



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANA LUIZA DE MELO LUCENA

**EXPLORANDO A DINÂMICA DOS BANCOS DE SEMENTES DO SOLO E DA
SERRAPILHEIRA EM AMBIENTES FLORESTAIS DO BREJO PARAIBANO**

AREIA

2024

ANA LUIZA DE MELO LUCENA

**EXPLORANDO A DINÂMICA DOS BANCOS DE SEMENTES DO SOLO E DA
SERRAPILHEIRA EM AMBIENTES FLORESTAIS DO BREJO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Agronomia Tropical.

Linha de Pesquisa: Ecologia, Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque.

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L935e Lucena, Ana Luíza de Melo.

Explorando a dinâmica dos bancos de sementes do solo e da serrapilheira em ambientes florestais do brejo paraibano / Ana Luíza de Melo Lucena. - Areia-PB, 2024. 59 f. : il.

Orientação: Manoel Bandeira de Albuquerque.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Regeneração florestal. 3. Diversidade florística. 4. Floresta ombrófila aberta.
I. Albuquerque, Manoel Bandeira de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635 (043.3)

ANA LUIZA DE MELO LUCENA

EXPLORANDO A DINÂMICA DOS BANCOS DE SEMENTES DO SOLO E DA
SERRAPILHEIRA EM AMBIENTES FLORESTAIS DO BREJO PARAIBANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Agronomia Tropical.

Linha de Pesquisa: Ecologia, Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque.

Aprovado em: 31/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 MANOEL BANDEIRA DE ALBUQUERQUE
Data: 28/10/2024 08:00:59-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque (Orientador)

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO PESSOA FELIX
Data: 28/10/2024 11:17:45-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Pessoa Felix

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 MAGNOLIA MARTINS ALVES
Data: 28/10/2024 10:22:32-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Magnólia Martins Alves

BIOGRAFIA DA AUTORA

ANA LUÍZA DE MELO LUCENA, filha de Luiz Lucena Barbosa Junior e Ester de Melo e Silva, nascida em 27 de Setembro de 1991, em João Pessoa, Estado da Paraíba.

Em Fevereiro de 2022, obteve o título de graduação em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, onde executou projetos de iniciação científica na área de Ecologia vegetal.

Em Março de 2022, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração “Ecologia, Manejo e Conservação de Recursos Naturais”, na Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, defendendo dissertação em Julho de 2024.

DEDICO

A minha vovó Zelia Maria do Ó Lucena,
cuja presença amorosa e apoio financeiro
tornaram esta jornada possível. Sua
sabedoria, carinho e incentivo
foram fundamentais para a
realização deste trabalho.

Este é o fruto de todo o amor e dedicação
que você sempre me ofereceu.
Com todo meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Deus, criador de todo o universo, pelo dom da vida, dando-me proteção em todos os momentos. À natureza, que prospera tranquilidade e resiliência. Ao meu santo anjo, meu zeloso guardador, que sempre me rege, me guarda, me governa e me ilumina.

Aos meus pais Ester de Melo e Silva e Luiz Lucena Barbosa Junior. À minha madrastra Ana Nery da Silva Lima. À minha irmã Luana de Melo Lucena, com seu incrível projeto Nordeste Futurista. Aos meus avós maternos, estrelas mais brilhantes do céu, Maria Alves e Silva e Agripino Joaquim de Melo (*In memoriam*). Aos meus avós paternos Zélia Maria do Ó Lucena e Luiz Lucena Barbosa, à minha bisavó e Professora Zélia da Mata Correia do Ó (*In memoriam*). Ao meu filho, Lion Lucena Rocha de Araújo, meu amor puro e genuíno. Ao meu esposo Raul Santos Rocha de Araújo, pelo seu companheirismo, amor e apoio.

Ao Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque, pela orientação, confiança, disponibilidade, ensinamentos e também pela oportunidade de poder trabalhar na pesquisa pelo Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) nesses anos de trabalho.

A UFPB/CCA que permitiu muitas experiências inesquecíveis. Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), pelo apoio institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão deste trabalho. À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização da pesquisa.

Muito obrigada !

Fragmento a fragmento
se agarra;
assim todas as coisas crescem
até que as conheçamos
e por um nome as chamemos.

Pouco a pouco
elas derretem
e não são mais as coisas que conhecemos.

Globos formados de átomos,
caindo devagar
ou depressa

Eu vejo sóis,
eu vejo sistemas alçarem

Suas formas;
e até mesmo os sistemas e seus sóis

Voltarão lentamente
para a eterna flutuação.

LUCRÉCIO, (2015).

Lucena, A.L.M. **Explorando A Dinâmica Dos Bancos De Sementes Do Solo E Da Serrapilheira Em Ambientes Florestais Do Brejo Paraibano** (Mestrado Em Agronomia) – Programa De Pós-Graduação Em Agronomia, Universidade Federal Da Paraíba, Areia, 2024.

RESUMO GERAL

A regeneração natural é um processo fundamental para a recuperação de ecossistemas florestais degradados. A floresta ombrófila aberta no Brejo Paraibano, localizada na Paraíba, Brasil, é um exemplo de ambiente impactado pela fragmentação e o uso agrícola, exigindo estratégias de manejo eficazes para sua recuperação. Os bancos de sementes do solo e da serrapilheira atuam como reservatórios de espécies vegetais, essenciais para a regeneração e a conservação da biodiversidade. Este estudo visa comparar a eficácia de diferentes substratos (solo, serrapilheira e uma mistura de ambos) na germinação de espécies nativas, identificando a melhor estratégia para a regeneração de áreas degradadas. Foram selecionadas 10 parcelas distribuídas linearmente no fragmento florestal, onde amostras de solo e serrapilheira foram coletadas em quadrantes de 1x1 metro. As amostras foram organizadas em três tratamentos: banco de sementes de serrapilheira (BS-SRP), banco de sementes do solo (BS-SOLO) e banco de sementes misto (BS-MIX). Cada tratamento foi composto por 10 bandejas de 45,5 x 28 x 7,7 cm, com capacidade de 7,5 litros, sendo mantido sob rega plena em casa de vegetação e monitorado semanalmente por seis meses. Os resultados indicaram que o BS-SOLO apresentou maior densidade de indivíduos, favorecendo a germinação de espécies pioneiras. O BS-SRP demonstrou maior variabilidade de espécies, predominando arbustos e trepadeiras. O BS-MIX revelou-se intermediário, com maior diversidade de famílias botânicas, como Nephrolepidaceae, Verbenaceae e Caprifoliaceae. As análises estatísticas não apontaram diferenças significativas entre os tratamentos, sugerindo que todos os substratos possuem capacidades semelhantes para promover a regeneração. Conclui-se que o solo é mais eficaz para promover maior densidade de indivíduos, enquanto a serrapilheira favorece a variabilidade de espécies. A mistura de solo e serrapilheira equilibra essas características, sendo a estratégia mais promissora para a regeneração de espécies nativas. Estes resultados reforçam a importância de considerar a composição do solo e da serrapilheira em estratégias de manejo para a recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: regeneração florestal; diversidade florística; floresta ombrófila aberta.

LUCENA, A.L.M. **Exploring the dynamics of soil and litter seed banks in forest environments of the Brejo Paraibano** (Master's in Agronomy) – Postgraduate Program in Agronomy, Federal University of Paraíba, Areia, 2024.

GENERAL ABSTRACT

Natural regeneration is a fundamental process for the recovery of degraded forest ecosystems. The open ombrophilous forest in the Brejo Paraibano, located in Paraíba, Brazil, is an example of an environment impacted by fragmentation and agricultural use, requiring effective management strategies for its recovery. Soil and litter seed banks act as reservoirs of plant species, essential for regeneration and biodiversity conservation. This study aims to compare the effectiveness of different substrates (soil, litter, and a mixture of both) in the germination of native species, identifying the best strategy for regenerating degraded areas. Ten plots were selected and distributed linearly within the forest fragment, where soil and litter samples were collected in 1x1 meter quadrants. The samples were organized into three treatments: litter seed bank (BS-SRP), soil seed bank (BS-SOLO), and mixed seed bank (BS-MIX). Each treatment consisted of 10 trays measuring 45.5 x 28 x 7.7 cm, with a capacity of 7.5 liters, maintained under full irrigation in a greenhouse and monitored weekly for six months. The results indicated that BS-SOLO had a higher density of individuals, favoring the germination of pioneer species. BS-SRP showed greater species variability, with a predominance of shrubs and vines. BS-MIX had intermediate results, with greater diversity of botanical families such as Nephrolepidaceae, Verbenaceae, and Caprifoliaceae. Statistical analyses did not reveal significant differences between treatments, suggesting that all substrates have similar capacities for promoting regeneration. It is concluded that the soil is more effective in promoting a higher density of individuals, while litter favors greater species variability. The combination of soil and litter balances these characteristics, proving to be the most promising strategy for regenerating native species. These results highlight the importance of considering both soil and litter composition in management strategies for the recovery of degraded areas.

Keywords: forest regeneration; floristic diversity; open ombrophilous forest.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FRAGMENTO FLORESTAL UTILIZADO, PONTOS DE COLETA MARCADOS EM VERMELHO, LOCALIZADA EM UFPB/CCA.....	20
FIGURA 2 - COLETA DO MATERIAL EM CAMPO.....	33
FIGURA 3 - IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL EM CAMPO, TRANSPORTADO PARA A CASA DE VEGETAÇÃO LOCALIZADA EM UFPB/CCA.....	33
FIGURA 4 - MONTAGEM E DISTRIBUIÇÃO DO MATERIAL NOS RESPECTIVOS TRATAMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO LOCALIZADA EM UFPB/CCA.....	34
FIGURA 5 - <i>LONICERA JAPONICA</i> (A), <i>PANICUM TRICHANTHUM</i> (B) E <i>CORDIA SUPERBA</i> (C).....	37
FIGURA 6 - <i>POA ANNUA L.</i> (A) E <i>COMMELINA ERECTA</i> (B).....	40
FIGURA 7 - <i>NEPHROLEPIS BISERRATA</i> (A), <i>LAPORTEA AESTUANS</i> (B) E <i>PRIVA LAPPULACEA</i> (C).	41
FIGURA 8 VALORES DO NÚMERO DE INDIVÍDUOS PARA OA TRATAMENTOS ANALISADOS POR BOX-PLOT.....	45
FIGURA 9 VALORES DO NÚMERO DE ESPÉCIES PARA OS TRATAMENTOS ANALISADAS POR BOX-PLOT.....	46
FIGURA 10 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DA HASTE PRINCIPAL PARA OS TRATAMENTOS, ANALISADAS POR BOX-PLOT.....	48
FIGURA 11 - VALORES MÉDIOS DO DIÂMETRO DA HASTE PRINCIPAL PARA OS TRATAMENTOS ANALISADAS POR BOX-PLOT.....	49
FIGURA 12 - VALORES DE DENSIDADE ABSOLUTA PARA OS TRATAMENTOS ANALISADOS POR BOX-PLOT.....	50
FIGURA 13 - VALORES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WEAVER PARA OS TRATAMENTOS, ANALISADOS POR BOX-PLOT.....	51
FIGURA 14 - VALORES DA EQUABILIDADE DE PIELOU PARA OS TRATAMENTOS, ANALISADOS POR BOX-PLOT.....	52
FIGURA 15 - VALORES DO ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SIMPSON PARA OS TRATAMENTOS, ANALISADOS POR BOX-PLOT.....	54

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I - EXPLORANDO A DINÂMICA DOS BANCOS DE SEMENTES DO SOLO E DA SERRAPILHEIRA EM AMBIENTES FLORESTAIS DO BREJO PARAIBANO.....	12
1.1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
1.2.1 Recuperação florestal.....	14
1.2.2 Conceitos e importância da regeneração natural.....	14
1.2.3 Florística e fitossociologia.....	15
1.2.4 Banco de sementes.....	16
1.2.4.1 Banco de sementes na serrapilheira.....	17
1.2.4.2 Banco de Sementes no <i>Topsoil</i>	18
REFERÊNCIAS.....	20
2. CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DOS BANCOS DE SEMENTES EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO.....	32
2.1 INTRODUÇÃO.....	33
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.2.1 Área de estudo.....	31
2.2.2 Coleta do material.....	31
2.2.3 Montagem e delineamento experimental.....	34
2.2.4 Variáveis analisadas.....	35
2.2.5 Identificação e classificação dos indivíduos.....	35
2.2.6 Caracterizações biométricas.....	35
2.2.7 Avaliação do Banco de Sementes.....	35
2.2.8 Análise estatística.....	36
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
2.3.1 Composição florística.....	37
2.3.2 Número de indivíduos e número de espécies.....	45
2.3.3 Comprimento e diâmetro médio da haste principal.....	47

2.3.4 Densidade absoluta	50
2.3.5 Índice de diversidade de shannon-weaver	51
2.3.6 Equabilidade de pielou	52
2.3.7 Índice de diversidade de simpson	53
2.4 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56

1. CAPÍTULO I - EXPLORANDO A DINÂMICA DOS BANCOS DE SEMENTES DO SOLO E DA SERRAPILHEIRA EM AMBIENTES FLORESTAIS DO BREJO PARAIBANO

1.1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um desafio significativo para a sustentabilidade dos ecossistemas florestais, exigindo intervenções humanas para restaurar seu equilíbrio ecológico (GANN *et al.*, 2019). A restauração florestal é definida como a "restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da condição original" e é descrita como o "processo de assistência à recuperação de um ecossistema que foi degradado ou perturbado" (SER, 2004; BRASIL, 2000).

A restauração de paisagens florestais visa recuperar a funcionalidade ecológica e melhorar as condições de vida em paisagens degradadas (IUCN & WRI, 2014). Este processo pode ser realizado por meio de técnicas de restauração, recuperação ou reabilitação, e requer compreensão da dinâmica dos ecossistemas e sua capacidade de resiliência (HOLL, 2023). Implementar a restauração da paisagem florestal requer uma abordagem sistemática que incorpore fatores ecológicos, sociais e econômicos para garantir o sucesso a longo prazo (MARTÍNEZ *et al.*, 2016).

A regeneração natural é um fenômeno de extrema importância, caracterizado por sua complexidade e dinamismo (FIORENTIN, 2015). A avaliação desse processo permite compreender o estado de conservação do ambiente local (SILVA *et al.*, 2007; SOUTO *et al.*, 2011), além de fornecer insights sobre a continuidade das populações florestais, que consistem no conjunto de indivíduos aptos para os estágios sucessionais (REDIN *et al.*, 2011).

Para inferir sobre a paisagem, é essencial obter informações sobre a dinâmica natural e a estrutura do ecossistema. Para isso, podem ser utilizados diversos indicadores, como a presença de espécies exóticas e invasoras, número de indivíduos de espécies, banco de sementes do solo, a produção de serapilheira e a ciclagem de nutrientes (MARTINS *et al.*, 2021).

O banco de sementes do solo inclui todas as sementes viáveis presentes no solo ou na serapilheira de uma área específica em um determinado momento. Este banco é um indicador eficiente da capacidade de autorrecuperação e do estado de conservação dos ecossistemas (MARTINS, 2013; SEUBERT *et al.*, 2016; SOUSA *et al.*, 2020). Ele é composto predominantemente por espécies pioneiras, que possuem alto potencial de regeneração em ambientes pós-distúrbios. Além disso, espera-se que o banco de sementes contenha sementes

trazidas pela chuva de sementes, o que representa um grande potencial de regeneração para florestas tropicais sazonalmente secas (SANT'ANNA *et al.*, 2011). A serapilheira é considerada o principal agente responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais (GODINHO *et al.*, 2014). O *topsoil*, ou camada superficial do solo, é essencial para o crescimento das plantas e a regeneração natural (ZHANG *et al.*, 2001). O banco de sementes, contido no *topsoil*, representa um papel importante nos projetos de restauração de áreas degradadas por permitir o restabelecimento das espécies nativas da região (PARKER *et al.*, 1989; THOMPSON *et al.*, 1993; ZHANG *et al.*, 2001).

A transposição do solo é uma técnica eficaz de nucleação que envolve a transferência da camada superficial do solo de áreas conservadas para áreas degradadas. Esta prática não só fornece propágulos, mas também introduz espécies nativas da região, facilitando a regeneração natural, torna-se particularmente útil na restauração ecológica ao aproveitar o banco de sementes presente no solo transposto (REIS *et al.*, 2014).

A análise fitossociológica das espécies emergentes desses substratos oferece uma compreensão detalhada da dinâmica inicial da sucessão ecológica, essencial para o desenvolvimento de estratégias de restauração em longo prazo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar a composição florística e as variáveis fitossociológicas (como densidade, diversidade, frequência e equitabilidade) do banco de sementes da serrapilheira e do solo em um fragmento de floresta ombrófila aberta no brejo paraibano, visando compreender suas implicações para a conservação e regeneração natural.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar a composição florística e as variáveis fitossociológicas (densidade, diversidade, frequência e equitabilidade) dos tratamentos (BS-SOLO, BS-SRP e BS-MIX).
- Identificar os hábitos de vida e modos de dispersão das espécies germinadas.
- Comparar a eficiência dos tratamentos quanto à emergência e diversidade de espécies.
- Fornecer recomendações para conservação e recuperação de áreas de floresta ombrófila.

1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

1.3.1 Recuperação florestal

A recuperação é definida pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Tal lei visa a regulamentar o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal¹. Incluído em seu rol de definições, como o processo de restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser distinta da sua condição original.

As práticas tradicionais de recuperação frequentemente introduzem espécies exóticas em projetos de restauração, podendo levar à naturalização dessas espécies, muitas vezes devido à sua alta adaptabilidade e capacidade de competir com espécies nativas (GUO *et al.*, 2016). No entanto, existem práticas seguras de recuperação que utilizam exclusivamente espécies nativas, o que promove a restauração do ambiente a um estado vegetacional próximo ao inicial. Estas abordagens incluem a utilização de bancos de sementes nativas e a transposição de serapilheira de áreas conservadas para áreas degradadas, garantindo a recuperação ecológica de forma mais sustentável e eficaz (PALMER *et al.*, 2016).

A intervenção humana atua na restauração buscando o aceleração e direcionamento da sucessão natural por meio de projetos pré-elaborados que considerem as necessidades específicas de cada situação (HIGGS, 2005; CLEWELL & ARONSON, 2013). Essas práticas, quando bem planejadas, aumentam as chances de sucesso e a recuperação dos serviços ecossistêmicos (CROUZEILLES *et al.*, 2016).

A restauração florestal é essencial para o reestabelecimento dos ecossistemas degradados. Este processo não apenas promove a sucessão natural, mas também cria condições favoráveis para o aumento da biodiversidade, aproximando-se assim das características das comunidades naturais. A implementação de práticas de restauração florestal melhora a estrutura e a função dos ecossistemas, contribuindo para a recuperação de serviços ecossistêmicos críticos, como a regulação do clima, a ciclagem de nutrientes e a provisão de habitat para diversas espécies. Além disso, a restauração florestal pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, capturando carbono da atmosfera e promovendo a resiliência dos ecossistemas frente a distúrbios ambientais (GUERRA *et al.*, 2020).

1.3.2 Conceitos e importância da regeneração natural

A regeneração natural é fundamental para o equilíbrio e a demografia das populações vegetais, pois assegura a renovação e a continuidade das espécies no ecossistema

(PINHEIRO, 2014), além de ser um fator essencial para a restauração de ecossistemas degradados, por permitir a recuperação das funções ecológicas e a manutenção da biodiversidade (CHAZDON, 2014).

O termo regeneração natural refere-se tanto ao processo pelo qual as florestas se recuperam após distúrbios, quanto ao banco de plântulas e indivíduos jovens que constituem a nova geração de plantas na floresta (MARTINS *et al.*, 2012; WALKER *et al.*, 2007). Estudos indicam que as perturbações naturais, como quedas de árvores e incêndios, criam condições favoráveis para a germinação e o crescimento de novas plantas, promovendo assim a diversidade e a resiliência do ecossistema florestal (PICKETT & WHITE, 1985).

Uma maior compreensão a respeito da regeneração natural permite inferir sobre o comportamento e desenvolvimento futuro da floresta, pois fornecem dados sobre a composição de espécies, suas quantidades e distribuição na área, sendo crucial para entender a dinâmica das florestas tropicais, refletindo os processos de recrutamento, crescimento e mortalidade das plantas (WHITMORE, 1989). Além disso, a análise da regeneração natural pode indicar a capacidade de resiliência do ecossistema frente a distúrbios (GUARIGUATA & OSTERTAG, 2001).

Para que a regeneração natural ocorra, é essencial que o processo de sucessão ecológica tenha sido iniciado. Esse processo é caracterizado pela substituição sequencial de comunidades de plantas, animais e microrganismos que ocupam uma área ao longo do tempo (KREMEN *et al.*, 2004; MARTINS *et al.*, 2014). No entanto, tanto as trajetórias sucessionais quanto as taxas de mudança podem variar amplamente, dependendo da natureza do uso anterior da terra, da proximidade com a floresta primária e da disponibilidade de fauna (CHAZDON *et al.*, 2007).

Além disso, por se tratar de um processo multifacetado, a regeneração natural depende de uma série de interações biológicas e ambientais. Esses fatores incluem densidade, riqueza, crescimento, recrutamento e mortalidade de plantas, bem como a chuva de sementes, o banco de sementes e a dispersão de sementes. Outros fatores essenciais são a umidade do solo, a intensidade de luz, a fertilidade, a acidez do solo e a espessura da serapilheira (BROWN *et al.*, 1990; CALLAWAY *et al.*, 2004; PEREIRA & POLO, 2011).

1.3.3 Florística e fitossociologia

As análises florísticas e fitossociológicas são cruciais para entender a composição, estrutura e dinâmica das comunidades vegetais em áreas de restauração florestal. A florística

envolve o levantamento e a identificação das espécies presentes em uma área específica, enquanto a fitossociologia estuda a distribuição dessas espécies e suas interações dentro da comunidade (LOPES *et al.*, 2012).

Estas análises fornecem informações essenciais para o planejamento e a implementação de estratégias eficazes de restauração ecológica, sendo utilizadas para a elaboração e planejamento de ações que objetivem a conservação ou mesmo a recuperação florestal, procurando retratar a sua diversidade ao máximo (CONCENÇO *et al.*, 2013; MACÊDO *et al.*, 2020). Geram, ainda, informações sobre a distribuição geográfica das espécies, da sua abundância em diferentes locais e fornecem bases consistentes para a criação de unidades de conservação (CHAVES *et al.*, 2013).

Perrow & Davy (2002) discutem os princípios fundamentais da restauração ecológica, enfatizando a importância de comparar parâmetros florísticos e fitossociológicos em áreas restauradas com os encontrados em ecossistemas de referência, para avaliar o sucesso das intervenções e ajustar as estratégias de manejo e conservação conforme necessário, sendo fundamental para promover a recuperação de comunidades vegetais diversificadas e resilientes. Palmer *et al.* (2016) também abordam a necessidade de monitoramento contínuo e a adaptação das práticas de restauração com base nos resultados observados, destacando a importância de comparar as áreas restauradas com ecossistemas não perturbados para garantir que os objetivos de biodiversidade e funcionalidade ecológica sejam alcançados.

1.3.4 Banco de sementes

O banco de sementes é composto por sementes viáveis, em estado de dormência primária ou secundária, presentes na superfície ou no interior do solo (HARPER, 1977). Juntamente com a serapilheira que o cobre, o banco de sementes é um importante reservatório de sementes de espécies nativas, matéria orgânica, insetos, mesofauna e microfauna do solo, microrganismos e nutrientes (BRANCALION, 2015). Esse componente florestal está diretamente ligado ao estabelecimento de populações de plantas, à manutenção da diversidade de espécies, ao estabelecimento de grupos ecológicos e à restauração da riqueza de espécies durante a regeneração da floresta após distúrbios naturais ou antrópicos (HARPER, 1977; ZHANG *et al.*, 2001).

O banco de sementes é, ainda, uma das principais estratégias de proteção contra os riscos de falha reprodutiva em ambientes imprevisíveis (COHEN, 1966; VENABLE & BROWN, 1988; CHILDS *et al.*, 2010; VENABLE, 2007; LARSON & FUNK, 2016) e pode

promover a persistência das espécies (ADAMS *et al.*, 2005), juntamente com outros mecanismos, como crescimento clonal, competição por luz e rebrota (CLARKE *et al.*, 2013; GRIME, 2001; HONNAY & BOSSUYT, 2005). Em um banco de sementes, sementes dormentes e/ou não dormentes mantêm sua viabilidade por mais de um ano ou até a segunda estação de germinação (WALCK *et al.*, 2005), podendo tolerar uma gama substancialmente mais ampla de condições ambientais do que plantas vivas (FENNER & THOMPSON, 2005).

Os bancos de sementes são utilizados como ferramentas eficazes na regeneração da vegetação em áreas perturbadas, permitindo a recuperação de espécies nativas e a restauração de ecossistemas (THOMPSON & GRIME, 1979). São componente cruciais para a dinâmica das comunidades de plantas (HARPER, 1977), especialmente em comunidades em sucessão inicial (GRIME, 2001; WARR *et al.*, 1993).

1.3.4.1 Banco de sementes na serrapilheira

A serrapilheira consiste em uma camada encontrada sobre o solo, constituída por matéria orgânica morta (MOM) como galhos, folhas, cascas, frutos, flores, e resíduos animais, assim como sementes e microrganismos vivos, depositados acima do solo com o passar do tempo, sendo as folhas seu principal constituinte (MARTINS, 2009; SOUZA *et al.*, 2017). É um componente fundamental dos ambientes florestais, por ser a principal rota do ciclo biogeoquímico onde é realizada a transferência de nutrientes através do sistema solo-planta-solo, proporcionando um estoque de matéria orgânica e nutrientes no solo, garantindo assim a fertilidade e a produtividade do sítio (MARTINS, 2009; SILVA *et al.*, 2016).

A produção, o acúmulo e a decomposição da serrapilheira são diretamente influenciados pelo seu contexto ambiental. Esses processos podem ser afetados tanto em quantidade como em qualidade por diversos, incluindo o clima, temperatura, ventos, tipo de vegetação, estágios sucessionais e tipos de uso do solo, entre outros (MACHADO *et al.*, 2008; SOUSA *et al.*, 2017).

Sendo assim, a serrapilheira consiste em um importante indicador ecológico que, por meio de sua quantificação, atua como um instrumento de avaliação de áreas restauradas (MOREIRA & SILVA, 2004). Ela desempenha um papel crucial na garantia da sustentabilidade do ecossistema restaurado (MARTINS, 2009). Esta camada é essencial pois abriga um banco rico de sementes e uma grande diversidade de microrganismos, responsáveis pela degradação e decomposição da MOM (SOUZA *et al.*, 2017). A serrapilheira é particularmente importante por atuar na superfície do solo como um sistema de entrada e

saída, recebendo entradas via vegetação e, por sua vez, decompondo-se e suprindo o solo e as raízes com nutrientes e matéria orgânica. Esse processo é essencial na restauração da fertilidade do solo em áreas em início de sucessão ecológica (EWEL, 1976).

Costa, *et al.* (2024) amostraram no banco de sementes da serapilheira um total de 2016 indivíduos germinaram no banco de sementes, sendo encontradas 43 espécies distribuídas em 17 famílias nas três áreas estudadas. Houve predominância de espécies do estrato herbáceo e 13 indivíduos não foram identificados, deste, 6 apenas a nível de família. Freitas, *et al.* (2020) mensurou no banco de sementes na serrapilheira um total de 551 plântulas germinadas num total de 3,6 m², o equivalente a 153 ind./m² semelhante ao encontrado por Braga *et al.* (2008), que na avaliação da composição do banco de sementes de uma Floresta Semidecidual Secundária quantificou 20 espécies, 17 gêneros e 13 famílias em 101,6 ind/m²

1.3.4.2 Banco de Sementes no *Topsoil*

O *topsoil* é a camada superior do solo, composta geralmente pelos primeiros 5 a 20 cm, rica em matéria orgânica e nutriente essencial para o crescimento das plantas (ROCHA, 2017). De acordo com Brady (2016), essa camada é vital para a agricultura e a ecologia pois contém a maior concentração de matéria orgânica, nutrientes e microorganismos. Lal (2004) destaca a importância do *topsoil* na ciclagem de nutrientes e no sequestro de carbono, funções essenciais para a mitigação das mudanças climáticas e para a manutenção da produtividade do solo. Além disso, estudos como o de Blanco-Canqui & Lal (2008) reforçam a importância do *topsoil* na manutenção da biodiversidade do solo e na promoção da saúde das plantas.

A remoção e armazenamento do *topsoil* de áreas a serem perturbadas, seguido de sua reintrodução nas áreas a serem restauradas, é uma prática comum que ajuda a manter a estrutura do solo e a sua capacidade de suporte de vida (DIAS, 2016). Este manejo deve ser realizado de forma cuidadosa para evitar a compactação e a perda de nutrientes. Técnicas como o plantio direto e a cobertura do solo com palhada são estratégias eficazes para proteger o *topsoil* e promover a regeneração natural (MARTINS, 2009).

Entre os modelos e técnicas de restauração ecológica baseada no paradigma contemporâneo de sucessão, a transposição do banco de sementes do solo ou *topsoil* merece destaque, cujo objetivo é o aproveitamento do potencial de resiliência (auto-regeneração) e da máxima quantidade e diversidade de material vegetal (propágulos e restos vegetais) disponível em remanescentes ou fragmentos florestais (MARTINS, 2012).

Entretanto os benefícios obtidos com o uso da camada superficial de solo nas ações de restauração não se restringem ao aproveitamento das sementes presentes no solo. A rebrota de tocos, raízes e galhos também potencializa o recrutamento de espécies nativas após a transposição da camada superficial de solo para uma área em processo de restauração (BRANCALION *et al.*, 2015).

Guimarães, *et al.* (2014) estudando o banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG, contabilizaram 2.911 plântulas no banco de sementes do solo (323 indivíduos m²), distribuídas em 26 famílias, 58 gêneros e 69 espécies.

Bechara, *et al.* (2020) registrou um total de 1.839 plântulas no banco de sementes (serrapilheira mais camada superficial do solo) distribuídas em 32 espécies e 19 famílias. *Enydra sessilis* apresentou a maior densidade (544), seguida por Poaceae sp. 2 (371). A família mais abundante foi Cyperaceae, representada por quatro espécies. A maioria das espécies eram herbáceas (56,25%), mas também foram observadas espécies de árvores (12,5%), arbustos (6,25%) e lianas (6,25%). Entre os indivíduos listados, 64,6% emergiram de amostras de solo superficial (*topsoil*) e 35,3% emergiram da serrapilheira. Um número de 15 espécies foi registrado exclusivamente nas amostras de solo, 2 exclusivamente na serrapilheira e 15 espécies foram comuns a ambas as amostras.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, V. M.; MARSH, D. M.; KNOX, J. S. Importance of the seed bank for population viability and population monitoring in a threatened wetland herb. **Biological Conservation**, v.124, p.425–436, 2005.
- BARBOSA, J. M.; EISENLOHR, P. V.; RODRIGUES, M. A.; BARBOSA, K. C. **Ecologia da dispersão de sementes em florestas tropicais**. In: MARTINS, S. V. (Ed.) *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.52-73, 2009.
- BECHARA, F. C.; SALVADOR, L. Z.; VENTURA, R. A.; TOPANOTTI, L. R.; GERBER, D.; CRUZ, I. S.; SIMONELLI, M. Vegetation and seed bank of an open-scrub bush restinga formation in the Southeastern coast of Brazil. **Revista de biologia tropical**, v. 68, n. 2, p. 541-550, 2020.
- BLANCO, H. & LAL, R. **Principles of soil conservation and management**. New York: Springer, 2008.
- BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. ed. 9, p. 750, 1984.
- BRAGA, A, J.T; GRIFFITH, J. J; PAIVA, H.N; MEIRA, A,A. Composição do banco de sementes de uma floresta semidecidual secundária considerando o seu potencial de uso para recuperação ambiental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1089-1098, 2008.
- BRANCALION, P. H. S. **Métodos de restauração florestal: áreas que não possibilitam o aproveitamento inicial da regeneração natural**. In: BRANCALION, P. H. S. GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. *Restauração Florestal*. São Paulo: Oficina e Textos. p. 252-285, 2015.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo. Oficina de textos, 2015.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm#:~:text=LEI%20No%209.985%2C%20DE%2018%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Regulamenta%20o%20art.,Natureza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 05 Jun. 2024.
- BROWN, S. & LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**. v.6, n.1, p.1-32, 1990.
- CALLAWAY, R.; THELEN, G.; RODRIGUEZ, A.; HOLBEN, W. E. Soil biota and exotic plant invasion. **Nature**. v.427, p.731–733, 2004.
- CHAVES, A.C.G.; SANTOS, R.M.S.; SANTOS, J.O.; FERNANDES, A.A.; MARACAJÁ, P.B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. *ACSA –Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2013.

CHAZDON, R. L. **Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation**. Chicago: University of Chicago Press, 2014.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, S. G.; BREUGEL, M. V.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 362, n. 1478, p. 273-289, 2007.

CHILDS, D. Z.; METCALF, C. J. E. & REES, M. Evolutionary bet-hedging in the real world: empirical evidence and challenges revealed by plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277, 3055–3064, 2010.

CLARKE, P. J.; LAWES, M. J.; MIDGLEY, J. J.; LAMONT, B. B.; OJEDA, F.; BURROWS, G. E. Resprouting as a key functional trait: How buds, protection and resources drive persistence after fire. *New Phytologist*, v.197, p.19–35, 2013.

CLEWELL, A. F. & ARONSON, J. Ecological Attributes of Restored Ecosystems. In: *Ecological Restoration. The Science and Practice of Ecological Restoration*. **Island Press**, Washington, DC, 2013.

COHEN, D. Optimizing reproduction in a randomly varying environment. *Journal of Theoretical Biology*, v.12, p.119–129, 1966.

CONCENÇO, G.; TOMAZI, M.; CORREIA, I. V. T.; SANTOS, S. A.; GALON, L. Phytosociological surveys: tools for weed science?. *Planta Daninha*, v. 31, p. 469-482, 2013.

COSTA, N. S. L.; SCHWARTZ, G.; GOMES, J. M.; DIONISIO, L. F. S.; MILHOMEM, C. A.; MARTINS, W. B. R.; FILHO, J. P. Banco de sementes em áreas de restauração florestal na Amazônia Oriental. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 6, p. e4989-e4989, 2024.

CROUZEILLES, R.; CURRAN, M.; FERREIRA, M. S.; LINDENMAYER, D. B.; GRELLE, C. E. V.; BENAYAS, J. M. R. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communications*. v. 7 n. 1, p. 11666, 2016.

DIAS, D. D. **Recrutamento e estabelecimento de plantas após transposição de topsoil para área degradada pela mineração de bauxita**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *Journal of Ecology*, v. 64, n.1, p.293-308, 1976.

FENNER, M. & THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

FIORENTIN, L.D.; TÉO, S. J.; SCHNEIDER, C. R.; COSTA, R. H.; BATISTA, S. Análise Florística e Padrão Espacial da Regeneração Natural em Área de Floresta Ombrófila Mista na Região de Caçador, SC. *Floresta e Ambiente*, v. 22, p. 60-70, 2015.

FREITAS, L. N.; COSTA, P. F.; COSTA, C. M.; SANTOS, B. S. Banco de sementes com serrapilheira como indicador de restauração florestal em região de cerrado no município de Coxim, MS. **Holos Environment**, v. 21, n. 2, p. 198-214, 2021.

GANN, G. D.; MCDONALD, T.; WALDER, B.; ARONSON, J.; NELSON, C. R.; JONSON, J.; HALLETT, J. G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M. R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRÍA, C.; GONZALES, E.; SHAW, N.; DECLEER, K.; DIXON, K. W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology** 27: S1–S46, 2019.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, p. 209-223, 2015.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **CERNE (UFLA)**, v. 20, p. 11-20, 2014.

GRIME, J. P. **Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties**, 2ed edition. Oxford: John Wiley & Sons, 2001.

GUARIGUATA, M. R. & OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest ecology and management**, v. 148, n. 1-3, p. 185-206, 2001.

GUERRA, A.; REIS, L. K.; BORGES, F. L. G.; OJEDA, P. T. A.; PINEDA, D. A. M.; MIRANDA, C. O.; MAIDANA, D. P. F. L.; SANTOS, T. M. R.; SHIBUYA, P. S.; MARQUES, M. C. M.; LAURANCE, S. G. W.; GARCIA, L. C. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. **Forest ecology and Management**, v. 458, p. 117802, 2020.

GUIMARÃES, S.; MARTINS, S. V.; NERI, A. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, K. A. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

GUO, Q.; BROCKWAY, D. G.; LARSON, D. L.; WANG, D.; REN, H. Improving Ecological Restoration to Curb Biotic Invasion—A Practical Guide. **Invasive Plant Science and Management**. v.11, n.4, p.163-174, 2018.

HARDESTY, B. D. & PARKER, V. T. Community seed rain patterns and a comparison to adult community structure in a West African tropical forest. **Plant Ecology**, v. 164, p. 49-64, 2003.

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press. p.892, 1977.
HIGGS, E. The two-culture problem: ecological restoration and the integration of knowledge. **Restoration Ecology**, v. 13, n. 1, p. 159-164, 2005.

HOLL, K. D. **Fundamentos da restauração ecológica**. CopIt ArXives, 2023.

HONNAY, O. & BOSSUYT, B. (2005) **Prolonged clonal growth: Escape route or route to extinction?**. *Oikos*, v.108, p.427–432, 2005.

IUCN & WRI, (2014). **A guide to the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM)**. International Union for Conservation of Nature, World Resources Institute, 2014.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P.; THORP, R. W. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology letters**, v. 7, n. 11, p. 1109-1119, 2004.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004.

LARSON, J. E. & FUNK, J. L. Regeneration: An overlooked aspect of trait-based plant community assembly models. **Journal of Ecology**, v.104, p.1284–1298, 2016.

LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, A. P.; VALE V. S. An ecological comparison of floristic composition in seasonal semideciduous forest in Southeast Brazil: implications for conservation. **International Journal of Forestry Research**, v. n. 1, p. 537269, 2012.

MACÊDO, A. J. O.; FAVACHO, N. C.; PAULA, M. T.; OLIVEIRA LEITE, U. P.; ROSÁRIO, A. S.; SOUSA, B. S. N. **Levantamento fitossociológico do Parque Ambiental Antônio Danúbio, município de Ananindeua, Pará**. In: PONTES, A.N.; ROSÁRIO, A.S. Ciências Ambientais: fauna e flora da Amazônia. Belém: EDUEPA, p. 62-80.2020.

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

MARTÍNEZ, R. M.; PINGARRONI, A.; RODRÍGUEZ, V. J.; TOLEDO, C. L.; ZERMEÑO, H. I.; BONGERS, F. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**. 48:745-757, 2016.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. 3. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora. v. 1. p. 264, 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares: no contexto do Novo Código Florestal**. 3ªed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, v. 1, p.220, 2014.

MARTINS, S. V.; FONSECA, W. S.; COSIMO, L. H. E.; BALESTRIN, D. Soil Seed Banks in Two Environments of Forest Restoration Post Bauxite Mining: Native Tree Plantation and Natural Regeneration. **Research in Ecology**,3(1), 1–13, 2021.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. **Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais**. In: MARTINS, S.V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

MOREIRA, P. R. & SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v. 28, p. 49-59, 2004.

PALMER, M. A.; ZEDLER, J. B.; FALK, D. A. (2016). **Ecological Theory and Restoration Ecology**. In: PALMER, M.A., ZEDLER, J.B., FALK, D.A. (eds) Foundations of Restoration Ecology. Island Press, Washington, DC, 2016.

PARKER, V.T. & KELLY, V. R. Seed bank in California chaparral and other Mediterranean climate shrublands. In Ecology of Soil Seed Bank. **San Diego: Academic Press**, p. 231-56, 1989.

PEREIRA, F. J. & POLO, M. Growth and ion accumulation in seedlings of *Handroanthus serratifolius* (VAHL.) cultivated in saline solution. **Scientia Forestalis**. v. 39, n. 92, p. 441-446, 2011.

PERROW, M. R. & DAVY, A. J. **Handbook of Ecological Restoration: Principles of Restoration**. Cambridge University Press. v. 1, 2002.

PICKETT, S. T. A. & WHITE, P. S. **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**. Academic Press Inc., London, 1985.

PINHEIRO, F.; MARTINS, C.; FIALHO, J.; CORREIA, M. E.; CASCON, P. Caracterização da macrofauna edáfica na interface solo serapilheira em uma área de caatinga do nordeste brasileiro. **Enciclopédia biosfera**, v. 10, n. 19, 2014.

REDIN, C. G.; LONGHI, R. V.; WATZLAWICK, L. F.; LONGHI, S. J. Composição florística e estrutura da regeneração natural do Parque Estadual do Espinilho, RS. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1195–1201, 2011.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**. 24(2): 509-518, 2014.

ROCHA, F. C. G. **Evolução de características físicas e químicas de topsoil de campo ferruginoso aplicado em projeto de recuperação de área degradada pela mineração**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SANT'ANNA, C. S.; TRES, D. R.; REIS, A. **Restauração ecológica: sistemas de nucleação**. 1 ed. São Paulo: SMA, 2011.

SER (2004) The SER international primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, Washington D.C., 2004.

SEUBERT, R. C.; MACENEIRO, J. P.; BUDAG, J. J.; FENILLI, T. A. B.; SCHORN, L. A. Banco de sementes do solo sob plantios de *Eucalyptus grandis* no município de Brusque. Santa Catarina. **Floresta**. v. 46. n. 2. p. 165-172, 2016.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; NETO, A. M.; DEMOLINARI, R. A.; LOPES, A. T. Restauração florestal de uma mina de bauxita: avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 309-319, 2016.

SILVA, W.C.; MARAGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; JUNIOR, R. F. C. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmentos de floresta ombrófila densa, mata das galinhas, no município de Catende, Zona da Mata Sul de Pernambuco. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 4, p. 321-331, 2007.

SOUSA, F. Q.; SOUTO, J. S.; LEITE, A. P.; HOLANDA, A. C.; AGRA, P. F. M.;

SANTOS, L. C. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**. v. 6. n. 7. p. 50120- 50138, 2020.

SOUTO, M. A. G. & BOEGER, M. R. T. Estrutura e composição do estrato de regeneração e vegetação associada de diferentes estádios sucessionais no leste do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 393-406, 2011

SOUZA, B. V. **Avaliação da sazonalidade da deposição de serapiheira em RPPN no Semi-árido da Paraíba - PB**. 2009. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Engenharia Florestal, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande - Patos - Paraíba - Brasil, 2009.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1979.

THOMPSON, K. & GRIME, J. P. Seasonal Variation in the Seed Banks of Herbaceous Species in Ten Contrasting Habitats. **Journal of Ecology**, v. 67, n. 3, pp. 893–921, 1979.

THOMPSON, K.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M. The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity. **Cambridge: Cambridge University Press**, New York, USA, 1997.

VENABLE, D. L. & BROWN, J.S. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. **American Naturalist**, v.131, p.360–384, 1988.

VENABLE, D. L. Bet hedging in a guild of desert annuals. **Ecology**, v.88, p.1086–1090, 2007.

WALCK, J. L.; BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; HIDAYATI, S. N. Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. **Seed Science Research**, v.15, p. 189–196, 2005.

WALKER, L. R.; WALKER, J.; HOBBS, R. J. **Linking restoration and ecological succession**. **Springer Series on Environmental Management**. Springer New York, NY, 2007.

WARR, S.J.; THOMPSON, K.; KENT, M. Seed banks as a neglected area of biogeographic research: A review of literature and sampling techniques. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, v.17, p.329–347, 1993.

WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

ZHANG, Z. Q.; SHU, W. S.; LAN, C. Y.; WONG, M. H. Soil seed banks as an input of seed source in revegetation of lead/zinc mine tailings. **Restoration Ecology**, v.9, p.378-385, 2001

Lucena, A.L.M. **Avaliação dos bancos de sementes em um fragmento de floresta ombrófila aberta em condições de casa de vegetação.** (Mestrado Em Agronomia) – Programa De Pós-Graduação Em Agronomia, Universidade Federal Da Paraíba, Areia, 2024.

RESUMO

A Mata Atlântica, altamente biodiversa, foi reduzida a 12% de sua cobertura original devido à expansão agrícola e urbana. Este estudo comparou a eficácia de diferentes substratos (solo, serrapilheira e a mistura de ambos) na germinação de espécies nativas, visando identificar estratégias para a regeneração de áreas degradadas. Foram amostradas 10 parcelas no fragmento florestal, coletando solo e serrapilheira em quadrantes de 1x1 metro. As amostras foram divididas em três tratamentos: banco de sementes da serrapilheira (BS-SRP), banco de sementes do solo (BS-SOLO) e banco de sementes misto (BS-MIX). Cada tratamento utilizou bandejas mantidas sob rega em casa de vegetação e monitoradas por seis meses. Foram contabilizados 124 indivíduos, distribuídos em 24 espécies de 18 famílias, com destaque para Asteraceae e Poaceae. As espécies herbáceas foram predominantes, com *Nephrolepis biserrata*, *Lonicera japonica* e *Panicum trichanthum* sendo as mais representativas. A dispersão predominante foi a zoocoria, e a anemocoria foi relevante, principalmente entre as espécies de Asteraceae. No BS-SRP, foram identificadas 16 espécies de 12 famílias, com predomínio de herbáceas e arbustos, e no BS-SOLO, 16 espécies de 12 famílias, majoritariamente herbáceas. Os índices de diversidade de Shannon (H') e Simpson (D) mostraram alta diversidade florística, enquanto a equabilidade de Pielou (J') indicou uma distribuição relativamente uniforme das espécies. A presença predominante de espécies pioneiras e herbáceas invasoras, especialmente nas áreas de solo e serrapilheira, reflete o histórico de distúrbios na área, como uso agrícola e fragmentação florestal. Esses resultados confirmam o papel das espécies pioneiras na estabilização do solo e no favorecimento de condições para a sucessão ecológica. A predominância de herbáceas invasoras nos bancos de sementes estudados destaca a influência do uso agrícola anterior e da fragmentação florestal. Os resultados sugerem que a composição florística do banco de sementes pode influenciar significativamente o processo de regeneração inicial em áreas degradadas, sendo fundamental para a restauração ecológica.

Palavras-chave: regeneração ecológica; espécies pioneiras; Asteraceae.

Lucena, A.L.M. **Evaluation of seed banks in a fragment of open ombrophilous forest under greenhouse conditions.** (Master's in Agronomy) – Graduate Program in Agronomy, Federal University of Paraíba, Areia, 2024.

ABSTRACT

The Atlantic Forest, known for its high biodiversity, has been reduced to 12% of its original cover due to agricultural and urban expansion. This study compared the effectiveness of different substrates (soil, litter, and a mixture of both) in the germination of native species, aiming to identify strategies for the regeneration of degraded areas. Ten plots were sampled in the forest fragment, collecting soil and litter in 1x1 meter quadrants. The samples were divided into three treatments: litter seed bank (BS-SRP), soil seed bank (BS-SOLO), and mixed seed bank (BS-MIX). Each treatment used trays kept under watering in a greenhouse and monitored for six months. A total of 124 individuals were recorded, distributed across 24 species from 18 families, with Asteraceae and Poaceae being the most prominent families. Herbaceous species predominated, with *Nephrolepis biserrata*, *Lonicera japonica*, and *Panicum trichanthum* being the most representative. The predominant dispersal mechanism was zoochory, with anemochory also relevant, especially among Asteraceae species. In the BS-SRP treatment, 16 species from 12 families were identified, with a predominance of herbaceous and shrub species, while in the BS-SOLO, 16 species from 12 families were also recorded, primarily herbaceous. Shannon (H') and Simpson (D) diversity indices showed high floristic diversity, while Pielou's evenness index (J') indicated a relatively uniform species distribution. The predominance of pioneer and invasive herbaceous species, particularly in soil and litter treatments, reflects the area's history of disturbances such as agricultural use and forest fragmentation. These results confirm the role of pioneer species in soil stabilization and in creating favorable conditions for ecological succession. The predominance of invasive herbaceous species in the seed banks studied highlights the influence of prior agricultural use and forest fragmentation. The results suggest that the floristic composition of the seed bank can significantly influence the initial regeneration process in degraded areas, playing a crucial role in ecological restoration.

Keywords: ecological regeneration; pioneer species; Asteraceae.

2. CAPÍTULO II:

2.1 INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade e a recuperação de ecossistemas degradados são questões prioritárias na agenda ambiental global. A restauração ecológica, definida como o processo de assistência à recuperação de ecossistemas que foram degradados, danificados ou destruídos, tem sido amplamente reconhecida como uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos da degradação ambiental (GANN *et al.*, 2019). No contexto da Mata Atlântica, um dos biomas mais ricos em biodiversidade e ao mesmo tempo mais ameaçados do planeta, a restauração florestal se torna essencial para a preservação de suas espécies endêmicas e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (RIBEIRO *et al.*, 2009).

A Mata Atlântica, que originalmente cobria cerca de 1,5 milhão de quilômetros quadrados ao longo da costa atlântica do Brasil, sofreu uma intensa fragmentação devido à expansão agrícola, urbana e industrial. Hoje, restam apenas cerca de 12% de sua cobertura original, em grande parte distribuída em pequenos fragmentos isolados (RIBEIRO *et al.*, 2009). Esses remanescentes florestais são cruciais para a manutenção da biodiversidade e para a prestação de serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima, a proteção do solo e a manutenção dos recursos hídricos (SCARANO & CEOTTO, 2015).

O banco de sementes do solo é um componente fundamental na dinâmica de regeneração natural, funcionando como uma reserva de diversidade genética e florística que pode ser crucial para a recuperação de áreas degradadas (MARTINS, 2013; SEUBERT *et al.*, 2016). Esse banco consiste em sementes que permanecem dormentes no solo, prontas para germinar quando as condições ambientais se tornam favoráveis (SANT'ANNA *et al.*, 2011). A análise da composição e da estrutura do banco de sementes oferece informações valiosas sobre o potencial de regeneração das comunidades vegetais e a resiliência dos ecossistemas frente a distúrbios (ANDRADE *et al.*, 2022).

Estudos realizados em diferentes ecossistemas indicam que a diversidade e a densidade de sementes no solo são influenciadas por vários fatores, incluindo a história de uso da terra, a vegetação circundante e as condições edáficas (SOUSA *et al.*, 2020). No bioma da Mata Atlântica, fragmentado e intensamente explorado, compreender a dinâmica do banco de sementes pode fornecer subsídios importantes para a implementação de práticas de

restauração que promovam a recuperação da vegetação nativa e a conservação da biodiversidade (RIBEIRO *et al.*, 2009).

O fragmento caracterizado por floresta ombrófila aberta, localizado no estado da Paraíba, Brasil, é uma área de grande importância ecológica que representa um dos remanescentes da Mata Atlântica no Nordeste brasileiro. A conservação e a restauração dessas áreas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade regional e para a promoção de serviços ecossistêmicos vitais (BRASIL, 2000). Estudos prévios indicam que a composição do banco de sementes pode variar significativamente entre diferentes áreas e ao longo de gradientes ambientais, refletindo a heterogeneidade da vegetação e as pressões antropogênicas (SANT'ANNA *et al.*, 2011; SEUBERT *et al.*, 2016).

Além disto, a restauração de áreas degradadas na Mata Atlântica pode ser facilitada pelo uso de bancos de sementes, que servem como uma fonte natural de regeneração (MARTINS, 2013). A identificação das espécies presentes no banco de sementes e a análise da sua distribuição espacial ajudam a entender o potencial de regeneração natural das áreas degradadas. Esses dados podem orientar práticas de manejo que favoreçam a recuperação da vegetação nativa e a restauração da funcionalidade ecológica dos ecossistemas (SOUSA *et al.*, 2020).

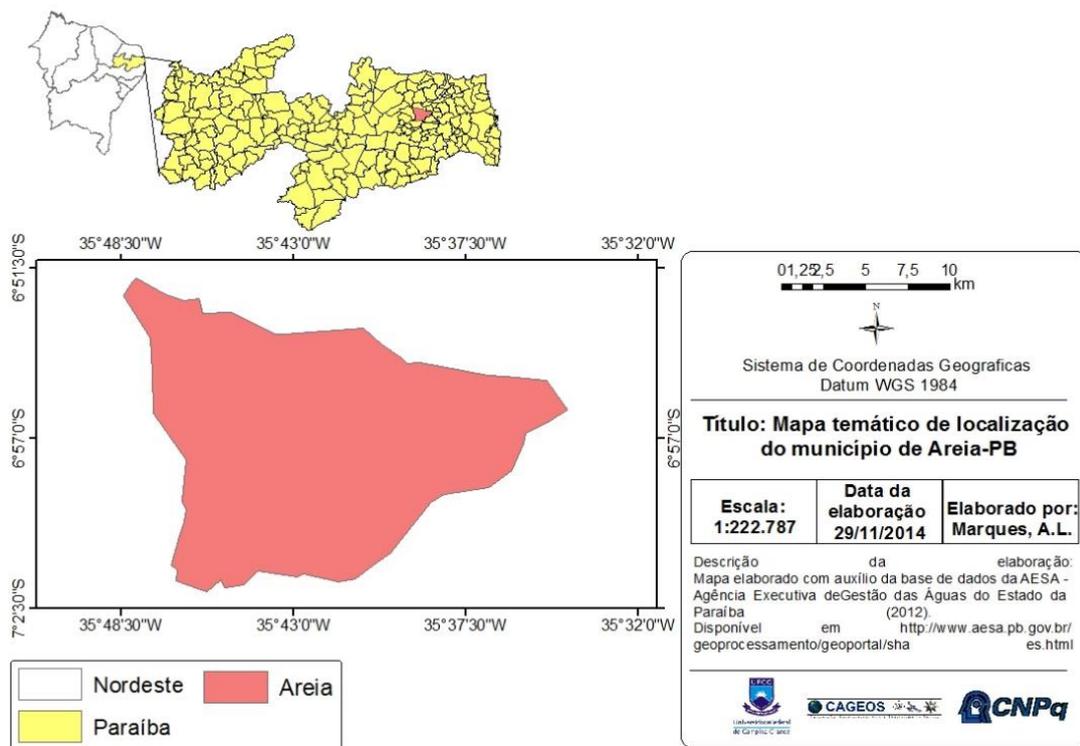
A análise fitossociológica do banco de sementes envolve a avaliação de parâmetros como densidade, frequência e dominância das espécies. Esses parâmetros são fundamentais para entender as interações ecológicas e a dinâmica de sucessão das comunidades vegetais (ANDRADE *et al.*, 2022). A aplicação de índices de diversidade, como o índice de Shannon-Weaver e o índice de Pielou, permite uma avaliação quantitativa da diversidade e da equitabilidade das espécies presentes no banco de sementes (MAGURRAN, 2004).

Neste estudo, analisamos a composição florística e a estrutura fitossociológica do banco de sementes do solo e serapilheira em um fragmento de floresta ombrófila aberta, Paraíba, Brasil. Nosso objetivo é fornecer uma compreensão detalhada da regeneração natural nesta área, contribuindo para a formulação de estratégias de conservação e restauração ecológicas eficazes. Esperamos que os resultados deste estudo possam servir como base para futuras iniciativas de restauração ecológica na Mata Atlântica e em outros biomas tropicais.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Universidade Federal da Paraíba, no Centro de Ciências Agrárias, município de Areia, Paraíba, Brasil (06°57'46"S e 35°41'31"W), na microrregião do Brejo Paraibano (Figura 1). O clima da região é classificado como: As (quente e úmido), de acordo com a classificação de Köppen, precipitação média de 1.500 mm.ano⁻¹, altitude varia em torno de 400 a 600 m, temperatura média anual de 24 ° C e umidade relativa de 85% (BRASIL, 1972). A formação vegetal na área é a floresta ombrófila aberta (BARBOSA *et al.*, 2004; IBGE, 2012). O relevo é acidentado, fazendo parte do chamado domínio do “Mar de Morros”. De acordo com o histórico da região, até a década de 1920 a área foi utilizada para cultivo do café (*Coffea arabica*). Dessa forma, pode-se atribuir a essa comunidade florestal cerca de 75 anos de idade (GOLFARI, 1975).



Fonte - Marques, A. L.

2.2.2 Coleta do material

O solo e a serrapilheira foram coletados em um fragmento de Floresta ombrófila aberta, localizada no Campus da UFPB/CCA, como demonstrado na Figura 2. A coleta feita de uma única vez em Junho de 2023, utilizando 10 pontos de coleta distribuídos aleatoriamente no fragmento, estes pontos delimitados por parcelas de 3 m²,

georreferenciados utilizando o aplicativo “GPS status”. Para a coleta, utilizou-se um quadro de madeira de 1m², pá de jardinagem, régua e sacos de nylon. Em cada parcela foi lançado por 3 vezes um esquadro (1 m x1 m). Coletando em cada lançamento a serrapilheira presente no interior do esquadro e a camada de solo (0-5 cm), serapadamente. Na amostragem da serrapilheira, os galhos e folhas recém-caídos foram excluídos e apenas materiais em estágio inicial de decomposição foi coletado. De cada lançamento foi feito uma amostra simples para compor uma amostra composta (n=3) representativa de cada parcela. Posteriormente, o solo e a serrapilheira foram armazenados em sacos plásticos devidamente identificados. As amostras foram transportadas à casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, UFPB/CCA, onde o material foi distribuído de maneira aleatória nas parcelas, de forma a não favorecer amostras ou ambiente de coleta.

Figura 1 - Fragmento florestal utilizado, pontos de coleta marcados em vermelho, localizada em UFPB/CCA.



Figura 2 - Coleta do material em campo.



Figura 3 - Identificação do material em campo, transportado para a casa de vegetação localizada em UFPB/CCA



2.2.3 Montagem e delineamento experimental

As amostras de solo e serrapilheira coletados em cada parcela foram divididas em duas partes após homogeneização. Submetendo-se 50 % (v/v) das amostras compostas de cada substrato para compor o tratamento BS-Solo e BS-Srp. A outra metade das amostras compostas de cada parcela foi homogeneizada (1:1 v/v) para compor o tratamento BS-Mix. Composto 3 tratamentos (T1 - Banco de sementes da serrapilheira [BS-Srp]; T2 - Banco de sementes do solo [BS-Solo] e T3 - banco de sementes da serrapilheira e solo [BS-Mix]) com 10 repetições cada tratamento, distribuídas de forma inteiramente casualizada nas bancadas da casa de vegetação. Sendo a unidade experimental formada pela bandeja (dimensões de 45,5 x 28 x 7,7 centímetros e capacidade de 7,5 litros), estas foram perfuradas, acomodadas na bancada e devidamente identificadas. As bandejas receberam regas regulares e a germinação foi monitorada semanalmente por um período de 6 meses. Para facilitar a identificação e contagem, fincaram-se alfinetes ao lado das sementes germinadas.

Figura 4 - Montagem e distribuição do material nos respectivos tratamentos em casa de vegetação localizada em UFPB/CCA.



2.2.4 Variáveis analisadas

2.2.4.1 Identificação e classificação dos indivíduos

As espécies emergentes que apresentaram folhas verdadeiras, contabilizadas semanalmente e identificadas quando apresentaram estruturas morfológicas favoráveis de acordo com a espécie, realizadas a níveis de família, gênero e espécie, com auxílio de bibliografia, aplicativos (PictureThis, PlantNet, iNaturalist) e lista de espécies presentes no site do Sistema Nacional de Informações Florestais.

As espécies classificadas em formas de vida (arbóreo, arbustivo, subarbustivo, herbácea, trepadeira) e síndrome de dispersão de sementes (anemocoria, autocoria e zoocoria).

2.2.4.2 Caracterizações biométricas

Ao decorrer do experimento, os indivíduos foram mensurados em altura e diâmetro. Para isso, foram utilizados trena métrica e paquímetro digital, respectivamente. A altura foi obtida a partir da base, que seria o nível da superfície até a última folha emergida, o ápice da planta. O diâmetro do caule foi medido na altura do coleto (cerca de 1 cm acima do solo) utilizando-se um paquímetro digital. Destes valores foi calculada a média de Altura e Diâmetro para cada parcela.

2.2.4.3 Avaliação do Banco de Sementes

A caracterização do banco de sementes foi avaliada mediante a caracterização variáveis fitossociológicas: riqueza de espécies (S), índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), diversidade de Simpson (D'), densidade absoluta (DA) e Equabilidade de Pielou (J'), de acordo com as fórmulas apresentadas por Magurran (2004) e Durigan (2003).

Índice de diversidade de Shannon-Weaver

Este índice leva em conta, tanto a uniformidade quanto a riqueza de espécies, no qual o aumento do número de espécies ou o aumento da uniformidade das abundâncias aumenta a diversidade, dando maior peso para as espécies raras e é obtido pela equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde:

S = número de espécies; p_i = proporção da espécie i , estimada como n_i/N , onde n_i é a medida de importância da espécie i (número de indivíduos, biomassa); N = número total de indivíduos.

Índice de Diversidade de Simpson (D')

Relaciona-se com a probabilidade de dois indivíduos coletados ao acaso na mesma localidade pertencerem a mesma espécie. Varia de zero a um, e quanto mais próximo de um, maior a diversidade florística da comunidade (BROWER; ZAR, 1977).

$$D' = \sum_{i=1}^N \left(\frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

Onde:

D' = Índice de Simpson; ni = Número de Indivíduos na i-ésima espécie; N = Número Total de Indivíduos.

Densidade absoluta (DA)

$$DA = \frac{ni}{A}$$

Onde:

DA = densidade absoluta da espécie i (ind./m²); ni = número de indivíduos da espécie i; A = área (m²).

Equabilidade de Pielou (J')

Representa a proporção da diversidade de espécies encontradas na amostragem atual em relação à diversidade máxima que a comunidade poderá atingir (BROWER; ZAR, 1984), e também a uniformidade da repartição dos indivíduos entre as espécies (ODUM, 1986).

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Onde:

J' = equabilidade de Pielou; H' = índice de diversidade de Shannon; S = número total de espécies amostradas.

2.2.5 Análise estatística

Foram realizadas análises estatísticas paramétricas e não paramétricas para avaliar a significância dos resultados obtidos. Contudo, ambas as análises resultaram em não significância para todos os parâmetros analisados. Diante deste resultado, optou-se por realizar a descrição dos dados de forma descritiva, utilizando gráficos boxs-plots para ilustrar a distribuição e variabilidade dos dados. A descrição focou na mediana, quartis e amplitude dos valores observados para os diferentes tratamentos, destacando as tendências e variações na densidade e diversidade de espécies vegetais

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Composição florística

Foram contabilizados 124 indivíduos, pertencentes a 24 espécies de 18 famílias. As famílias mais representativas foram Asteraceae, com 5 espécies e Poaceae com 3 espécies. As espécies mais frequentes foram *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott, *Lonicera Japonica* Thunb., *Panicum trichanthum*, *Laportea aestuans* (L.) Chew, *Erechtites hieraciifolius*(L.) Raf. ex DC e *Cordia Superba*. As espécies herbáceas foram predominantes. A dispersão predominante foi a zoocoria.

Em BS-SRP foram identificadas 16 espécies pertencentes a 12 famílias. A família Asteraceae foi a mais expressiva. Este resultado está em consonância com a literatura, que frequentemente aponta a predominância desta família em bancos de sementes de florestas tropicais, devido à sua ampla distribuição e estratégias de dispersão eficientes (SILVA *et al.*, 2017).

Figura 5 - *Lonicera japonica* (A), *Panicum trichanthum* (B) e *Cordia superba* (C).



Fonte: plant the word

Três espécies se destacaram pela maior quantidade de indivíduos emergidos (Figura 5) : *Lonicera japonica* Thunb. ex Murray com 6 indivíduos, *Panicum trichanthum* Nees com 5 indivíduos e *Cordia superba* com 4 indivíduos, indicando que estas espécies possuem maior potencial de colonização no ambiente florestal. Outras espécies, como *Sida rhombifolia* L., *Erechtites hieraciifolius* (L.) Raf. ex DC, *Emilia fosbergii* Nicolson, emergiram em menor número, com 2 indivíduos cada. Já espécies como *Brunfelsia pauciflora* e *Solanum capsicoides* apresentaram apenas um único indivíduo emergido.

As espécies herbáceas foram predominantes. Estudos como o de Souza *et al.* (2006) mostram que áreas em sucessão secundária tendem a ter uma alta presença de espécies herbáceas, que são cruciais para a recuperação inicial de áreas degradadas. A dominância de espécies herbáceas no banco de sementes da serrapilheira sugere um ambiente dinâmico, em processo de sucessão ecológica, onde essas espécies pioneiras

desempenham um papel fundamental na estabilização do solo e na preparação do terreno para espécies subsequentes (PARRON, L. M., *et al.*, 2015).

A síndrome de dispersão foi predominantemente por zoocoria (5 espécies), seguida de anemocoria (4 espécies) e autocoria (3 espécies). A dispersão por zoocória é facilitada por animais que transportam as sementes para diferentes locais, aumentando a chance de colonização em novas áreas (SOUZA *et al.* 2006). A dispersão por anemocoria, comum em espécies da família Asteraceae, é eficaz em ambientes abertos, onde o vento pode transportar as sementes por longas distâncias (HINTZE, *et al.* 2013).

Comparado a outros estudos realizados como os dos autores de Maia, *et al.* (2003), Souza, *et al.* (2006); Lau & Jardim (2014); Costa (2017), apontaram a ocorrência de pelo menos uma das espécies supracitadas com forma de vida herbácea, sendo assim, corrobora a ocorrência delas no banco de sementes amostrado. Vale ressaltar que o alto padrão de espécies pioneiras pode ser referente à área em entorno apresentar ocorrência de atividades agropecuárias e remanescentes florestais degradados, podendo então configurar-se em um problema, ou seja, dificultar nos processos sucessionais e consequentemente a regeneração natural.

Erechtites hieraciifolius é conhecida por suas sementes leves, anemocóricas, dispersas pelo vento, enquanto *Oplismenus compositus* pode se beneficiar da dispersão zoocórica, por animais, devido à sua capacidade de aderir à pêlos e penas.

No que diz respeito às famílias botânicas, foram identificadas 12 famílias diferentes, indicando uma ampla diversidade taxonômica no banco de sementes da serrapilheira. As famílias mais representativas foram Asteraceae (5), Boraginaceae (4), Caprifoliaceae (6) e Poaceae (6), com um número variado de indivíduos emergidos. Dentre destas famílias a Caprifoliaceae inclui muitas espécies importantes para a regeneração florestal, enquanto a Poaceae é conhecida por suas gramíneas pioneiras, que frequentemente colonizam áreas abertas e perturbadas. A família Asteraceae conhecida por suas espécies adaptáveis e de ampla distribuição, o que pode explicar sua predominância no banco de sementes.

A riqueza florística encontrada no banco de sementes apontou semelhança aos estudos realizados por Souza (2006) e Chami (2008), sendo as famílias mais abundantes foram a Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae. Segundo Andrade (2015) um dos fatores que podem ter sido determinantes para a abundância das famílias Asteraceae e Poaceae, pode

estar associado a suas características, como a dispersão das sementes pelo vento. De acordo com Neto *et al.* (2010), a família Asteraceae é comumente encontrada em pastagens degradadas e estágios iniciais de regeneração.

A predominância de espécies pioneiras em bancos de sementes do solo já foi observada em vários estudos realizados em Floresta Estacional Semidecidual, como de Franco (2005); Costalonga (2006); Martins (2009), esses autores destacaram que o pioneirismo na maioria das vezes contribuirá na restauração florestal, uma vez que em poucos anos ocorrerá o recrutamento de outras espécies de estágios mais avançados de sucessão. Essas famílias apresentam grande número de espécies herbáceas, forma de vida comumente presente em trabalhos com banco de sementes de comunidades florestais fragmentadas e cercadas de vegetação antropizada (Hopkins *et al.*, 1990), como é o caso da área de estudo em questão.

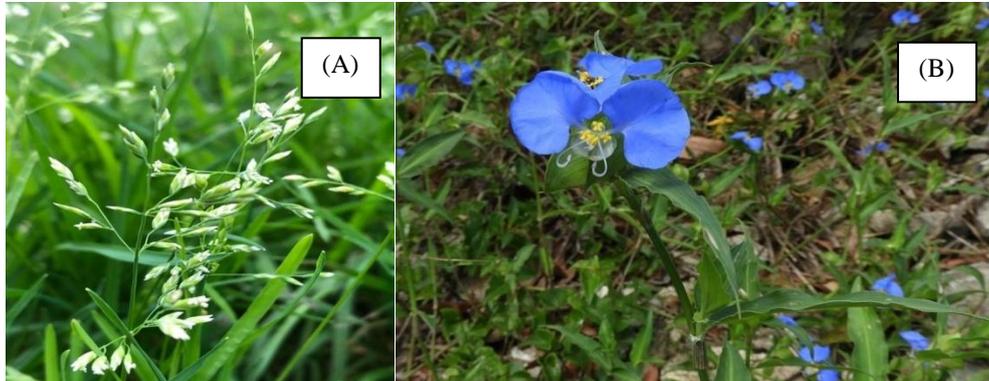
Em BS-SOLO foram identificadas 16 espécies pertencentes a 12 famílias. A família Asteraceae foi a mais representativa, com 3 espécies (*Erechtites hieraciifolius*, *Emilia fosbergii* e *Artemisia dracunculus*). As espécies herbáceas foram predominantes, com 10 espécies, seguidas por arbustos (2), trepadeiras (2), lianas (1) e uma espécie arbórea. A dispersão de sementes foram predominantemente por zoocoria (5), seguida de anemocoria (4), autocoria (2).

De acordo com Junior *et al.* (2011) a baixa presença de espécies arbóreas e arbustivas pode ser explicada devido à presença de um grande número de espécies herbáceas, impedindo a formação de núcleos de vegetação e a conectividade entre fragmentos dificultando a germinação das mesmas. Estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2010), o predomínio de espécies herbáceas germinadas no banco de sementes do solo registradas neste estudo pode estar relacionado à matriz de inserção do fragmento florestal no qual foram coletadas as amostras, ao ciclo de vida dessas espécies, ao pequeno tamanho das sementes, aos mecanismos de dispersão, ausência de dossel e a camada de serapilheira, pois, além de suportarem condições adversas, sobrevivem tanto em ambientes secos como úmidos e são pouco exigentes quanto às condições edáficas.

Entre as espécies observadas, destaca-se a *Lonicera japonica*, com o maior número de sementes emergentes, totalizando 7 indivíduos. Outras espécies, como *Poa annua* L. e *Commelina erecta* L., emergiram com 5 e 4 indivíduos, respectivamente. Já espécies como *Borreria latifolia*, *Syzygium jambos*, *Erechtites hieraciifolius* e *Artemisia*

dracunculus L. apresentaram uma emergência menor, com 3 indivíduos cada, seguida por espécies como *Cyperus rotundus* e *Impatiens balsamina*, com apenas 1 indivíduo cada.

Figura 6 - *Poa annua* L. (A) e *Commelina erecta* (B).



Fonte: plant the word

A família Asteraceae obteve o maior número de indivíduos emergentes, totalizando 8. Esta família mostrou uma alta capacidade de emergência a partir do banco de sementes do solo, semelhante à Commelinaceae, que obteve 7 indivíduos emergentes, seguidas de Poaceae e Solanaceae com 5 cada. Já famílias como Rubiaceae e Passifloraceae com 4 e 3 indivíduos, respectivamente. Algumas famílias, como Boraginaceae e Fabaceae, apresentaram uma emergência mínima, com apenas 1 ou 2 indivíduos cada.

Os resultados obtidos a partir deste tratamento corroboram com o encontrado por Martins *et al.*, (2008), onde as espécies das famílias Asteraceae e Poaceae apresentaram alta representatividade por serem características de ambientes antropizados. A primeira pode ser encontrada em diversas formações vegetais, desde florestas secundárias maduras a ambientes perturbados ou degradados (PEREIRA *et al.*, 2010). A segunda está associada às florestas com indícios de perturbações recorrentes. Esse resultado corrobora com o estudo de Martins *et al.* (2008) em que as famílias com maior número de indivíduos no banco de sementes foram Asteraceae e Poaceae. Schorn, *et al.*, (2013) também apontaram que as espécies com maior número de indivíduos foram Asteraceae (28,1%) e Poaceae (17,7%).

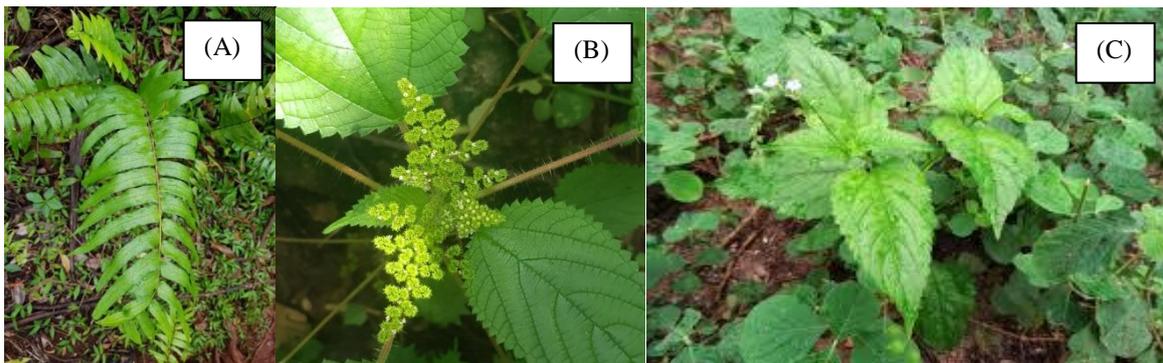
Em BS-MIX foram identificadas 12 espécies pertencentes a 9 famílias. A família Asteraceae apresentou 3 espécies (*Erechtites hieraciifolius*, *Erigeron sumatrensis* e *Cyanthillium cinereum*). As espécies herbáceas foram expressivas, com 8 espécies,

seguidas por arbustos (2), trepadeiras (1) e sub-arbustos (1). A dispersão de sementes foi predominantemente por zoocoria (4), anemocoria (3), autocoria (1).

Uma espécie se destacou pela quantidade expressiva de indivíduos emergidos, *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott, com 24 indivíduos. A alta emergência desta espécie sugere uma excelente viabilidade das sementes e condições muito favoráveis para a germinação. Isso pode ser resultado de boas estratégias de adaptação e dispersão dessa espécie, além de um ambiente propício criado pela combinação de substratos.

Outras espécies como *Priva lappulacea* (L.) Pers., *Laportea aestuans* (L.) Chew e *Lonicera japonica* também mostraram uma emergência considerável, com 5 e 4 indivíduos. Estas espécies, embora não tão abundante quanto *Nephrolepis biserrata*, ainda demonstram uma notável capacidade de emergência, indicando uma adaptabilidade significativa às condições do ambiente.

Figura 7 - *Nephrolepis biserrata* (A), *Laportea aestuans* (B) e *Priva lappulacea* (C).



Fonte: plant the word

Por outro lado, espécies como *Erechtites hieraciifolius*, *Cyanthillium cinereum*, *Cyperus rotundus*, *Panicum trichanthum*, *Borreria latifolia*, *Solanum capsicoides* e *Brunfelsia pauciflora* obtiveram um número mínimo de indivíduos emergidos.

A família Nephrolepidaceae apresentou o maior número de indivíduos emergidos, com um total de 24 indivíduos. Esta alta abundância sugere que as condições do mix são particularmente favoráveis para a germinação e estabelecimento das sementes desta família, que inclui principalmente samambaias, conhecidas por sua capacidade de colonizar rapidamente áreas perturbadas.

A família Verbenaceae também mostrou uma presença significativa, com 5 indivíduos emergidos. Verbenaceae é uma família que frequentemente inclui espécies pioneiras em processos de sucessão ecológica, o que pode explicar sua alta

representatividade no banco de sementes do mix. Outras famílias com uma quantidade considerável de indivíduos incluem Caprifoliaceae e Urticaceae, ambas com 4 indivíduos emergidos. Caprifoliaceae, que inclui espécies como madressilvas, enquanto Urticaceae é conhecida por plantas herbáceas e arbustivas com sementes pequenas e numerosas, são adaptadas a diferentes condições ambientais, o que pode ter facilitado sua emergência no mix.

As famílias Asteraceae (5), Solanaceae (2), Poaceae (1) e Rubiaceae (1). A presença de Poaceae, uma família de gramíneas, sugere uma colonização inicial do solo, enquanto Rubiaceae inclui muitas espécies de sub-bosque, refletindo a diversidade de estratégias de colonização no mix.

Quando se compara o banco de sementes da serrapilheira e do solo, temos que ambos os tratamentos apresentaram uma diversidade semelhante em termos de número de espécies e famílias. No entanto, o banco de sementes da serrapilheira teve uma maior proporção de arbustos e trepadeiras. Com relação ao banco de sementes do solo e o mix, BS-SOLO apresentou uma maior diversidade de famílias e espécies em comparação com BS-MIX. A maior representação de espécies arbustivas e arbóreas em BS-SOLO pode indicar uma maior heterogeneidade do habitat. Apesar de BS-SRP e BS-MIX compartilharem várias espécies, BS-SRP apresentou uma maior riqueza de espécies, possivelmente devido à combinação de características de solo e serrapilheira.

A presença predominante de espécies herbáceas invasoras nos bancos de sementes dos tratamentos estudados pode estar associada ao histórico de uso agrícola e à fragmentação das áreas. A abertura de clareiras, causada por distúrbios naturais ou antrópicos, favoreceu a colonização por espécies invasoras e pioneiras, contribuindo para a alta riqueza de espécies observada. A dispersão zoocórica predominante destaca a importância da fauna local na regeneração e manutenção da diversidade dessas áreas.

Tabela 1 - Número de indivíduos por famílias, espécies, forma de vida e dispersão de sementes identificados no banco de sementes dos tratamentos estudados.

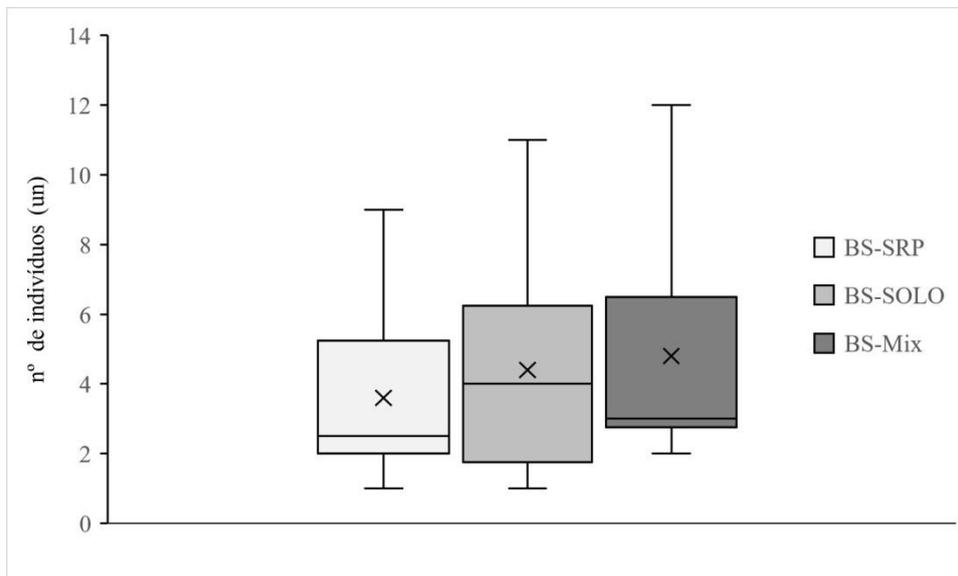
FAMÍLIAS/ESPÉCIES	Ni			FV	DS
	BS-SRP	BS-SOLO	BS-MIX		
ASTERACEAE					
<i>Artemisia dracunculus</i> L.		3		herb.	anemo.
<i>Cyanthillium cinereum</i> (L.) H.Rob.			1	herb.	anemo.
<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.	1		3	herb.	anemo.
<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC	2	3	1	herb.	anemo.
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	2	2		herb.	anemo.
BALSAMINACEAE					
<i>Impatiens balsamina</i> L.		1		herb.	indet.
BORAGINACEAE					
<i>Cordia Superba</i>	4	2		arb.	zoo.
CAPRIFOLIACEAE					
<i>Lonicera japonica</i> Thunb. ex Murray	6	7	4	trep.	zoo.
COMMELINACEAE					
<i>Commelina erecta</i> L.	1	4		herb.	zoo.
CYPERACEAE					
<i>Cyperus rotundus</i> L.		1	1	herb.	auto.
FABACEAE					
<i>Rhynchosia volubilis</i> Lour.	2	2		liana	auto./zoo.
MALVACEAE					
<i>Sida rhombifolia</i> L.	3			herb.	zoo.
MYRTACEAE					
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston		3		arb.	zoo.
NEPHROLEPIDACEAE					
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	1		24	herb.	indet.
PASSIFLORACEAE					
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	1	2		trep.	zoo.
POACEAE					
<i>Panicum trichanthum</i> Nees	5		1	herb.	zoo.
<i>Poa annua</i> L.		5		herb.	zoo.
<i>Oplismenus compositus</i> (L.) P.Beauv.	1			herb.	auto.
RUBIACEAE					
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum.		3	1	herb.	auto.
<i>Spermacoce glabra</i> Michx.	2			herb.	auto.
SOLANACEAE					
<i>Solanum capsicoides</i>	1	2	1	sub- arb.	zoo.
<i>Brunfelsia pauciflora</i> (Cham. & Schltdl.) Benth.	1	2	1	arb.	zoo.
URTICACEAE					

<i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew	2	4	herb.	indet.
VERBENACEAE				
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.		5	herb.	indet.

2.3.2 Número de indivíduos e número de espécies

A análise dos dados do box-plot na figura 8 para a variável número de indivíduos, apresenta os seguintes resultados. No tratamento do BS-SRP, a mediana foi de 2,5 indivíduos, indicando que metade das observações registrou até 2,5 indivíduos. O intervalo interquartil (Q1-Q3) de 2,0 a 4,75 sugere uma variabilidade moderada, enquanto o valor máximo de 9,0 indivíduos indica que algumas parcelas tiveram condições altamente favoráveis para a germinação. A presença de matéria orgânica na serrapilheira pode fornecer nutrientes essenciais e criar um microclima adequado para a germinação das sementes. No entanto, a variabilidade na composição da serrapilheira entre as parcelas pode ter influenciado os resultados, refletindo uma distribuição desigual de nutrientes e condições microclimáticas.

Figura 8 - Valores do número de indivíduos para os tratamentos analisados por box-plot.



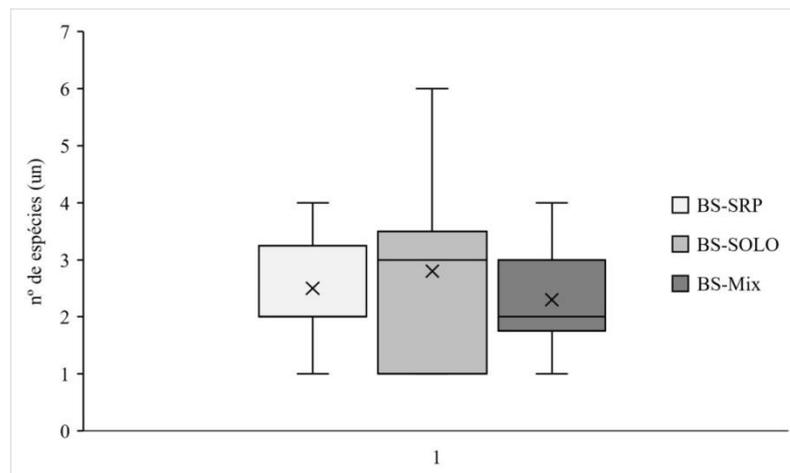
A contagem de indivíduos consiste na quantificação precisa do número de plantas de cada espécie dentro de uma área de estudo específica (GOTELLI & COLWELL, 2011). Essa métrica permite identificar as espécies dominantes e raras, fornecendo informações sobre a distribuição espacial e a densidade populacional de cada uma. Por meio da contagem de indivíduos, os pesquisadores podem compreender melhor a estrutura da comunidade vegetal, analisando padrões de diversidade e dominância influenciados por fatores ambientais e intervenções humanas (MAGURRAN, 1988).

Para BS-SOLO apresentou uma mediana de 4,0 indivíduos, superior ao tratamento BS-SRP, com um intervalo interquartil de 2,25 a 5,75. Isso sugere que a maioria das parcelas registrou entre 2,25 e 5,75 indivíduos. O valor máximo de 11,0 indivíduos indica que algumas parcelas tiveram uma alta densidade de indivíduos, possivelmente devido a condições edáficas favoráveis. O solo fornece um ambiente mais estável e menos variável em termos de nutrientes e umidade em comparação com a serrapilheira, o que pode favorecer uma maior densidade de indivíduos.

O BS-MIX apresentou uma mediana de 3,0 similar à do tratamento BS-SOLO. No entanto, a variabilidade foi maior, com um intervalo interquartil de 3,0 a 6,0 e um valor máximo de 12,0. Isso sugere que a combinação de solo e serrapilheira pode proporcionar um ambiente mais variável, com algumas parcelas apresentando condições muito favoráveis para a germinação.

Com base nesses resultados, recomenda-se o uso de BS-Solo como tratamento preferencial para promover uma maior densidade de indivíduos, devido à sua estabilidade e condições mais previsíveis. BS-SRP pode ser útil em contextos onde a variabilidade nas condições de germinação pode ser explorada para favorecer a diversidade de espécies. O BS-Mix, embora não tão eficaz em termos de densidade de indivíduos, pode oferecer um meio-termo para situações que requerem um equilíbrio entre variabilidade e estabilidade.

Figura 9 - Valores do número de espécies para os tratamentos analisadas por box-plot.



A análise da variável número de espécies para os tratamentos (Figura 9), revelou diferentes padrões de diversidade vegetal. O BS-SRP apresentou uma média de 2,5 espécies e uma mediana de 2 espécies, com um desvio padrão de 0,97, indicando uma variabilidade relativamente baixa. A maioria das parcelas registrou entre 2 e 3 espécies. O BS-SOLO

apresentou uma média de 2,8 espécies e uma mediana de 3 espécies, com um desvio padrão de 1,69, indicando uma variabilidade maior em comparação com a serrapilheira. Esse maior desvio padrão sugere que o solo pode suportar uma gama mais ampla de espécies. O valor máximo de 6 espécies indica que algumas parcelas de solo tinham condições particularmente favoráveis para a emergência de uma maior diversidade de espécies. BS-MIX apresentou uma média de 2,3 espécies e uma mediana de 2 espécies, com um desvio padrão de 0,95, revelando uma variabilidade baixa, similar ao BS-SRP.

Em estudos fitossociológicos, a combinação da contagem de indivíduos e do número de espécies fornece uma visão abrangente da estrutura da comunidade vegetal (GOTELLI & COLWELL, 2011). Esses parâmetros são essenciais para o planejamento e implementação de ações de conservação e manejo, contribuindo para a tomada de decisões embasadas em evidências científicas para a proteção e restauração de ecossistemas terrestres e aquáticos (KREBS, 2014).

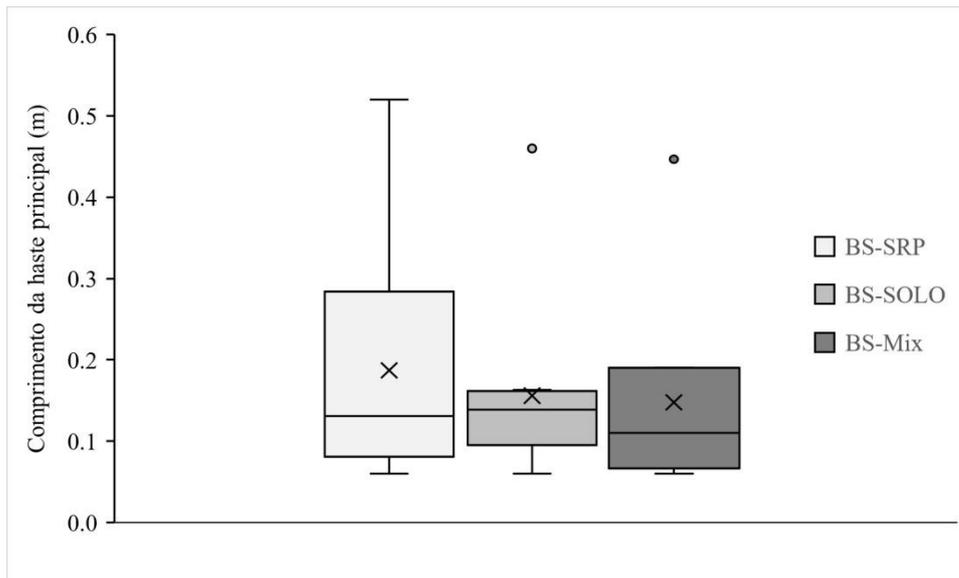
A análise não paramétrica dos dados do número de indivíduos e de espécies emergidas indica que cada tratamento possui características distintas que influenciam a germinação e a diversidade florística. Quanto maior o número de espécies presentes em uma área, maior é a riqueza biológica e, potencialmente, a estabilidade ecológica do ambiente (SMITH *et al.*, 2013).

A análise dos dados sugere que o BS-SOLO é o mais eficaz em termos de número de indivíduos e diversidade de espécies. O BS-MIX também mostrou resultados positivos, mas não significativamente superiores aos tratamentos individuais. BS-SRP, embora forneça um ambiente nutritivo, resultou em uma menor densidade de indivíduos e uma diversidade de espécies estável, mas não superior.

2.3.3 Comprimento e diâmetro médio da haste principal

Na Figura 10 estão presentes a distribuição do comprimento médio da haste principal das plantas emergidas nos tratamentos. BS-SRP demonstrou a maior mediana de comprimento de haste, cerca de 0,2 metros, sugerindo que metade das plantas neste tratamento possuíam hastes com comprimento igual ou superior a esse valor. A faixa interquartil se estende de aproximadamente 0,07 metros a 0,3 metros, indicando uma considerável variação dentro dos 50% centrais dos dados. Além disso, os bigodes do box plot, que se estendem até 0,55 metros, refletem uma ampla gama de valores, e a presença de dois outliers sugere que há valores extremos que contribuem para a variabilidade observada.

Figura 10 - Valores médios do comprimento da haste principal para os tratamentos, analisadas por Box-plot.



O comprimento está diretamente relacionado à capacidade de competir por luz solar (KEDDY, 2017). Plantas que alcançam maiores alturas muitas vezes têm uma vantagem competitiva ao buscar a luz necessária para a fotossíntese. Por outro lado, em ecossistemas mais abertos, a altura das plantas pode ser influenciada por fatores como disponibilidade de água e nutrientes no solo (KEDDY, 2017).

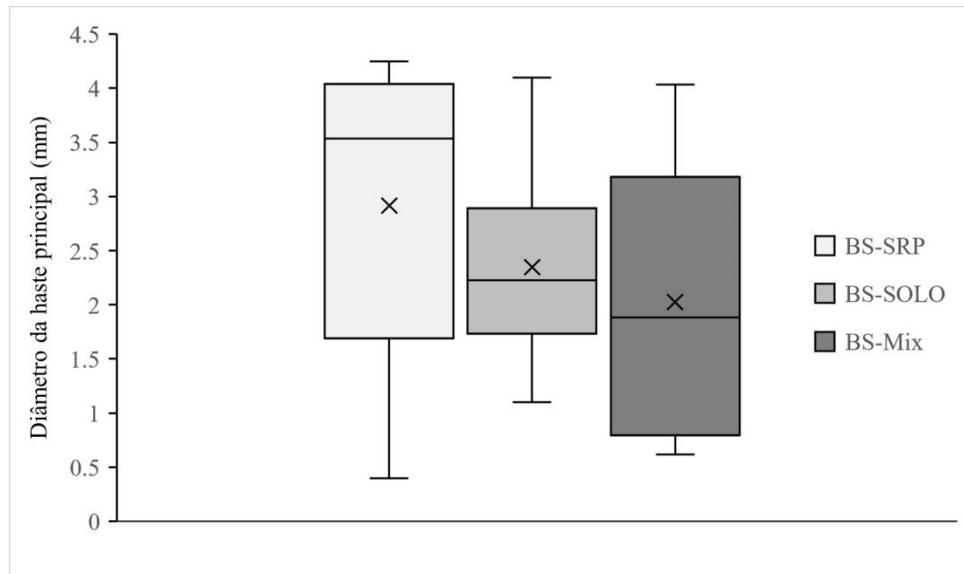
O BS-SOLO apresentou uma mediana de 0,1 metros, indicando que a maioria das plantas neste tratamento possui hastes principais mais curtas. A faixa interquartil do solo varia de aproximadamente 0,08 metros a 0,15 metros, e os bigodes se estendem até 0,4 metros, revelando uma menor variabilidade no comprimento das hastes principais em comparação com o BS-SRP.

O BS-MIX, apresenta uma mediana de aproximadamente 0,1 metros e uma faixa interquartil que vai de cerca de 0,06 metros a 0,19 metros. Os bigodes variam de 0,06 metros a 0,4 metros, indicando uma variabilidade intermediária entre BS-SRP E BS-SOLO. Esta combinação sugere que o BS-MIX oferece um equilíbrio entre as características dos dois tratamentos, proporcionando um ambiente de crescimento que é moderadamente nutritivo e estável.

A Figura 11 mostra a distribuição do diâmetro médio da haste principal (em milímetros) para os tratamentos. No BS-SRP, a mediana do diâmetro é de aproximadamente 3,5 mm, indicando que metade das plantas possui hastes com diâmetro igual ou superior a

este valor. A faixa interquartil, que varia de 1,26 mm a 4,08 mm, juntamente com os bigodes que se estendem de aproximadamente 0,4 mm a 4,25 mm.

Figura 11 - Valores médios do diâmetro da haste principal para os tratamentos analisadas por box-plot.



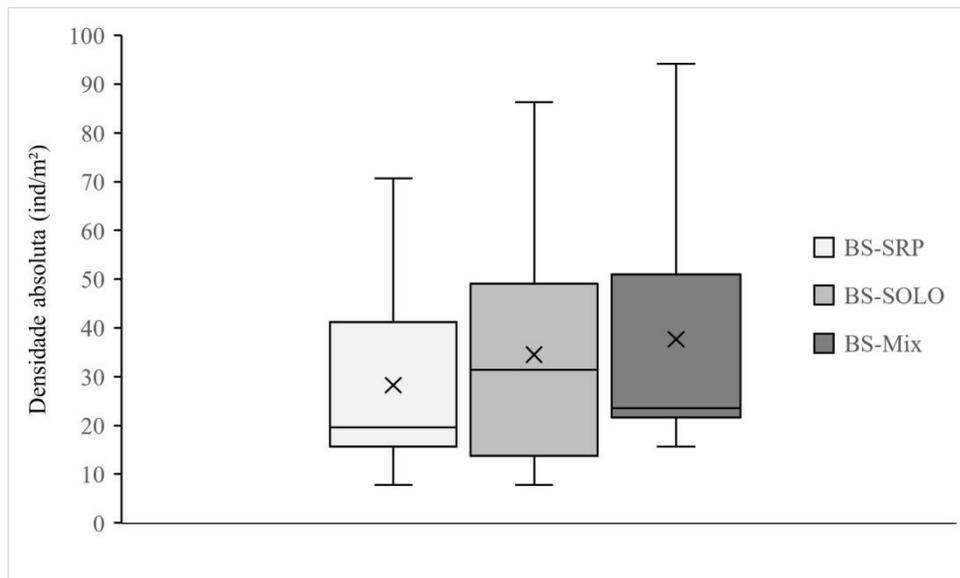
A medição do diâmetro das plantas permite avaliar a resposta das espécies às condições do ambiente e identificar estratégias de crescimento que favoreçam sua adaptação e persistência (WESTOBY *et al.*, 2002).

O BS-SOLO apresenta uma mediana menor, em torno de 2,2 mm, com uma faixa interquartil que varia de aproximadamente 1,7 mm a 2,9 mm. Os bigodes se estendem de cerca de 1 mm a 4 mm, indicando uma variabilidade moderada, que é menor do que a observada no BS-SRP.

No BS-MIX, a mediana do diâmetro é de aproximadamente 1,9 mm, com a faixa interquartil variando de 0,7 mm a 3,3 mm e bigodes que se estendem de aproximadamente 0,6 mm a 4,5 mm. Novamente, BS-SRP mostrou a maior mediana, indicando que as plântulas neste tratamento tendem a desenvolver hastes mais espessas. A alta variabilidade observada, com um intervalo interquartil de 2,32 mm a 3,96 mm, sugere que a serrapilheira pode proporcionar condições muito favoráveis para o desenvolvimento de hastes mais robustas, embora essas condições sejam menos consistentes.

2.3.4 Densidade absoluta

Figura 12 - Valores de densidade absoluta para os tratamentos analisados por box-plot.



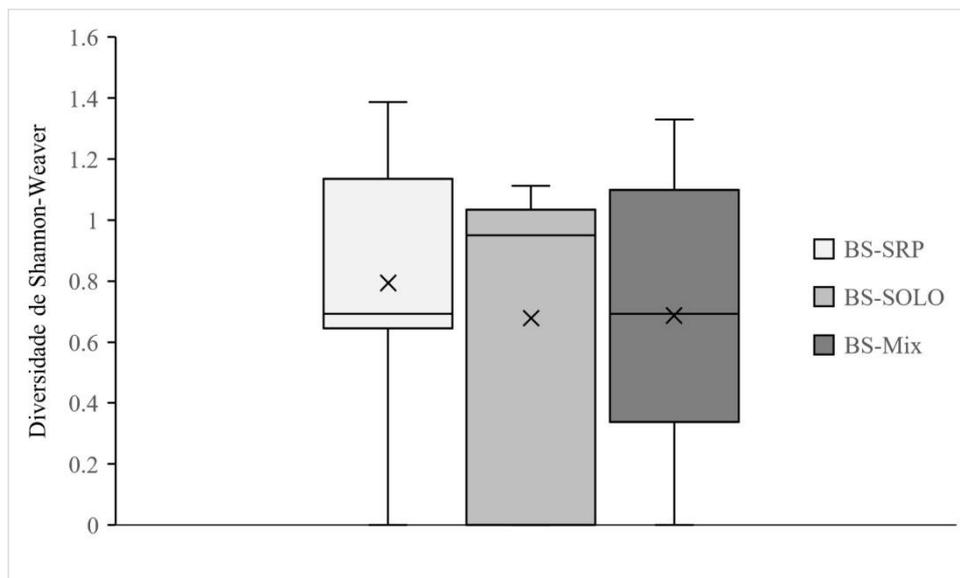
Esta medida oferece uma visão abrangente da abundância total de organismos em diferentes condições de tratamento. A Figura 12 apresenta a distribuição da densidade absoluta para os tratamentos. No BS-SRP, a mediana é de aproximadamente 2,2, indicando que metade das observações registrou até 2,2 indivíduos. A faixa interquartil, que varia de cerca de 1,8 a 4,9. Os bigodes, de aproximadamente 0,8 a 8, indicando que algumas parcelas apresentam condições muito favoráveis para a germinação, enquanto outras não são tão propícias. A camada de serapilheira proporciona maior infiltração e retenção de água no solo, reduzindo o escoamento superficial, além de fornecer nutriente e matéria orgânica para as sementes existentes no banco de sementes, este processo forma um ciclo dentro da floresta, o que resulta na ciclagem de nutrientes, contribuindo, assim, para a restauração ecológica. (RODRIGUES *et al.* 2010).

O BS-SOLO exibe uma mediana em torno de 3,5, sugerindo que metade das observações registrou até 3,5 indivíduos, superior à mediana observada em BS-SRP. A faixa interquartil varia de aproximadamente 1,3 a 5,8, indicando uma maior variabilidade comparada a BS-SRP. Os bigodes, que se estendem de 0,9 a 9,7, mostram uma ampla gama de valores, indicando que o solo pode suportar uma densidade elevada de indivíduos em algumas parcelas, possivelmente devido a condições edáficas favoráveis e menos variáveis em termos de nutrientes e umidade do que a serrapilheira. A presença de um ambiente mais estável no solo pode explicar a maior densidade de indivíduos observada, favorecendo uma germinação mais consistente.

No BS-MIX, a mediana da densidade absoluta é de aproximadamente 2,7, com a faixa interquartil variando de cerca de 2,2 a 6,2. Os bigodes se estendem de aproximadamente 1,8 a 10,61, indicando uma variabilidade substancial. Essa ampla faixa interquartil e extensão dos bigodes sugere que a combinação de solo e serrapilheira cria um ambiente heterogêneo, que pode tanto favorecer quanto limitar a germinação e estabelecimento de indivíduos. Embora a mediana do BS-MIX seja maior que a BS-SRP, ela ainda é inferior à do BS-SOLO, indicando que, embora a combinação de ambos possa proporcionar um ambiente rico em nutrientes, a heterogeneidade resultante pode não ser tão eficaz quanto o solo isoladamente em termos de promover uma densidade alta e consistente de indivíduos.

2.3.5 Índice de diversidade de shannon-weaver

Figura 13 - Valores de diversidade de Shannon-Weaver para os tratamentos, analisados por box-plot.



Esta variável pode ser analisada a partir da figura 13. Esta diversidade é uma métrica que incorpora tanto a riqueza de espécies quanto a equitabilidade de suas abundâncias, sendo amplamente utilizada para descrever a complexidade de comunidades ecológicas. No tratamento BS-SRP, observa-se que a mediana é de 1,0, indicando um nível moderado de diversidade. O boxplot indica que a maioria dos valores está concentrada entre aproximadamente 0,7 e 1,4, com os bigodes se estendendo nessa mesma faixa, sugerindo uma variabilidade moderada na diversidade de espécies dentro das parcelas tratadas com serrapilheira.

No BS-SOLO, também apresenta uma mediana de 1,0. A distribuição dos valores varia entre aproximadamente 0,7 e 1,4, similar ao BS-SRP. O máximo e o mínimo observados, de 0,7 e 1,8 respectivamente, indicam uma ligeira maior amplitude na variação da

diversidade, sugerindo que o solo pode suportar uma gama um pouco mais ampla de diversidade de espécies em algumas parcelas, potencialmente devido a um ambiente edáfico mais consistente e menos sujeito a variações.

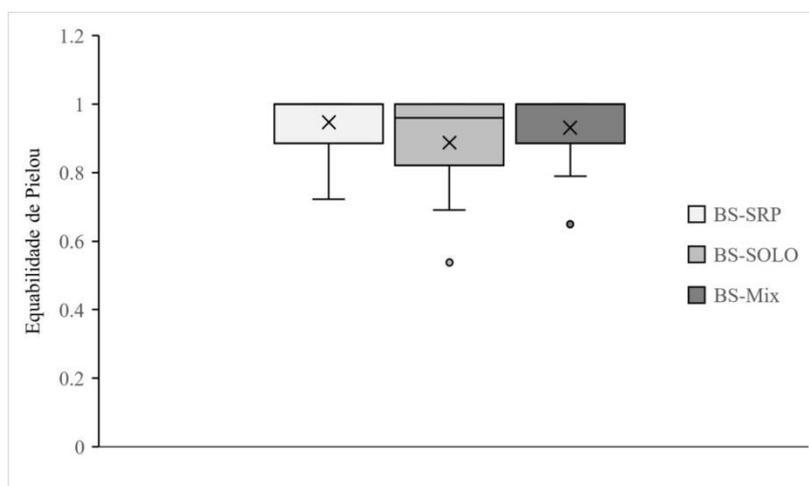
Para BS-MIX, a mediana está em torno de 1,0, indicando uma diversidade comparável aos outros dois tratamentos. Os valores variam de aproximadamente 0,7 a 1,0, com os bigodes se estendendo entre 0,7 e 1,4. Isso sugere que a combinação de solo e serrapilheira proporciona um ambiente que suporta uma diversidade de espécies similar aos tratamentos individuais, sem oferecer vantagens significativas adicionais em termos de diversidade.

O índice obtido neste estudo é considerado baixo quando comparado a outros estudos, Machado, *et al.* (2013) em área de domínio do Cerrado teve como resultado de $H' = 1,94$ na estação seca e de $H' = 1,88$ em estação pluviosa, apresentando também um baixo índice de diversidade. De acordo com Saporetti Jr. *et al.*, (2003) 3,11, já são consideradas com uma boa conservação. Estudos realizados em outros bancos de sementes como Ferreira *et al.*, (2010) em área em processo de restauração, obtiveram o índice $H' = 2,96$ e Araújo *et al.*, (2006), encontraram $H' = 2,75$ em uma área degradada por mineração, desse modo os valores demonstram que as áreas apresentam maior equilíbrio entre as abundâncias dos indivíduos e, conseqüentemente, maior diversidade.

2.3.6 Equabilidade de pielou

Em estudos de restauração florestal, a equabilidade é uma métrica importante para avaliar o sucesso da recuperação ecológica. Uma restauração bem-sucedida deve promover não apenas o aumento da riqueza de espécies, mas também uma distribuição equitativa das abundâncias das espécies (HOBBS & HARRIS, 2001).

Figura 14 - Valores da equabilidade de Pielou para os tratamentos, analisados por box-plot.



A variável, apresentada na Figura 14, é uma medida que avalia o quão uniforme as espécies estão distribuídas em uma comunidade, complementando de forma importante a riqueza de espécies e a diversidade geral. A análise dos três tratamentos revela que a equabilidade de Pielou apresenta uma mediana de 1,0 para todos os tratamentos, indicando uma distribuição uniforme das espécies em cada comunidade.

No BS-SRP, observa-se que a maioria dos valores está concentrada em torno de 1,0, assim como os valores máximos e mínimos. Isso sugere que a distribuição das espécies é altamente uniforme, possivelmente devido à homogeneidade dos recursos proporcionados pela serrapilheira, que pode oferecer um ambiente rico em matéria orgânica e nutrientes essenciais para uma ampla gama de espécies.

BS-SOLO também mostra uma mediana de equabilidade de Pielou de 1,0, com a maioria dos valores igualmente concentrados em 1,0. A estabilidade e uniformidade dos recursos no solo, incluindo nutrientes e umidade, podem contribuir para essa distribuição uniforme das espécies. A consistência do solo como meio de germinação pode proporcionar um ambiente equilibrado, favorecendo a equitabilidade na distribuição das espécies.

No BS-MIX, a mediana de 1,0, com a maioria dos valores igualmente concentrados em torno desse valor. A combinação de solo e serrapilheira pode criar um ambiente heterogêneo que, apesar de suas variabilidades, ainda consegue suportar uma distribuição uniforme das espécies. Essa uniformidade sugere que o mix pode equilibrar as características benéficas de ambos os componentes, resultando em uma comunidade ecológica equilibrada.

A consistência dos valores de equabilidade de Pielou em 1,0 para todos os tratamentos indica que, independentemente do meio de germinação utilizado, a distribuição das espécies tende a ser uniforme. Isso sugere que cada tratamento fornece recursos e condições ambientais que promovem uma distribuição equitativa das espécies emergentes.

2.3.7 Índice de diversidade de simpson

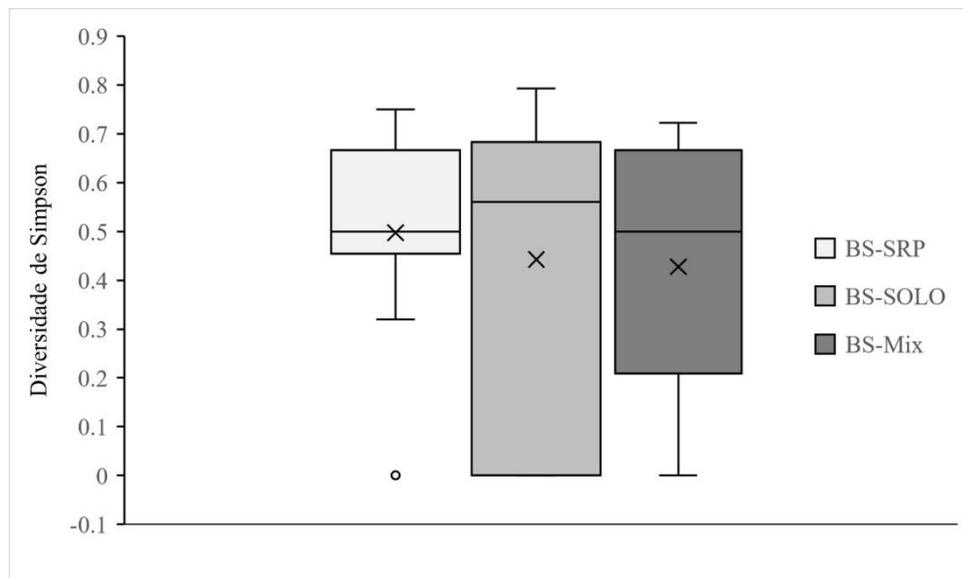
A figura 15 retrata a diversidade de Simpson para os tratamentos. Este é um índice que dá mais peso às espécies mais abundantes, sendo útil para avaliar a dominância e a equitabilidade das espécies em uma comunidade.

Em BS-SRP possui uma mediana de 0,7, indicando uma diversidade moderada. O boxplot indica que a maioria dos valores está concentrada entre 0,5 e 0,8, com os bigodes se estendendo até 0,9. A presença de um outlier abaixo de 0,1 sugere a ocorrência de amostras

com uma diversidade excepcionalmente baixa, possivelmente devido à dominância de uma única espécie, o que pode ser influenciado pela variabilidade na composição da serrapilheira.

No BS-SOLO, também apresenta uma mediana em torno de 0,7. Os valores estão distribuídos entre aproximadamente 0,5 e 0,8, indicando uma diversidade moderada similar à observada no tratamento BS-SRP. Em BS-MIX, a mediana de 0,8, ligeiramente superior aos outros tratamentos. Os valores variam entre cerca de 0,6 e 0,8, com os bigodes se estendendo até 0,8.

Figura 15 - Valores do índice de diversidade de Simpson para os tratamentos, analisados por box-plot.



No BS-MIX, apresenta uma mediana de 0,8, ligeiramente superior aos outros tratamentos. Os valores variam entre cerca de 0,6 e 0,8, com os bigodes se estendendo até 0,8. Isso indica que a combinação de solo e serrapilheira proporciona um ambiente que suporta uma maior equitabilidade e uma menor dominância de espécies individuais, resultando em uma diversidade ligeiramente maior.

A análise dos dados da diversidade de Simpson sugere que, embora todos os tratamentos apresentem uma diversidade moderada, o BS-MIX tende a promover uma maior equitabilidade e menor dominância de espécies, resultando em uma maior diversidade. Isso pode ser atribuído ao ambiente heterogêneo criado pela combinação de solo e serrapilheira, que pode oferecer uma variedade de nichos e recursos para diferentes espécies.

A presença de outliers e a variabilidade na diversidade de Simpson no BS-SRP indicam que a composição da serrapilheira pode ser altamente variável, afetando a dominância de espécies em certas parcelas. Isso pode ser devido à variabilidade na quantidade de matéria orgânica e nutrientes disponíveis, bem como às condições microclimáticas específicas de cada parcela.

2.4 CONCLUSÃO

O tratamento BS-SOLO foi mais eficaz em suportar uma maior diversidade de espécies, apresentando maior variabilidade e densidade de indivíduos. O BS-SRP, embora com menor variabilidade, também demonstrou ser eficaz devido à presença de matéria orgânica que favorece a emergência de diferentes espécies. Já o BS-MIX, apesar de combinar as características do solo e da serrapilheira, não resultou em uma diversidade significativamente maior, sugerindo que a heterogeneidade criada não foi suficiente para superar os benefícios dos tratamentos individuais.

A análise estatística, tanto paramétrica quanto não paramétrica, não revelou significância estatística para os parâmetros analisados. Dessa forma, optou-se pela descrição dos dados utilizando gráficos boxplot, que evidenciam a distribuição e variabilidade dos dados de forma clara. A descrição dos dados indica que o solo, com sua maior estabilidade e variabilidade, é um ambiente que favorece a emergência de uma ampla gama de espécies, enquanto a serrapilheira, com sua matéria orgânica, também promove a germinação, mas de forma menos variável. O mix, por sua vez, não apresentou um desempenho superior aos tratamentos individuais.

Considerando os resultados, recomenda-se o uso do solo (BS-SOLO) para promover uma maior diversidade de espécies e densidade de indivíduos em programas de recuperação e conservação. A serrapilheira (BS-SRP) é indicada para ambientes onde a matéria orgânica e a estabilidade microclimática são importantes. O tratamento mix, apesar de não apresentar superioridade estatística, pode ser considerado em situações que requerem um equilíbrio entre variabilidade e estabilidade.

A análise dos parâmetros florísticos e fitossociológicos deste estudo fornece subsídios importantes para o planejamento de ações de conservação e manejo sustentável de fragmentos florestais, contribuindo para a restauração e manutenção da biodiversidade local. Esses resultados ressaltam a importância da escolha do substrato adequado para a promoção da diversidade e densidade de espécies em projetos de revegetação e conservação da natureza.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. L. P. **Caracterização da chuva e do banco de sementes do solo em fisionomias campestres no sul do Brasil**. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Florestal, p.137 Curitiba. Doutorado (Tese de Doutorado em conservação da Natureza), 2015.
- ANDRADE, J. R.; LOPES, C. G. R.; SILVA, K. A.; SANTOS, J. M. F. F.; LIMA, E. N.; SALES, P. S. S. C.; AGUIAR, B. A. S.; SILVA, S. I.; ARAUJO, V. K. R.; SANTOS, D. M.; ARAÚJO, E. L. Short timescale regeneration in a tropical dry forest in Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e29411527880, 2022.
- BRASIL. **Manual de recuperação de áreas degradadas do Departamento Nacional de Produção Mineral**. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2000.
- CHAMI, L. B. **Vegetação e mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes da Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS**. f.121 Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- COSTA, P. F. **Indicadores ecológicos no monitoramento de áreas em processo de restauração florestal localizadas no sul do estado do Mato Grosso do Sul-MS**. Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias, p.140 Dourados (Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental), 2017.
- COSTALONGA, S. R. **Banco de sementes em áreas contíguas de pastagem degradada, plantio de eucalipto e floresta natural, em Paula Cândido – MG**. 2006. f.126 Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- FRANCO, B. K. S. **Análise da regeneração natural e do banco de sementes em um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, MG**. 2005. f.73 Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- GANN, G.D.; MCDONALD, T.; WALDER, B. ; ARONSON, J.; NELSON, C.R. ; JONSON, J.; HALLETT, J.G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M. R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRIA, C.; GONZALES, E.; SHAW, N.; DECLEER, K.; DIXON, K. W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology**. v.27, n. S1, p. S1-S46, 2019.
- GOTELLI, N.J. & COLWELL, R.K. Estimating Species Richness. In: Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment, **Oxford University Press**, United Kingdom, 39-54, 2011.
- HINTZE, C.; HEYDEL, F.; HOPPE, C.; CUNZE, S.; KÖNIG, A.; TACKENBERG, O. D3: The Dispersal and Diaspore Database – Baseline data and statistics on seed dispersal . Perspectives in Plant Ecology, **Evolution and Systematics**. v. 15, n. 3, p. 180-192, 2013.
- HOPKINS, M. S.; TRACEY, J. G.; GRAHAM, A. W. The size and composition of soil seed banks in remnant patches of three structural rainforest types in North Queensland, Australia.

Australian Journal of Ecology, v.15, n.1, p. 43-50, 1990. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1990.tb01019>

LAU, A. V.; JARDIM, M. A. G. Composição e densidade do banco de sementes em uma floresta de várzea, Ilha do Combu, Belém-PA, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 3, p. 5-14, 2014.

LUCRÉCIO. **Da natureza das coisas**. Tradução: Luís Manuel Gaspar Cerqueira. Lisboa: Relógio d'Água, 2015.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Londres: Princeton University Press, p.192, 1988.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Wiley blackwell. 2004.

MAIA, F. C.; MEDEIROS, R. B.; PILLAR, V. P., CHOLLET, D. M. S., OLMEDO, M. O. M. Composição, riqueza e padrão de variação do banco de sementes do solo em função da vegetação de um ecossistema de pastagem natural. **Série botânica**, v. 58, n. 1, p. 61-80, 2003.

MARTINS, S. V. Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil**, p. 270, 2009.

MARTINS, S. V.; ALMEIDA, D. P.; FERNANDEZ, L. V.; RIBEIRO, T. M. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v. 32, p. 1081-1088, 2008.

NETO, A. M.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; SILVA, D. A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1035-1043, 2010.

PEREIRA, I. M.; ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A. Banco de sementes do solo, como subsídio à recomposição de mata ciliar. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 721-730, 2010.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTO, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. v. 142, n.6, p.1141-1153, 2009.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 65-73, 2010.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, C. Y.; BRANCALION, P. H. S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest ecology and management**. v.261, n. 10, p1605-1613, 2011.

SCARANO, F. R. & CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**. v.24, p.2319-2331, 2015.

SCHORN, L. A.; FENILLI, T. A. B.; KRÜGER, A.; PELLENS, G. C.; BUDAG, J. J. NADOLNY, M. C. Composição do banco de sementes no solo em áreas de preservação permanente sob diferentes tipos de cobertura. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 49-58, 2013.

SILVA, W. C., MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; JUNIOR, R. F. C. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Mata das Galinhas, no município de Catende, Zona da Mata Sul de Pernambuco. **Ciência florestal**, Santa Maria, v.17, n. 4, p. 321-331, 2007.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serrapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Cerne**, v. 12, n.1, p. 56-67, 2006

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serrapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Cerne**, v. 12, n.1, p. 56-67, 2006.

Parr.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF : Embrapa, 2015.