densidades, nas quais são maiores sob *A. glandulosa* no estrato mais alto (sub-dossel), e maiores para *I. edulis* nos demais estratos (intermediário, sub-bosque e plântula), corroborando para uma estratificação mais diversificada sob as copas de *I. edulis* em relação *A. glandulosa* (FIGURA 28).

FIGURA 28 – ESTRATIFICAÇÃO DAS 10 ESPÉCIES DE MAIOR DESTAQUE NO LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO SOB COPAS DE *Alchornea glandulosa* E *Inga edulis*



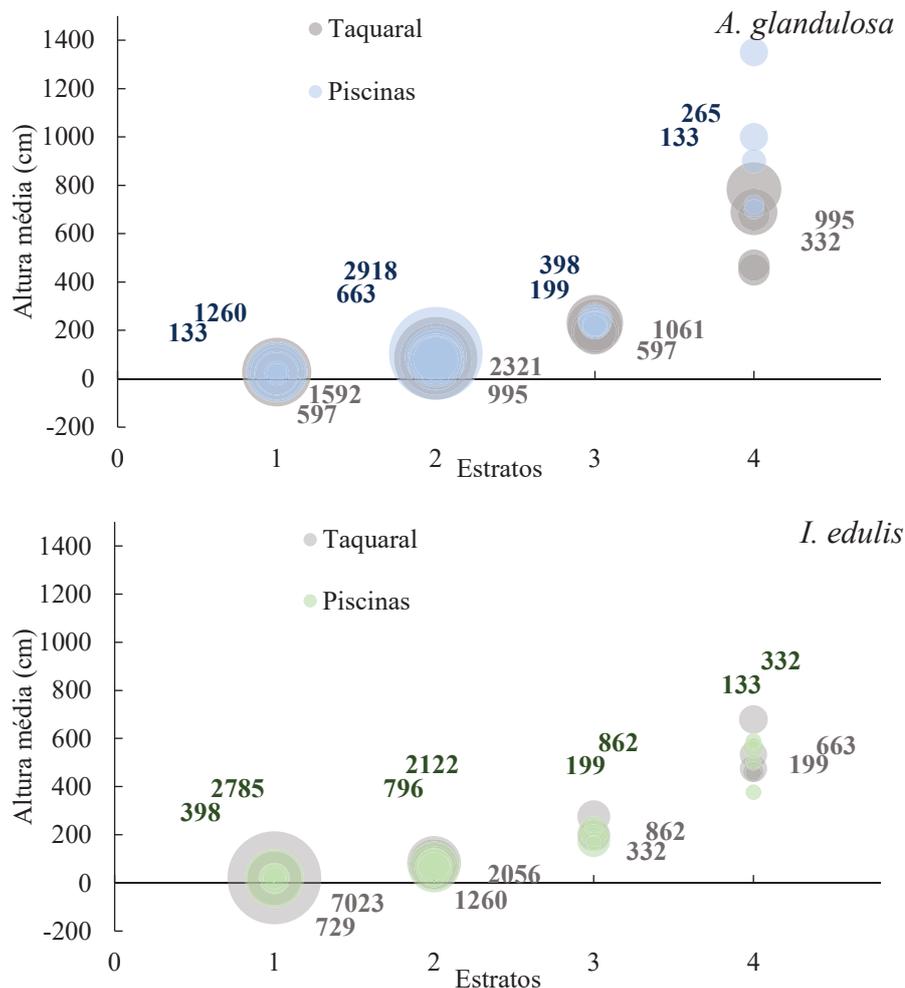
FONTE: A Autora (2023).

As espécies que correspondem as maiores alturas nos estratos sob *A. glandulosa*, foram *H. alchorneoides*, *M. guianensis*, *P. suterella* e *M. cinerascens*, respectivamente. Em *I. edulis*, os regenerantes de maiores alturas em cada estrato correspondem a *M. guianensis*, *M.*

cinerascens, *C. strigilatum*, *E. uniflora*, respectivamente. Observa-se que além das arbustivas *P. nuda* e *P. suterella*, os regenerantes *M. guianenses*, *M. cinerascens*, *N. membranacea*, *M. neoobscura* e *E. edulis* de forma de vida arbórea estão presentes em todos os estratos sob diferentes alturas e em ambas as espécies de cobertura (FIGURA 28), o que reforça a influência das características ambientais no recrutamento da regeneração natural e na restauração.

Desta forma, ao comparar as condições, os regenerantes sob as copas de *A. glandulosa* nas condições piscinas em todos os estratos, é maior em relação ao taquaral, e lhe conferiu uma estrutura vertical mais expressiva para os estratos. Entretanto, o contrário é observado para a densidade por hectare. As espécies presentes em praticamente em todos os estratos avaliados foram *M. guianensis* e *V. bicuhyba* na condição taquaral e *M. guianensis*, *S. romanzoffiana* e *P. suterella* na condição piscinas, com maior expressividade desta última, por apresentar as maiores densidades e alturas avaliadas em cada estrato (FIGURA 29).

FIGURA 29 – DENSIDADE MÍNIMA E MÁXIMA POR HECTARE OBTIDA PARA AS 5 ESPÉCIES DE MAIOR DESTAQUE NA ESTRATIFICAÇÃO SOB COPAS DE *Alchornea glandulosa* E *Inga edulis*, NAS CONDIÇÕES PISCINAS E TAQUARAL



Sob as copas de *I. edulis*, esta configuração na estrutura vertical para as espécies em destaque em cada estrado se aplica apenas para a altura do estrato sub-dossel que é sutilmente maior na condição piscinas, contudo os demais estratos apresentam maiores alturas na condição taquaral, associados também às maiores densidades. No taquaral estão presentes na maioria ou em todos os estratos para *M. neoobscura*, *N. membranacea* e *M. guianensis*. Na condição piscinas *E. uniflora*, *N. membranacea*, *I. edulis* e *P. nuda*. É possível afirmar que a recorrente expressividade fitossociológica das espécies arbóreas *M. guianensis*, *N. membranacea* e das arbustivas *P. nuda* e *P. suterella* não são influenciadas pelas condições ambientais e/ou da espécie de cobertura avaliada (FIGURA 29).

6.4 DISCUSSÃO

Para a riqueza, as famílias botânicas Myrtaceae e Fabaceae, e mesmo a Melastomataceae, correspondem à igual representatividade em fitofisionomias semelhantes, contudo em outros trabalhos apresentam valores inferiores aos verificadas neste estudo. Certamente, deve-se considerar que a maioria dos estudos disponíveis para a tipologia estudada não confere caráter restaurativo, implicando em ressalvas à comparação de resultados (COLONETTI *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2011; ALMEIDA; BONALDI 2015).

Entretanto, as espécies encontradas em ambas as circunstâncias de estudo, correspondem às espécies comuns da fitofisionomia e são repetidamente observadas nos estudos florísticos e fitossociológicos da regeneração natural. Citam-se as espécies: *M. guianensis*, *H. alchorneoides*, *A. triplinervia*, *I. edulis*, *N. membranacea*, *M. coriacea*, *E. uniflora*, *E. edulis*, *J. puberula*, *A. anthelmia*, *M. formosa*, *G. macrophylla*, *V. bicuhyba*, *M. neoobscura*, além de muitas espécies do gênero *Myrcia*, *Cestrum*, *Miconia* e *Piper*, *Psychotria* spp. A mesma analogia é refletida na análise da diversidade de espécies, em que índices muito superiores são observados tanto em áreas de transição a ecossistemas vizinhos como em áreas próximas (GUILHERME; MORELLATO; ASSIS, 2004; CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009; CAMPOS *et al.*, 2011; DE PAULA; SOARES, 2011; ALMEIDA; BONALDI 2015).

A análise de índices de diversidade muitas vezes é restrita a situações comparativas. É possível dizer que uma comunidade é mais diversa do que outra, porém o valor do índice em si é algo abstrato e afirmar que 2,60 é alto ou baixo é irrelevante se não tivermos uma base comparativa (MELO, 2008).

Deve-se considerar que 32% das espécies mensuradas são endêmicas e, no contexto da biologia de populações e comunidades, são consideradas raras (GASTON 1994; CAIAFA;

MARTINS 2010). O índice de diversidade de Shannon fornece um “grau de incerteza que existe em relação à espécie de um indivíduo tomado ao acaso de uma população” (PIELOU, 1975), e sensível a espécies raras que podem estar presentes em um local e ausente em outro. Portanto, quanto maior quantidade de espécies raras, menor o índice (TONELLI *et al.*, 2022).

Adicionalmente, a formulação do índice de Shannon, o maior peso se dá à riqueza de espécies, o que, por sua vez, é bastante dependente do esforço amostral. Ou seja, com amostras relativamente pequenas se pode obter um valor de diversidade que mudará pouco conforme aumentamos o esforço amostral (MAGURRAN, 2004). Neste sentido, o índice de diversidade inferior na comparação com outros estudos, reflete uma condição do processo restaurativo.

O desenvolvimento da regeneração natural na planície litorânea paranaense, em formação Ombrófila Densa de Terras Baixas, é caracterizado pelas condições hídricas do solo, estágio de desenvolvimento, interferência antrópica e das condições de micro relevo que definem sua origem de Formações Pioneiras de Influência Marinha ou Fluvial (SCHMIDLIN *et al.*, 2005; CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009). Desse modo, o ambiente (condições taquaral e piscinas) na qual estão inseridas influencia na composição de regenerantes. Portanto, o recrutamento dos regenerantes não foi um processo ecológico exclusivo das espécies plantadas, mas da criação de condições ecológicas propícias para tal (MELO *et al.*, 2015; VIEIRA; GANDOLFI, 2006).

Em contrapartida, as diferenças na composição das espécies estão associadas às características dendrométricas (maiores diâmetros) das espécies de cobertura, que por sua vez, está relacionada às melhores condições da copa (TONINI; ARCO-VERDE, 2005), e embora não superior a dois metros de raio, sugere maior interação com a fauna silvestre, especialmente aves, dada sua arquitetura, com melhor oportunidade de poleiros para observação ou oferta de recursos alimentares (MELO *et al.*, 2015).

Adicionalmente, a elevada semelhança na comparação das características ecológicas dos regenerantes em porcentagem, para origem, grupo ecológico e síndrome de dispersão, cogita outras interpretações, como por exemplo, que a aplicação da proposta de Monitoramento AZE engloba a mensuração apenas de espécies de maior abundância na área experimental, e conseqüentemente, proporcionou uma estrutura dissimilar, e explica o elevado índice de Bray-Curtis, fortemente influenciado pelas espécies dominantes (VALENTIN, 1995), além dos resultados veemente repetitivo para espécies de destaque na análise Fitossociológica, nas condições ambientais existentes.

Sugere-se, portanto, que a estratégia de avaliação da regeneração natural aplicada, que corresponde a mensuração dos regenerantes sob as copas das árvores de maior desenvolvimento

pode tendenciar a relação das espécies amostradas. As árvores de melhor desenvolvimento também atuam como poleiros para as aves que pousam e defecam sementes, contribuindo para a regeneração natural sob suas copas, elevando a presença de espécies de dispersão zoocórica obtidas neste estudo. Neste caso, a espécie de cobertura *A. glandulosa*, possui frutos bastante procurados por aves, inclusive as menos adaptadas para consumo de seus frutos (ZIMMERMANN, 1996; PARRINI; PACHECO, 2011), reforçando a ideia de favorecimento na mensuração de regenerantes com características esperadas na restauração.

Na estratificação analisada para os regenerantes, compara-se a outros estudos as informações obtidas para *E. edulis*, sob categoria de ameaçada de extinção, porém comum na região de estudo, representa densidade estimada em 2.586 árv./ha, semelhantes a densidade também descritas em outros estudos com 2.520 árv./ha (ROTTA *et al.*, 1997; CAMPOS *et al.*, 2011; ALMEIDA; BONALDI 2015). O valor de importância é descrito para a espécie em 42%, superando as demais espécies, principalmente em função de sua elevada densidade e frequência (COLONETTI *et al.*, 2009).

A representatividade para *E. edulis* na estratificação também é observada em diferentes extratos, no qual há registros de variar entre 2 e 22 m, com média de 8,4 m, em que aproximadamente 73% dos indivíduos amostrados estavam concentrados entre 5,1 e 11,0 m de altura (COLONETTI *et al.*, 2009), que coincide com o subdossel e o dossel pré-determinados neste estudo. A mesma concentração é observada para *M. formosa*, *C. sylvestris*, *N. membranacea*, *H. alchorneoides*. Já para os estratos intermediário, sub-bosque e plântula, essencialmente, *Psychotria* spp.

Em virtude da expressiva representatividade do gênero *Psychotria* spp. fitofisionomias semelhantes a este estudo, algumas considerações podem ser mencionadas. É o maior gênero da família Rubiaceae, com forma de vida arbustiva e grupo ecológico associado a estágios avançados, com um padrão de distribuição agregado evidenciada pela sua reprodução vegetativa (ALMEIDA; ALVES, 2000; COELHO; BARBOSA, 2004). Constitui fontes de néctar, e pela frutificação ocorrente ao longo de todo o ano faz parte dos recursos utilizados pela fauna de diversas comunidades como pequenas vespas, abelhas, borboletas e beija-flores (PACHECO; GRAU 1997; ALMEIDA; ALVES, 2000; COELHO; BARBOSA, 2004), e também aves, como *Tachyphonus coronatus* (tiê-preto) e *Lipaugus lanioides* (Cotingidae), o que reflete sua importância para diferentes espécies da Floresta Atlântica (TIERSCHNABEL; MELO JUNIOR; DORNELES, 2018).

De forma geral, as alturas médias dos indivíduos para oito metros foram similares com o resultado de outros estudos realizados em áreas mais conservadas no litoral do Paraná

(ROTTA; BOERGER; GRODZKI, 1997; MARQUES; OLIVEIRA, 2005). Além disso, a distribuição das espécies com maior densidade do estrato plântula ao sub-dossel, expressa uma típica distribuição em J-invertido, e caracteriza estabilidade e processo na dinâmica ecológica, visto que, florestas bem estratificadas apresentam maior diversidade de biota, oferecendo maior diferenciação de nichos ocupados por animais e plantas em seus estratos verticais (GUILHERME; MORELLATO; ASSIS, 2004; COLONETTI *et al.*, 2009).

Martins *et al.* (2003) na estimativa da distribuição de espécies arbóreas em diferenças topográficas identificaram que *A. glandulosa*, dentre outras espécies apresenta uma distribuição correlacionada a solos menos ácidos e mais férteis, o que potencializa sua possibilidade de uso em áreas ciliares, incluindo o enriquecimento proporcionado pelos animais que se alimentam de seus frutos (ZIMMERMANN, 1996; PARRINI; PACHECO, 2011) o que justifica a composição de espécies superior ao identificado sob as copas de *I. edulis*.

6.5 CONCLUSÕES

Os efeitos na regeneração são caracterizados pelas características ambientais e das características dendrométricas da espécie de cobertura.

A avaliação da composição florística e estrutura fitossociológica sob copas de *Alchornea glandulosa* e *Inga edulis* demonstra que as características dendrométricas e ambientais existentes entre condições taquaral e piscinas do experimento representam maior efeito na regeneração natural, embora, *A. glandulosa* contribuiu ao maior recrutamento e distribuição das espécies regenerantes, e o *I. edulis* nas maiores densidades.

A área em restauração demonstrou avanços nos processos ecológicos e sucessionais necessários à sua perpetuação, com a identificação de 39 espécies arbóreas e arbustivas. As arbóreas *M. guianensis*, *N. membranacea* e arbustivas *P. nuda* e *P. suterella* são as regenerantes de maior expressividade, e corroboram para estrutura futura da restauração.

Em relação a proposta de Monitoramento AZE, foi possível inferir sobre a composição florística e estrutura fitossociológica, no entanto, com valores inferiores para riqueza e diversidade quando comparado a outros trabalhos. Sugere-se a seleção das árvores de cobertura a partir de uma estratificação das condições ambientais da restauração, nos maiores diâmetros existentes. Adicionalmente, devido às elevadas taxas de regenerantes com síndrome de dispersão zoocórica e endemismo, sugere-se comparar a proposta com levantamentos como usualmente feitos, para identificar se a proposta direciona a mensuração de um conjunto espécies com características ecológicas específicas ou mais abundante da restauração.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação. *In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica* [online]. 3 ed. rev. Ilhéus, BA: Editus, 2016, p. 48-75. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: ago 2022.
- ALMEIDA, E. M. de; ALVES, M. A. S. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. Brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 14, n. 3, p. 335-346, 2000. DOI: 10.1590/S0102-33062000000300010
- ALMEIDA, A. R. G. de; BONALDI, R. de. 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.**, Curitiba, v. 44, n.3-4, p. 57-69, 2015.
- ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: Academic Press, 1972.
- ARONSON, J. *et al.* What role should government regulation play in ecological restoration: ongoing debate in São Paulo State, Brazil. **Restoration Ecology**, n. 19, p. 690-695, 2011.
- BERNHARDT, E. S. *et al.* Synthesizing US river restoration efforts. **Science**, v.308, p. 636-637, 2005.
- BRANCALION, P. H. S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R. R. **Restauração ecológica**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos., 2015. 432 p.
- BRASIL. Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Brasília, DF, 2012. Disponível em:<planalto.gov.br>. Acesso em: set. 2022.
- CAIAFA, A. N.; MARTINS, F. R. Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest. **Biodivers Conservation**, v. 19, p. 2597-2618, 2010.
- CAMPOS, M. C. R. de; TAMASHIRO, J. Y.; ASSIS, M. A.; JOLY, C. A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo da transição Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 301-312, 2011.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 2. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. 627 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 2. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2014. 634 p.
- CHASE, M. W. *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105–121, 2009.
- CHAVES, R. B.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S.; AONSON, J. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo

state (Brazil). **Restoration Ecology**, v. 23, n. 6, p. 754-759, 2015. DOI: 10.1111/rec.12267

CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O. dos; FERNANDES, A. A.; MARACAJÁ, P. B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2013.

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, p. 1048-1056, 2009.

COELHO C. P.; BARBOSA A. A. A. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* Mull. Arg. (Rubiaceae) em mata de galeria. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 481-489, 2004.

COLONETTI, S. *et al.* Florística e estrutura fitossociológica em floresta ombrófila densa submontana na barragem do rio São Bento, Siderópolis, estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 31, n. 4, p. 397-405, 2009.

DURIGAN, G. *et al.* Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, [s.l.], v. 44, n. 110 p. 463-474, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sanidade de bubalinos no extremo sul do Brasil / Maria Cecília Florisbal Damé. Pelotas: **Embrapa** Clima Temperado, 2019. 30 p.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2003. 64 p.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

GASTON, J. **Rarity**. Chapman & Hall, Londres. 1994. 205p.

GUILHERME, F. A. G.; MORELLATO, P. C.; ASSIS, M. A. Horizontal and vertical tree community structure in a lowland Atlantic Rain Forest, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 725-737, 2004.

HAIR Jr. J.F.; ANDERSON, R.E. TATHAN, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOLL, K. D. **Fundamento da restauração ecológica**. México CDMX: CoIt-arXives, 2023. Disponível em: <copitarxives.fisica.unam.mx/LT0004PT/LT0004PT.html>. Acesso em: jun 2023.

LIBONI, A. P.; VIDAL, C. Y.; ROTHER, D. C.; FARAH, F. T.; RODRIGUES, R. R. Diagnóstico de fragmentos florestais degradados como subsídio para o manejo adaptativo: proposta de avaliação ecológica rápida para a floresta Estacional

- Semidecidual. *In: Manejo de fragmentos florestais degradados* / Assis, L. S. de; Campos, M.; Girão, V. J. (Orgs.). Campinas, SP: The Nature Conservancy, 2019. 172 p.
- LOCATELLI, B. *et al.* Tropical reforestation and climate change: Beyond carbon. *Restoration Ecology*, v. 23, N. 4, p. 337-343. DOI: 10.1111/rec.12209
- MAGNAGO, L. F. S. *et al.* Os processos e estágios sucessionais da mata atlântica como referência para a restauração florestal. *In: MARTINS, S.V. (Ed.): Restauração ecológica de ecossistemas degradados*, Viçosa, (Ed.). UFV, 2012. p. 69-100.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Science Ltd, Oxford, 2004. Disponível em: <bio-nica.info/Biblioteca/Magurran2004MeasuringBiological.pdf>. Acesso em: jun. 2022.
- MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA P. E. A. M. **Características reprodutivas das espécies vegetais da planície litorânea**. *In: MARQUES, M. C. M. & R. M. BRITZ*. História natural e conservação da Ilha do Mel. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná. p. 169-188, 2005.
- MARTINS, S. V.; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L. de; MEIRA NETO, J. A. A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 172-181, 2003.
- MELO, A. S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21-27, 2008.
- MELO, A. C. G. de; DARONCO, C.; RÉ, D. S.; DURIGAN, G. Atributos de espécies arbóreas e a facilitação da regeneração natural em plantio heterogêneo de mata ciliar. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 333-344, 2015.
- MIRANDA, C. do C. *et al.* Levantamento fitossociológico como ferramenta para a restauração ecológica da Mata Atlântica, no Médio Paraíba do Sul. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1601-1613, 2019.
- MORRISON, D. **Multivariate Statistical Method**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 6ª ed., 2016.
- PACHECHO, S.; GRAU, R. Phenology of an understory shrub and bird-dispersal in relation to tree-fall gaps in a subtropical montane forest of Northwest Argentina. **Ecologia Austral**, v. 7, p. 35-41, 1997.
- PARRINI, R.; PACHECO, J. F. Frugivoria por aves em *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) na Mata Atlântica do Parque Estadual dos Três Picos, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Atualidades Ornitológicas On-line**, v. 162, p. 33-41, 2011.
- PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165 p.
- RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. Viçosa: UFV, 2004. 251 p.

- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de.; SILVA, C. P. de C. **Inventário Florestal de Minas Gerais**: Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal. Lavras: Editora UFLA, 2008.
- RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n.89, p. 185-198. 2017. DOI: 10.1590/s0103-40142017.31890016
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.
- RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.
- ROTTA, E.; BOERGER, M. R. T. L.; GRODZKI, L. Levantamento florístico e fitossociológico de um trecho de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Parque Estadual do Palmito, Paranaguá, PR. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 40, n. 4, p. 849-861, 1997.
- SCHMIDLIN, L. A. J.; ACCIOLY, A.; ACCIOLY, P.; KIRCHNER, F. F. Mapeamento e caracterização da vegetação da ilha de Superagüi utilizando técnicas de geoprocessamento. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, p. 303-315, 2005.
- SILVA, S. B. Levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar de fragmento no rio parauapebas. **Revista Agroecossistemas**, [s.l], v. 9, n. 1, p. 99-115, 2017.
- SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas**: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa: UFV, 2013. 322 p.
- SOUZA, P. B. de; MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. de. Diversidade florística e estrutura fitossociológica de um gradiente topográfico em Floresta Estacional Semidecidual Submontana, MG. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 489-499, 2013.
- TIERSCHNABEL, B.R.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de; DORNELLES, S. S. Dispersão de sementes e densidade populacional de *Psychotria nuda* (Rubiceae) em fragmento urbano de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas no sul do Brasil. **Biotemas**, v. 31, n. 2, p. 9-18, 2018.
- TONELLI, L. L.; GARCIA, R. C.; OLIVEIRA, R. B. de; RIBEIRO, R. de J.; CHIAMOLERA, S. R. Levantamentos florísticos e sua importância para a produção de mel no Oeste Paranaense. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 417-450, 2022.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.
- VALENTIN, J. L. Agrupamento e ordenação. PERES-NETO, P. R.; VALENTIN, J. L.; FERNANDEZ, F. A. S. (edts), Tópicos em Tratamento de Dados Biológicos. **Oecologia brasiliensis**, v. 2, p. 27-55, 1995.

- VANHONI, F. MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2008. Disponível em: < revistas.ufpr.br/revistaabclima >. Acesso em: jun. 2023. DOI: 10.5380/abclima.v3i0.25423
- VIANI, R. A. *et al.* Protocol for monitoring tropical forest restoration: perspectives from the Atlantic Florest restoration pact in Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1-8. 2017. DOI: 10.1177/19400829176972
- WILSEY, B. J. *et al.* Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**, v. 86, n. 5, 2005, p. 1178–1184.
- ZIMMERMANN, C. E. Observações preliminares sobre a frugivoria por aves em *Alchornea glandulosa* (Endl. & Poepp.) (Euphobiaceae) em vegetação secundária. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, n. 3, p. 533-538, 1996.

“No começo pensei que estivesse lutando para salvar seringueiras. Depois pensei que estava lutando para salvar a Floresta Amazônica. Agora, percebo que estou lutando pela humanidade.”
(Francisco Alves Mendes Filho, seringueiro, sindicalista, ativista político brasileiro – Querido Chico Mendes)

7 CAPÍTULO VI – INTENSIDADES DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS NO DESENVOLVIMENTO DA *Mimosa scabrella* Benth. E NA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DA REGENERAÇÃO NATURAL EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA⁶

RESUMO

A ordenação de práticas silviculturais durante o processo de restauração ecológica, e também nos empreendimentos comerciais de florestas plantadas, é uma atividade bastante comum pois reflete na garantia de sobrevivência das mudas. No entanto, no exercício da restauração ecológica, além das taxas de mortalidade dos plantios ainda serem altas, existe uma lacuna de conhecimento sobre os efeitos na aplicação de diferentes intensidades destas práticas na composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração natural. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes intensidades de práticas silviculturais no desenvolvimento arbórea facilitadora *Mimosa scabrella* Benth., e na composição e estrutura fitossociológica da regeneração natural em área de restauração ecológica. A área de restauração apresenta oito anos de idade e é composta por plantios homogêneos com bracatingas. As análises foram realizadas a partir da mensuração total das bracatingas sobreviventes e do levantamento da regeneração natural com uso da proposta de Monitoramento AZE. Os resultados evidenciaram que a maior intensidade de práticas silviculturais proporcionou maior sobrevivência das bracatingas, e diferenças significativas em suas alturas. A regeneração natural, por sua vez, além de ser mais expressiva sob maior intensidade de práticas silviculturais, também demonstrou ser influenciada pelas características dendrométricas das árvores de cobertura (bracatinga).

Palavras-chave: Estrutura; Dispersão; Copa; Tratos culturais.

⁶ Capítulo em forma de artigo para submissão posterior na revista: *Restoration Ecology*.

7.1 INTRODUÇÃO

Na década de 1930, o estado do Paraná possuía uma cobertura bastante expressiva de vegetação nativa e chegou a 24% na década de 1960 (MAACK, 2017), especialmente associado à exportação de produtos primários (HAUER, 2010). Um dos produtos era proveniente da *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. (erva-mate) – que embora pudesse ser conduzida sob florestas – desencadeou o início do desmatamento junto a exploração da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que foi intensificada partir da primeira guerra mundial (SALLES, 2010; WACHOWICZ, 1977).

Como resultado, a sociedade moderna enfrenta problemas de êxodo rural, empobrecimento social, além de crises hídricas severas, especialmente na região metropolitana de Curitiba (CARVALHO; VALE; SOUZA, 2021). Um dos mananciais afetados é a Área de Proteção Ambiental, a Represa do Iraí no município de Pinhais, que sofre pressão com a expansão urbana resultando na abertura e degradação de suas áreas de preservação permanente.

Para resolver esta questão, plantios de restauração ecológica podem ser conduzidos, no entanto, são pouco incentivados e pouco atraentes por ser um processo lento, especialmente ao considerar o caráter imediatista dos órgãos públicos e privados, da sociedade em geral, além de ser uma atividade relacionada a custos elevados (BOGO; LAURENTI, 2012; OLIVEIRA; CAMPOS, 2020). Como fator adicional, a mortalidade das mudas plantadas ainda é elevada em projetos de restauração, agregada aos custos de práticas silviculturais de manejo aplicados (RECH *et al.*, 2015), bastante diversos de um ecossistema a outro e também às avaliações realizadas pelo monitoramento (SILVA, CAMPAGNA, LIPP-NISSINEN, 2018; ALMEIDA, 2016).

Contudo, as práticas silviculturais e os monitoramentos são as responsáveis por garantir o futuro da floresta e o sucesso do esforço dos envolvidos e das atividades e estratégias até então exercidas. Portanto, estas práticas são a fase mais crítica e na qual se reflete a importância da silvicultura para o estabelecimento e desenvolvimento de plantios florestais de espécies nativas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; ALMEIDA, 2016). Embora, apresentem recomendações e orientações padronizadas para os plantios comerciais (GALIZIA; RAMIRO; ROSA, 2014), na restauração ecológica esta prática é pouco explorada e/ou descritas como componente estratégico e à mercê dos graus de perturbação das áreas e das espécies escolhidas para plantios.

O monitoramento, por sua vez, verifica o desenvolvimento, as perturbações e a consequente necessidade de interferência por meio de planos de manejo. É necessário para

validar a eficiência das estratégias empregadas e subsidiar futuros estudos para a temática (SILVA *et al.*, 2016). Instituições públicas e privadas, que necessitam monitorar suas áreas em restauração, se limitam a levantamentos pouco elaborados em vista de garantir a prestação deste serviço (BERNHARDT *et al.*, 2005; HOLL, 2023).

Na prática, a reabilitação de áreas degradadas, por meio da restauração ecológica, embora tenha apresentado uma rápida expansão pelo Brasil (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015), enfrenta incipientes recomendações sobre as conduções silviculturais a serem exercidas, e portanto, implicam na elaboração de propostas de monitoramento mais representativas e condizentes com a confiabilidade necessária aos indicadores da restauração. Enquanto isso, os projetos de restauração têm focalizado fortemente na escolha das espécies a serem plantadas, que associadas aos benefícios ecológicos que impulsionam a sucessão, também correspondam a elevada sobrevivência e menores custos de práticas silviculturais de manejo (LAMPRECHT, 1990; BADANO *et al.*, 2016; VERGNE *et al.*, 2016).

Como exemplo, a *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga), da família Fabaceae (Mimosoideae), tem sido amplamente empregada nos plantios de restauração ecológica de áreas da fitofisionomia Ombrófila Mista, dada suas características ecológicas, de ciclo foliar perene, com copa alta e arredondada. Além disso, por possuir um rápido desenvolvimento, e formar uma camada de serapilheira expressiva, são realizados plantios consorciados, ou mesmo na condução de sua regeneração natural que é homogênea e abundante (CARPANEZZI, 1990; BASSO *et al.*, 2007; CITADINI-ZANETTE *et al.*, 2017; GERBER *et al.*, 2021).

No entanto, entre as espécies que competem com a bracatinga estão as gramíneas nativas como as tupixabas, e as rebrotas arbóreas, como a caroba, aroeira, e várias canelas (EMBRAPA, 1988). A competição entre espécies nativas pode ser interessante à restauração ecológica. Todavia, a elevada fragmentação e degradações atuantes nos ecossistemas da Mata Atlântica, reflete na elevada competição entre as espécies nativas e exóticas, especialmente gramíneas do gênero *Uruchloa* spp., exigindo constantes práticas silviculturais que favoreçam as espécies nativas, implicando no desenvolvimento da espécie plantada e da regeneração, com aumento nos custos envolvidos à restauração (BRITZ, 2007; BRANCALION *et al.* 2012; JESUS; REIS; FABRICANTE, 2023).

Desse modo, o desenvolvimento da arbórea facilitadora *M. scabrella*, e a composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração são influenciadas pelas intensidades das práticas silviculturais empregadas na restauração ecológica? O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes intensidades de práticas silviculturais no desenvolvimento

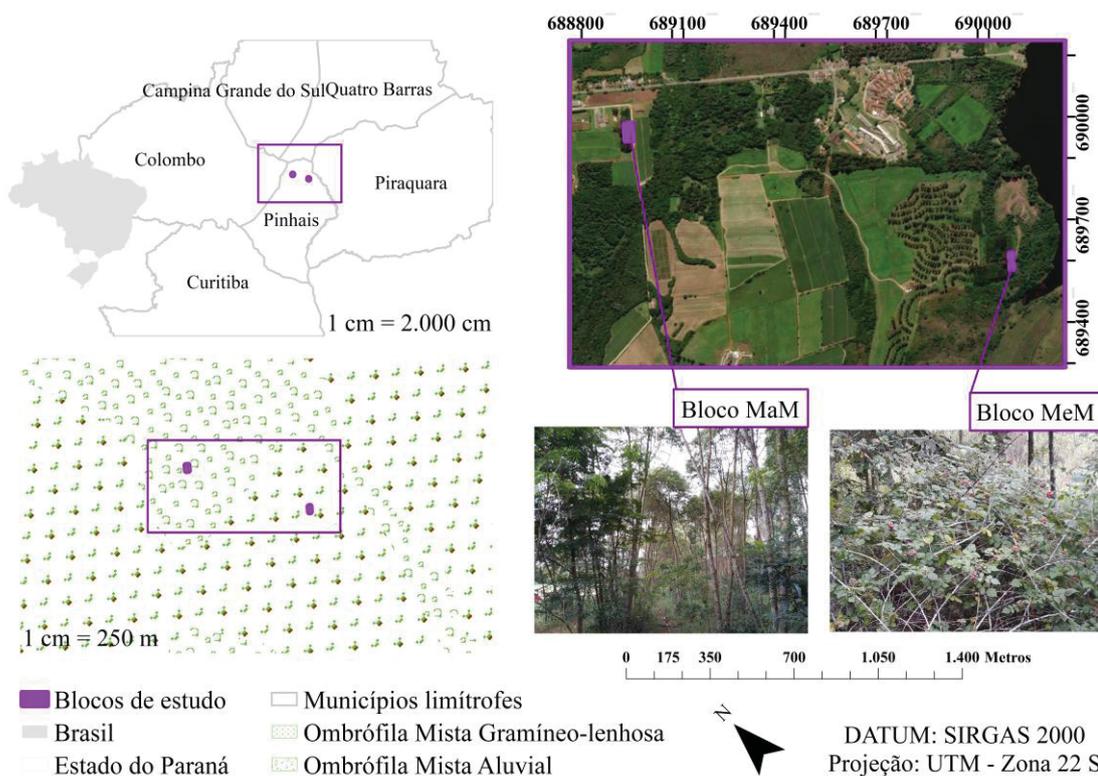
arbórea facilitadora *M. scabrella*, e na composição e estrutura fitossociológica da regeneração natural em área de restauração ecológica da florestal Ombrófila Mista.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1 Área de estudo

Inserida em unidade de conservação, na modalidade de Área de Proteção Ambiental (APA) na Represa do Iraí, e na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná (Fazenda Canguiri). Está localizada sob as coordenadas geográficas 25°23'12,3"S e 49°07'33,2"W, no município de Pinhais estado do Paraná, está distante cerca de 20 km de Curitiba entre. Compreende a formação Ombrófila Mista de ocorrência na região Sul e Sudeste, com fitofisionomia original característica de campos limpos ou estepes e manchas de planaltos e de capões de *A. angustifolia* (RODERJAN *et al.*, 2002; MAACK, 2017). De acordo com o Instituto Água e Terra, as áreas apresentam formação aluvial e gramíneo-lenhosa (FIGURA 30).

FIGURA 30 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL FAZENDA CANGUIRI, E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO IRAÍ, EM PINHAIS PARANÁ



FONTE: A Autora (2023).

O clima é caracterizado pela classificação de Köppen como Cfb, temperado, com verões frescos e sem estação seca definida, influenciada por baixas temperaturas com até 40 geadas por ano, e temperatura média anual de 16,6 °C (ALVARES *et al.*, 2013). O tipo de solo é considerado Cambissolo Háptico Distrófico Típico, com influência geológica do Planalto Sedimentar do Primeiro Planalto Paranaense, compreendido entre as Escarpas Devonianas do Purunã e as Escarpas da Serra do Mar. O Planalto Sedimentar apresenta relevo suave, com vertentes de baixa declividade, com topos situados a altitudes em torno de 900 metros, suportados, principalmente, por sedimentos da Formação Guabirotuba e marcados por amplas planícies aluviais (BIGARELLA, 1962; NASCIMENTO; LINGNAU; STOLLE, 2007).

7.2.2 Histórico e implantação da área

A Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná (Fazenda Canguiri), exerce atividades relacionadas aos cursos de Agronomia, Medicina veterinária e Engenharia Florestal (NASCIMENTO; LINGNAU; STOLLE, 2007). Os trabalhos de restauração ecológica, por sua vez, fazem parte do projeto Arboreto, que surgiu a partir da demanda de produtores rurais por informações sobre o componente florestal nas propriedades rurais.

Anterior à implantação, a área se encontrava sob elevada compactação do solo e descaracterização das camadas superficiais devidos às atividades agrícolas e do trânsito de máquinas agrícolas para educação de condutores.

O preparo do solo foi iniciado com semeadura de *Raphanus sativus* L. (nabo forrageiro) para descompactação biológica, e posterior roçada e gradagem mecanizada em área total visando incorporar os resíduos do cultivo agrícola. A subsolagem foi realizada com profundidade de 40 cm, simultaneamente às linhas de plantio, seguida da aplicação de calcário dolomítico e fosfato. A abertura das covas foi executada de forma semi-mecanizada com profundidade de 30 cm (SOUZA, 2015).

O plantio homogêneo de restauração ecológica foi realizado em 2012 com *M. scabrella*, no espaçamento 3 x 2 m, em dois blocos de restauração, compondo um total de 0,20 ha. O primeiro bloco corresponde a 960 m², com plantio de seis linhas por 30 plantas cada, na direção 320° a Nordeste e 240° a Sudeste, que corresponde à direção paralela a estrada que passa à esquerda da primeira linha de plantio.

O segundo bloco, corresponde a 1080 m², com plantio de 16 linhas por 10 plantas cada, na direção inversa, de 240° a Sudeste e 321° a Nordeste, que corresponde à direção das linhas de plantios comerciais de projetos no entorno.

As atividades realizadas em cada bloco são formadas intensidades de manejo na aplicação das práticas silviculturais nas árvores plantadas (*M. scabrella*) e na regeneração natural. A formulação dos tratamentos para este estudo, limitaram-se em maior (MaM) e menor (MeM) intensidade de manejo das práticas silviculturais, uma vez que se dispunha apenas da frequência na realização das práticas, com ausência na formulação do fertilizante utilizado, da quantidade de acículas, e dos indivíduos cujas trepadeiras foram removidas (QUADRO 6).

QUADRO 6 – DESCRIÇÃO DA INTENSIDADE (I) DE MANEJO NAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS APLICADAS NOS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM), DURANTE OITO ANOS DE RESTAURAÇÃO

Bloco	Ano	I	Práticas silviculturais	Descrição
MaM	1	3	• Coroamento das mudas e regenerantes	1: manual (enxada)
			• Cobertura com acículas	2: manual
	2	2	• Remoção de plantas trepadeiras	3: manual
			• Controle de plantas indesejáveis	4: mecanizado e semimecanizado
			• Adubação de cobertura	5: manual
			• Coroamento das mudas e regenerantes	1: manual (enxada)
			• Cobertura com acículas	2: manual
			• Remoção de plantas trepadeiras	3: manual
• Controle de plantas indesejáveis	4: mecanizado e semimecanizado			
• Adubação	5: manual			
MeM	1	2	• Coroamento das mudas e regenerantes	1: manual (enxada)
			• Cobertura com acículas	2: manual
	2	1	• Remoção de plantas trepadeiras	3: manual
			• Controle de plantas indesejáveis	4: mecanizado e semimecanizado
			• Adubação	5: manual
			• Coroamento das mudas e regenerantes	1: manual (enxada)
			• Cobertura com acículas	2: manual
			• Remoção de plantas trepadeiras	3: manual
• Controle de plantas indesejáveis	4: mecanizado e semimecanizado			
3	1	• Coroamento das mudas e regenerantes	1: manual (enxada)	
		• Cobertura com acículas	2: manual	
		• Remoção de plantas trepadeiras	3: manual	
		• Controle de plantas indesejáveis	4: mecanizado e semimecanizado	
4 ao 8	0	• Nenhuma atividade de práticas silviculturais conduzida	-	

FONTE: A Autora (2023).

Na idade de dois anos foi realizado um plantio de enriquecimento em espaçamento 3 x 1 m com *I. paraguariensis*, *Machaerium acutifolium* Vogel e *Jacaranda caroba* (Vell.) DC. Em 2018, dois anos antes do levantamento realizado neste estudo, outro enriquecimento com espécies arbóreas foi realizado nas entrelinhas (1,5 x 1,5 m), compostas por *A. angustifolia*, *Schinus terebinthifolia* var. *acutifolia* Engl., *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Luehea divaricata* Mart., *Cedrela fissilis* Vell., *Psidium cattleyanum* Sabine, *Eugenia pyriformis* Cambess., *Eugenia uniflora* L., *Feijoa sellowiana* (O.Berg) O.Berg, *Casearia sylvestris* Sw., *Matayba elaeagnoides* Radlk., e *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs.

7.2.2 Coleta e processamento dos dados

As árvores de *M. scabrella* dos plantios de restauração ecológica foram mensurados o diâmetro à altura do peito (DAP) e da altura total (HT) para todas as árvores sobreviventes (censo) aos oito anos de idade. Adicionalmente, foram mensurados os diâmetros da copa nas direções norte ao sul e leste à oeste, com adaptação do método de Canfield (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2022). Os valores quantitativos obtidos nas mensurações foram submetidos a análise de variância ao nível de significância $\alpha=0,05$.

Posteriormente, para coleta dos regenerantes sob as copas das bracatingas, foi empregada a proposta de Monitoramento Arbóreo-arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE). Para tanto, foram selecionadas as bracatingas de cobertura, por meio da construção de três classes de diamétricas. Por conseguinte, a partir dos valores de limite inferior e superior de cada classe, foram sorteadas 12 árvores em cada bloco, sendo três árvores selecionadas para cada classe (TABELA 18).

TABELA 18 – LIMITES INFERIORES (LI) E SUPERIORES (LS) DAS CLASSES DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) PARA SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE COBERTURA, NAS DISTINTAS INTENSIDADES DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS APLICADAS NAS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO

Classes	Maior intensidade de Manejo (MaM)		Menor intensidade de Manejo (MeM)	
	DAP (cm)		DAP (cm)	
	LI	LS	LI	LS
1	8,21	21,81	8,42	19,20
2	21,81	35,41	19,20	29,99
3	35,41	49,01	29,99	40,77

Fonte: A autora (2023).

Cada árvore selecionada foi identificada com uma numeração em estaca instalada na direção norte e considerada uma unidade amostral para o Monitoramento AZE. O

Monitoramento AZE, consiste na mensuração da regeneração natural de áreas em processo de restauração, de melhor desenvolvimento na área, impreterivelmente presente no dossel da restauração, selecionando-as com uma distância mínima de três vezes o raio da sua copa. As árvores de cobertura selecionadas correspondem às unidades amostrais e a mensuração realizadas a partir do fuste à extremidade da copa, em sequentes raios de um metro, denominados zonas ecológicas (FIGURA 31). A coleta da regeneração natural, na forma de vida arbórea e arbustiva consistiu na altura total dos regenerantes com uso de uma fita métrica.

FIGURA 31 – MONITORAMENTO AZE APLICADO PARA LEVANTAMENTO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA



Fonte: A autora (2023).

Com base nas características ambientais, das características dendrométricas da árvore de cobertura, das espécies de cobertura, *A. glandulosa* e *I. edulis*, das proporções dos plantios de restauração, foram construídos 12 tratamentos para as variáveis de número de indivíduos, número de espécies e altura total média dos regenerantes (QUADRO 7).

QUADRO 7 – CONSTRUÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA ANÁLISE DOS EFEITOS SOBRE O NÚMERO DE INDIVÍDUOS, ESPÉCIES E ALTURA TOTAL MÉDIA DOS RENEGERANTES

Tratamentos	Intensidade das práticas de manejo	Classe dendrométrica	Variáveis
1	Maior intensidade de manejo (MaM)	1	Quantidade de espécies (NE) Altura total média (HT _m)
2		2	
3		3	
4	Menor intensidade de manejo (MeM)	1	Número de regenerantes (NI)
5		2	
6		3	

Fonte: A autora (2023).

Os tratamentos construídos para a avaliação dos efeitos sobre regeneração natural, foram submetidos a uma análise de variância multivariada (MANOVA) e, identificada diferenças entre as médias dos grupos, ao nível de significância $\alpha=0,05$, foram condicionadas a análise de discriminantes com os dados padronizados. Em seguida, efetuou-se uma distribuição exponencial para identificar a probabilidade de uma densidade de regenerantes ocorrer sob as distintas intensidades de práticas silviculturais, ($f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ ($0 \leq x < \infty$)), com base no número esperado de sucessos (λ); e, no logaritmo neperiano (e) (MONTGOMERY; RUNGER, 2016; RIBEIRO JUNIOR, 2004).

Para a avaliação da composição florística e estrutura fitossociológica, primeiramente foram analisados o esforço amostral e a riqueza de espécies, por meio da construção de curvas de rarefação (WILSEY *et al.*, 2005). A partir das espécies identificadas foram observadas características, como: origem, nativa, exótica ou cultivada; fitofisionomia ao nível de biomas de ocorrência, grupo ecológico, pioneira, secundária inicial ou tardia, e clímax; forma de vida arbustiva ou arbórea; e síndrome de dispersão. As informações foram levantadas com base na literatura do *Angiosperm Phylogeny Group III e IV* (CHASE *et al.*, 2016), na coleção de livros *Espécies Arbóreas Brasileiras*, e por meio digital, nos sites do REFLORA (<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora>) e *Specieslink* (<https://specieslink.net/>).

A dissimilaridade florística pela estatística de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS - *Nonmetric Multidimensional Scalling*) de Bray-Curtis foi realizada às comunidades formadas de acordo as intensidades de práticas silviculturais aplicadas (MAGURRAN, 1988).

A diversidade de espécies pelo índice de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J) (SOUZA; SOARES, 2013), realizada para as formas de vida arbórea e arbustiva, e também ao nível de zona ecológica, a fim de observar se a diversidade dos regenerantes aumenta do fuste à extremidade da copa, em função das práticas realizadas nas entrelinhas de plantio e a Proposta de Monitoramento AZE exercer esta abordagem de mensuração.

Na fitossociologia, foram obtidos os parâmetros de densidade e frequência em termos absolutos e relativos da estrutura horizontal, e para a estrutura vertical os parâmetros de valor fitossociológico e posição sociológica em termos absolutos e relativos (BROWER; ZAR, 1984; FELFILI; REZENDE, 200; SOUZA; SOARES, 2013).

Para tanto, os estratos de altura pré-determinados na análise vertical, compreendem: plântula (0 a 30 cm); sub-bosque (30,01 a 130 cm); intermediário (130,01 a 300 cm); sub-dossel (>300 cm). Com a diferenciação dos raios das para as árvores amostradas, foram consideradas a média de três zonas ecológicas, para o cálculo da área amostrada.

Todas as análises foram realizadas com uso dos *softwares* Microsoft Excel®, no SPSS *Statistics* 28.0 (IBM, 2020), e no Pacote PAST versão 3.0 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), em suas versões gratuitas ou de licença anual para estudantes.

7.3 RESULTADOS

7.3.1 Plantio de bracatingas – *Mimosa scabrella*

A análise descritiva expressou maiores médias das variáveis do fuste, altura total, diâmetro à altura do peito, e maior sobrevivência das bracatingas no bloco de maior intensidade de manejo (MaM) das práticas silviculturais. A menor mortalidade do bloco MaM colaborou para os valores estatisticamente superiores na variável altura, o que permite inferir que há maior competição por luminosidade, contrariamente ao cenário de MeM, o qual dispunha de maior espaço atribuído para o desenvolvimento da copa (TABELA 19 e FIGURA 32).

TABELA 19 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA, DE VARIÂNCIA E SOBREVIVÊNCIA OBTIDAS NOS PLANTIOS DE *M. scabrella* PARA OS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM) INTENSIDADE DE MANEJO NAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS

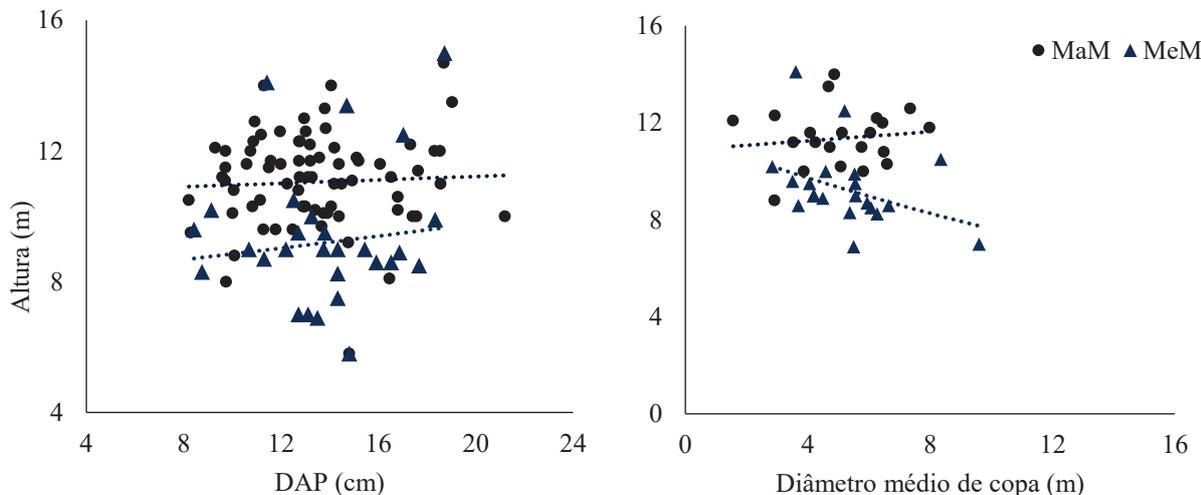
Estatísticas	T	Fuste		Diâmetro das Copas (m)	
		DAP (cm)	HT (m)	Direção N/S	Direção L/O
Nº de árvores censo	MaM	74,00	74,00	21,00	21,00
	MeM	28,00	28,00	21,00	21,00
Média	MaM	13,40	11,20*	5,14	4,98
	MeM	13,80	9,40*	5,47	5,08
Nº de árvores plantio	MaM	180	Sobrevivência (%)		35,2
	MeM	180			17,5

NOTA: *Variáveis com diferenças significativas ($\alpha=0,05$).

FONTE: A Autora (2023).

Em relação às variáveis da copa, os maiores valores são observados para os diâmetros obtidos na direção norte a sul (N/S) que correspondem ao desenvolvimento na direção das entrelinhas, que dispunha de maior distância em relação à direção entre plantas. Os maiores valores de diâmetro de copa para a área com menor efetividade de práticas silviculturais, no qual ocorreu maior mortalidade, é resultado do maior espaço para cobertura de copa se desenvolver. A amplitude é maior entre os valores das variáveis na área de MeM, e maior em relação a homogeneidade para os valores das variáveis na área com MaM, basicamente explicado pelo efeito do espaçamento e maior sobrevivência que ocorreu nas áreas com manejo de práticas silviculturais de maior intensidade (TABELA 19 e FIGURA 32).

FIGURA 32 – DISPERSÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS COLETADAS PARA AS ÁRVORES DE *M. scabrella* EM PLANTIO DE RESTAURAÇÃO SOB DISTINTAS INTENSIDADE DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS



FONTE: A Autora (2023).

7.3.1 Efeito dos tratamentos na regeneração natural

Os resultados da Análise de Variância Multivariada (MANOVA) para os testes aplicados, indicaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos analisados (TABELA 20). Três funções discriminantes foram determinadas e em apenas duas funções se explica quase 100% da variabilidade total dos dados. Observa-se, na matriz de estruturas, a elevada correlação canônica de todas as variáveis com a função 2 (TABELA 21).

TABELA 20 – RESULTADOS DE SIGNIFICÂNCIA (α) DA MANOVA PARA OS TRATAMENTOS, PELOS TESTES DE LAMBDA DE WILKS (λ_{Wilks}) E MAIOR RAIZ DE ROY (λ_{Roy})

Fator	Teste	Valor	α
Interação	λ_{Wilks}	0,011	<0,0001
	λ_{Roy}	87,429	<0,0001
Tratamentos	λ_{Wilks}	0,251	<0,050
	λ_{Roy}	2,133	<0,0001

FONTE: A Autora (2023).

TABELA 21 – DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES (F) E DA MATRIZ DE ESTRUTURAS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES

F	Descrição das Funções			F	Matriz de Estruturas	
	1	2	3		1	2
AU	2,133	0,191	0,068	NI	0,060	0,789*
CV%	89,2	97,2	100	NE	0,371	0,802*
CC	0,825	0,400	0,252	HTm	0,675	-0,737*

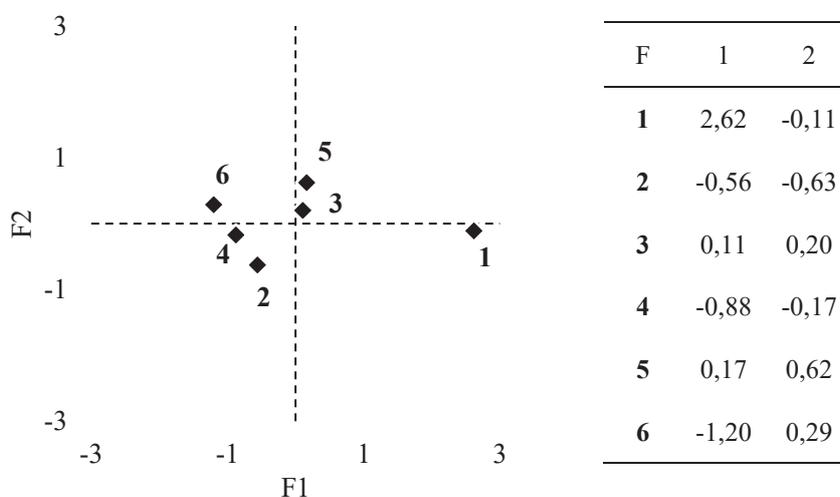
LEGENDA: AU=autovalores; CV%=coeficiente de variação; CC=correlação canônica.

NOTA: *Variáveis de maior correlação com a função discriminante.

FONTE: A Autora (2023).

O valor dos centroides para os grupos resultantes da análise discriminante apresenta valores entre -1,198 e 2,619 para a função 1 e -0,627 a 0,622 para função 2. A análise evidenciou que o menor diâmetro e a menor intensidade de práticas silviculturais, que corresponde ao tratamento (1 - MaM), foi o mais dessemelhante, influenciado pela correlação da altura total média (HTm) com a função 1 (0,675), não observada para os demais tratamentos (FIGURA 33).

FIGURA 33 – CENTROIDES PARA CADA FUNÇÃO E TRATAMENTO OBTIDO NA ANÁLISE DE DISCRIMINANTES DOS 6 TRATAMENTOS PARA O NÚMERO DE INDIVÍDUOS (NI), NÚMERO DE ESPÉCIES (NE) E ALTURA TOTAL MÉDIA (HTm) DOS REGENERANTES



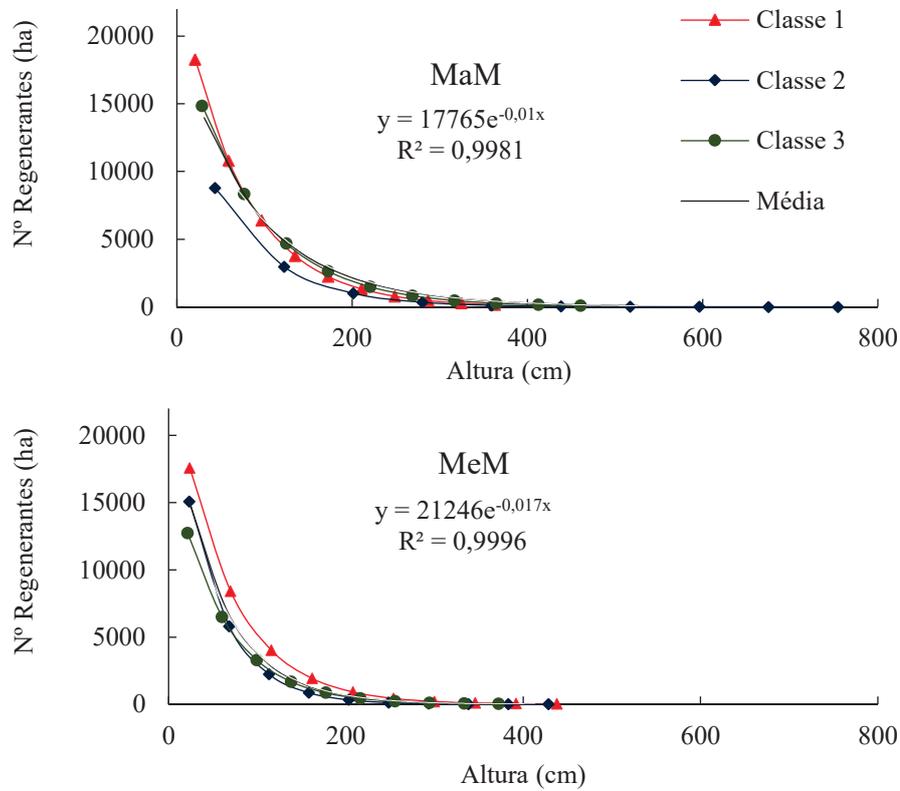
NOTA: Cada tratamento compreende: classe (1, 2, 3) e bloco (MaM ou MeM), em que: 1: classe 1 de diâmetro e MaM; 2: classe 2 e MaM; 3: classe 3 e MaM; 4: classe 1 e MeM; 5: classe 2 e MeM; 6: classe 3 e MeM.

FONTE: A Autora (2023).

Os maiores valores obtidos para as variáveis número de indivíduos (NI), número de espécies (NE) e altura total média (HTm) são observados para os tratamentos (3, 5 e 6). Portanto, os maiores diâmetros das árvores de cobertura refletem em resultados mais adequados, e com maior efeito nas variáveis avaliadas (NI, NE e HTm) da regeneração do que a intensidade das práticas silviculturais. Além disso, a maior intensidade, associado aos diâmetros da classe 2, resulta nos valores menos satisfatórios para HTm (FIGURA 33).

Neste sentido, a distribuição exponencial em J-invertido dos regenerantes expressou densidade semelhante em ambas às intensidades de práticas silviculturais, evidência da elevada competição no desenvolvimento dos regenerantes em ambas as áreas. No entanto, observa-se maior probabilidade de regenerantes com maiores alturas no bloco de maior intensidade de práticas silviculturais, especialmente na classe 2, que compreende diâmetros entre 21,8 e 35,4 cm de circunferência a altura do peito (FIGURA 34).

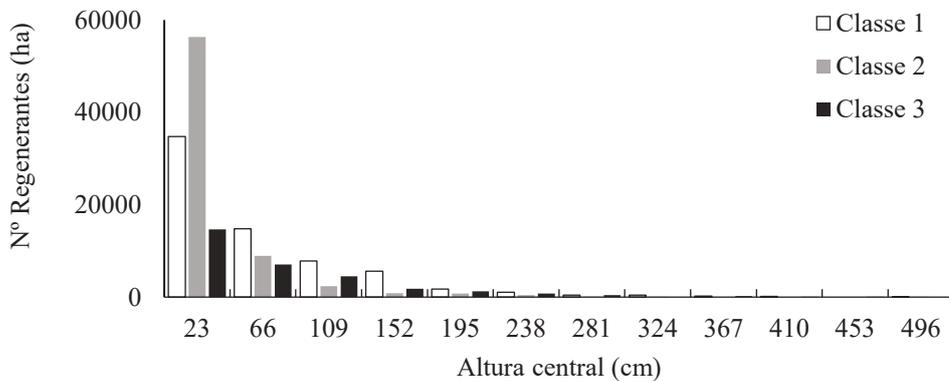
FIGURA 34 – DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL DOS REGENERANTES NAS CLASSES DE DIÂMETRO DA *M. scabrella*, PARA OS BLOCOS DE MAIOR E MENOR INTENSIDADE DE PRÁTICAS SILVICULTURAIS



FONTE: A Autora (2023).

A distribuição de regenerantes por hectare sob as árvores de cobertura da *M. scabrella*, demonstra que as classes 1 e 2 são mais interessantes para o número de indivíduos que chega aos 60000 reg./ha, a expressividade da classe 2 é atribuída a sua abundância especialmente no bloco de menor intensidade de práticas silviculturais. A classe 3 se mostrou menos expressiva, em relação às demais classes de diâmetro (FIGURA 35).

FIGURA 35 – DISTRIBUIÇÃO DOS REGENERANTES POR HECTARE NAS CLASSES DE DIÂMETRO DA *M. scabrella*, EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO

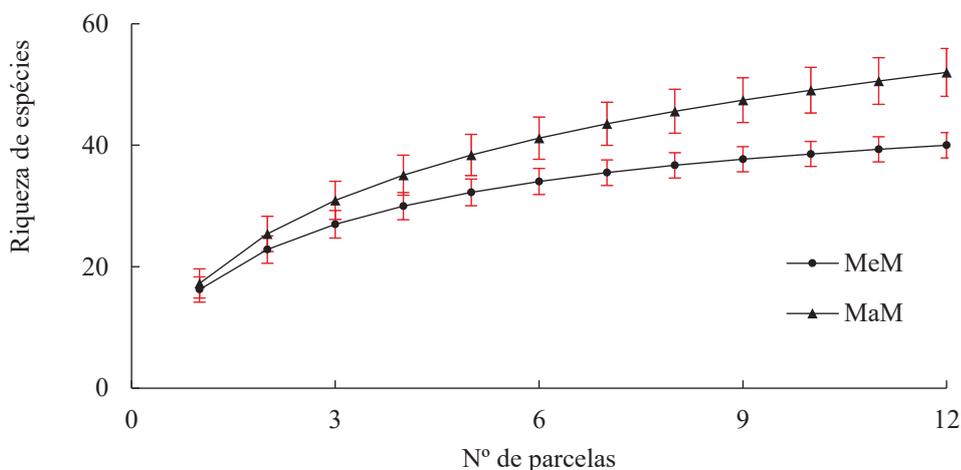


FONTE: A Autora (2023).

7.3.2 Esforço amostral, riqueza e características ecológicas

A estabilidade da curva de rarefação das espécies se mostra maior para o levantamento sob as copas de *M. scabrella* com MaM que para MeM, cujo número de espécies começa a estabilizar na parcela nove. No bloco com MaM, foram identificadas a presença de 52 espécies enquanto para MeM 40 espécies (FIGURA 36).

FIGURA 36 – CURVAS DE RAREFAÇÃO PARA RIQUEZA DE ESPÉCIES AMOSTRADAS PARA O NÚMERO DE ÁRVORES DE COBERTURA/UNIDADES AMOSTRAIS



FONTE: A Autora (2023).

No total foram mensuradas 60 espécies considerando ambos os blocos de estudo. As famílias mais representativas foram Solanaceae (8 espécies) Myrtaceae (7) Asteraceae (5), Rosaceae (4), e Bignoniaceae e Fabaceae com três espécies cada uma. Dos regenerantes sob as copas de *M. scabrella*, 72% das espécies são nativas, 18% são endêmicas e 10% exóticas e/ou cultivadas, provavelmente associada aos plantios comerciais do entorno (TABELA 22).

TABELA 22 – ESPÉCIES IDENTIFICADAS (NI) SOB AS COPAS DE *M. scabrella* EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Família	NI	Nomenclatura científica
Anacardiaceae	1	<i>Schinus terebinthifolia</i> var. <i>acutifolia</i> Engl.
Aquifoliaceae	2	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.
Arecaceae	3	<i>Syagrus</i> spp.
	4	<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.
	5	<i>Symphypappus compressus</i> (Gardner) B.L.Rob.
Asteraceae	6	<i>Baccharis semiserrata</i> DC.
	7	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.
	8	<i>Campovassouria bupleurifolia</i> (DC.) R. M. King & H. Rob.
Bignoniaceae	9	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.
	10	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos
Boraginaceae	11	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.

(Continua)

Família	NI	Nomenclatura científica	(Conclusão)
Cardiopteridaceae	12	<i>Citronella gongonha</i> (Mart.) R.A.Howard	
Celastraceae	13	<i>Monteverdia ilicifolia</i> (Mart. ex Reissek) Biral	
	14	<i>Monteverdia gonoclada</i> (Mart.) Biral	
Cupressaceae	15	<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L.f.) D.Don	
Euphorbiaceae	16	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	
Erythroxylaceae	17	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	
	18	<i>Calliandra brevipes</i> Benth.	
	19	<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	
Fabaceae	20	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	
	21	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	
Lauraceae	22	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	
Lythraceae	23	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	
Malvaceae	24	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	
Meliaceae	25	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	
	26	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	
Myrtaceae	27	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	
	28	<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	
	29	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	
	30	<i>Eugenia uniflora</i> L.	
	31	<i>Feijoa sellowiana</i> (O.Berg) O.Berg	
	32	<i>Myrcia hatschbachii</i> D. Legrand	
Moraceae	33	<i>Morus nigra</i> L.	
Piperaceae	34	<i>Piper aduncum</i> L.	
Podocarpaceae	35	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.	
Primulaceae	36	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	
	37	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	
Rhamnaceae	38	<i>Frangula polymorpha</i> Reissek	
	39	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	
Rosaceae	40	<i>Eriobotrya japonica</i> Thunb.	
	41	<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D.Dietr.	
	42	<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	
	43	<i>Rubus niveus</i> Thunb.	
Rutaceae	44	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	
Salicaceae	45	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	
Salicaceae	46	<i>Xylosma tweediana</i> (Clos) Eichler	
	47	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. <i>et al.</i>) Hieron. ex Niederl.	
	48	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	
Sapindaceae	49	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	
	50	<i>Cestrum corymbosum</i> Schltdl.	
Solanaceae	51	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	
	52	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	
Solanaceae	50	<i>Cestrum corymbosum</i> Schltdl.	
	51	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	
	52	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	
	53	<i>Solanum didymum</i> Dunal	
	54	<i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs	
	55	<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.	
56	<i>Vassobia breviflora</i> (Sendtn.) Hunz.		
Styracaceae	57	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	
Symplocaceae	58	<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	
Verbenaceae	59	<i>Duranta vestita</i> Cham.	
	60	<i>Lantana camara</i> L.	

A distribuição fitofisionômica demonstra que 15% das espécies ocorrem apenas no bioma da Mata Atlântica, e uma média de 36% com ocorrência também em outros biomas brasileiros, com destaque para o Cerrado. Entre os grupos ecológicos, 70% de espécies pertencem ao grupo ecológico das secundárias (inicial e tardia). Quanto à síndrome de dispersão 73% apresentam dispersão zoocórica e igualmente, 73% desenvolvem forma de vida arbórea. Os resultados também expressam característica pioneira para os regenerantes com forma de vida arbustiva (TABELA 23).

TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE ORIGEM (O), BIOMA (BIO), GRUPO ECOLÓGICO (GE), FORMA DE VIDA (FV) E SÍNDROME DE DISPERSÃO (SD), DAS ESPÉCIES REGENERANTES SOB AS COPAS DE *M. scabrella*

NI	B	NC	O	BIO	GE	FV	SD
							(Continua)
47	Am	<i>A. edulis</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	ARB	Zo
7	MeM	<i>B. dracunculifolia</i>	N	Ce, Ma, Pm	Pi	ARU	Ae
6	Am	<i>B. semiserrata</i>	N	Ma	Pi	ARU	Ae
18	MaM	<i>C. brevipes</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm	Pi, Si	ARU	Ae
27	MeM	<i>C. xanthocarpa</i>	N	Ma, Pm	Si, St	ARB	Zo
8	MeM	<i>C. bupleurifolia</i>	N		Pi	ARU	Ae
45	Am	<i>C. sylvestris</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	ARB	Zo
25	MaM	<i>C. fissilis</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	St	ARB	Ae
50	Am	<i>C. corymbosum</i>	NE	Ma	Si	ARU	Zo
12	Am	<i>C. gongonha</i>	N	Ce, Ma, Pm	Pi	ARB	Zo
15	MaM	<i>C. japonica</i>	EX	-	-	ARB	Br, Zo
48	MeM	<i>C. vernalis</i>	NE	Am, Ca, Ce, Ma	Si, St	ARB	Zo
59	MaM	<i>D. vestita</i>	NE	Ma, Pm	Si	ARB	Zo
40	MaM	<i>E. japonica</i>	EX	-	-	ARB	Zo
17	Am	<i>E. deciduum</i>	N	Am, Ce, Ma	Si, St	ARB	Zo
29	Am	<i>E. pyriformis</i>	N	Ce, Ma	Si	ARB	Zo
30	Am	<i>E. uniflora</i>	N	Ca, Ce, Ma, Pm	Si	ARB	Zo
31	MaM	<i>F. sellowiana</i>	N	Ma, Pm	Si	ARB	Zo
38	Am	<i>F. polymorpha</i>	N	Ma	Si	ARB	Zo
16	MeM	<i>G. klotzschiana</i>	N	Ca, Ma	Pi, Si	ARB	Au
10	MaM	<i>H. chrysotrichus</i>	N	Ce, Ma, Pm	Pi	ARB	Zo
39	Am	<i>H. dulcis</i>	EX	-	-	ARB	Zo
2	Am	<i>I. paraguariensis</i>	N	Ca, Ce, Ma, Pm	Si	ARB	Zo
9	Am	<i>J. puberula</i>	NE	Ma, Ce	Si, St	ARB	Au, Ae
23	Am	<i>L. pacari</i>	N	Ce	Si	ARB	Br
60	MeM	<i>L. camara</i>	EX	-	Si	ARU	Zo
24	Am	<i>L. divaricata</i>	N	Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Si	ARB	Ae
19	MaM	<i>M. stipitatum</i>	N	Ce, Ma, Pm	Si	ARB	Ae
49	MaM	<i>M. elaeagnoides</i>	N	Am, Ce, Ma, Pl	Si, St	ARB	Zo
20	Am	<i>M. scabrella</i>	NE	Ma	Pi	ARB	Au
14	Am	<i>M. gonoclada</i>	NE	Am, Ce, Ma	Pi, Si	ARB	Zo
13	MaM	<i>M. ilicifolia</i>	N	Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	ARU	Zo
33	Am	<i>M. nigra</i>	EX	-	-	ARB	Zo
32	MaM	<i>M. hatschbachii</i>	NE	Ma	Si, St	ARB	Zo
36	Am	<i>M. coriacea</i>	N	Ce, Ma	Pi	ARB	Zo
37	Am	<i>M. umbellata</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm	Si	ARB	Zo
21	MaM	<i>N. lanceolata</i>	NE	Ce, Ma, Pl	Si, St	ARB	Zo
22	Am	<i>O. puberula</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm	Si, St	ARB	Zo
34	Am	<i>P. aduncum</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Pi	ARU	Zo

NI	B	NC	O	BIO	GE	FV	SD
							(Conclusão)
28	MaM	<i>P. peruviana</i>	N	Ma	Si, St	ARB	Zo
35	Am	<i>P. lambertii</i>	NE	Ca, Ce, Ma, Pm	Pi, Si	ARB	Zo
41	Am	<i>P. brasiliensis</i>	N	Ce, Ma	Si	ARB	Zo
26	Am	<i>P. cattleyanum</i>	NE	Ca, Ce, Ma	Si	ARB	Zo
43	Am	<i>R. niveus</i>	C	-	-	ARU	Zo
42	MeM	<i>R. rosifolius</i>	C	-	Pi, Si	ARU	Zo
1	Am	<i>S. terebinthifolia</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma	Pi, Si	ARB	Zo
4	Am	<i>S. brasiliensis</i>	N	Ce, Ma, Pm	Pi	ARU	Ae
53	Am	<i>S. didymum</i>	N	Am, Ce, Ma	Pi	ARU	Zo
54	Am	<i>S. diploconos</i>	N	Ma	Si	ARB	Zo
51	MaM	<i>S. mauritanum</i>	N	Ma, Pm	Pi	ARB	Zo
55	MaM	<i>S. pseudocapsicum</i>	N	Ce, Ma, Pm	Pi	ARU	Zo
52	Am	<i>S. pseudoquina</i>	N	Ma, Pm	Pi	ARB	Zo
57	Am	<i>S. leprosus</i>	N	Ma, Pm	Pi, Si	ARB	Au
3	MeM	<i>Syagrus spp.</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm	Si, St	ARB	Zo
5	Am	<i>S. compressus</i>	NE	Ca, Ce, Ma	Pi	ARU	Ae
58	MeM	<i>S. tetrandra</i>	N	Ma, Pm	Si	ARB	Zo
11	MaM	<i>V. curassavica</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm	Pi	ARU	Ae
56	MaM	<i>V. breviflora</i>	N	Ma	Pi	ARU	Zo
46	MaM	<i>X. tweediana</i>	N	Ma	Si, St	ARB	Zo
44	Am	<i>Z. rhoifolium</i>	N	Am, Ca, Ce, Ma, Pm, Pl	Si, St	ARB	Zo

LEGENDA: Am: presente em ambas as copas; MaM: presente sob maior intensidade de manejo; MeM: presente sob menor intensidade de manejo; N: nativa; NE: nativa endêmica; Am: Amazônia; Ca: Caatinga; Ce: Cerrado; Ma: Mata Atlântica; Pl: Pantanal; Pm: Pampa; Pi: pioneira; Si: secundária inicial; St: secundária tardia; Cl: clímax; Ae: anemocórica; Au: autocórica; Br: barocórica; Zo: zoocórica; ARB: arbórea; ARU: arbustiva; EX: exótica; C: cultivada.

FONTE: A Autora (2023).

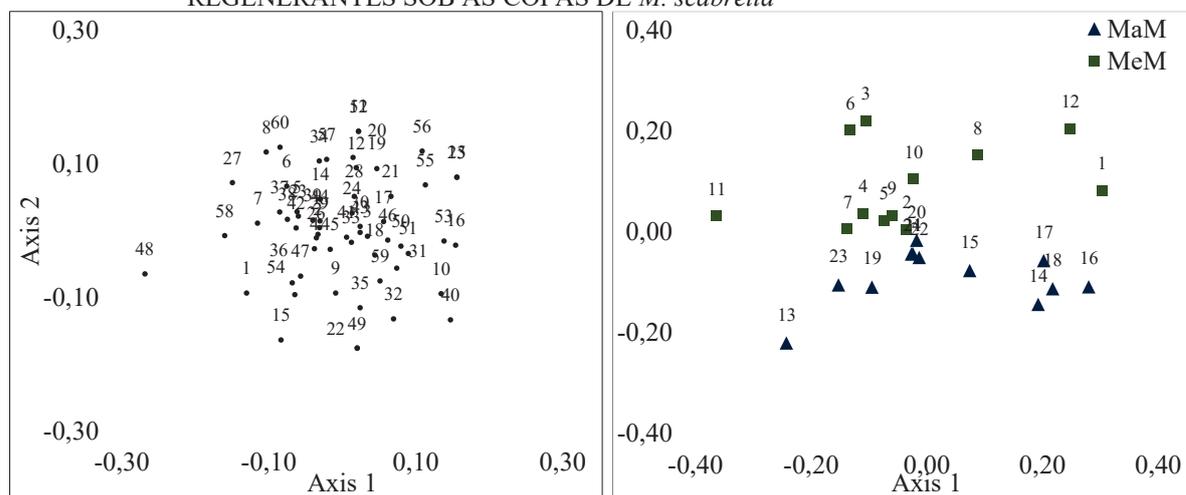
7.3.3 Dissimilaridade florística

A análise do Escalonamento Multidimensional não-Métrico (nMDS), apresentou ordenação dos dados menos adequada com um valor de stress de 0,37 na comparação florística entre as espécies e ótima ordenação com stress de 0,18 para comparação florística entre as parcelas. De acordo com o índice de Bray-Curtis, na comparação entre as espécies (ordenação menos adequada) as espécies regenerantes possuem considerável dissimilaridade florística com um valor de 0,62.

Observa-se maior similaridade para *E. pyriformis* (29), *E. uniflora* (30), *I. paraguariensis* (2), *L. pacari* (23), *M. nigra* (33), *P. cattleyanum* (26), *S. brasiliensis* (4) e *Z. rhoifolium* (44), presentes sob as copas de ambas as intensidades de manejo de práticas silviculturais. As espécies mais dissimilares correspondem a *C. fissilis* (25), *C. japonica* (15), *C. vernalis* (48), *e. japonica* (40), *M. elaeagnoides* (49) e *M. ilicifolia* (13), que, em suma, correspondem a maior intensidade de práticas silviculturais. Quando observada a estrutura florística entre as unidades amostrais, a distância é evidente com índice de 0,71, o que demonstra que as condições ambientais impostas pelas intensidades de práticas silviculturais

refletem distinta composição florística entre os blocos avaliados pelos quais compartilham apenas 29% das espécies regenerantes (FIGURA 37).

FIGURA 37 – ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) OBTIDO PELA DISSIMILARIDADE DE BRAY-CURTIS, PARA ESTRUTURA FLORÍSTICA DOS REGENERANTES SOB AS COPAS DE *M. scabrella*



FONTE: A Autora (2023).

7.3.3 Diversidade e equabilidade

Na comparação dos índices de diversidade de Shannon, observa-se valores maiores (2,0 e 1,18) para o bloco com maior intensidade de práticas silviculturais (MaM) em detrimento dos índices obtidos para menor intensidade (MeM) (1,77 e 1,38). A equabilidade mostrou uma distribuição mediana dos regenerantes em ambas as intensidades avaliadas (TABELA 24).

TABELA 24 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') E EQUABILIDADE DE PIELOU (J'), PARA AS ARBÓREAS (ARB) E ARBUSTIVAS (ARU) DOS REGENERANTES SOB AS COPAS DE *M. scabrella*

Descrição		H		J'	
		ARB	ARU	ARB	ARU
Intensidade de manejo total	MaM	2,01	1,18	0,55	0,48
	MeM	1,77	1,38	0,52	0,58
Zonas Ecológicas total	ZE1	1,91	1,56	0,54	0,71
	ZE2	1,92	1,50	0,54	0,65
	ZE3	2,03	1,66	0,56	0,65
MaM	ZE1	1,87	1,36	0,54	0,84
	ZE2	1,89	0,46	0,59	0,42
	ZE3	2,06	1,41	0,60	0,61
MeM	ZE1	1,70	1,18	0,58	0,66
	ZE2	1,73	1,31	0,54	0,60
	ZE3	1,79	1,32	0,56	0,64

LEGENDA: MaM = maior intensidade de manejo; MeM = menor intensidade de manejo das práticas silviculturais.
FONTE: A Autora (2023).

Os índices obtidos por zona ecológica demonstram que a diversidade dos regenerantes aumenta do fuste (ZE1) para a extremidade da copa (ZE3), em ambas as formas de vida (1,91 - 2,03 e 1,56 - 1,66). Contudo, nos índices de equabilidade, a distribuição se mostra mais uniforme nas zonas ecológicas para as formas de vida arbustiva e mais agrupada na forma de vida arbórea (0,54 - 0,56 e 0,71 - 0,65). A mesma perspectiva se aplica quando das zonas ecológicas, com resultados mais satisfatórios em MaM (TABELA 24).

7.3.4 Fitossociologia

Em ambas as intensidades de práticas silviculturais (MaM e MeM), a estrutura horizontal para as dez espécies de maior valor relativo (VR), somam quase 70% das espécies regenerantes sob as copas de *M. scabrella* (TABELA 25).

TABELA 25 – FITOSSOCIOLOGIA OBTIDA PARA ESTRUTURA HORIZONTAL E VERTICAL DAS 10 ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS SOB AS COPAS DE *M. scabrella* NAS DISTINTAS INTENSIDADES DE MANEJO DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS

	Estrutural Horizontal				Estrutura Vertical				
	Espécie	N	D	F	VR	Espécie	HT _m	PSA	PSR
MaM	<i>M. coriacea</i>	756	2100	1,00	21,03	<i>M. coriacea</i>	89	791,75	34,56
	<i>A. edulis</i>	550	1528	1,00	16,09	<i>A. edulis</i>	45	650,35	28,39
	<i>C. sylvestris</i>	139	386	1,00	6,23	<i>J. puberula</i>	30	204,01	8,91
	<i>J. puberula</i>	195	542	0,50	6,13	<i>C. sylvestris</i>	67	173,80	7,59
	<i>S. terebinthifolia</i>	50	139	0,92	3,86	<i>C. brevipes</i>	58	68,76	3,00
	<i>P. lambertii</i>	47	131	0,83	3,54	<i>P. lambertii</i>	72	57,33	2,50
	<i>C. brevipes</i>	58	161	0,58	3,08	<i>S. terebinthifolia</i>	90	52,23	2,28
	<i>S. leprosus</i>	25	69	0,75	2,77	<i>E. uniflora</i>	78	31,62	1,38
	<i>P. brasiliensis</i>	24	67	0,75	2,75	<i>S. leprosus</i>	70	30,84	1,35
	<i>E. uniflora</i>	27	75	0,67	2,58	<i>M. nigra</i>	124	22,90	1,00
MeM	<i>M. coriacea</i>	964	2789	1,00	23,65	<i>M. coriacea</i>	29	1287,61	44,68
	<i>A. edulis</i>	408	1181	1,00	11,78	<i>A. edulis</i>	48	507,61	17,62
	<i>R. rosifolius</i>	251	726	0,50	6,89	<i>R. rosifolius</i>	94	266,52	9,25
	<i>S. terebinthifolia</i>	140	405	1,00	6,06	<i>S. terebinthifolia</i>	74	158,38	5,50
	<i>P. brasiliensis</i>	69	200	0,83	4,04	<i>P. brasiliensis</i>	56	81,49	2,83
	<i>Z. rhoifolium</i>	35	101	1,00	3,82	<i>S. didymum</i>	77	75,53	2,62
	<i>F. polymorpha</i>	55	159	0,75	3,48	<i>F. polymorpha</i>	39	71,71	2,49
	<i>H. dulcis</i>	31	90	0,83	3,23	<i>L. pacari</i>	57	60,03	2,08
	<i>I. paraguariensis</i>	30	87	0,83	3,20	<i>R. niveus</i>	66	51,45	1,79
	<i>L. pacari</i>	47	136	0,67	3,05	<i>Z. rhoifolium</i>	40	45,28	1,57

LEGENDA: N: número de árvores mensuradas para a espécie; D: densidade absoluta por hectare; F: Frequência absoluta; VF: valor relativo da D e F; HT_m: altura total média para a espécie; PSA: posição sociológica absoluta; PSR: posição sociológica relativa para a estratificação.

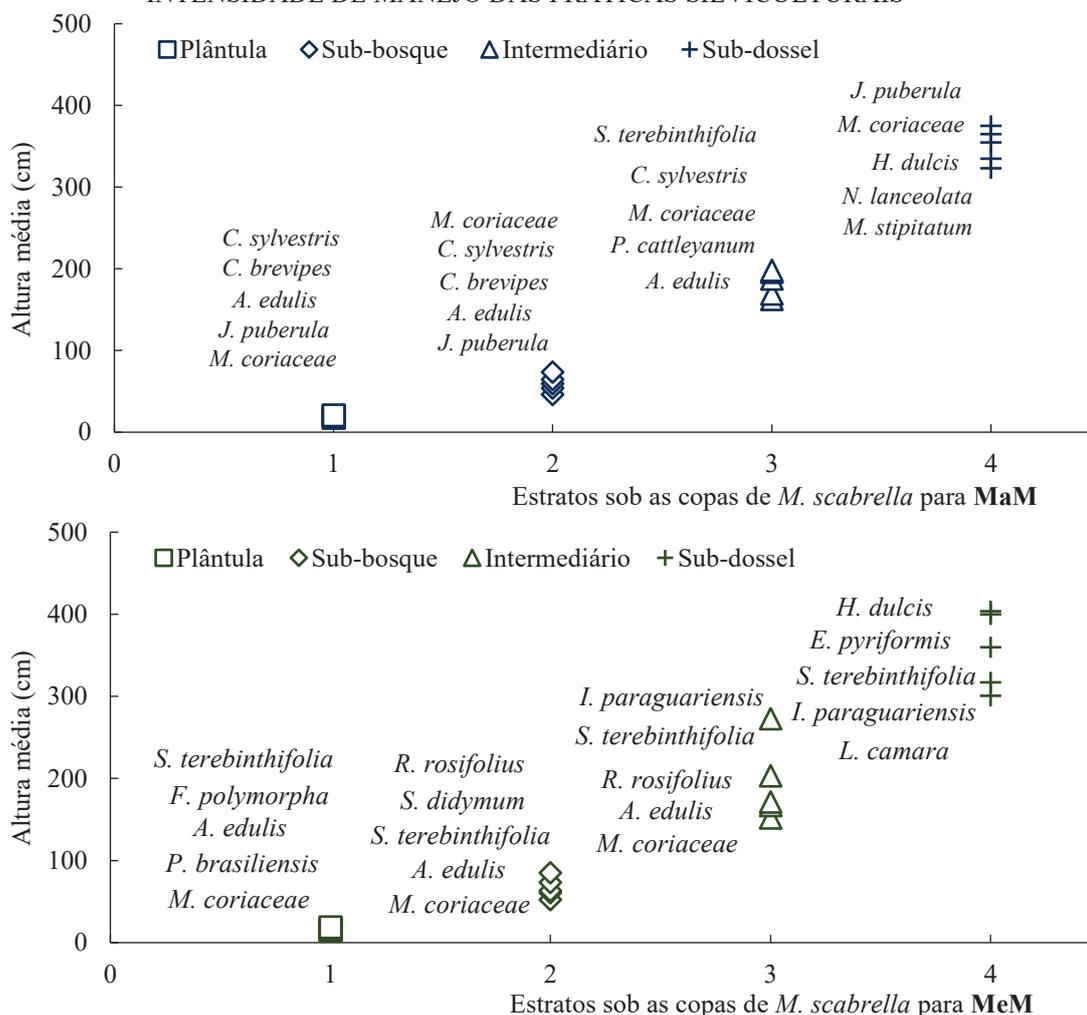
FONTE: A autor, 2023.

Na estrutura vertical, as dez espécies de maior posição sociológica relativa (PSR) somam 91% dos regenerantes. *M. coriacea* e *A. edulis*, foram as espécies de maior expressividade, pela elevada densidade absoluta em todos os estratos avaliados, o que demonstra um potencial regenerativo independente da intensidade das práticas silviculturais

empregadas (TABELA 25). Infere-se portanto, que a maior intensidade de práticas silviculturais, reflete em menor densidade e frequência absoluta das espécies regenerantes. Adicionalmente, as espécies que mais se destacaram devido a sua abundância, em síntese não diferem muito na sua composição. A menor intensidade, por sua vez, corrobora para maior densidade de espécies arbustivas pioneiras, como *R. rosifolius*, além do destaque para espécies exóticas, *H. dulcis* e *R. niveus*, todas com potencial invasor. Entre as 18 espécies destacadas pelas estruturas horizontal e vertical, apenas duas espécies apresentam grupo ecológico secundário tardio (*J. puberula* e *Z. rhoifolium*) (TABELA 25).

Ao considerar os estratos pré-determinados de plântula, sub-bosque, intermediário e sub-dossel, é possível identificar boa estratificação dos regenerantes em ambos os blocos estudados com uma altura máxima de 5 m, o que reflete pouca influência das práticas silviculturais sobre a estrutura vertical (FIGURA 38).

FIGURA 38 – ESTRATIFICAÇÃO DAS 5 ESPÉCIES REGENERANTES DE MAIOR DESTAQUE SOB COPAS DE *M. scabrella* NOS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM) INTENSIDADE DE MANEJO DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS



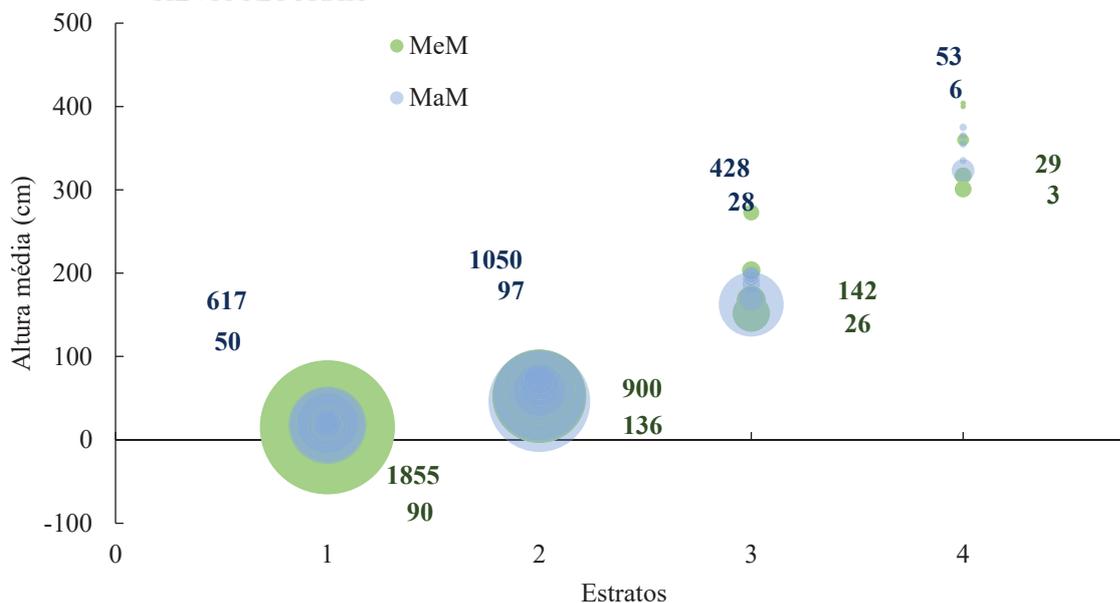
FONTE: A Autora (2023).

Os resultados apresentam a possível composição do futuro dossel da floresta, após senescência das árvores de *M. scabrella*, responsável pela perpetuidade e contínua evolução do processo restaurativo formado pelas espécies: *J. puberula*, *M. coriacea*, *H. dulcis*, *N. lanceolata* e *M. stiptatum* para o bloco de maior intensidade, e *H. dulcis*, *E. pyriformis*, *S. terebinthifolia* e *I. paraguariensis* no bloco de menor intensidade de práticas silviculturais (FIGURA 38)

L. câmara possui forma de vida arbustiva e, portanto, possivelmente não irá compor o dossel da futura floresta. A abrangência de *M. coriacea*, *A. edulis* e *J. puberula* basicamente em todos os estratos no bloco de maior intensidade (MaM), e *S. terebinthifolia*, *M. coriacea* e *A. edulis* no bloco de menor intensidade (MeM), expressam potencial para uso em áreas similares da Floresta Ombrófila Mista, sob distintas intensidades das práticas silviculturais determinadas para projetos de restauração ecológica (FIGURA 38).

Ao considerar as densidades por hectare obtidas para os regenerantes mais representativos, nos diferentes estratos, o bloco de maior intensidade (MaM) de práticas silviculturais, representa as maiores densidades nos estratos de sub-bosque, intermediário e sub-dossel, sendo o estrato de plântula com maiores densidades ao bloco de menor intensidade dessas práticas (MeM) (FIGURA 39). Pode-se inferir que as menores densidades nos demais estratos do bloco de MeM, representa menores condições ambientais para a sobrevivência dos regenerantes na área, uma vez que a elevada densidade ao nível de plântula é alcançada para intensidade de práticas silviculturais.

FIGURA 39 – DENSIDADE MÍNIMA E MÁXIMA POR HECTARE OBTIDA PARA AS 5 ESPÉCIES DE MAIOR DESTAQUE NA ESTRATIFICAÇÃO SOB COPAS DE *M. scabrella* NOS BLOCOS DE MAIOR (MaM) E MENOR (MeM) INTENSIDADE DE MANEJO DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS



FONTE: A Autora (2023).

7.4 DISCUSSÃO

As bracatingas sofreram um efeito positivo quando na maior intensidade de aplicação das práticas de coroamento das mudas, com posterior cobertura com acículas e constante remoção de plantas trepadeiras e no controle de plantadas indesejáveis. Os efeitos são observados para a sobrevivência das árvores e conseqüentemente seu desenvolvimento em altura (11,20 m).

A *M. Scabrella*, pode atingir 29 metros de altura e 50 cm de DAP em idade adulta (CARPANEZZI, 1990) e, portanto, novas contribuições ainda podem surgir neste processo, como por exemplo, a estabilidade do sub-dossel da regeneração ocorrer antes de sua senescência, para contínuo processo de evolução na formação estrutural da futura floresta, visto que os valores de altura e diâmetro obtidos para as bracatingas neste estudo são bem inferiores ao seu potencial, provavelmente explicados pela elevada atividade antrópica realizada anterior à implantação.

Sua capacidade de rápido desenvolvimento é largamente definida nos plantios e experimentos, inclusive sob diferentes circunstâncias de competição com plantas infestantes indesejáveis aos plantios, o que demonstra, sobretudo, sua capacidade de adaptação sob distintos graus de degradação (CARON *et al.*, 2013; MAZUCHOWSKI *et al.*, 2014; ZANGALLI *et al.*, 2022; CANTARELLI; MAFFRA; TURCHETTO, 2022).

Este estudo reafirma o potencial adaptativo da *M. scabrella* frente às distintas intensidades de práticas silviculturais aplicadas nos plantios, embora elevada mortalidade tenha sido observada no bloco com menor intensidade das práticas. Tal fato pode ser explicado pela diferença na disposição dos plantios das bracatingas e em relação a outros plantios de espécies arbóreas. O plantio conduzido sob maior intensidade de práticas silviculturais (MaM) foi realizado na direção 320° a Nordeste e 240° a Sudeste, com plantios de outras espécies especialmente na direção Norte, que causam algum sombreamento em determinados momentos do dia.

O plantio com menor intensidade das práticas (MeM), foi realizado na direção oposta e com plantios de outras espécies nas faces Norte, Leste e Oeste, causando sombreamento durante boa parte do período de radiação solar, podendo interferir no seu desenvolvimento, visto que a bracatinga pertence ao grupo ecológico pioneiro, ciclo foliar perene, fixadora de nitrogênio, é uma espécie que se desenvolve sob radiação direta (SOUZA; LORENZI; 2012; CARVALHO 2002).

No entanto, a característica do solo pode ser um fator limitante. *M. scabrella*, possui o atributo ecológico de ser fonte de adubação pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, elevada fixação de nitrogênio, melífera (SOUZA; LORENZI; 2012; STOFFEL *et al.*, 2013), destaca-se por colonizar terrenos profundamente alterados, no entanto a falta de disponibilidade hídrica seja pouco propícia ao seu desenvolvimento (CARPANEZZI, 1990; CARVALHO, 2002).

As definições observadas para a mortalidade e desenvolvimento das bracatingas observadas neste estudo, direcionam aos distintos resultados observados na estrutura da regeneração natural. Embora, sob as condições deste estudo, não tenha sido observada relevância das intensidades das práticas silviculturais para o número de regenerantes, número de espécies e para a altura total média, o objetivo central da restauração ecológica é garantir e acelerar os processos ecológicos envolvidos na dinâmica ecológica durante a reconstrução de uma floresta. Desta forma, em relação a aplicação das práticas silviculturais, deve-se preconizar o exercício mínimo da mesma, para garantir este processo.

Neste estudo, a regeneração natural sob plantio homogêneo de bracatingas para restauração ecológica, se mostrou beneficiada pela maior intensidade das práticas silviculturais devido ao elevado grau de antropização, especialmente evidenciado pela presença de espécies exóticas invasoras nas áreas de restauração. Não é desejável o recrutamento de espécies exóticas invasoras, como a *H. dulcis* (SEKI *et al.* 2022), e *R. niveus* observadas na restauração, com destaque no bloco de menor intensidade das práticas silviculturais (MeM). As exóticas invasoras tendem a produzir alterações ecológicas e fragilidades ambientais por vezes irreversíveis nos ecossistemas, como extinguir localmente espécies nativas e proporcionar maior susceptibilidade a incêndios florestais (PYSEK *et al.*, 2012; VAN KLEUNEN *et al.*, 2015).

Em comparação com outros trabalhos, um índice de diversidade de Shannon acima de 2,0 caracteriza uma diversidade mediana, especialmente para florestas que sofrem interferências antrópicas e possuem estágio de sucessão secundária em domínio de Floresta Ombrófila Mista, o que torna os índices de diversidade e equabilidade, no bloco de maior frequência nas práticas silviculturais satisfatórios para o processo sucessório (MAUHS, 2002; NASCIMENTO *et al.*, 2001; MAÇANEIRO *et al.*, 2016; MAZON; SILVA; WATZLAWICK, 2019).

Adicionalmente, a riqueza e fitossociologia observadas são compatíveis com o esperado para a tipologia estudada, em que as espécies de maior abundância são também

identificadas em outros estudos conduzidos em florestas Ombrófila Mista (JURINITZ; JARENKOW, 2003; ARANHA, 2014; FELITTO *et al.*, 2017).

Contudo, o comportamento da regeneração natural pode variar no tempo e no espaço, conforme as características propícias para seu desenvolvimento são alcançadas. Neste sentido, o crescimento ascendente dos índices de diversidade do fuste à extremidade da copa, favorece o desenvolvimento de espécies com forma de vida arbórea, mas principalmente arbustiva (COELHO *et al.*, 2004), pelos maiores índices de equabilidade Pielou nesta forma de vida.

Embora as intensidades nas manutenções não tenham proporcionado efeito sobre a composição florística entre os blocos, a equabilidade e abundância de espécies exóticas de potencial invasor ocorre com maior expressividade sob menores intensidades de práticas silviculturais, e os processos ecológicos são melhor conferidos para o bloco de maior intensidade de manutenções.

Entre as espécies potenciais, são observadas qualidades adaptativas interessantes à restauração, como *Schinus terebinthifolia* (aroeira-pimenteira) com capacidade de superar plantas infestantes, possuir elevado desenvolvimento associado, formação de um sistema radicular mais amplo e capaz de explorar os recursos do solo. *Eugenia uniflora* (pitangueira) e *Allophylus edulis* (vacum), são tolerantes às diferentes condições de umidade do solo e luminosidade (SOUZA *et al.*, 2001; BACKES; IRGANG, 2002; MEYER *et al.*, 2013; MARCUZZO; ARAÚJO; GASPARIN, 2014).

Outro benefício que pode ser mencionado para as espécies de maior destaque é sua importância para a fauna, especialmente aves. *S. terebinthifolia* e *M. coriacea* são recurso alimentar pela frutificação prolongada, em especial durante o inverno, quando a oferta de alimentos é escassa, além de coincidir com o período reprodutivo da maioria das aves da região, provavelmente desempenhando relevante papel no balanço energético e nutricional dos filhotes (JESUS; MONTEIRO-FILHO, 2007; BEGNINI; CASTELLANI, 2013; GASPARINI; BARRETO; CAVATTE, 2020).

A espécie *C. sylvestris*, por sua vez, possui características favoráveis à sustentação de uma grande variedade de aves frugívoras, inclusive migratórias, dispersoras de sementes que favorece a evolução da comunidade vegetal, apresentando, portanto, grande potencial de utilização em projetos de manejo conservacionista (ATHIÊ; DIAS, 2011). No caso do *J. puberula*, além apresentar destaque na composição florística da Mata Atlântica (HIGUCHI *et al.*, 2012), compreende precoce frutificação auxiliando na sua distribuição e no enriquecimento do banco de sementes do solo.

7.5 CONCLUSÕES

As características silviculturais do plantio homogêneo de *Mimosa scabrella* demonstrou efeito positivo para a sobrevivência e altura das árvores quando submetida a maior intensidade das práticas silviculturais.

Os efeitos sobre a regeneração natural são mais expressivos para as características dendrométricas da árvore de cobertura do que para intensidade das práticas silviculturais aplicadas sobre as áreas. Porém, de acordo com o índice de diversidade e os parâmetros fitossociológicos na estrutura horizontal e vertical, sugere-se a aplicação de uma maior intensidade das práticas silviculturais.

A estratificação marcada pelas espécies *M. coriacea*, *A. edulis* e *J. puberula* basicamente em todos os estratos no bloco com maior intensidade das práticas silviculturais (MaM), e *S. terebinthifolia*, *M. coriacea* e *A. edulis* no bloco de menor intensidade (MeM), expressam potencial para uso em áreas similares da Floresta Ombrófila Mista, sob distintas aplicações de manejo silvicultural.

Ao considerar o elevado grau de antropização das áreas, as práticas silviculturais, mesmo que em menor intensidade, devem ser aplicadas de modo a prevenir propagação de espécies com potencial invasor que descaracterizam a tipologia original.

A proposta de Monitoramento AZE, se mostrou adequada para o levantamento florístico e fitossociológico de áreas em processo de restauração ecológica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3. ed. rev. amp. Ilhéus: Editus, 2016, 200 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: 20. out. 2020.
- ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARANHA, B. A. Caracterização da vegetação e flora do Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba, Santo André – SP: subsídios para o plano de manejo. **IF Série Registros**, n. 51, p. 45-119, 2014.
- ARAÚJO FILHO, A. da S. *et al.* Determinação de cobertura de copa e obtenção de parâmetros estruturais em plantio de espécies florestais nativas aos 17 meses. *In: Recursos hídricos: gestão, planejamento e técnicas em pesquisa*. OLIVEIRA, R. J. de (Org.), v. 2, 2022.
- ATHIÊ, S.; DIAS, M. M. Frugivoria e dispersão de sementes por aves em *Casearia sylvestris* Sw. (Salicaceae) na região centro-leste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 13 n.1, 2, 3, p. 79-86, 2011.
- BADANO, E. I. *et al.* Facilitation by nurse plants contributes to vegetation recovery in human-disturbed desert Ecosystems. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, p. 485-497, 2016.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.
- BASSO, S. *et al.* Introdução de *Mimosa scabrella* Bentham em áreas ciliares através da transposição de amostras de solo. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 684-686, 2007.
- BEGNINI, R.; CASTELLANI, T. Chuva de sementes sob a copa de fêmeas e machos de *Myrsine coriacea*, árvore pioneira da Mata Atlântica brasileira. **Journal of Tropical Ecology**, v. 29 n. 5, p. 391-399, 2013.
- BERNHARDT, E. S. *et al.* Synthesizing US river restoration efforts. **Science**, v.308, p. 636-637, 2005.
- BIGARELLA, J. J. **Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba**. 7 ed. Boletim da Universidade Federal do Paraná: Geologia, v. 1, v. 7, 1962, 1000 p.
- BOGO, A. C.; LAURENTI, C. Análise do comportamento e sociedade: implicações para uma ciência dos valores. **Psicologia Ciência e Profissão (Online)**, v. 32, n. 4, p. 956-71, 2012. DOI: 10.1590/S1414-98932012000400014
- BRANCALION, P. H. S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R. R. **Restauração ecológica**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos., 2015. 432 p.
- BRANCALION, P. H. S.; RAGVIANI, B. B. N. STRASSBURG; RODRIGUES, R. R. Finding the money for tropical forest restoration. **Unasyuva**, v. 63, p. 41-49, 2012.
- BRITTEZ, R. M. Aspectos ambientais a serem considerados na restauração da Floresta com

- Araucária no estado do Paraná. **Pesquisa Florestal brasileira**, Colombo, n.55, p.37-43, 2007.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984. 226 p.
- CANTARELLI, S. B.; MAFFRA, C. R. B.; TURCHETTO, F. T. Desenvolvimento inicial de cinco espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica em plantios de recomposição florestal no Sul do Brasil. *In: Engenharia Florestal: contribuições, análises e práticas em pesquisa*. OLIVEIRA, R. J. de (Orgs.), **Editora Científica Digital**, v. 1, 1 ed., p. 90-104, 2022.
- CARVALHO, T. S.; VALE, V. de A.; SOUZA, K. B. de. Impactos econômicos da crise hídrica na região Metropolitana de Curitiba em 2020. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 42, n. 140, p. 107-122, 2021.
- CARPANEZZI, A. A. *et al.*, Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. *In: 6º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, (Anais...)*, Campos do Jordão, 1990. p. 216-217.
- CARON, B. O. *et al.* Crescimento inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 58-60, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Bracatinga** (Circular Técnica 59). Colombo: Embrapa Florestas. 2002, p. 12.
- CHASE, M. W. *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105–121, 2009.
- CITADINI-ZANETTE, V. *et al.* *Mimosa scabrella* Benth. (Fabaceae) Enhances the restoration in coal mining areas in the Atlantic rainforest. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 103-114. DOI: 10.1590/01047760201723012245
- COELHO, R. A.; RICCI, M. S. F.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; COSTA, J. R. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. **Agronomia**, v. 38, n. 2, p. 23-28, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). *In: CARPANEZZI, A. A.* EMBRAPA, (Documentos 20). Curitiba, 1988. 70 p.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2003. 64 p.
- FELITTO, G.; LOZANO, E. D.; CANESTRATO, B. K.; KERSTEN, R. de A. Riqueza, composição e estrutura da comunidade arbustivo-regenerante em diferentes estágios sucessionais de uma Floresta Subtropical do Brasil. **Hoehnea**, v. 44, n.4, p. 490-504, 2017.
- GALIZIA, L. F. de C.; RAMIRO, G. A.; ROSA, C. J. de C. Qualidade das atividades silviculturais e silvicultura de precisão. **Série Técnica IPEF**, v. 24, n. 45, 2016.

- GASPARINI, V.; BARRETO, I.; CAVATTE, P. C. **Acúmulo de carboidratos em sementes de *Myrsine coriacea* ao longo de um gradiente de altitude.** Vitória, Anais da Semana de Biologia da UFES – Botânica, v. 1, p. 7, 2020.
- GERBER, D. *et al.* *Mimosa scabrella* Benth. planted for forest restoration in southern Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e33710312629, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.12629.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.
- HAUER, M. As florestas no Paraná: um processo de involução. *In*: SONDA, C.; TRAUZYNSKI, S.C. (Orgs.). **Reforma agrária e meio ambiente: teoria e prática no estado do Paraná.** Curitiba: ITCG, 2010. p. 27-44.
- HIGUCHI, P. *et al.* Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.
- HOLL, K. D. **Fundamento da restauração ecológica.** México CDMX: CoIt-arXives, 2023. Disponível em: <copitarxives.fisica.unam.mx/LT0004PT/LT0004PT.html>. Acesso em: jun 2023.
- JESUS, S. de; MONTEIRO-FILHO, E. L. de A. Frugivoria por aves em *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) e *Myrsine coriacea* (Myrsinaceae). **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 4, p. 585-591, 2007.
- JURINITZ, C. F.; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 475-487, 2003.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Hans Lamprecht. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1990.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** 4ª ed. Ponta Grossa: UEPG., 2017. 526 p.
- MAÇANEIRO, J. P. de; SEUBERT, R. C.; HEILMANN, A.; SCHORN, L. A. Regeneração de uma Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Biotemas**, v. 29, n. 4, p. 31-41, 2016.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement.** New Jersey: Princeton University Press, 1988.
- MARCUZZO, S. B.; ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E. Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em unidades de conservação: um estudo de caso no Sul do Brasil. **Revista Floresta**, [S.l.], v. 45, n. 1, p. 129-140, 2014. DOI: 10.5380/ufv45i1.32763.
- MAUHS J. **Fitossociologia e regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila**

- Mista exposto a perturbações antrópicas.** 2002. 65 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2002.
- MAZON, J. A.; RODRIGUES SILVA, R. A.; WATZLAWICK, L. F. Estrutura e composição da regeneração natural em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 39, n. 1, 2019.
- MAZUCHOWSKI J. Z. *et al.* **Bracatinga**, *Mimosa scabrella* Bentham: cultivo, manejo e usos da espécie. Florianópolis: EPAGRI. 2014. 364 p.
- MEYER, L. *et al.* Regeneração natural da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *In*: VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A.L.; LINGNER, D.V. (Org.). **Floresta Ombrófila Mista**. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina. Blumenau: Edifurb, 2013. v.3, p. 191-222.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 6ª ed., 2016.
- NASCIMENTO, A. R.T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Nova Prata, RS. v. 11, p. 105-119, 2001.
- NASCIMENTO, L. A. do; LINGNAU, C.; STOLLE, L. Diagnóstico da Reserva Legal e Área de Preservação Permanente em uma propriedade rural Estação Experimental Canguiri da Universidade Federal do Paraná. *In*: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, (Anais...), Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4081-4087.
- OLIVEIRA, M.; CAMPOS, V. H. C. C. [Coords.] **Relatório de oportunidades de restauração na bacia do rio Gualaxo do Norte, Minas Gerais, Brasil**: resultados da aplicação da ROAM (Online). 1 ed. São Paulo: WRI Brasil: Fundação Renova, 2020. 104 p.
- PYSEK, P. *et al.* A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. **Global Change Biology**, v. 18, p. 1725-1737, 2012.
- RECH, C. C. C. *et al.*, Avaliação da restauração ecológica de uma APP degradada em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, UDESC, Lages, v. 22, n. 2, p. 194-203, 2015.
- RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel**: guia prático. Viçosa: UFV, 2004. 251 p.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.
- SALLES, J. de O. Atores sociais do desmatamento no Paraná 1940 - 1960: contribuições para uma história da indústria madeireira. *In*: SONDA, C.; TRAUZYNSKI, S.C. (Orgs.). **Reforma agrária e meio ambiente**: teoria e prática no estado do Paraná. Curitiba: ITCG, 2010. p. 45-82.
- SEKI, M. S.; BLUM, C. T. RÍOS, R. C.; BARDDAL, M. L.; DUARTE, E.; VIEIRA, R. de S. Composição florística e fitossociológica de ecótono entre floresta ombrófila mista e

floresta estacional semidecidual. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, e8356, 2022.

- SILVA, I. A. da; CAMPAGNA, A. R.; LIPP-NISSINEN, K. H. Recuperação de áreas degradadas por mineração: uma revisão de métodos recomendados para garimpos. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 45, n. 691, p. 1-22, 2018.
- SILVA, J. O. *et al.* Heterogeneidade ambiental e regeneração natural em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 112, p. 787-797, 2016.
- SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa: UFV, 2013. 322 p.
- SOUZA, A. P.; VENTURIN, N.; MACEDO, G. L. R.; ALVARENGA, N. I. M.; SILVA, F. V. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 43-52, 2001.
- SOUZA, K. K. F. 2015. **Efeito da adubação mineral no crescimento e produção de óleo essencial de espécies florestais no primeiro planalto paranaense, Pinhais-PR**. 142 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III**. Instituto Plantarum de estudos da flora LTDA. 3ª ed. 2002, p.768, 2012.
- STOFFEL, S. C. G. *et al.* Eficiência de nodulação e fixação de nitrogênio por rizóbios em leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de áreas degradadas pela atividade de mineração de carvão em Criciúma, SC. *In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Anais ...)*, Florianópolis, SC. 2013. Disponível em: <eventosolos.org.br/cbcs2013/>. Acesso em: jul. 2023.
- VAN KLEUNEN, M. *et al.* Global exchange and accumulation of non-native plants. **Nature**, v. 525, p. 100-103, 2015.
- VERGNE, D. C.; ALMEIDA, H. S.; CAMPOS, C. C. F.; MARTINS, N. S.; RAMOS, F. N. Isolated trees with high crown coverage and densities increase pasture seed rain. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, p. 486-494, 2016.
- WACHOWICZ, R. C. **História do Paraná**. 4ª ed. Curitiba: Editora Gráfica Vicentina Ltda., 1977. 185 p.
- WILSEY, B. J. *et al.* Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**, v. 86, n. 5, 2005, p. 1178–1184.
- ZANGALLI, C.; MARTINS, D. A. P.; BUSS, T. O. de L.; KANIESKI, M. R.; LOURENÇO, G. de J. Influência de variáveis climáticas no desenvolvimento de *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolia* em áreas de recuperação pós-mineração no Sul do Brasil. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 9, n. 2, p. 1717-1727, 2022.

"Eu sou um filho da floresta... Nenhum telhado cobre o local onde nasci, carvalhos e folhas sombreiam sua solidão e a grama cresce em cima dele. A primeira música que ouvi foi dos pássaros da floresta, os meus primeiros ambientes foram árvores. Assim, meu nascimento determinou a minha vocação"
(Johann Heinrich Cotta, o primeiro Engenheiro Florestal que tem conhecimento, fundador da primeira escola de Engenharia Florestal, e foi o pioneiro da silvicultura científica)

8 CAPÍTULO VII – RECOMENDAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA E A DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE⁷

RESUMO

Com o propósito de fornecer possibilidades para o levantamento florístico e fitossociológico, e demais análises voltadas à estrutura da regeneração natural em áreas conduzidas sob os preceitos da restauração ecológica, é necessário continuamente evoluir nos procedimentos voltados à temática. Portanto, o objetivo deste estudo é compilar as informações obtidas nos capítulos anteriores, e recomendar procedimentos para restauração florestal da Mata Atlântica, além de apresentar orientações de aplicação para a proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE). As informações sobre as estratégias são provenientes de áreas com a condução de restauração ativa, no uso de espécies arbóreas facilitadoras em plantios heterogêneos e homogêneos, em formações originalmente, ombrófilas densa e mista, respectivamente. O Monitoramento AZE baseia-se na coleta de dados da regeneração natural sob as copas das espécies de dossel e de maior representatividade nas áreas em processo de restauração ecológica. Sob a seleção das copas das espécies de cobertura, são mensurados os regenerantes a partir de zonas ecológicas, a cada metro de raio de distância do fuste à extremidade da copa, de modo que futuros estudos possam aprimorar esta etapa importante em projetos de restauração. Conclui-se que os procedimentos recomendados são importantes às distintas etapas do processo de restauração ecológica, que as estratégias aplicadas nas áreas para restauração da Floresta Ombrófila Densa (FOD) e da Mista (FOM), tiveram efeito positivo na silvicultura da restauração e na ecologia da restauração, podendo, portanto, ser replicadas em áreas de tipologia e graus de perturbação antrópica semelhantes. A proposta de Monitoramento AZE, por sua vez, deve ser testada em diferentes ecossistemas e dimensões das áreas em restauração, uma vez que se mostrou adequado para o levantamento da composição florística e estrutura fitossociológica nas áreas estudadas.

Palavras-chave: Ecologia da restauração; Silvicultura da restauração; Monitoramento; Estrutura da regeneração.

⁷ Capítulo em formato artigo desenvolvido para posterior publicado em cartilha /ou e livro.

8.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a restauração ecológica tem assumido um papel ascendente no setor das ciências agrárias, associado ao desenvolvimento sustentável. A inovação de métodos e técnicas acompanham esse crescimento e buscam diferentes formas de aplicar projetos de restauração, de modo a atender os objetivos ecológicos de funcionamento esperado para os ecossistemas naturais, com menores custos de implantação (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; CURY; CARVALHO JR., 2011).

O histórico do processo de evolução dos métodos de restauração ecológica, pode ser dividido em etapas. No início das práticas, eram realizados plantios de mudas nativas sem um critério de escolha das espécies. Depois de aderir os conceitos da ecologia da restauração, os plantios começaram a seguir formulações distintas, como os plantios de preenchimento e de enriquecimento (SOS – MATA ATLÂNTICA, 2009). Por conseguinte, as práticas silviculturais contribuíram para acelerar os processos de sucessão ecológica, especialmente aumentando a taxa de sobrevivência e desenvolvimento das arbóreas plantadas (LAMPRECH, 1990; FERREZ *et al.*, 2015), e conseqüentemente a germinação de sementes pela regeneração natural.

Progressivamente, o aprimoramento dos métodos e técnicas, com experimentações de maneira conjunta ou individual se tornou muito comum, variando na quantidade de espécies arbóreas e arbustivas, consórcios com leguminosas herbáceas, além de aplicações distintas na disposição e quantidade de núcleos para restauração ecológica (DARONCO; MELO; MACHADO, 2012; DIAS; UMETSU; BREIER, 2014; KLIPPEL *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2019; PIAIA *et al.*, 2021a).

Independentemente dos métodos e técnicas aplicados para desencadear os processos ecológicos, a garantia de sucesso de uma restauração está relacionada essencialmente a sobrevivência de espécies arbóreas pioneiras, geralmente facilitadoras, que proporcionam condições de dinâmica ecológica e evolução para estágios mais avançados de sucessão da floresta (ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA – NBL; THE NATURE CONSERVANCY – TNC, 2013; FERREIRA *et al.*, 2013).

Comumente, este sucesso é determinado por meio de indicadores ecológicos, como riqueza, diversidade, fitossociologia, síndrome de dispersão e grupo ecológico da maioria das espécies regenerantes, e por vezes, do banco de sementes e análise da serapilheira (PIÑA-RODRIGUES; AOKI, 2013; VILLA *et al.*, 2016). Boa parte das avaliações realizadas, forneceram diversas informações sobre quais espécies possuem aptidão às adversidades de solos degradados, indicações sobre estratégias, e também resultaram em muitos avanços na

ciência, e na elaboração de diversos manuais de orientação sobre restauração ecológica e suas regulamentações (SOS – MATA ATLÂNTICA, 2009; REIS; DAVIDE; FERREIRA, 2014; ROVEDDER *et al.*, 2018; PIAIA *et al.*, 2021b).

Contudo, a restauração ecológica tem recebido poucas informações consistentes, no sentido de propiciar avanços práticos importantes para o estabelecimento de modelagem e parâmetros, que possam promover o estabelecimento de indicadores do monitoramento, capazes de subsidiar políticas públicas bem embasadas, com planos de ação adaptativos às circunstâncias, sejam elas ambientais ou financeiras (BARBOSA, 2019; HOLL 2023). Portanto, avaliar esta evolução tem assumido uma situação ímpar na temática restaurativa. Além disso, os custos voltados ao monitoramento das áreas em processo de restauração, ainda são onerosos (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Adicionalmente, a restauração é exercida, se não em sua totalidade, em áreas protegidas que precisam ser conhecidas e melhoradas constantemente, pela elevada importância social, econômica e ambiental (MARAGLHÃES; PIMENTEL, 2013). Como agravante, permanentes são as discussões relativas à legislação e aos limites das faixas de preservação permanente, a exemplo disso, recentemente um projeto de lei foi aprovado e transfere responsabilidades quanto à definição dos limites das Áreas de Preservação Permanente (APP's) urbanas aos municípios (MEDEIROS *et al.*, 2021).

Portanto, a exemplo do percurso histórico de desenvolvimento de métodos e técnicas com base nas necessidades da restauração ecológica, é necessário também desenvolver meios de monitorar as áreas em restauração. Desta forma, com o intuito de aprimorar o monitoramento dos projetos de restauração, promover acessibilidade prática para o monitoramento, é necessário sinalizar estratégias, informações e análises dos indicadores ecológicos mínimos de aplicação. Ademais, propostas que visam a efetividade da atividade de monitoramento sob distintos ecossistemas e dimensões das áreas sob processo de restauração devem ser apontadas.

De acordo com os resultados dos capítulos apresentados, quais as recomendações sobre as estratégias de restauração ecológica de áreas protegidas no bioma Mata Atlântica e quais as diretrizes da proposta de Monitoramento AZE? Este estudo, tem como objetivo é compilar as informações obtidas nos capítulos anteriores, e recomendar procedimentos para restauração florestal da Mata Atlântica, além de apresentar orientações de aplicação para a proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE)

8.2 MATERIAL E MÉTODOS

8.2.1 Recapitulando as estratégias de restauração

As estratégias de restauração avaliadas correspondem a condução plantios heterogêneos com uso de 10 espécies arbóreas facilitadoras em distintas proporções, igual e desigual quantidade de mudas por espécie. Esta estratégia foi aplicada na Reserva Natural Guaricica, em formação Ombrófila Densa (FOD), no município de Antonina – PR.

Outro conjunto de estratégias avaliado corresponde aos plantios homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, com distintas intensidades de manejo das práticas silviculturais, aplicada na Estação Experimental Fazenda Canguiri, inserida em Área de Proteção ambiental, em formação Ombrófila Mista (FOM), no município de Pinhas – PR.

Em ambas as áreas foram avaliados os comportamentos resultantes das estratégias sobre o desenvolvimento das arbóreas plantadas e sobre a regeneração natural, que foi mensurada pela proposta de Monitoramento AZE. Tais avaliações foram efetivadas respondendo uma pequena lista de perguntas (QUADRO 8).

QUADRO 8 – PERGUNTAS PARA OS ESTUDOS DOS CAPÍTULOS ANTERIORES

Quais as informações disponíveis sobre as estratégias de restauração ecológica de áreas protegidas do bioma Mata Atlântica?
Qual a transformação na cobertura vegetal de áreas em restauração, a partir de imagens dos satélites LANDSAT?
Qual a proporção de árvores por espécie, resulta em melhores condições de desenvolvimento das arbóreas facilitadoras na restauração?
As distintas proporções por espécie, afetam a cobertura de epífitas e taquaras sobre as espécies plantadas?
Quais os efeitos das estratégias de restauração ecológica na regeneração natural, obtidos com uso da proposta de Monitoramento AZE?
O desenvolvimento da arbórea facilitadora <i>M. scabrella</i> , e a composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração são influenciadas pelas intensidades das práticas silviculturais empregadas na restauração ecológica?

FONTE: A autora (2023).

8.2.2 A construção da proposta de Monitoramento AZE

Inicialmente, a proposta de Monitoramento tinha o objetivo de levantar informações acerca da exclusividade da regeneração sob copas de arbóreas facilitadoras, na restauração florestal, e demais áreas, mesmo conservadas da Mata Atlântica.

Ideias semelhantes foram aplicadas como metodologia de coleta de dados em alguns estudos, como o levantamento florístico associado a *Schinopsis brasiliensis* Engl., em formação semiárida da Caatinga (ROCHA *et al.*, 2016); avaliação do efeito de poleiros artificiais no aporte de sementes (DIAS; UMETSU; BREIER, 2014); avaliação da regeneração natural do

Cerrado sob florestas com espécies nativas e exóticas (DURIGAN *et al.*, 2004); a regeneração sob copas de árvores isoladas (BELAN, 1991), entre outros.

É crescente necessidade de monitorar áreas restauradas de diferentes dimensões e estágio de sucessão; e explorar seus indicadores ecológicos mínimos, tem preocupado empresas privadas e organizações não-governamentais que precisam apresentar resultados relacionados à temática, no entanto, apresentam um orçamento reduzido para tal finalidade. É comum não considerar as atividades de monitoramento, ou interpreta-se erroneamente, gerando planos de monitoramento incapazes de avaliar o sucesso da restauração (BERNHARDT *et al.*, 2005; HOLL, 2023).

Por esta razão trabalhou-se para formular e aderir uma proposta que possa ser aplicável no monitoramento da restauração ecológica, que se supere estas situações. A proposta sugerida é aprimorar o levantamento sob as copas de arbóreas facilitadoras, e facilitar as avaliações quando na aplicação de distintas estratégias em uma mesma área, ou ainda, ser aplicável em áreas com tamanhos distintos, a exemplo da legislação estadual de Santa Catarina que permite a regularização da propriedade com apenas 5, 8 ou 15 metros de área de preservação permanente (Lei Nº 14.675/2009, Decreto Nº 42/2015).

Neste sentido, e a fim de definir suas diretrizes para o levantamento da regeneração natural com uso da proposta de Monitoramento AZE, algumas avaliações foram realizadas nos capítulos anteriores, em restauração da formação ombrófila densa com plantios heterogêneos e ombrófila mista com plantios homogêneos, são elas:

- Efeito das características dendrométricas das árvores selecionadas;
- Efeito de diferentes proporções de espécies no plantio de restauração;
- Efeito das condições ambientais à coleta;
- Efeito da espécie de cobertura à coleta;
- Esforço amostral pelas curvas de rarefação;
- Composição florística: dissimilaridade, diversidade e equabilidade;
- Estrutura fitossociológica: estrutura horizontal e vertical.

8.3 RESULTADOS

8.3.1 Procedimentos para restauração ecológica da Mata Atlântica

Quais as informações disponíveis sobre as estratégias de restauração ecológica de áreas protegidas do bioma Mata Atlântica?

A restauração ecológica é uma atividade ascendente no nível local, regional e consequentemente, no nível nacional e mundial. A necessidade de restaurar os ecossistemas, especialmente as matas ciliares, reserva legal, além de melhorar a qualidade florestal das unidades de conservação é o ponto de partida para qualquer entidade pública ou privada melhorar sua esperança futura na produção de qualidade a menores custos, e inclusive, atender a qualidade de vida das pessoas direta ou indiretamente envolvidas.

Devido às fragmentações dos ecossistemas e as permanentes ações de degradações existentes, a restauração ecológica enfrenta muitas adversidades em sua aplicação. A restauração ativa, é a metodologia preferida e uma grande riqueza de espécies se destaca entre os estudos avaliados.

No que compete a ciência, ainda são necessárias evoluções nas metodologias e técnicas de restauração ecológica/florestal, seja por uma finalidade produtiva ou de conservação. É necessário investir e discutir diretrizes básicas para estudos sobre a temática e sobre a publicação dos mesmos tendo em vista garantir replicações assertivas das estratégias testadas.

Observados a diversidade de fatores, espécies e ecossistemas que interferem na replicação e evolução de projetos de restauração florestal, recomenda-se que os futuros estudos sejam norteados por informações mínimas para progresso da ciência na temática restaurativa, e ressalta-se que o monitoramento, quando de restauração ativa, contemple avaliações de desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas, a fim de subsidiar novos projetos.

Qual a transformação na cobertura vegetal de áreas em restauração, a partir de imagens dos satélites LANDSAT?

A transformação da cobertura vegetação pode ser identificada por meio da análise de imagens LANDSAT. O recobrimento da vegetação de áreas em restauração observado pelo NDVI, expressou diferenças sobre sua evolução considerando períodos antes e depois da implantação, sendo maior progresso para área cujo entorno também foi isolado de fatores degradantes.

Comparando a efetividade das restaurações nas áreas protegidas, sob distintas abordagens de conservação, a condução dos plantios de restauração deve impreterivelmente estar atrelada a conscientização ambiental, políticas públicas de apoio a conservação e

isolamento dos fatores degradantes para garantir a conectividade da paisagem em áreas protegidas da Mata Atlântica.

Qual a proporção de árvores por espécie, resulta em melhores condições de desenvolvimento das arbóreas facilitadoras na restauração?

A área de FOD, anteriormente voltada a atividade de bubalinocultura com elevada dominância da gramínea exótica *Urochloa* spp, foi amplamente recoberta pelas espécies arbóreas plantadas. As arbóreas responderam com um comportamento silvicultural mais heterogêneo em suas características dendrométricas, qualitativas do fuste e da estratificação, quando plantadas sob a mesma quantidade de mudas por espécie.

Em termos comerciais, o desejável é um comportamento mais homogêneo que acarreta na aplicação de plantios com diferentes quantidades de mudas por espécie. No entanto, tratando-se da restauração ecológica, a heterogeneidade silvicultural das espécies sugere maiores semelhanças ao ambiente natural das florestas. No contexto ecológico mais amplo, em futuros projetos de restauração, é recomendável o uso de iguais e desiguais proporções de mudas por espécie, uma vez que o desenvolvimento delas na área para recobrimento do solo foi alcançado. Porém, considerando as variações ambientais existentes na área que podem ser identificadas durante os diagnósticos, e, neste caso, foram de abrangência pedológica.

Ao mesmo tempo, embora sejam observadas tendências, a natureza não segue um padrão de comportamento silvicultural, principalmente frente às adversidades impostas pelas atividades antrópicas, que são bastante variáveis no tempo, no manejo e na intensidade. Então, é necessário garantir primariamente que o recobrimento das áreas a restaurar ocorra em base nas estratégias aplicadas em Antonina – PR, com plantio heterogêneo de 10 espécies arbóreas facilitadoras inseridas sob distintas proporções. No âmbito da restauração é de suma importância superar o recobrimento do solo para posteriores estágios de sucessão.

As distintas proporções por espécie, afetam a cobertura de epífitas e taquaras sobre as espécies plantadas?

A cobertura de epífitas foram afetadas pela proporção de plantio. A desigual quantidade de mudas por espécie expressou melhor cobertura de epífitas no fuste. No caso da cobertura de epífitas na copa, sua distribuição nas partes interna e externa foi influenciada pelas

proporções. A copa inferior apresentou maior heterogeneidade em igual proporção de plantio e na copa externa em desigual.

Contudo, as possibilidades de outras formas de vida se desenvolver, seja pelas diferenças de luminosidade, de umidade, ou na diferenciação das copas e estratos, diversifica diretamente às possibilidades de abrigo e alimento para a fauna que é outro aspecto de suma importância na restauração. Neste sentido, pode-se mencionar a maior cobertura de epífitas, características e desejáveis na tipologia estudada e que diferiram em sua cobertura para as proporções aplicadas e pelas quais diversificam o fornecimento de nutrientes, umidade e alimento a invertebrados e a avifauna, essencialmente.

Por parte deste estudo, as espécies que contribuíram em ambas as proporções de plantio e são recomendadas em ambas as características ambientais encontradas, foram *Alchornea glandulosa*, *Inga edulis* e *Myrsine coriacea*, por sua elevada aptidão frente às adversidades atuantes. Outros destaques podem ser observados para *Mimosa bimucronata* e *Senna multijuga*, que demonstram uma gradual saída do sistema implantado e propiciam a dinâmica de clareiras na área, observadas também nas imagens de satélite e que será sustentada pelo banco de sementes formado durante os 16 anos de restauração.

É preciso salientar que o banco de sementes muitas vezes não inclui espécies recalcitrantes limitando as possibilidades de regeneração. Além disso, a área em questão também possui aditivos de espécies, nem sempre benéficas à restauração, como as taquaras do gênero *Merostachys* spp. A cobertura das taquaras é associada a áreas com algum grau de perturbação. Sabe-se que neste caso, sua distribuição ocorreu após a incidência de raios que causou a mortalidade de 3 linhas inteiras de plantio.

O fato, é que nesta situação foi observado benefícios na diversidade da regeneração natural, que foi superior em ambas as proporções na condição taquaral do que em ambas as proporções na condição piscinas, aliás, a regeneração natural não foi influenciada pelas proporções de plantio.

Quais os efeitos das estratégias de restauração ecológica na regeneração natural, obtidos com uso da proposta de Monitoramento AZE?

Quando avaliados os regenerantes das parcelas na FOD, foi possível identificar que as características dendrométricas das espécies de cobertura, juntamente às características ambientais das condições piscinas e taquaral, como a elevada cobertura de taquaras, proporcionou melhor composição florística da regeneração natural.

Sabe-se que as taquaras não possuem capacidade fisiológica de sustentação e se estabeleceram melhor nas espécies arbóreas plantadas, com as melhores características dendrométricas, assim como a regeneração. Contrariamente ao esperado, a presença das taquaras proporcionou condições mais adequadas para o recrutamento de espécies arbóreas e arbustivas na área em restauração, embora, o crescimento em altura se mostre ligeiramente inferior às alturas da condição piscinas. No entanto, o potencial de disseminação das taquaras, deve ser observado com atenção, pois como relatado neste e em outros estudos, em suma, assumem um caráter invasor.

Em relação às espécies regenerantes identificadas, se destacaram as arbóreas *Matayba guianensis*, *Nectandra membranacea* e arbustivas *Psychotria nuda* e *P. suterella*. Estas espécies demonstram avanços no estágio sucessional da área em restauração e validam as estratégias aplicadas. Neste sentido, sugere-se que as espécies de melhor expressão silvicultural sejam priorizadas no plantio, pois assim como as características ambientais, as melhores características dendrométricas são preferidas pela regeneração natural.

O desenvolvimento da arbórea facilitadora *M. scabrella*, e a composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração são influenciadas pelas intensidades das práticas silviculturais empregadas na restauração ecológica?

Na FOM, o plantio homogêneo de *Mimosa scabrella* evidenciou que a maior intensidade de manutenções está diretamente relacionada à maior sobrevivência das árvores no processo de restauração. Notadamente a maior intensidade de manutenções garante maior sobrevivência das mudas e, por consequência, geram influência na altura total das bracingas, tornando o dossel mais homogêneo e eficiente no recobrimento da superfície do solo.

Adicionalmente, as bracingas expressaram aptidão à elevada compactação do solo existente. Neste sentido, o plantio homogêneo com uso de espécies facilitadoras pode ser bem interessante a restauradores de pequenas propriedades. O que torna esta estratégia atraente é que os custos para produção e/ou produção das mudas diminui. Neste sentido, se pode planejar atividades padronizadas de manutenção mais intensas nos plantios, e com isso, garantir a sobrevivência das mudas, o que dispensa os custos de replantio.

A área de FOM, anteriormente voltada à atividade agrícola e para formação de condutores de máquinas agrícolas, apresentava elevada compactação do solo. Os plantios em dois blocos homogêneos de *Mimosa scabrella* foram conduzidos sob diferentes intensidades de manejo das práticas silviculturais e para a regeneração natural, embora as intensidades de das

práticas silviculturais não surtiram efeito sobre o número de espécies, número de indivíduos e a altura total média dos regenerantes, estes aspectos não são os únicos que devem ser considerados para avaliação dos tratamentos aplicados. É necessário dar ênfase a quais espécies regeneraram.

Neste sentido, a maior quantidade das práticas silviculturais aplicadas resultou em uma composição florística e estrutura fitossociológica mais interessante para a restauração ecológica, em que espécies de grupos ecológicos mais avançados e de habitat de origem mais desejáveis fossem recrutadas. Além disso, a presença de espécies exóticas de caráter invasor sob menor intensidade das práticas expressa a fragilidade ambiental existente, com elevado grau de antropização e descaracterização ecológica. Desta forma, como espécies potenciais para restauração de áreas com perturbações ambientais semelhantes foram identificadas: *M. coriacea*, *Allophylus edulis* e *Jacaranda puberula* e *Schinus terebinthifolia*.

Em geral, as estratégias aplicadas tornam mais atrativa à prática da restauração ecológica com o plantio de mudas, principalmente entre a maioria dos trabalhadores rurais da agricultura familiar, que representam maior conectividade entre diferentes ambientes e deixam de plantar devido aos custos elevados na obtenção de mudas nativas para plantios de elevada diversidade.

Em segundo lugar, há uma grande escassez de viveiros florestais que produzam mudas com a diversidade de espécies esperada para uso na restauração ecológica/florestal e as estratégias propostas, além de padronizar as atividades de manutenção de campo torna sua efetividade mais acessível aos restauradores menos assistidos por instituições governamentais.

Por último, mas não menos importantes, estão os benefícios socioambientais. A união entre a silvicultura e a ecologia gera identidade da sociedade com o processo e promove estratégias promissoras aos objetivos da restauração ecológica. O plantio de mudas nas estratégias testadas foi a engrenagem necessária para acelerar os processos ecológicos e o recrutamento de espécies arbóreas, pelo efetivo recobrimento total da superfície, essencialmente. Tudo isso garante a capacidade da floresta de se renovar e perpetuar suas funções ecológicas para a continuidade dos bens e serviços da natureza para a sociedade atual, principalmente em minimizar os impactos do aquecimento global e fornecer qualidade hídrica nos ecossistemas.

8.3.2 Definição da Proposta de Monitoramento Arbóreo-arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE)

A proposta sugere que sejam selecionadas árvores, cujo desenvolvimento tenha sido representativo da restauração, em relação ao diâmetro, altura, com maior área basal, densidade ou altura total média. No entanto, possivelmente na maioria dos casos, o requisito de seleção das árvores irá favorecer a identificação rápida de tal desenvolvimento. O requisito mínimo, e impreterível para sua seleção é a presença 100% da copa no estrato de dossel da floresta em restauração.

Primeiramente, pela rapidez em identificar as árvores de dossel. Também compreende uma dinâmica estabelecida com as árvores vizinhas e demais estratos inferiores, se houver, impedindo que as parcelas (árvores selecionadas) sofram mortalidade e impeçam a possibilidade de marca-la como parcela permanente para monitoramento. Neste sentido, outro requisito de seleção refere-se à sanidade da árvore. É necessário aferir se é uma árvore em processo de senescência, visto que, projetos de restauração englobam idades distintas de um local para outro. Por fim, a arquitetura de copa. Evitar a seleção de árvores cujo formato da copa seja muito verticalizado, como o formato cônico ou elíptico vertical. São recomendadas árvores com formato de copa umbeliforme, elíptica horizontal, pendentes, globosa, figueira e caliciforme.

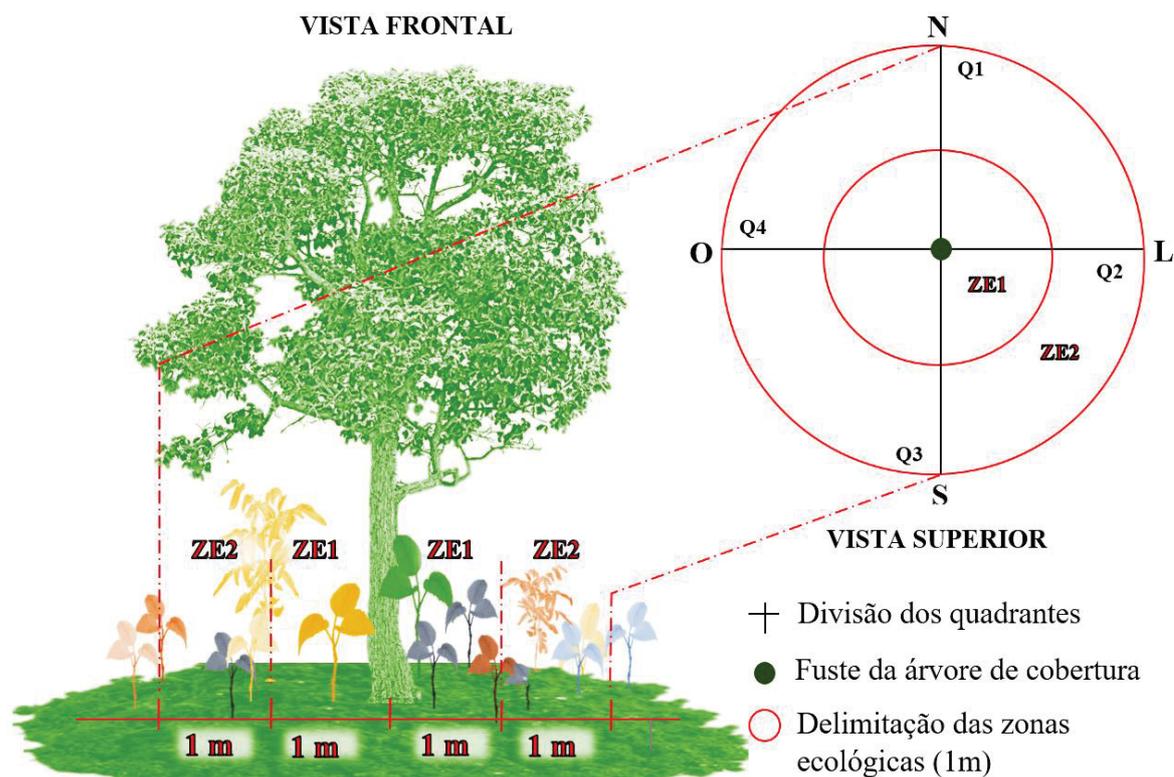
Em plantios heterogêneos sugere-se, dentro do possível, a seleção de duas a cada 10 espécies plantadas, a fim de evitar comportamentos de exclusividade da regeneração sob as copas de determinadas espécies. Além disso, espécies com capacidade alelopática devem ser evitadas. Nos plantios homogêneos e heterogêneos deve-se evitar a seleção de árvores das bordas de plantio, a fim de não subestimar a regeneração natural.

Ressalta-se, que a seleção das árvores de dossel possibilita sua seleção por meio de uso de imagens obtidas com uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) ou imagens de satélite de alta resolução, considerando uma classificação minuciosa, devido as diferenças texturais que podem confundir a seleção correta das árvores. No entanto, a habilidade de selecionar as árvores por meio de geotecnologias favorece menor tempo em campo, diminuindo os custos do levantamento. Além disso, o caminho a ser percorrido, dentro da área de restauração pode ser facilitado pelo delineamento do trajeto antes da atividade.

Selecionadas as árvores amostrais, a próxima etapa é a obtenção das coordenadas geográficas da árvore e sua instalação. A instalação se dá por zonas ecológicas. A regeneração natural pode sofrer influência da árvore de cobertura, como das árvores vizinhas. A fim de poder observar este fato, aceita-se este viés, e se faz a mensuração do fuste em direção a extremidade da copa, na forma de zonas ecológicas de metro em metro até terminar a área de projeção. Em cada zona ecológica anota-se a condição de cobertura, como presença ou ausência

de copas auxiliares. A última zona ecológica ocorre quando terminar a copa, chamada zona ecológica de transição. Portanto, quanto maior a copa, maior será o número de zonas ecológicas em cada unidade amostral (FIGURA 40).

FIGURA 40 – ESQUEMA ILUSTRATIVO SOBRE O MONITORAMENTO AZE, POR MEIO DAS ZONAS ECOLÓGICAS (ZE) E DOS QUADRANTES (Q) DISPOSTOS NAS DIREÇÕES NORTE (N), SUL (S), LESTE (L) E OESTE (O)



FONTE: A autora, 2023.

A coleta de dados pode ir além além da regeneração natural, com a divisão de cada zona ecológica em quatro quadrantes marcados por estacas de um metro, orientados com uma bússola nas direções norte, sul, leste e oeste. É possível desta forma, levantar informações de luminosidade nas diferentes direções cardeais, ou abordagens sobre a presença ou ausência de gramíneas e arbóreas ou arbustivas invasoras. Por exemplo: em todos os quadrantes de número um será observado, além da regeneração, a cobertura de gramíneas e em todos os quadrantes de número dois será coletada a serapilheira, para avaliação do banco de sementes, ou para nucleação em outras áreas, etc.

O marco inicial de cada unidade amostral do monitoramento AZE inicia-se na direção norte e segue o sentido horário nos quadrantes 1, 2, 3 e 4 (FIGURA 40). A distinção entre quadrantes foi pensada em relação a orientação solar que pode contribuir para a taxa de radiação que atinge o solo, na base da árvore e, portanto, sua regeneração e na cobertura de gramíneas.

Já a divisão por zonas ecológicas, foi delineada a partir de observações em campo sob a premissa de alteração do comportamento da regeneração do fuste para a extremidade da projeção da copa da espécie de cobertura, e em especial pelas práticas silviculturais exercidas nas entrelinhas. Uma ficha de campo organizada de acordo com estas orientações é sugerida para coleta de dados (APÊNDICE B).

Adicionalmente, pode usufruir da árvore vizinha com a instalação de armadilhas fotográficas para o monitoramento da fauna. A escolha das árvores para a instalação das armadilhas de acordo com a presença de rastro de animais, como frutos mastigados, fezes e pegadas. Neste sentido, pode-se aferir as espécies da mastofauna que visitam estes locais, contribuem para identificar nichos tróficos na área de restauração.

A instalação direta de armadilhas fotográficas na árvore de cobertura selecionada, não é aconselhável quando da mensuração da regeneração natural, uma vez que, para instalação das armadilhas é necessário limpar a área de abrangência da câmera. Em áreas de restauração, dependendo do da idade do processo restaurativo, existe esta necessidade de limpar a área de abrangência, pela presença de gramíneas que possam ativar os mecanismos de registro da câmera sob falsos movimentos.

8.4 IMPLICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos capítulos estudados, e nas perguntas respondidas durante o desenvolvimento do trabalho, citam-se algumas orientações mínimas (*checklist*) acerca da implantação, monitoramento e publicação dos resultados relativos à restauração ecológica:

8.4.1 Na restauração passiva ou plantio com técnicas de nucleação

- Isolamento dos fatores degradantes;
- Promover abrigo para a fauna;
- Realizar coroamento das mudas plantadas e regenerantes potenciais;
- Adubação semestral durante anos;
- Aplicação de hidrogel para as arbóreas pioneiras isoladas;
- Coroamento semestral (3 anos), e aplicação de hidrogel em regenerantes com características de sucessão secundárias;
- Enriquecimento arbóreo entre o 4 e 7 anos com adubação e aplicação de hidrogel.

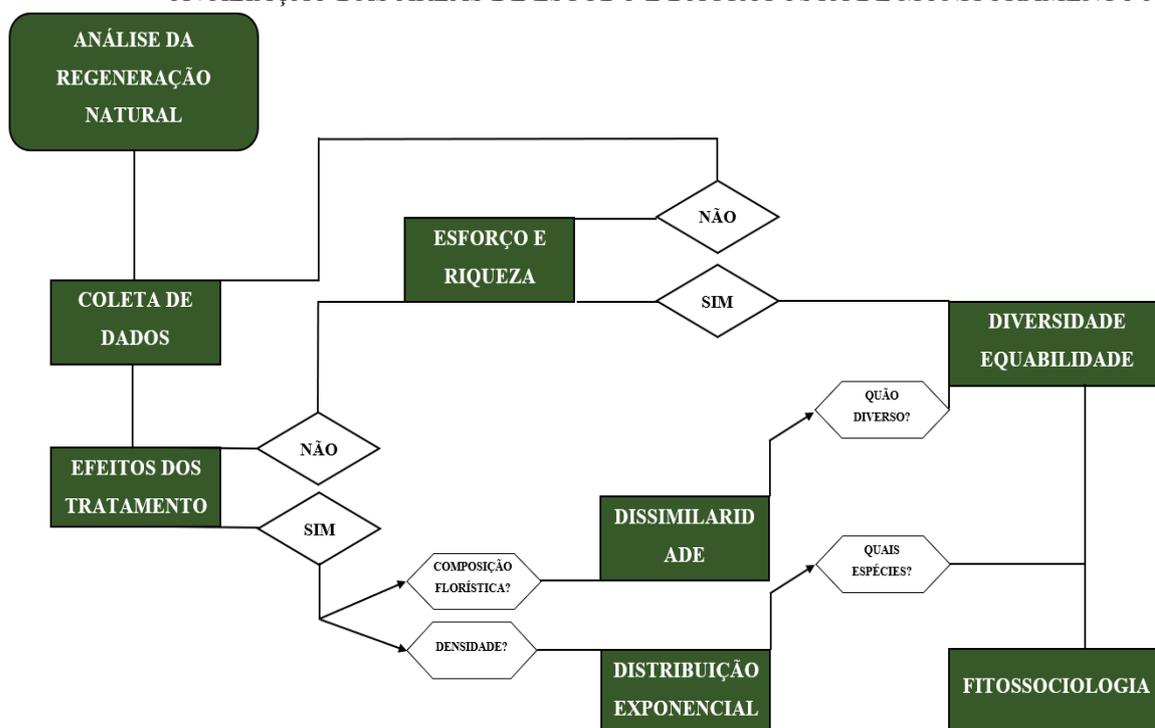
8.4.2 Na restauração ativa com plantio em área total de alta ou baixa diversidade

- Isolamento dos fatores degradantes;
- Escolha de uma corte de espécies de pioneiras e secundárias iniciais;
- Na implantação, prezar pelo preparo do solo, adubação, hidrogel, irrigação;
- Nas manutenções semestrais a anuais (até os 4 anos), contabilizar a sobrevivência, efetuar replantio, coroamento e adubação das mudas;
- A partir dos 6 anos delinear plantios de enriquecimento – se necessário.

8.4.3 Monitoramentos

Definiu-se um processo de avaliação e interpretação das informações obtidas a partir da mensuração dos dados. São diretrizes mínimas para o processamento e publicação dos indicadores da regeneração natural mensurados por meio da proposta de Monitoramento AZE (FIGURA 41). Essencialmente, englobam análises da composição florística e estrutura fitossociológica da regeneração.

FIGURA 41 – FLUXOGRAMA DE ANÁLISES DA REGENERAÇÃO NATURAL REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E DA PROPOSTA DE MONITORAMENTO AZE



FONTE: A autora, 2023.

Adicionalmente, quando realizados os monitoramentos em áreas de restauração ecológica, independentemente da aplicação da proposta de Monitoramento AZE, em benefício da ciência da restauração, deve-se considerar: indicadores de identificação, indicadores da transformação da paisagem, indicadores das características ecológicas dos regenerantes, indicadores ecológicos mínimos e indicadores ecológicos alternativos.

Os indicadores essenciais à identificação da área contemplam a idade, local, fitofisionomia, histórico e tamanho em hectares. Como indicadores da transformação da paisagem citam-se a definição dos estratos, presença/ausência de erosão, da cobertura de gramíneas e de arbóreas exóticas. Ressalta-se a possibilidade de uso consorciado de geotecnologias para identificar a cobertura de vegetação.

Inclui como indicadores das características dos regenerantes, a nomenclatura científica completa, seu grupo sucessional, ameaça de extinção e síndrome de dispersão. Para os indicadores ecológicos, considerar minimamente os índices de diversidade, equabilidade e os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal e vertical da regeneração natural.

Como indicadores adicionais ou alternativos para o monitoramento pode-se citar a fenologia, grupos funcionais e similaridade. As métricas dendrométricas (diâmetro, altura e copa), biomassa e teor de carbono das arbóreas plantadas, quando for o caso, e dos regenerantes. A análise de solo, da serapilheira e banco de sementes, o levantamento básico e/ou padrão de atividade da fauna e por último e com igual importância o estudo socioambiental.

8.4.4 Estudos para aprimoramento da proposta de Monitoramento AZE

- Uso do geoprocessamento para seleção das árvores do dossel e do número de copas nas condições ambientais existentes;
- Determinar o número mínimo de copas e a distância entre elas;
- Aprimorar o número mínimo de espécies de cobertura a serem selecionadas para monitoramento da regeneração natural;
- Avaliar a proposta em áreas de restauração conduzidas pela regeneração natural e nucleação;
- Comparar a proposta de Monitoramento AZE com as metodologias tradicionais aplicadas nos levantamentos.

8.4.5 Aspectos positivos identificados

Os resultados observados por meio dos indicadores ecológicos demonstraram que a proposta de Monitoramento AZE identifica as espécies de maior abundância que caracterizam a regeneração natural e, portanto, seu estágio sucessional. Adicionalmente, se mostrou de fácil aplicabilidade, além de obter detalhamentos da regeneração sob as copas das árvores.

A proposta não se mostrou afetada pelas intensidades das práticas silviculturais realizadas, uma vez que, as zonas ecológicas (ZE) como gradiente da regeneração natural expressam aumento da diversidade de espécies em direção à extremidade da copa.

Os equipamentos utilizados não diferem do levantamento sumariamente utilizadas nos levantamentos florísticos, basicamente faz-se uso de fitas métricas de costura; quatro estacas com comprimento de um metro cada, de madeira ou de qualquer outro material, inclusive podendo ser improvisados em campo; e cordas para visualização das zonas ecológicas, se necessário.

As árvores podem ser facilmente selecionadas e/ou observadas em campo e a proposta é adaptável aos critérios de coleta adicionando ou removendo dados de interesse e tempo disponível para atividade em campo, e ser associados ou utilizados para obtenção de outras análises, tais como: cobertura de epífitas, gramíneas, espécies invasoras, além de coletas de solo, serapilheira, e levantamento da fauna.

A proposta de Monitoramento Arbóreo-Arbustivo por Zonas Ecológicas (Monitoramento AZE), também abre oportunidades para que futuros estudos possam aprimorar e/ou consolidar outros procedimentos à esta etapa importante em projetos de restauração ecológica.

8.4.6 Cuidados a serem considerados

Ficou evidente, que a escolha das espécies de cobertura deve compor os maiores diâmetros e copas e um número igual de árvores nas diferenciações ambientais existentes para caracterizar melhor a área em restauração. Neste sentido, a arquitetura de copa também deve ser considerada.

Além disso, a árvore selecionada pode sofrer intempéries meteorológicas naturais, como raios ou incêndios, portanto recomenda-se um número de amostras adicionais para compor a coleta de dados, em decorrências de possíveis eventualidades climáticas. De acordo com o grupo ecológico da árvore de cobertura, pode apresentar um ciclo de vida mais curto e prejudicar monitoramentos no longo prazo.

8.5 CONCLUSÕES

Na Floresta Ombrófila Densa, é necessário a continuidade do monitoramento além de outros estudos, tais como a análise do banco de sementes, a determinação das espécies de taquaras presentes, a análise da deposição de serapilheira destas taquaras, e análise da intensidade luminosa sobre o solo. Em relação às recomendações de manejo, o enriquecimento de espécies arbóreas frutíferas e plantios de arbóreas como barreiras naturais à distribuição de taquaras podem ser efetuados em ambas as parcelas.

Na Floresta Ombrófila Mista, além da continuidade do monitoramento, é recomendável a substituição dos regenerantes exóticos por espécies arbóreas pioneiras, especialmente quando em menor intensidade de manejo das práticas silviculturais. Além disso, é sugerido planejamento de ações de conexão da paisagem com outros fragmentos florestais.

Para novas implantações, sugere-se testar estas estratégias que contemplem espécies de fornecimento de produtos florestais não madeireiros, uma vez que, pode proporcionar renda adicional à pequenas propriedades rurais. Desse modo, a proposta é adequada para levantamento de áreas de preservação permanente e reserva legal de pequenas propriedades rurais com melhor logística em campo.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. M. Restauração ecológica: desafio do processo frente à crise ambiental. *In*: VIII Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo: Instituto de Botânica, 2019. 278 p.
- BERNHARDT, E. S. *et al.* Synthesizing US River restoration efforts. **Science**, v.308, p. 636-637, 2005.
- BELAN, H. C. **Árvores isoladas facilitam a regeneração natural em pastagem abandonada em condições de floresta estacional decidual?** 79 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. 2015.
- BRANCALION, P. H. S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R. R. **Restauração ecológica**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos., 2015. 432 p.
- CURY, R. T. S; CARVALHO JR., O. **Manual para restauração ecológica: florestas de transição**. Orgs. Roberta T. S. Cury, Oswaldo Carvalho Jr Belém: IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2011 (Série boas práticas, v. 5).
- DARONCO, C. M.; MELO, A. C. G. DE; MACHADO, J. A. R. Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) para restauração de mata ciliar. **Revista Árvore** [online], v. 36, n. 2, p. 291-299, 2012. DOI: 10.1590/S0100-67622012000200010
- DIAS, C. R.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 501-507, 2014.
- DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de; CONTIERI, W. A.; NAKATA, H. Regeneração Natural da Vegetação de Cerrado sob Florestas Plantadas com Espécies Nativas e Exóticas. *In*: VILAS BÓAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 349-362.
- ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA (NBL); THE NATURE CONSERVANCY (TNC). 2013. **Manual de restauração ecológica: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 p.
- FERREIRA, P. L. *et al.* Espécies Potenciais para Recuperação de Áreas de Preservação Permanente no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p.173-182, 2013. DOI: 10.4322/loram.2013.003.
- FEREZ, A. P. *et al.* Silvicultural opportunities for increasing carbon stock in restoration of Atlantic forests in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 350, p. 40-45, 2015, DOI: doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.015.
- HOLL, K. D. **Fundamento da restauração ecológica**. México CDMX: CoIt-arXives, 2023. Disponível em: < copitarxives.fisica.unam.mx/LT0004PT/LT0004PT.html>. Acesso em: jun 2023.

- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Hans Lamprecht. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1990.
- MAGALHÃES, S. E. F.; PIMENTEL, R. M. de M. Matas ciliares – análise histórica dos estudos relacionados ao tema. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 49-57, jul. 2013. DOI:10.26848/rbgf.v06.1.p049-057
- MEDEIROS, J. de D. *et al.* Áreas de preservação permanente (APP) em zonas urbanas. Nota técnica. Florianópolis, SC, 2021. Disponível em: <apremavi.org.br/wp-content/uploads/2021/08/nt-apps-urbanas-v6.pdf >. Acesso em; jun. 2023.
- PIAIA, B. B. *et al.* Short-term effects of passive restoration in springs habitats in Southern Brazil. **Ciência Rural** [online], v. 51, n. 8, p. 1-9, 2021a. DOI: doi.org/10.1590/0103-8478cr20190791.
- PIAIA, B. B. *et al.* Avaliação de indicadores ecológicos na restauração por plantio em núcleo com diferentes idades. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 1512–1534, 2021b. DOI: 10.5902/1980509848105.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AOKI, J. Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba - SP. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 911–923, 2014. DOI: 10.5902/1980509816603
- REIS, D. N. dos; DAVIDE, A. C.; FURTADO FERREIRA, D. Indicadores preliminares para avaliação da restauração em reflorestamentos de ambientes ciliares. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 34, n. 80, p. 375–389, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.80.757
- ROCHA, M. H. C.; KIILL, L. H. P.; PORTO, D. D. Levantamento florístico associado a indivíduos de *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae) em diferentes ambientes. *In*: XI Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2016, p. 157-162.
- ROVEDDER, A. P. M. *et al.* Natural regeneration in a conservation unit: subsidy for restoration actions. **Floresta e Ambiente** [online], v. 25, n. 4 2018, DOI: 10.1590/2179-8087.082117.
- SANTOS, F. A. M. dos; *et al.* Consórcio de espécies arbóreas com leguminosas herbáceas como estratégia para restauração florestal. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 2, 2019. DOI: 10.34062/afs.v6i2.6900.
- SOS – MARA TLÂNTICA. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.) São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, 2009. 264 p.
- VILLA, E. B. *et al.* Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. **Floresta e Ambiente** [online], v. 23, n. 1, p. 90-99, 2016, DOI: 10.1590/2179-8087.067513

APENDICE A

