



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

Juliana Aparecida de Lima

**Chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de
reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens
agrícolas: uma revisão sistemática global**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de título de mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Valéria Forni Martins

ARARAS-SP

2025

Lima, Juliana Aparecida de

Chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas: uma revisão sistemática global / Juliana Aparecida de Lima -- 2024.
56f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Valéria Forni Martins
Banca Examinadora: Valéria Forni Martins, Rafael Carvalho da Costa, Kayna Agostini
Bibliografia

1. Avaliação do estado da arte sobre a chuva de sementes em fragmentos localizados em paisagens agrícolas. 2. Revisão sistemática de artigos científicos publicados mundialmente. I. Lima, Juliana Aparecida de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Juliana Aparecida de Lima, realizada em 16/07/2024.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Valeria Forni Martins (UFSCar)

Profa. Dra. Kayna Agostini (UFSCar)

Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa (UFC)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente.

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao Universo, por serem tão gentis comigo, concedendo-me a oportunidade, saúde e persistência para o desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado.

Aos meus pais, irmãos, marido e ao meu amado filho que sempre me apoiaram até em momentos em que o corpo e mente não aguentavam mais.

A minha orientadora, a Professora Valéria, por acreditar em mim, pelas inúmeras críticas e correções que sempre me levaram a ser uma pesquisadora melhor e por toda a dedicação e ensinamento.

Aos meus colegas, em especial, ao Ezequiel e ao Guilherme, que sempre me ajudaram quando necessitei e por todo o vínculo criado.

As professoras membras da banca de qualificação, Dra. Alessandra dos Santos Penha, Dra. Daiane Cristina Carreira e Dra. Kayna Agostini pelos pertinentes apontamentos que engrandeceram esse estudo.

Aos professores membros da banca de defesa, Dr. Rafael Carvalho da Costa, Dra. Kayna Agostini e Dra. Valéria Forni Martins pelos pertinentes apontamentos que engrandeceram esse estudo.

Agradeço a Universidade Federal de São Carlos e o Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente - PPGAA/UFSCAR pelo mestrado oferecido, o que me permitiu dar continuidade em meus estudos e desenvolvimento profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Fragmentos de vegetação inseridos em paisagens agrícolas são importantes para a conservação da biodiversidade e das funções ecossistêmicas. Para a manutenção de tais fragmentos, é crucial que as populações de plantas possam regenerar-se naturalmente, especialmente através de sementes recém-dispersas (*i.e.* chuva de sementes). Aqui, avaliamos o estado da arte sobre a chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas, com foco na descrição da chuva de sementes, dos fragmentos e das matrizes onde os fragmentos estão inseridos. Realizamos uma revisão sistemática de artigos científicos publicados mundialmente em inglês, português e espanhol. Construímos uma planilha contendo informações detalhadas sobre as publicações, a chuva de sementes, os fragmentos e as matrizes. Cada linha da planilha contém informações sobre um único fragmento. Encontramos 41 artigos (161 fragmentos), dos quais 28 foram conduzidos na América Central e do Sul, especialmente no Brasil (20 artigos e 78 fragmentos). A maioria dos fragmentos é de remanescentes de vegetação natural (61%), apresenta estrutura florestal (96%), está localizada próximo a outras manchas de vegetação natural (98%) e imersa em pastagens (50%). Poucos artigos informaram o tamanho dos fragmentos, o estágio de regeneração da vegetação, a distância entre o fragmento e outras manchas de vegetação natural, e a presença de corredores ecológicos. Para a maioria dos fragmentos, há informações sobre a riqueza de espécies (99%), abundância de diásporos (98%), composição de espécies (100%), lista de espécies (61%) e forma de crescimento das espécies (39%). Apenas poucos artigos relataram sobre espécies exóticas, síndromes de dispersão e tamanho das sementes. Há levantamento florístico para 76% dos fragmentos, mas a classificação das espécies da chuva de sementes como autóctones ou alóctones é relatada para apenas 34% dos fragmentos com levantamento florístico. Nossos resultados são um ponto de partida para futuros estudos visando a conservação biológica, especialmente ao fornecer uma planilha detalhada e identificar informações ainda necessárias para uma melhor compreensão da regeneração natural via chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas.

Palavras-chave: matriz agrícola, sistema agroflorestal, restauração ecológica, fragmentos, regeneração natural, dispersão de sementes.

ABSTRACT

Vegetation fragments located in agricultural landscapes are important for the conservation of biodiversity and ecosystem functions. For the maintenance of such fragments, it is crucial that plant populations can regenerate naturally, especially via recently dispersed seeds (*i.e.* seed rain). Here we assessed the state-of-the-art knowledge on seed rain in fragments located in agricultural landscapes, focusing on the description of the seed rain, fragments, and matrixes where the fragments are immersed in. We conducted a systematic review of scientific papers published worldwide in English, Portuguese, and Spanish. We built a datasheet containing detailed information on publications, seed rain, fragments, and matrixes. Each line of the datasheet comprises information on a single fragment. We found 41 papers (161 fragments), of which 28 were conducted in Central and South America, especially in Brazil (20 papers and 78 fragments). Most fragments are composed of remaining natural vegetation (61%), show forest structure (96%), are located near other patches of natural vegetation (98%), and are immersed in pastures (50%). Only few papers informed the size of the fragments, regeneration stage of the vegetation, distance between the fragment and other patches of natural vegetation, and presence of ecological corridors. For most of the fragments, there are information on species richness (99%), diaspore abundance (98%), species composition (100%), species list (61%), and growth form of the species (39%). Only few papers reported on exotic species, dispersal syndromes, and seed size. There is floristic survey for 76% of the fragments, but the classification of species of the seed rain as autochthonous or allochthonous is reported for only 34% of the fragments with floristic survey. Our findings are a starting point for future studies aiming at biological conservation, especially by providing a detailed datasheet and identifying information still needed for a better understanding of natural regeneration via seed rain in fragments located at agricultural landscapes.

Keywords: Agricultural matrix, agroforestry systems, ecological restoration, degraded areas, fragmentation, fragments, seed dispersal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Identificação dos artigos, via plataformas, incluídos na revisão sistemática sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. Diagrama obtido em <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram>.....20

Figura 2: Quantidade de artigos publicados sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas. A- Número de artigos por revista científica; B- número de artigos por ano; C- número de artigos por país; D- número de artigos que estudaram diferentes números de fragmentos. Em A-, a categoria Outros compreende revistas nas quais foi publicado somente um artigo, sendo elas Acta Oecologica, Applied Vegetation Science, Biological Conservation, Biotropica, Ecology, Functional Ecology, Ilheringia Série Botânica, Journal of Applied Ecology, Journal of Forestry Research, Journal of Plant Research, Natural Areas Journal, Oikos, Plant Biology, Plant Ecology, Revista Vale, Tropical Ecology e Web Ecology.....21

Figura 3: Localização dos municípios brasileiros em que foram coletados dados sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas.....22

Figura 4: Descrição dos remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas onde foram coletados dados sobre chuva de sementes. A- Número de fragmentos por tipo de clima segundo a classificação de Köppen, sendo: Af- clima equatorial; Am- clima de monção; As- clima de savana com verão seco; Aw- clima tropical de savana com inverno seco; Cfa- clima subtropical úmido; Cfb- clima oceânico temperado; Csa- clima mediterrânico de verão quente; Cwa- clima subtropical úmido; Cwb- clima subtropical de altitude; Dfa- clima continental úmido de verão quente; Dfb- clima continental úmido de verão fresco; B- número de fragmentos por tipo de solo; C- número de fragmentos com diferentes tamanhos; D- número de fragmentos de diferentes tipos, sendo: REM- remanescente natural; REF- reflorestamento; AGRO- agroflorestal; E- número de fragmentos com diferentes estágios de regeneração. NA indica que não há informação nos artigos.....23

Figura 5: Descrição dos remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas onde foram coletados dados sobre chuva de sementes. A- Número de fragmentos conectados a outros fragmentos ou áreas

de vegetação não fragmentada; NA indica que não há informação nos artigos. B- número de fragmentos inseridos em diferentes matrizes. Em B-, a categoria Matrizes mistas indica que existem mais de um uso no entorno dos fragmentos (pastagem e café, pastagem e agricultura). E na categoria sem especificação do cultivo, contendo agricultura, agricultura ativa.....24

Figura 6: Descrição da amostragem da chuva de sementes utilizando-se coletores de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas. A- Número de fragmentos em que foram utilizados coletores de sementes com diferentes áreas individuais; B- número de fragmentos em que foram utilizados diferentes números de coletores de sementes; C- número de fragmentos em que foram amostradas diferentes áreas totais; D- número de fragmentos em que a chuva de sementes foi coletada durante diferentes períodos. NA indica que não há informação nos artigos.....26

Figura 7: Caracterização da chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. A- Riqueza total, B- riqueza normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes; C- abundância total; D- abundância normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes. AGRO- Agroflorestas; REF- áreas de reflorestamento; REM- remanescentes naturais. Os seguintes outliers foram retirados para a melhor visualização dos dados: 6A- 255 (REM); 4.37, 4.90, 4.90, 4.90, 4.90, 10.32, 11.90, 17.42, 17.42 (REF); 6C- 26411, 41379, 48190, 64929, 76207, 88552, 123039, 124878, 167300 (REM); 89625 (REF); 6D- 193.63, 199.90, 479.92, 479.92, 502.78, 502.78, 965.35, 2109.72, 2786.67 (REM).....27

Figura 8: Caracterização da chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. A- Espécies zoocóricas e espécies anemocóricas + autocóricas. Espécies anemocóricas + autocóricas não foram estudadas em agroflorestas; B- espécies com diferentes formas de crescimento (a categoria Outras formas inclui espécies herbáceas e lianas); C- espécies autóctones. AGRO- Agroflorestas; REF- áreas de reflorestamento; REM- remanescentes naturais. Os seguintes outliers foram retirados para a melhor visualização dos dados: 7C- 32, 56, 75 (REM); 56, 85, 85, 85 (REF).....29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
3. RESULTADOS	19
4. DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
Anexo 1: Nuvem de palavras criada a partir das palavras-chave de artigos científicos sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas.	49
Anexo 2. Lista de artigos científicos incluídos na revisão sistemática sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas.	50

1. INTRODUÇÃO

O avanço da agricultura tem levado à destruição e fragmentação de habitats ao redor do mundo, resultando em manchas isoladas de habitats naturais inseridas em matrizes agrícolas (Ribeiro et al., 2009; Laurance et al., 2014; MA, Shuai et al., 2023). Para reduzir a perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos causada pela fragmentação (Tabarelli & Gascon, 2005; Baude et al., 2019), esforços têm sido empregados no sentido de se conservar as manchas de remanescentes naturais (Pacheco et al., 2013; Chazdon et al., 2020) e restaurar áreas degradadas (Abhilash, 2021). Além disso, tem-se buscado formas mais ambientalmente sustentáveis de produção de alimentos, como as agroflorestas, que consorciavam o cultivo agrícola com espécies arbóreas, contribuindo para a conservação da biodiversidade (Nair et al., 2021).

A manutenção da vegetação em remanescentes naturais, áreas de restauração e agroflorestas, coletivamente referidos, doravante, como fragmentos, requer a regeneração natural das populações vegetais, a qual ocorre principalmente por meio da chuva de sementes (Martínez-Ramos et al., 2016; Chazdon & Uriarte, 2016), *i.e.*, o conjunto de sementes recentemente dispersas em um determinado local (Clark et al., 1999). As espécies presentes na chuva de sementes que já ocorrem na comunidade vegetal são chamadas autóctones, enquanto aquelas presentes na chuva de sementes, mas que não ocorrem na comunidade, são chamadas de alóctones (Martínez-Ramos & Soto-Castro, 1993; Morales et al., 2012; Gama et al., 2025). Comumente, a chuva de sementes em comunidades tropicais apresenta alta proporção de espécies autóctones devido à dispersão local (Nathan & Muller-Landau, 2000). As sementes produzidas localmente representam o potencial de autorregeneração da comunidade vegetal, mantêm a composição florística heterogênea no espaço (Martínez-Ramos & Soto-Castro, 1993) e podem constituir a principal fonte de alimento para pequenos frugívoros que se deslocam a curtas distâncias (Dowsett-Lemaire, 1988). Por outro lado, as espécies alóctones, que ocorrem em menor proporção na chuva de sementes em comunidades tropicais, são muito importantes para o aumento da riqueza em uma dada área (Martínez-Ramos & Soto-Castro, 1993; Soons & Ozinga 2005), representando o potencial de colonização da comunidade por novas espécies (Hamrick & Godt, 1996;

Hamrick & Nason, 1996). Porém, a chegada de sementes de espécies exóticas pode se tornar um grande problema ecológico caso essas espécies se estabeleçam na comunidade vegetal, já que podem levar à extinção local de espécies nativas devido principalmente à competição interespecífica (Mack & D'Antonio, 1998; Theoharides & Dukes, 2007).

Em comunidades tropicais, 50% a 90% das espécies arbóreas e muitas espécies de arbustos e lianas apresentam frutos e sementes com características atrativas a animais, *i.e.*, apresentam síndrome de dispersão zoocórica (Fleming, 1986; Jordano, 2000). Outras síndromes de dispersão comuns, mas que ocorrem em menor proporção das espécies tropicais, é a anemocoria (*i.e.*, dispersão pelo vento) e a dispersão pela própria planta parental, realizada principalmente por autocoria (*i.e.*, por meio de mecanismos explosivos) (Martins et al., 2014). Como a fragmentação diminui a riqueza de animais frugívoros (Silva & Tabarelli, 2000; Peres et al., 2016), a comunidade vegetal de fragmentos comumente apresenta uma diminuição na proporção de espécies zoocóricas e um aumento na proporção de espécies com outras síndromes de dispersão (Barbosa & Pizo, 2006; Lopes et al., 2012). Especificamente, as espécies zoocóricas com sementes grandes são as mais afetadas (Pontes et al., 2016; de Paula et al., 2018), já que frugívoros de grande porte, que consomem frutos e sementes maiores, estão mais suscetíveis à fragmentação devido à caça (Redford, 1992; Peres, 2000) e à alta demanda de recursos (Galetti & Pedroni, 1994; Powell & Bjork, 2004). Assim, a avaliação da proporção de espécies com diferentes síndromes de dispersão e tamanho de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas é importante para o entendimento da capacidade dessas comunidades em conservar a biodiversidade.

Estudos sobre a chuva de sementes comumente identificam as espécies coletadas (*e.g.*, Lima et al., 2021), o que permite determinar a riqueza e a composição de espécies, bem como a proporção de espécies exóticas, com diferentes síndromes de dispersão, com diferentes tamanhos de semente e diferentes formas de crescimento (*e.g.*, ervas, arbustos, árvores e lianas). A determinação das formas de crescimento é importante porque, em áreas preservadas, as espécies arbóreas são predominantes na chuva de sementes (*e.g.*, Dosch et al., 2007; Carrillo Arreola et al., 2020), de forma que uma alta

proporção de ervas e lianas indica alteração na estrutura da comunidade regenerante, e potencial competição entre essas espécies e as arbóreas em áreas degradadas (Jardim & Hosokawa, 1987). Para a classificação das espécies em autóctones e alóctones, é necessária a identificação das espécies tanto da chuva de sementes como da comunidade vegetal. Porém, nem todos os estudos aliam a descrição da chuva de sementes à descrição da comunidade vegetal dos fragmentos (e.g., Jesus et al., 2012).

Como a maioria das espécies vegetais em comunidades tropicais é zoocórica (Fleming, 1986; Jordano, 2000), é crucial que animais possam se movimentar entre fragmentos inseridos em paisagens agrícolas, realizando a dispersão de sementes dentro e entre os fragmentos, e aumentando, assim, a colonização e o fluxo gênico (Silva et al., 2015; Doherty & Driscoll, 2018). Visando o movimento de animais e propágulos, é recomendado conectar fragmentos por meio de faixas de ambiente natural, chamadas de corredores ecológicos (Fahrig, 2003; Jesus et al., 2012). Árvores isoladas em matrizes agrícolas também podem facilitar o movimento de animais, o que é conhecido como trampolim ecológico (*stepping stones*) (Tischendorf & Fahrig, 2000; Baguette, 2013). Adicionalmente, os animais podem se movimentar entre fragmentos utilizando a própria cultura agrícola, sendo alguns tipos de cultura mais permeáveis ao movimento dos animais. Por exemplo, lavouras de café, que são mais semelhantes estruturalmente aos habitats naturais com plantas lenhosas, são mais permeáveis do que lavouras de cana-de-açúcar e pastagens (Silva et al., 2015; Doherty & Driscoll, 2018).

Além das características da paisagem, os atributos dos fragmentos podem afetar a chuva de sementes. Essas características variam naturalmente entre diferentes tipos de comunidades vegetais, que são determinadas pelo clima e tipos de solo locais (Olson et al. 2001). Por exemplo, comunidades com um maior número de espécies de plantas, como as florestas tropicais contínuas, apresentam maiores riqueza e abundância da chuva de sementes do que comunidades com menos espécies, como campos (e.g., Standish et al., 2007), savanas (e.g., Salazar et al., 2012) e fragmentos florestais (e.g., Cole et al., 2010). O estado de conservação da vegetação também desempenha um papel importante na chuva de sementes, com comunidades em estágio mais avançado

de regeneração exibindo maiores riqueza e abundância de sementes recém-dispersas (Baniya et al., 2009; Vindica et al., 2020). Além disso, o tamanho dos fragmentos tem relação direta com o número de espécies vegetais da comunidade (Ross et al., et al., 2002; Aguirre-Gutiérrez, 2014), de forma que fragmentos maiores apresentam maiores riqueza de espécies e abundância de diásporos na chuva de sementes (e.g, Benitez-Malvido, 1998; Knorr & Gottsberger, 2012). Por último, o tipo de fragmento, *i.e.*, se ele é um remanescente natural, área de restauração ou agrofloresta, possivelmente tem um efeito sobre as características da chuva de sementes. Enquanto remanescentes naturais podem conservar uma parte maior ou menor da diversidade natural, áreas de restauração, especialmente as mais recentes, abrigam um número muito limitado de espécies nativas (Almeida et al., 2024) e agroflorestas apresentam tanto espécies nativas quanto exóticas (Nair et al., 2021). Como muitas das espécies selecionadas para reflorestamento são atrativas para frugívoros (Sansevero et al., 2011) e as agroflorestas podem conter espécies frutíferas para consumo humano (Nair et al., 2021), é possível que a proporção de espécies zoocóricas na chuva de sementes seja alta nesses dois tipos de fragmento.

Uma revisão de artigos científicos sobre chuva de sementes em fragmentos localizados em paisagens agrícolas é essencial para melhor compreender a regeneração vegetal via sementes recentemente dispersas, reconhecidamente limitadas nesses ambientes (Jesus et al., 2012). Além disso, uma revisão sobre o tema pode fornecer informações importantes para o monitoramento e manejo de remanescentes naturais, áreas de restauração e agroflorestas com vistas à conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, em alinhamento com metas propostas por organizações internacionais, como as Nações Unidas (e.g., Marco Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal). No entanto, até onde sabemos, ainda não existem revisões sobre chuva de sementes em fragmentos localizados em paisagens agrícolas.

Aqui, realizamos uma revisão sistemática em escala global com o objetivo de descrever o estado atual do conhecimento sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de restauração e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. Nosso foco foi a descrição da chuva de sementes, dos

fragmentos e das matrizes em que esses fragmentos estão inseridos, buscando especificamente informações sobre: (i) riqueza de espécies e abundância de diásporos na chuva de sementes; (ii) porcentagem de espécies exóticas, espécies com diferentes síndromes de dispersão, tamanhos de sementes e formas de crescimento, e de espécies autóctones e alóctones; (iii) localização, tipo de clima, tipo de solo, tamanho, tipo de vegetação e estágio de regeneração dos fragmentos; (iv) proximidade e conectividade dos fragmentos com outros fragmentos ou áreas de vegetação contínua; e (v) tipo de matriz agrícola predominante no entorno dos fragmentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para nossa revisão sistemática sobre a chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas, utilizamos artigos disponíveis nas plataformas Web of Science, Periódicos CAPES (que inclui diversas bases e coleções), Dimensions, Scielo e Google Acadêmico. Apesar do Periódico CAPES incluir Web of Science, Scielo e Google Acadêmico, os campos para inserção de palavras-chave são diferentes entre as plataformas, podendo levar a resultados distintos da busca de artigos. Em todas as plataformas, com exceção da Dimensions, usamos “chuva de sementes” no título; na Dimensions, utilizamos a mesma palavra-chave no campo “título e resumo”. Também inserimos *fragment** ou *remanescente** ou *refloresta** ou *restaura** ou *agrofloresta** ou “*sistema* agrofloresta**” ou *SAF** ou “*paisage* agrícola**” ou *plantaç** ou *pasto** ou *pastage** ou “*matriz* agrícola**” no campo “todos os campos” na Web of Science, “qualquer campo” ou “assunto” no Periódicos CAPES, “título e resumo” na Dimensions, “resumo” no Scielo, e “com a frase exata” no Google Acadêmico. Além das palavras-chave em português, também utilizamos as equivalentes em espanhol (i.e. “*lluvia de semillas*”, *fragment**, *remanente**, *repobla**, *restaura**, *agroforestería**, “*sistema* agroforestal**”, *SAF**, “*paisaje* agrícola**”, *plantacion**, *cultiv**, *pastar**, *pastage**, e *matriz* agrícola**) e inglês (i.e. “*seed rain*”, *fragment**, *remnant**, *reforest**, *restor**, *agroforestr**, “*agroforestry system**”, *AFS**, “*agricultural landscape**”, *plantation**, *crop**, *pasture** e “*agricultural matrix**”). Não restringimos a localidade dos estudos nem o período de publicação. A busca foi finalizada em agosto de 2024.

Para que um artigo fosse incluído na revisão sistemática, ele precisava obrigatoriamente descrever alguma característica da chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de restauração ou agroflorestas inseridas em paisagens agrícolas. Para ampliar nossa busca, listamos todas as palavras-chave dos artigos selecionados e produzimos uma nuvem de palavras utilizando o software Word Cloud (Vilela et al., 2020) (Anexo 1). A partir das palavras mais importantes na nuvem e não utilizadas na nossa busca inicial, realizamos nova busca de artigos científicos nas plataformas, mantendo “chuva de sementes” no título ou no campo “título e resumo” (na Dimensions) e inserindo degrada* ou dispers* ou diversidade ou “efeito* de borda” ou espécie* ou floresta* ou habitat* ou recupera* ou regenera* ou sucessão nos campos descritos anteriormente para cada plataforma. Além das palavras-chave em português, também utilizamos as equivalentes em espanhol (i.e. “lluvia de semillas”, degrada*, dispers*, diversidad, “efecto* de borde”, especie*, bosque*, habitat*, recupera*, regenera* e sucesión) e inglês (i.e. “seed rain”, degrad*, dispers*, diversity, “edge effect*”, species, forest*, habitat*, regenerat* e succession). Após leitura completa de cada artigo incluso na nossa revisão, planilhamos os dados de acordo com o Quadro 1. Em nossa planilha, cada fragmento foi representado por uma linha, podendo haver mais de um fragmento estudado por artigo.

Quadro 1. Descrição da planilha de dados obtidos a partir da revisão de artigos científicos sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas restauradas e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas.

Variável	Descrição
Publicações	
Identificação dos artigos	Ano e periódico de publicação; país; número de fragmentos estudados; localização dos fragmentos
Fragmentos	
Localização	País, estado/província, cidade e coordenadas geográficas de cada fragmento
Clima	Tipo climático segundo a classificação de Köppen (quando não informado no artigo, foi classificado a partir da localização do fragmento, usando-se o site climate-data.org)
Solo	O tipo de solo foi preenchido como apresentado nos artigos
Tamanho	Indica o tamanho (em hectares) de cada fragmento
Idade	Indica a idade dos fragmentos estudados
Tipo	Indica se o fragmento é remanescente natural, área restaurada ou agrofloresta
Quantidade	Indica a quantidade de fragmentos estudados
Vegetação	Indica o tipo de vegetação do fragmento (floresta ou campo)
Estágio de regeneração	Indica o estágio de regeneração natural da vegetação do fragmento (inicial, médio ou avançado)
Proximidade	Proximidade de outros fragmentos ou áreas contínuas de vegetação e distância, quando disponível
Conectividade	Indica se há conectividade com outros fragmentos ou áreas contínuas
Matriz	
Tipo	Indica o tipo da matriz agrícola predominante no entorno de cada fragmento: pastagem, soja, cana-de-açúcar, agrofloresta de cacau, sem especificação de cultivo (áreas agrícolas ativas sem especificação do cultivo e áreas

	agrícolas abandonadas) e matriz mista (combinação de pastagem e café, e de pastagem e área agrícola sem especificação de cultivo)
Estrutura	Quando há informação sobre a matriz predominante no entorno do fragmento, indica a porcentagem de matriz lenhosa (para agrofloresta de cacau) e de matriz não lenhosa (para pastagem, soja e cana-de-açúcar). Matrizes do tipo áreas agrícolas sem especificação de cultivo e mistas foram excluídas do cálculo das porcentagens de matrizes lenhosa e não lenhosa
Chuva de sementes	
Tipo de unidade coletora da chuva de sementes	Indica se a chuva de sementes foi coletada em armadilhas adesivas ou coletores de sementes em cada fragmento
Número de unidades coletoras da chuva de sementes	Indica o número total e médio por hectare de armadilhas adesivas ou de coletores de sementes por fragmento
Tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes	Indica a área individual, total e média por hectare de armadilhas adesivas ou de coletores de sementes por fragmento
Duração da amostragem	Tempo (meses) de duração da coleta da chuva de sementes em cada fragmento
Riqueza	Indica a riqueza total de espécies (número de espécies da chuva de sementes), e a riqueza de espécies normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes (riqueza total dividida pelo número de meses de coleta e pela área total das unidades coletoras)
Espécies exóticas	Indica, para cada fragmento, a porcentagem de espécies exóticas na chuva de sementes em relação à riqueza total
Abundância	Indica a abundância total de diásporos (número total de sementes e frutos coletados na chuva de sementes em cada fragmento durante o estudo), e a abundância normalizada pela duração da amostragem e

	tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes (abundância total dividida pelo número de meses de coleta e pela área total das unidades coletoras)
Composição	Indica se as espécies da chuva de sementes foram identificadas; se sim, indica também se a lista de espécies consta no artigo
Síndrome de dispersão	Indica, para cada fragmento, a porcentagem de espécies com diferentes síndromes de dispersão (zoocoria e anemocoria + autocoria). As porcentagens foram obtidas a partir dos resultados apresentados no artigo ou calculadas a partir da lista de espécies, quando ela constava no artigo e indicava a síndrome de dispersão das espécies
Tamanho da semente	Indica, para cada fragmento, se as espécies encontradas na chuva de sementes foram classificadas quanto ao tamanho da semente; se sim, indica também os limites de tamanho utilizados para a classificação das sementes em pequenas, médias e grandes, de acordo com os limites usados nos artigos
Forma de crescimento	Indica, para cada fragmento, a porcentagem de espécies com diferentes formas de crescimento (árvore, arbusto e outras – herbácea e liana). As porcentagens foram obtidas a partir dos resultados apresentados no artigo ou calculadas a partir da lista de espécies, quando ela constava no artigo e indicava a forma de crescimento das espécies
Comparações	
Levantamento florístico	Indica se foi realizado levantamento florístico no fragmento onde ocorreu a coleta da chuva de sementes
Espécies autóctones e alóctones	Apenas se há levantamento florístico no fragmento. Indica, para cada fragmento, a porcentagem de espécies autóctones e alóctones na chuva de sementes em relação às espécies encontradas no levantamento florístico

Alguns artigos estudaram mais do que um fragmento e não apresentaram dados para cada fragmento separadamente, mas sim valores totais considerando todas as áreas estudadas no artigo (e.g., Freitas et al., 2013; Araújo-Santos et al., 2021; Lorenzon & Massi, 2023). Nesses casos, calculamos a média por fragmento das seguintes variáveis: tamanho dos fragmentos, distância entre os fragmentos estudados e outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada, riqueza, abundância e porcentagem de espécies exóticas na chuva de sementes. Apresentamos todas as informações na forma de gráficos, construídos com o pacote *plot* no R 4.2.2 (R Core Team, 2021), e de um mapa, construído com o QGIS (QGIS Development Team, 2023). As informações da chuva de sementes são apresentadas de forma comparativa entre remanescentes naturais, áreas restauradas e agroflorestas. Como todas as áreas restauradas foram reflorestadas, as chamamos de áreas de reflorestamento a partir daqui.

3. RESULTADOS

Quarenta e um artigos foram incluídos em nossa revisão sistemática (Fig. 1, Anexo 2). Os artigos foram publicados principalmente nas revistas científicas *Ciência Florestal*, *Restoration Ecology* e *Revista Árvore* (Fig. 2A). Desde 1992, data do artigo mais antigo incluído neste estudo, há considerável variação no número de publicações entre anos (Fig. 2B). Vinte e oito artigos tiveram os dados coletados na América Central e do Sul, sendo 20 no Brasil. Nenhum artigo publicado foi conduzido no continente africano (Fig. 2C). Os 41 artigos somaram 161 fragmentos estudados, com 15 artigos coletando dados em um único fragmento e um artigo em 15 fragmentos (Fig. 2D). Do total de fragmentos estudados, 78 encontram-se no Brasil, principalmente nas regiões sudeste (estados de São Paulo e Rio de Janeiro) e nordeste (estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia) (Fig. 3).

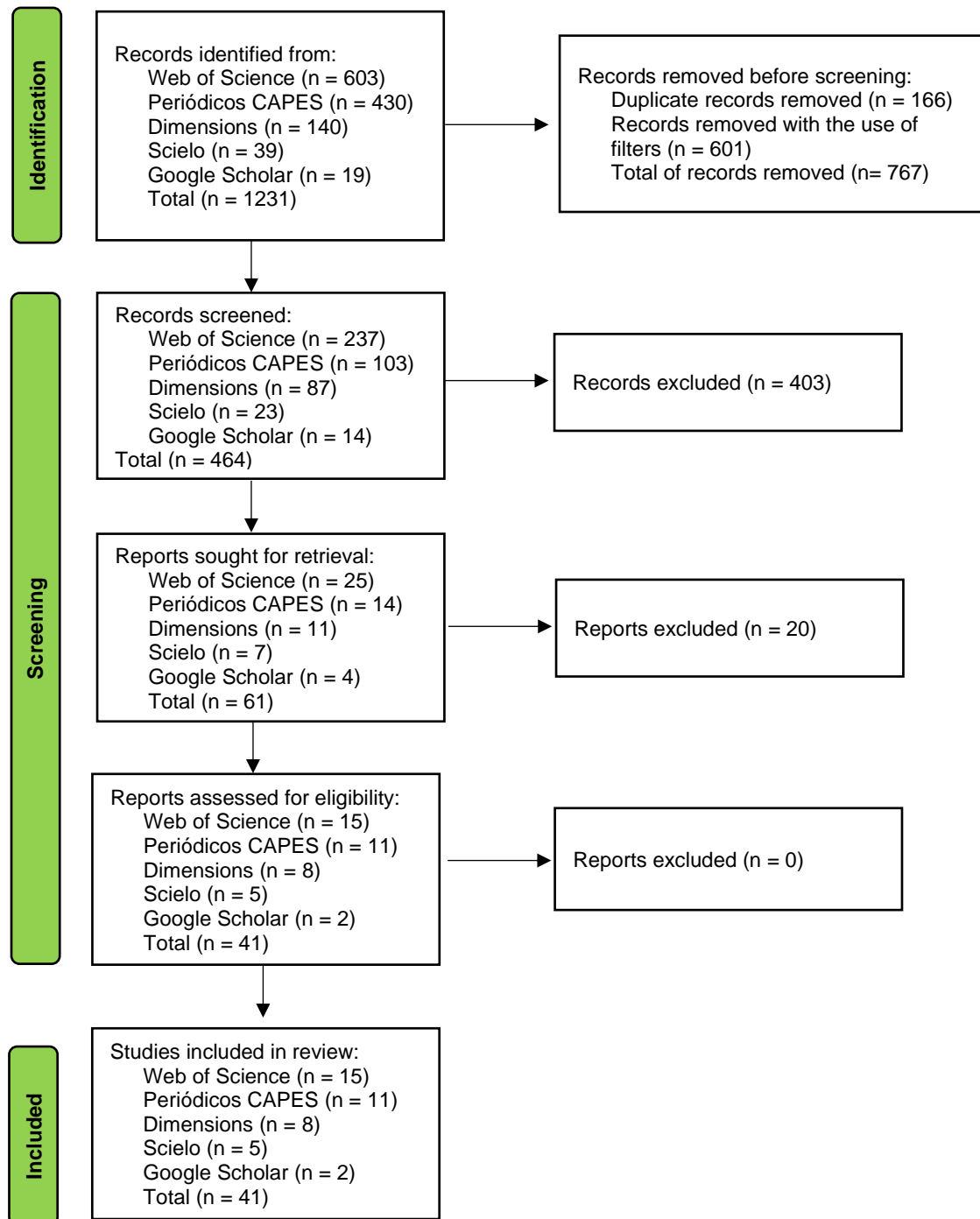


Figura 1: Identificação dos artigos, via plataformas, incluídos na revisão sistemática sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. Diagrama obtido em <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram>.

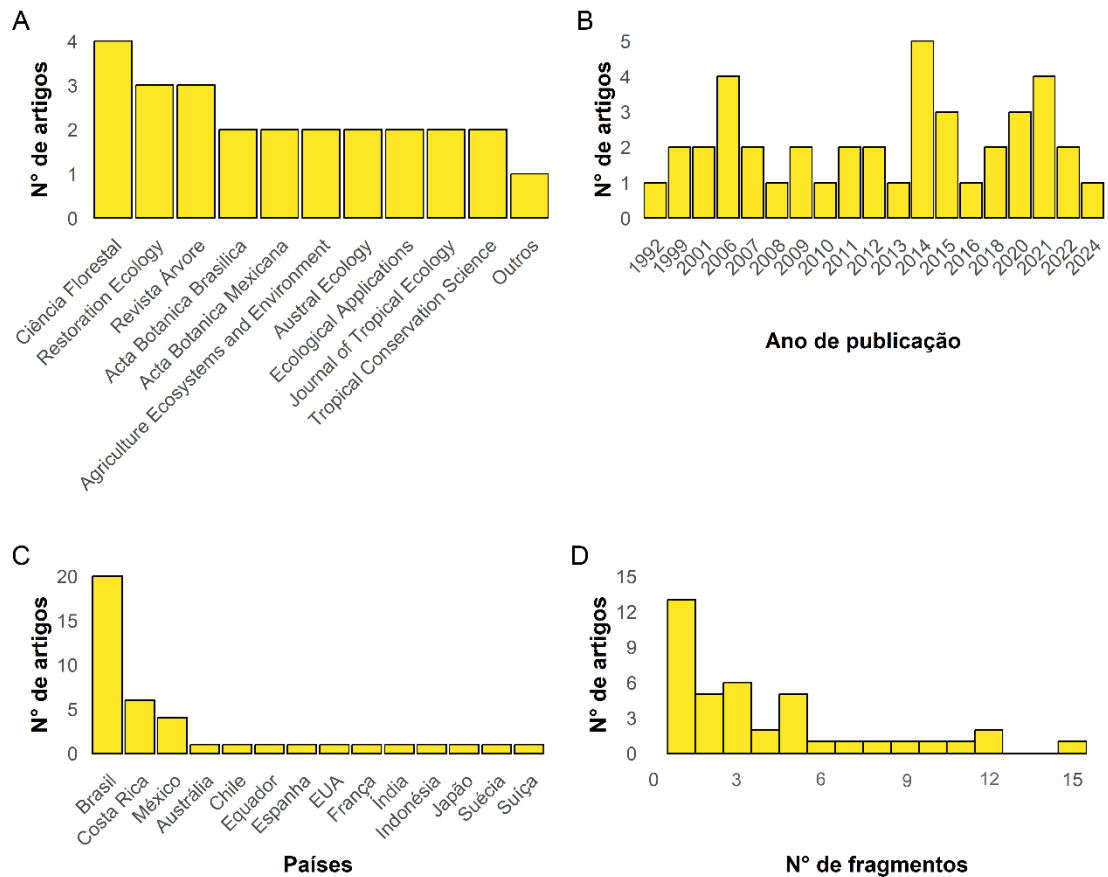


Figura 2: Quantidade de artigos publicados sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas. A- Número de artigos por revista científica; B- número de artigos por ano; C- número de artigos por país; D- número de artigos que estudaram diferentes números de fragmentos. Em A-, a categoria Outros compreende revistas nas quais foi publicado somente um artigo, sendo elas Acta Oecologica, Applied Vegetation Science, Biological Conservation, Biotropica, Ecology, Functional Ecology, Ilheringia Série Botânica, Journal of Applied Ecology, Journal of Forestry Research, Journal of Plant Research, Natural Areas Journal, Oikos, Plant Biology, Plant Ecology, Revista Vale, Tropical Ecology e Web Ecology.



Figura 3: Localização dos municípios brasileiros em que foram coletados dados sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas.

Vinte e seis por cento dos fragmentos encontram-se em clima Aw (clima tropical de savana com inverno seco), 53% em climas Af (clima equatorial), Am (clima de monção) e Cfa (clima subtropical úmido), e o restante em diferentes tipos de clima (Fig. 4A). Para 45% dos fragmentos, não há indicação do tipo de solo e, para os que há, 30% encontram-se em Latossolo (Fig. 4B). Para 44% dos fragmentos, não há informação sobre o tamanho dos mesmos; quando há, fragmentos < 10 ha são os mais frequentes, correspondendo a 32% do total de fragmentos (Fig. 4C). Sessenta e um por cento dos fragmentos são remanescentes naturais, seguidos por áreas de reflorestamento (29%) e agroflorestas (9%) (Fig. 4D). Para 63% dos fragmentos, não foi apresentada a idade dos mesmos e, para os que foi, a idade média foi de 53,35 anos (DP = \pm 15,77 anos) para os remanescentes naturais e 13,63 anos (DP = \pm 11,68 anos) para os reflorestamentos (não houve indicação da idade para nenhuma agrofloresta). Todos os artigos descreveram a vegetação dos fragmentos, dos quais 96% são florestas e o restante (4%), campos. Apenas 9% dos fragmentos tinham informação do estágio de regeneração, sendo todos eles remanescentes naturais. Três por cento dos fragmentos apresentaram vegetação em estágio

inicial de regeneração, 4% em estágio médio e 2% em estágio avançado de regeneração (Fig. 4E).

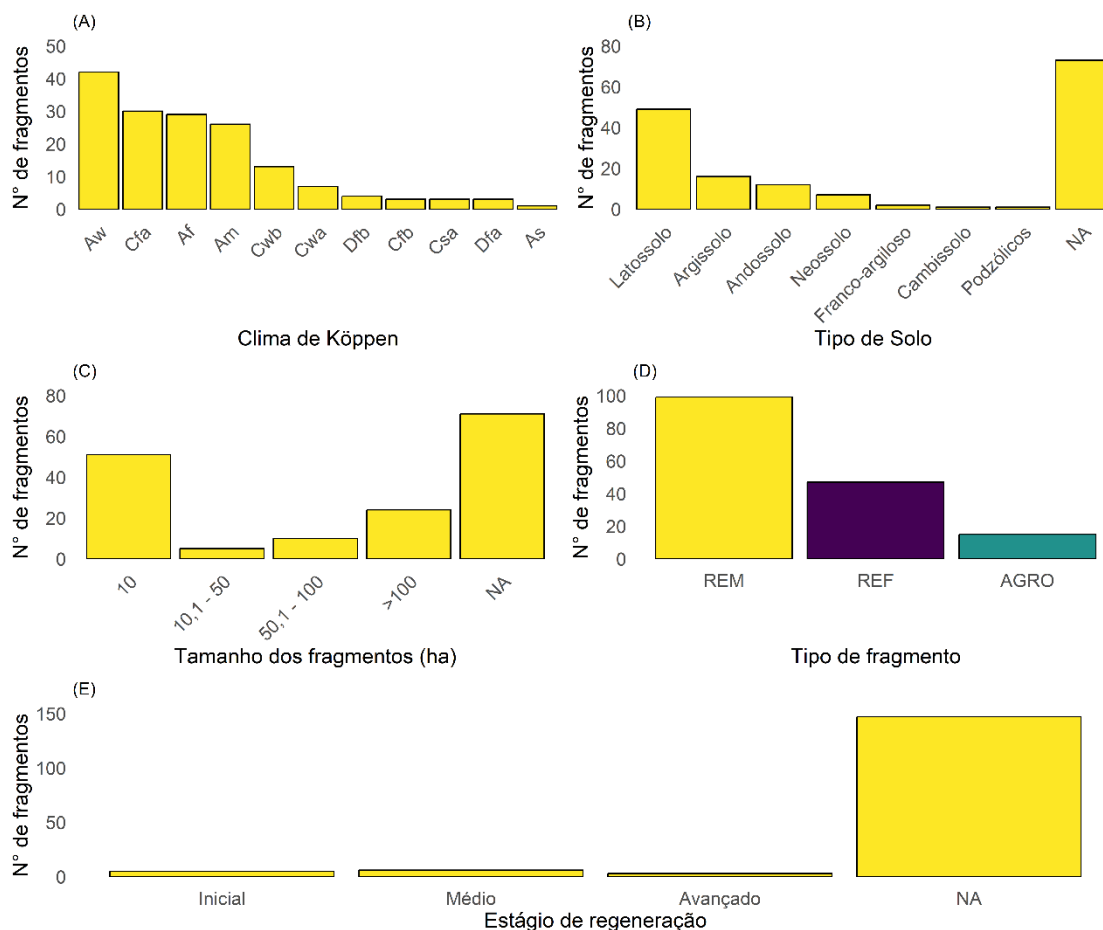


Figura 4: Descrição dos remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas onde foram coletados dados sobre chuva de sementes. A- Número de fragmentos por tipo de clima segundo a classificação de Köppen, sendo: Af- clima equatorial; Am- clima de monção; As- clima de savana com verão seco; Aw- clima tropical de savana com inverno seco; Cfa- clima subtropical úmido; Cfb- clima oceânico temperado; Csa- clima mediterrânico de verão quente; Cwa- clima subtropical úmido; Cwb- clima subtropical de altitude; Dfa- clima continental úmido de verão quente; Dfb- clima continental úmido de verão fresco; B- número de fragmentos por tipo de solo; C- número de fragmentos com diferentes tamanhos; D- número de fragmentos de diferentes tipos, sendo: REM- remanescente natural; REF- reflorestamento; AGRO- agroflorestal; E- número de fragmentos com diferentes estágios de regeneração. NA indica que não há informação nos artigos.

Para 98% dos fragmentos, foi informada a existência de outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada próximos à área de estudo. Porém, para apenas 4% desses fragmentos, há a distância entre eles e outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada, sendo elas 0,05 km, 0,1 km (para três fragmentos), 0,85 km, 1,72 km e 72 km. Para 72% dos fragmentos, não há informação sobre a conectividade com outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada; para os que há, 23% são conectados a outras áreas com vegetação natural por meio de corredores ecológicos e 5% não são conectados (Fig. 5A). Há informação sobre a matriz predominante para todos os fragmentos estudados, sendo 50% inseridos em pastagem e o restante em diferentes tipos de matriz (Fig. 5B). Somando-se os tipos de matriz lenhosa e os tipos de matriz não lenhosa, tem-se 13% dos fragmentos inseridos em matriz predominantemente lenhosa e 87% inseridos em matriz não lenhosa.

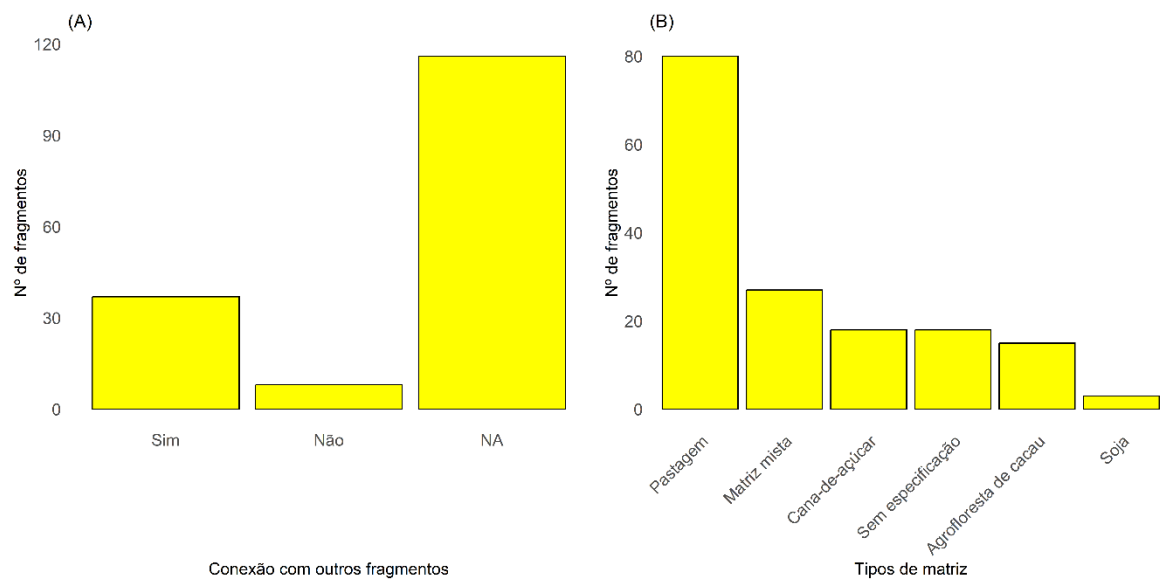


Figura 5: Descrição dos remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas onde foram coletados dados sobre chuva de sementes. A- Número de fragmentos conectados a outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada; NA indica que não há informação nos artigos. B- número de fragmentos inseridos em diferentes matrizes. Em B-, a categoria Matrizes mistas indica que existem mais de um uso no entorno dos fragmentos (pastagem e café, pastagem e agricultura). E na categoria sem especificação do cultivo, contendo agricultura, agricultura ativa

Coletores de sementes foram utilizados para a coleta da chuva de sementes em 97% dos fragmentos. Em cerca de metade dos fragmentos, os coletores tinham área individual entre 0,1 e 0,25 m² e, na outra metade, entre 0,51 e 1 m² (Fig. 6A). Em 45% dos fragmentos, foram utilizados até 100 coletores de sementes (Fig. 6B) e a área total dos coletores por fragmento foi > 1 m² em 72% dos fragmentos (Fig. 6C). O número médio de coletores por hectare foi de 18,59 coletores/ha (DP = ± 27,33 coletores/ha) e a área média dos coletores por hectare foi de 14,74 m²/ha (DP = ± 18,23 m²/ha). Em apenas cinco fragmentos (3% do total de fragmentos), estudados em dois artigos, a coleta da chuva de sementes foi feita por meio de armadilhas adesivas. Em um artigo, foram estudados três fragmentos; em cada, foram utilizadas 15 armadilhas com área individual de 0,25 m², somando 3,75 m²/fragmento. Porém, o artigo não informou a área dos fragmentos estudados, não permitindo calcular o número médio e a área média de armadilhas adesivas por hectare. No outro artigo, foram estudados dois fragmentos; em cada, foram utilizadas 80 armadilhas com área individual de 0,04 m², somando 3,2 m²/fragmento. O número médio de armadilhas adesivas por hectare foi 0,38 armadilha/ha e a área média, 0,11 m²/ha. Para 98% do total de fragmentos estudados, foi informada a duração da coleta da chuva de sementes, a qual foi de 12 meses ou mais para 57% dos fragmentos (Fig. 6D).

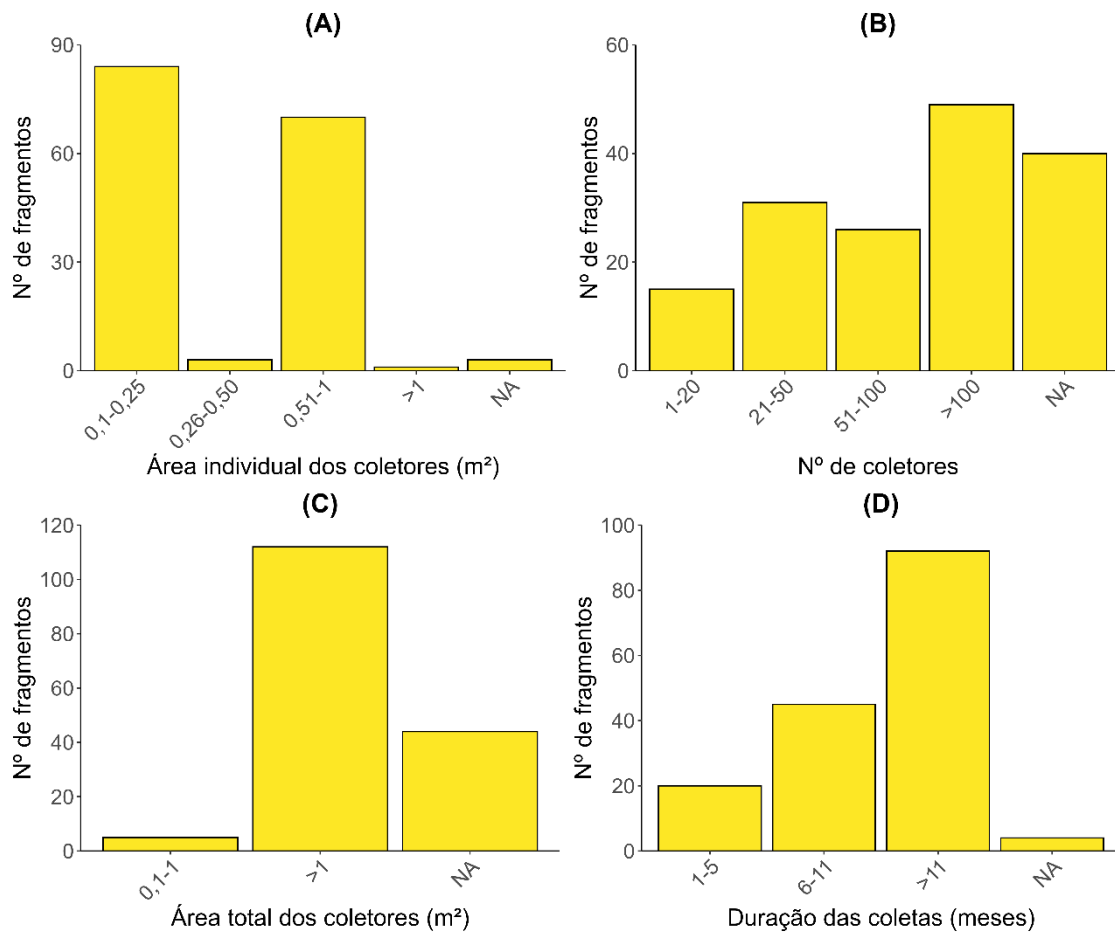


Figura 6: Descrição da amostragem da chuva de sementes utilizando-se coletores de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas. A- Número de fragmentos em que foram utilizados coletores de sementes com diferentes áreas individuais; B- número de fragmentos em que foram utilizados diferentes números de coletores de sementes; C- número de fragmentos em que foram amostradas diferentes áreas totais; D- número de fragmentos em que a chuva de sementes foi coletada durante diferentes períodos. NA indica que não há informação nos artigos.

Apenas 1% dos 161 fragmentos estudados não apresenta informação sobre a riqueza da chuva de sementes. A riqueza normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes apresentou uma média de 0,69 espécie/mês/m² (DP = ± 2,73 espécie/mês/m²). Tanto a riqueza total como a riqueza normalizada apresentam valores maiores nas áreas de reflorestamento, intermediários nos remanescentes naturais e menores nas agroflorestas (Fig. 7A, B). Apenas um artigo, que estudou três fragmentos de remanescentes naturais, registrou a porcentagem de espécies

exóticas na chuva de sementes, a qual foi de 3,2%. Apenas para 2% dos fragmentos, não foi informada a abundância de frutos e sementes coletados. A abundância normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes apresentou uma média de 89,93 frutos e sementes/mês/m² (DP = ± 335,08 frutos e sementes/mês/m²). Assim como encontrado para a riqueza, áreas de reflorestamento apresentaram maiores valores de abundância total e de abundância normalizada, enquanto os valores encontrados nas agroflorestas estão contidos nos valores dos remanescentes naturais (Fig. 7C, D). Todos os artigos aqui incluídos identificaram as espécies da chuva de sementes, com 29 artigos, correspondentes a 98 fragmentos (61% do total de fragmentos), apresentando a lista de espécies.

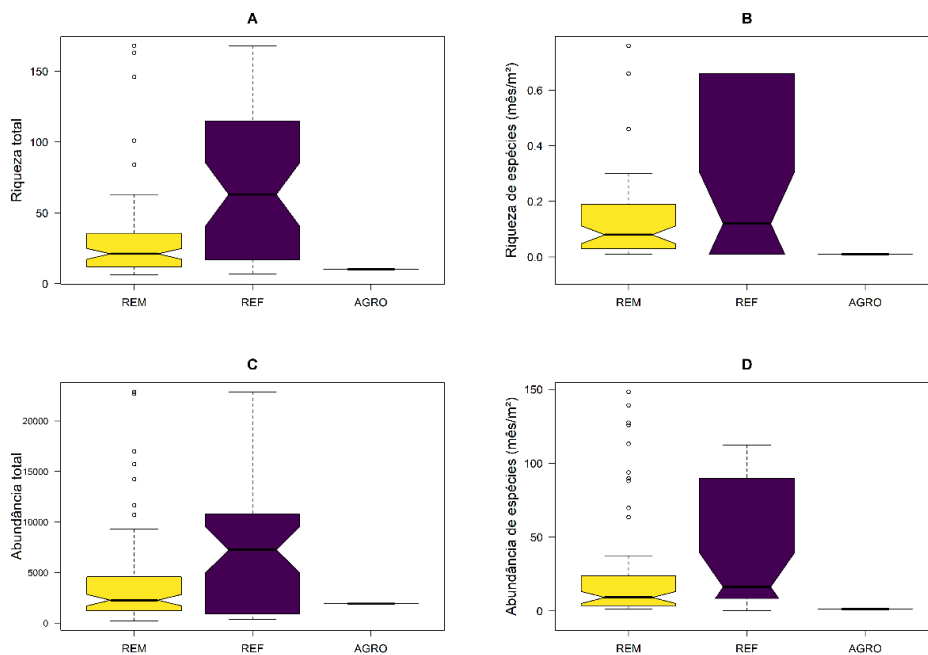


Figura 7: Caracterização da chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. A- Riqueza total, B- riqueza normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes; C- abundância total; D- abundância normalizada pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes. AGRO- Agroflorestas; REF- áreas de reflorestamento; REM- remanescentes naturais. Os seguintes outliers foram retirados para a melhor visualização dos dados: 6A- 255 (REM); 4.37, 4.90, 4.90, 4.90, 4.90, 10.32, 11.90, 17.42, 17.42 (REF); 6C- 26411, 41379, 48190, 64929, 76207, 88552, 123039, 124878, 167300 (REM); 89625 (REF); 6D- 193.63, 199.90, 479.92, 479.92, 502.78, 502.78, 965.35, 2109.72, 2786.67 (REM).

Para 55% dos fragmentos, não há informação sobre a síndrome de dispersão das espécies encontradas na chuva de sementes. Para os fragmentos em que há essa informação, há em média 71,60% (DP = \pm 21,91%) de espécies zoocóricas e 31,11% (DP = \pm 21,26%) de espécies anemocóricas + autocóricas (Fig. 8A). Considerando-se as espécies zoocóricas, a maior mediana foi encontrada em agroflorestas, seguida de áreas de reflorestamento e, por último, de remanescentes naturais. A variação de valores em torno da mediana também diminuiu das agroflorestas para os remanescentes naturais. Para as espécies anemocóricas + autocóricas, remanescentes naturais apresentaram maiores valores do que áreas de reflorestamento. A porcentagem de espécies anemocóricas + autocóricas não foi estudada em agroflorestas. Para 45% dos 161 fragmentos estudados, há informação sobre o tamanho das sementes. Porém, os artigos utilizaram diferentes limites de tamanho para a classificação das sementes em pequenas, médias e grandes, impossibilitando, assim, a determinação da porcentagem de espécies com diferentes tamanhos de sementes em remanescentes naturais e áreas de reflorestamento. O tamanho das sementes não foi estudado em agroflorestas.

Para 39% dos fragmentos, não há informação sobre a forma de crescimento das espécies encontradas na chuva de sementes. Para os fragmentos em que há essa informação, em média 40,42% (DP = \pm 28,61%) das espécies são arbóreas, 42,64% (DP = \pm 34,20%) têm outras formas de vida e 6,60% (DP = \pm 9,00%) são arbustivas. Áreas de reflorestamento apresentaram maiores porcentagens de espécies arbóreas e menores porcentagens de espécies arbustivas em comparação a remanescentes naturais. Esses dois tipos de fragmento apresentaram porcentagem similar de espécies com outras formas de crescimento (Fig. 8B). As formas de crescimento não foram estudadas em agroflorestas.

Apenas 25 dos 41 artigos aqui incluídos realizaram levantamento florístico dos fragmentos estudados, totalizando 123 fragmentos (76% do total de fragmentos). Porém, a porcentagem de espécies autóctones e alóctones na chuva de sementes foi indicada em apenas 42 fragmentos (34% dos fragmentos com levantamento florístico). Para esses fragmentos, há em média 87,42% (DP = \pm 11,91%) de espécies autóctones e 13,05% (DP = \pm 13,31%) de espécies

alóctones, com áreas de reflorestamento apresentando maiores valores do que os remanescentes naturais (Fig. 8C). A origem das espécies da chuva de sementes (se autóctones ou alóctones) não foi estudada em agroflorestas.

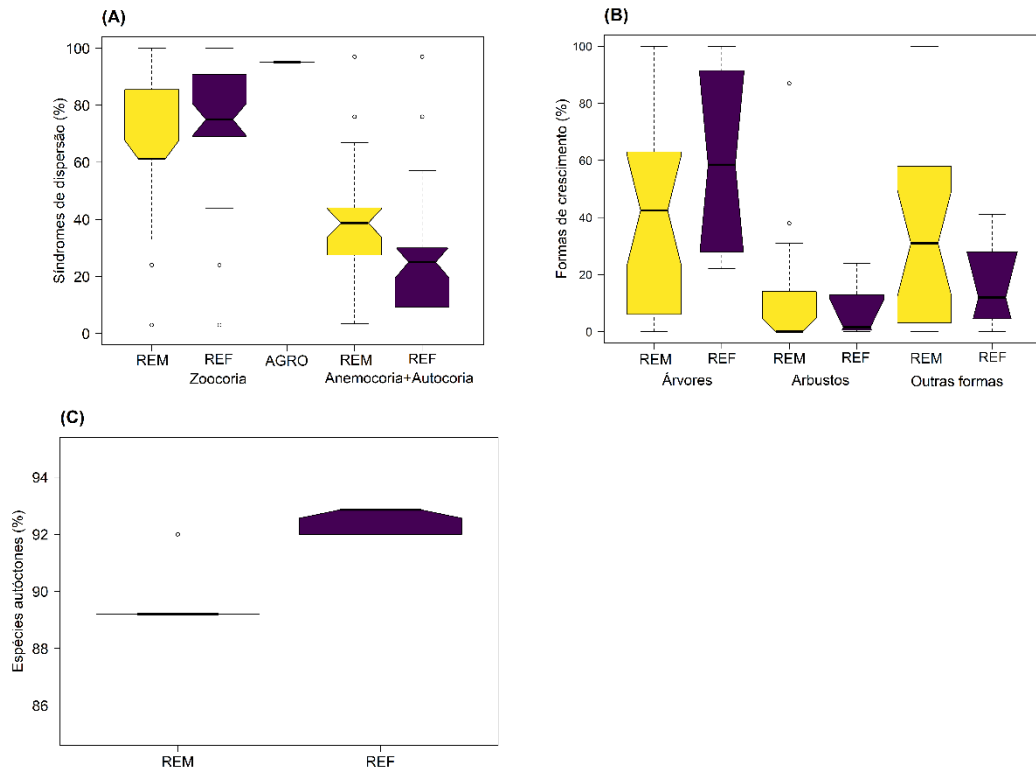


Figura 8: Caracterização da chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas. A- Espécies zocócricas e espécies anemocóricas + autocóricas. Espécies anemocóricas + autocóricas não foram estudadas em agroflorestas; B- espécies com diferentes formas de crescimento (a categoria Outras formas inclui espécies herbáceas e lianas); C- espécies autóctones. AGRO- Agroflorestas; REF- áreas de reflorestamento; REM- remanescentes naturais. Os seguintes outliers foram retirados para a melhor visualização dos dados: 7C- 32, 56, 75 (REM); 56, 85, 85, 85 (REF).

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, descrevemos o atual estado de conhecimento sobre a chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas (coletivamente chamados de fragmentos) inseridos em paisagens agrícolas. Nossa revisão sistemática incluiu 41 artigos científicos, número que não consideramos alto dada a importância da regeneração natural por meio de

sementes recém-dispersas para a conservação da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos em paisagens antropizadas (Reid et al., 2015; Martínez-Ramos et al., 2016). Nesse contexto, o presente estudo representa um esforço inédito em apontar lacunas de conhecimento e iniciar a construção de uma base de dados que permita o avanço futuro do entendimento da influência da chuva de sementes sobre a regeneração natural de fragmentos inseridos em paisagens agrícolas.

Grande parte dos fragmentos estudados localiza-se na região tropical, onde está a maior área destinada à agricultura no mundo (Laurance et al., 2014; FAO, 2021). A localização majoritariamente na região tropical explica os tipos de clima e solo mais frequentemente encontrados nesta revisão sistemática. Porém, dentro da região tropical, os fragmentos estudados encontram-se principalmente na América Central e do Sul, indicando falta de conhecimento sobre a chuva de sementes em diferentes locais. Mesmo no Brasil, país com o maior número de fragmentos estudados no mundo, há regiões não estudadas, incluindo as com maiores áreas de atividades agrícolas em relação à área produtiva total, como os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná (FAO, 2017; Telles et al., 2018).

Esta revisão sistemática também detectou uma super-representação de florestas nos estudos de chuva de sementes em paisagens agrícolas. Isso pode estar associado à maior facilidade de reconhecimento da fragmentação nesse tipo de vegetação e às particularidades do uso da terra em biomas não florestais. Em formações abertas, como campos e savanas, a fragmentação é menos evidente e, portanto, menos estudada. Além disso, a conversão histórica das florestas tropicais para atividades agrícolas tem intensificado a pressão sobre ecossistemas florestais, o que explica sua maior representatividade nas pesquisas (Lambin et al., 2001; Foley et al., 2005; Ellis et al., 2010).

Apesar da década de 2020-2030 ser destinada pela ONU ao reflorestamento de ecossistemas e do Brasil ter a meta de reflorestar 12 milhões de hectares até o ano de 2030 (UN, 2019), apenas pouco mais de um terço dos fragmentos estudados corresponde a áreas de reflorestamento ou agroflorestas, as quais também podem ser utilizadas como estratégia de restauração (Mendonça et al., 2022). Assim, pouco se conhece sobre o estado da

regeneração natural por meio de sementes recém-dispersas nesses tipos de fragmentos, mesmo muitos deles provavelmente estando em estágio inicial de regeneração, no qual a chegada de sementes alóctones é de suma importância para o aumento da diversidade da comunidade vegetal (Hamrick & Godt, 1996; Hamrick & Nason, 1996). Também não é possível avaliar, neste momento, como está o estado de regeneração dos remanescentes naturais, dado que menos de 10% dos fragmentos estudados possuem informação sobre o estágio de regeneração da vegetação.

Apesar de quase a totalidade dos artigos apresentarem a informação de que há outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada próximos às áreas estudadas, raramente é apresentada a distância entre essas áreas e as outras manchas de vegetação. Também não é usual que os artigos informem se as áreas estudadas são conectadas a outros fragmentos ou áreas de vegetação não fragmentada, bem como qual é o tamanho dos fragmentos estudados. Essas informações são extremamente importantes para a avaliação da regeneração por meio de sementes recém-dispersas, já que a riqueza de espécies tem relação direta, até certo ponto, com o tamanho da área ocupada pela comunidade e sua conectividade com outras comunidades (Damschen et al., 2019; Fahrig et al., 2019). A matriz também influencia a chegada de sementes em fragmentos (Molina et al., 2023) e, para as áreas estudadas, essa influência deve ser negativa dado que a maioria dos fragmentos, compostos por vegetação florestal, está inserida em matriz não lenhosa, que aumenta as restrições à colonização e ao fluxo gênico em paisagens agrícolas (Forman, 1995; Naaf et al., 2022; Fletcher Jr. et al., 2024). Como todos os artigos sobre chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas trazem informação sobre a matriz onde os fragmentos estão inseridos, estudos futuros podem relacionar as características da chuva de sementes com as características da matriz. Além disso, o manejo de paisagens agrícolas deve tentar reverter os efeitos negativos da fragmentação florestal por meio da restauração da conectividade da paisagem utilizando-se, por exemplo, corredores ecológicos e a ampliação de áreas de vegetação secundária que funcionem como trampolins ecológicos para dispersores de sementes (Bennett, 2003; Hilty et al., 2019)

Coletores de sementes foram a unidade coletora da chuva de sementes majoritariamente utilizada nos estudos em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas, sendo também muito comum em estudos conduzidos em florestas preservadas (e.g., Piotto et al., 2019; Villicaña-Hernández et al., 2020). Nos fragmentos, a área individual, área média/ha e número médio/ha de coletores de sementes apresentaram valores semelhantes aos observados em estudos realizados em florestas preservadas (e.g., Reid et al., 2015; Wright et al., 2016; Terborgh et al., 2019). Por exemplo, Wright et al. (2016) utilizaram coletores de sementes de 0,5 m² e instalaram 4 coletores/ha, resultando em uma área média dos coletores de 2 m²/ha; Terborgh et al. (2019) também utilizaram coletores de sementes de 0,5 m² e instalaram 200,7 coletores/ha, resultando em uma área média dos coletores de 100,3 m²/ha. Porém, pouco mais da metade dos fragmentos aqui incluídos teve a chuva de sementes coletada durante 12 meses ou mais. A coleta por no mínimo 12 meses é a comumente praticada em estudos realizados em florestas preservadas (e.g., Wright et al. 2016; Terborgh et al., 2019), pois um período inferior a 12 meses não permite se conhecer muitas das espécies que contribuem com a chuva de sementes, já que as espécies com reprodução anual produzem frutos em diferentes épocas do ano (Cacho et al., 2013; Yang et al., 2023). Assim, a menor duração da coleta da chuva de sementes em muitos fragmentos inseridos em paisagens agrícolas pode contribuir para uma sub-representatividade das características do conjunto de sementes recém-dispersas nessas áreas em comparação às florestas preservadas.

Apesar disso, a riqueza e a abundância normalizadas pela duração da amostragem e tamanho das unidades coletoras da chuva de sementes são superiores nos fragmentos do que em florestas preservadas. Por exemplo, Wright et al. (2016) encontraram 0,013 espécie/mês/m² e 46,13 frutos e sementes/mês/m² na floresta tropical da Ilha de Barro Colorado no Panamá; Terborgh et al. (2019) encontraram 0,019 espécie/mês/m² (riqueza estimada) e 24,67 frutos e sementes/mês/m² em uma floresta tropical no Peru. As maiores riqueza e abundância da chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas em relação a florestas preservadas foi um resultado surpreendente, já que é bem documentado que a fragmentação leva a perda da

biodiversidade, alterações na estrutura da comunidade e modificações nos processos ecológicos (e.g., Murcia, 1995; Fox et al., 1997; Fahrig, 2003). Além disso, o pequeno tamanho dos fragmentos deveria resultar em menor riqueza de espécies devido à disponibilidade reduzida de recursos e micro-habitats, além de efeitos de borda mais intensos (Fahrig, 2003), que causam a perda de espécies sensíveis e a homogeneização da comunidade vegetal (Murcia, 1995; Laurance et al., 2011). A maior abundância de frutos e sementes na chuva de sementes dos fragmentos estudados pode decorrer da alta abundância de espécies pioneiras que produzem muitas sementes pequenas, cenário comum em florestas em estágio inicial de regeneração devido a perturbação ou por serem jovens (e.g., áreas de reflorestamento) (Reid et al., 2015; Knoerr & Gottsberger, 2012; Martínez-Ramos et al., 2021). Estudos futuros devem considerar a identidade das espécies da chuva de sementes para compreender os padrões de riqueza e abundância aqui encontrados. Para isso, é importante que os artigos publiquem a lista das espécies encontradas na chuva de sementes, o que foi feito em pouco mais de 60% dos trabalhos incluídos nesta revisão sistemática.

Comparando-se os três tipos de fragmentos aqui avaliados, as áreas de reflorestamento apresentaram maiores riqueza e abundância da chuva de sementes. Possivelmente, as espécies utilizadas nessas áreas já estão se reproduzindo e contribuindo com a chuva de sementes, já que apresentam idade média de cerca de 14 anos. Por outro lado, os remanescentes naturais podem estar degradados, o que infelizmente não foi possível avaliar devido à falta de informação sobre o estágio de regeneração da vegetação nos artigos inclusos na nossa revisão sistemática. As maiores riqueza e abundância da chuva de sementes em áreas de reflorestamento apoiam a importância do reflorestamento de ecossistemas para a conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (UN, 2019). Porém, os baixos valores encontrados de riqueza e abundância da chuva de sementes em agroflorestas sugerem que esse tipo de fragmento não apresenta regeneração natural via sementes recém-dispersas compatível a remanescentes naturais e áreas de reflorestamento. No entanto, poucos estudos avaliaram a chuva de sementes em agroflorestas, o que não nos

permite, neste momento, detectar padrões claros de regeneração nesse tipo de fragmento.

Assim como o encontrado nesta revisão sistemática, outros estudos em áreas com vegetação florestal relatam o predomínio de espécies arbóreas na chuva de sementes, seguidas por outras formas de crescimento, como ervas e lianas, e, por último, de espécies arbustivas (e.g., Reid et al., 2015; Piotto et al., 2019). Porém, os valores encontrados nos fragmentos inseridos em paisagens agrícolas são superiores para espécies arbóreas e arbustivas, e inferiores para outras formas de crescimento aos relatados por Terborgh et al. (2019) para uma floresta preservada (27% de espécies arbóreas, 0% de arbustivas e 73% de espécies com outras formas de crescimento). A maior porcentagem de espécies arbóreas aqui encontrada em áreas de reflorestamento em comparação a remanescentes naturais pode ser explicada pela utilização apenas de espécies arbóreas no plantio ou semeadura em áreas de reflorestamento, visando o recobrimento do solo e a formação da estrutura da vegetação (Lampela et al. 2017).

Outras características da chuva de sementes que julgamos importantes para o entendimento da regeneração via sementes recém-dispersas em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas, como se as espécies são nativas ou exóticas, sua síndrome de dispersão, tamanho da semente, e se autóctones ou alóctones, não são comumente relatadas nos artigos incluídos em nossa revisão sistemática. Infelizmente, essas características também não podem ser facilmente obtidas, pois as listas de espécies da chuva de sementes e da comunidade vegetal dos fragmentos, quando disponibilizadas nos artigos, não trazem todas as informações necessárias. Recomendamos que as listas de espécies com todas as informações relevantes para a avaliação da regeneração natural por meio de sementes recém-dispersas sejam sempre publicadas.

Com base nas informações ainda insipientes disponíveis na literatura, a chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas apresenta porcentagem de espécies autóctones correspondente ao encontrado em áreas de floresta preservada, em que valores de 80% (Wright et al. 2016) e 90% (Terborgh et al. 2019) foram relatados. Isso indica que a comunidade vegetal dos fragmentos está se autorregenerando, além de estar sendo colonizada por novas

espécies. Porém, não sabemos quantas das espécies da chuva de sementes são exóticas e, dentre elas, quantas têm potencial de invasão biológica. Assim, reforçamos a importância de se determinar se as espécies da chuva de sementes são autóctones ou alóctones, e se são nativas ou exóticas, considerando que a invasão biológica por plantas exóticas é uma das principais causas da perda da biodiversidade nos ecossistemas globais (Mack & D'Antonio, 1998; Theoharides & Dukes, 2007).

Para as áreas de reflorestamento aqui estudadas, encontramos os maiores valores de porcentagem de espécies autóctones na chuva de sementes. Esse resultado pode ser explicado pela utilização, no reflorestamento, de espécies atrativas a animais frugívoros (*i.e.* zoocóricas), visando o aumento natural da diversidade vegetal com a chegada de sementes de outras espécies trazidas pelos dispersores (Sansevero et al., 2011). De fato, encontramos também uma maior porcentagem de espécies zoocóricas nas áreas de reflorestamento do que nos remanescentes naturais. Assim, os frugívoros atraídos às áreas de reflorestamento realizam a dispersão de uma maior porcentagem de espécies autóctones do que em remanescentes naturais. Também é possível que agroflorestas apresentem mais espécies zoocóricas do que áreas de reflorestamento e remanescentes naturais devido ao plantio de espécies frutíferas para consumo humano.

Considerando-se todos os remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas estudados, os fragmentos apresentam porcentagem de espécies zoocóricas correspondente a áreas de florestas preservadas, em que valores de 83,5% (Wendt et al., 2022) e 68% (Pereira et al., 2022) foram encontrados. Por outro lado, os fragmentos inseridos em paisagens agrícolas apresentam mais espécies anemocóricas + autocóricas do que áreas de vegetação preservada, em que valores de 13,75% (Wendt et al., 2022) e 28% (Pereira et al., 2022) foram encontrados. Esses resultados sugerem que os fragmentos aqui avaliados estão mantendo os animais frugívoros, que dispersam as sementes das espécies zoocóricas. Porém, a falta de padronização para a classificação de sementes em pequenas, médias e grandes nos artigos incluídos em nossa revisão sistemática não nos permitiu avaliar se há uma menor porcentagem de espécies zoocóricas com sementes grandes na

chuva de sementes dos fragmentos inseridos em paisagens agrícolas em comparação a florestas preservadas. Essa avaliação traria mais indícios sobre a conservação dos frugívoros e das comunidades vegetais dos fragmentos. Assim, sugerimos que estudos futuros utilizem categorias similares para a classificação do tamanho das sementes.

É importante notar que os valores encontrados para as características da chuva de sementes avaliadas em remanescentes florestais, áreas de reflorestamento e agroflorestas dependem em parte do esforço amostral (e.g., número médio de unidades coletoras de sementes/ha, área média das unidades coletoras de sementes/ha e duração da coleta da chuva de sementes) nos diferentes estudos. Assim, sugerimos que estudos futuros utilizem métodos para padronizar os valores disponíveis na literatura e testem formalmente se há diferença nas características da chuva de sementes entre os tipos de fragmento, considerando também características dos próprios fragmentos e da matriz onde eles se inserem. Isso será importante para o manejo dos fragmentos inseridos em paisagens agrícolas visando propiciar a regeneração natural das comunidades por meio de sementes recém-dispersas.

5. CONCLUSÃO

Identificamos lacunas significativas de conhecimento acerca da chuva de sementes em fragmentos (remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas) inseridos em paisagens agrícolas. Essas lacunas dizem respeito tanto à ausência de informações essenciais nos estudos já realizados, como estágio de regeneração da vegetação, conectividade entre fragmentos, distância entre manchas de vegetação, tamanho dos fragmentos e características detalhadas das sementes, quanto à distribuição desigual dos estudos entre países, regiões e formações vegetais, com predomínio de áreas florestais tropicais e escassez de pesquisas em formações abertas e agroflorestas. Observou-se também a ausência de padronização metodológica na coleta da chuva de sementes e na apresentação de dados, o que limita comparações mais amplas. Portanto, recomendamos a implementação de diretrizes globais de padronização metodológica, bem como a ampliação de estudos em diferentes

biomas e tipos de fragmentos, incluindo as agroflorestas, dado seu potencial para a conservação da biodiversidade e a restauração da conectividade em paisagens agrícolas (Uezu & Metzger, 2011; Ortolan et al., 2025). Nossos resultados são um ponto de partida para futuros estudos visando a conservação biológica, especialmente ao fornecer uma planilha detalhada e identificar informações ainda necessárias para uma melhor compreensão da regeneração natural via chuva de sementes em fragmentos inseridos em paisagens agrícolas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABHILASH, P. C. Restoring the Unrestored: Strategies for Restoring Global Land during the UN Decade on Ecosystem Restoration (UN-DER). **Land**, Basel, v. 10, n. 2, p. 201, 2021.

AGUIRRE-GUTIÉRREZ, J. Are Plant Species' Richness and Diversity Influenced by Fragmentation at a Microscale? **International Journal of Biodiversity**, p. 1–9, 2014.

ALMEIDA, C. et al. Restoration plantings in the Atlantic Forest use a small, biased, and homogeneous set of tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 553, p. 553, 2024.

ARAGÃO, R.; DUTRA, C.; SOUZA-ALVES, J. P. Size, density, ecological groups, and dispersal syndromes of the seed rain in urban atlantic forest fragments in northeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 27, n. 1, p. 73-87, 2023.

ARAÚJO-SANTOS, I. et al. Seed rain in cocoa agroforges is induced by effects of forest loss on frugivorous birds and management intensity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 313, p. 313, 2021.

BAGUETTE, M. et al. Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 310-326, 2013.

BANIYA, C. B. et al. Temporal changes in species diversity and composition in abandoned fields in a trans-Himalayan landscape, Nepal. In: **Herbaceous Plant**

Ecology: Recent Advances in Plant Ecology. Springer, 2009. p. 19-35. (Título do Livro em Negrito)

BARBOSA, K. C.; PIZO, M. A. Seed Rain and Seed Limitation in a Planted Gallery Forest in Brazil. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 4, p. 504-515, 2006.

BAUDE, M.; MEYER, B. C.; SCHINDEWOLF, M. Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil based ecosystem services. **Science Direct, Stoten**, v. 659, p. 1526-1536, 2019.

BENNETT, A. F. **Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation**. Gland: IUCN, 2003. (Título do Livro em Negrito)

BENITEZ-MALVIDO, J. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. **Conservation Biology**, v. 12, n. 2, p. 380-389, 1998.

CACHO, M. et al. Inter-annual variability of seed rain and seedling establishment of two woody Mediterranean species under field-induced drought and warming. **Population Ecology**, v. 55, n. 2, p. 277-289, 2013.

CARRILLO ARREOLA, F. et al. Seed rain and establishment in successional forests in Chiapas, Mexico. **Acta Botánica Mexicana**, n. 127, 2020.

CHARLES, L. S. et al. Rainforest seed rain into abandoned tropical Australian pasture is dependent on adjacent rainforest structure and extent. **Austral Ecology**, v. 42, n. 2, p. 238–249, 2017.

CHAZDON, R. L.; URIARTE, M. Natural regeneration in the context of large-scale forest and landscape restoration in the tropics. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 709-715, 2016.

CHAZDON, R. L. et al. Fostering natural forest regeneration on former agricultural land through economic and policy interventions. **Environmental Research**, v. 15, n. 099501, 2020.

CLARK, W. F.; CHEN, M. L.; JOHNSON, D. M. Seed-dispersal kernels in forest trees. **Ecological Monographs**, v. 69, n. 3, p. 287–312, 1999.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. **Ecological Applications**, v. 20, n. 5, p. 1255-1269, 2010.

COX, R. L.; UNDERWOOD, E. C. The importance of conserving biodiversity outside of protected areas in Mediterranean ecosystems. **PloS One**, v. 6, n. 1, 2011.

DAMSCHEIN, E. I. et al. Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment. **Science**, v. 365, n. 6460, p. 1478-1480, 2019.

DE PAULA, M. D. et al. Defaunation impacts on seed survival and its effect on the biomass of future tropical forests. **Oikos**, v. 127, n. 10, p. 1526-1538, 2018.

DENER, E. et al. Direct and indirect effects of fragmentation on seed dispersal traits in a fragmented agricultural landscape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 309, p. 309, 2021.

DOHERTY, T. S.; DRISCOLL, D. A. Acoplamento de movimento e ecologia de paisagem para conservação animal em paisagens de produção. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 285, p. 1870, 2018.

DOSCH, J. J.; PETERSON, C. J.; HAINES, B. L. Seed rain during initial colonization of abandoned pastures in the premontane wet forest zone of southern Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, n. 2, p. 151-159, 2007.

DOWSETT-LEMAIRE, F. The forest vegetation of Mt Mulanje (Malawi): a floristic and chorological study along an altitudinal gradient (650–1950 m). **Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique**, v. 58, p. 77-107, 1988.

ELLIS, E. C. et al. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 5, p. 589–606, 2010.

EMER, C. et al. Seed dispersal networks in tropical forest fragments: Area effects, remnant species, and interaction diversity. **Biotropica**, v. 52, n. 1, p. 81-89, 2020.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FAHRIG, L. et al. Is habitat fragmentation bad for biodiversity? **Biological Conservation**, v. 230, p. 179-186, 2019.

FAO. Land use statistics and indicators statistics. Global, regional and country trends 1990–2019. **FAOSTAT Analytical Brief Series No 28**. Rome, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>. Acesso em: 10 de outubro de 2025.

FAO. The state of the world's forest genetic resources: thematic study. Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, Italy, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3825e.pdf>. Acesso em: 27 de julho de 2025.

FAO. Study reveals that Brazil is one of the most efficient countries in land and agricultural inputs use due to its high production. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2017. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1070557/>. Acesso em: 27 de julho de 2025.

FENNER, M. **Seed ecology**. London, New York: Chapman and Hall, 1985. p.151

FLEMING, T. H. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. p. 105-118.

FLETCHER JR., R. J. et al. The prominent role of the matrix in ecology, evolution, and conservation. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 55, p. 423-447, 2024.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 632 p.

FOX, B. J. et al. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. **Biological Conservation**, n. 82, p. 1-13, 1997.

FREITAS, C. G.; DAMBROS, C.; CAMARGO, J. L. C. Changes in seed rain across Atlantic Forest fragments in Northeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 53, p. 49-55, 2013.

GALETTI, M.; PEDRONI, F. Seasonal diet of capuchin monkeys (*Cebus apella*) in a semideciduous forest in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 1, p. 27–39, 1994.

GAMA, R.; DODONOV, P.; CAZETTA, E. Remnant trees increase seed rain in burned Neotropical forests. **Forest Ecology and Management**, v. 592, n. 122794, p. 7, 2025.

GIBBS, H. K. et al. Florestas tropicais foram as principais fontes de novas terras agrícolas nas décadas de 1980 e 1990. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 38, p. 16732–16737, 2010.

GORSANI, R. G. **Chuva e banco de sementes em Floresta Estacional Semidecidual com diferentes usos do solo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2019.

HAMRICK, J. L.; GOLD, M. W. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1345, p. 1291-1298, 1996.

HAMRICK, J. L.; NASON, J. D. Consequences of Dispersal in Plants. In: RHODES JR., O. E.; CHESSER, R. K.; SMITH, M. H. (ed.). **Population**

Dynamics in Ecological Space and Time. Chicago: University of Chicago Press, 1996. p. 203-236.

HARPER, J. L. **Population Biology of Plants.** London: Academic Press, 1977. 892 p.

HILTY, J. et al. **Corridor ecology: linking landscapes for biodiversity conservation and climate adaptation.** 2. ed. Washington: Island Press, 2019.

HOBBS, R. J.; YATES, C. J. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 471-488, 2003.

JARDIM, F. C. S.; HOSOKAWA, R. T. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazonica**, v. 16-17, p. 411-508, 1987.

JESUS, F. M. et al. The importance of landscape structure for seed dispersal in rain forest fragments. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, n. 6, p. 1126-1136, 2012.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: FENNER, M. (ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities.** 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 125-165.

KNORR, U. C.; GOTTSBERGER, G. Differences in seed rain composition in small and large fragments in the northeast Brazilian Atlantic Forest. **Plant Biology**, v. 14, p. 811-819, 2012.

LAMBIN, E. F. et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261–269, 2001.

LAMPELA, M. et al. Promising native tree species for reforestation of degraded tropical peatlands. **Forest Ecology and Management**, v. 394, p. 52-63, 2017.

LAURANCE, W. F. et al. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, n. 1, p. 56-67, 2011.

LAURANCE, W. F. et al. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 29, n. 2, p. 107-116, 2014.

LIMA, G. L. et al. Contribution of seed rain to forest restoration: an inference about the healing capacity of open areas of the Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120812-120827, 2021.

LOPES, C. G. R. et al. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 115–123, 2012.

LORENZON, P. C.; MASSI, K. G. The influence of size and distance of Atlantic forest patches on seed rain over tropical pasture. **Tropical Ecology**, v. 64, n. 1, p. 193–197, 2023.

MA, S. et al. Direct and indirect effects of agricultural expansion and landscape fragmentation processes on natural habitats. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 353, n. 108555, 2023.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MACK, M. C.; D' ANTONIO, C. M. Impacts of biological invasions on disturbance regimes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 13, p. 195-198, 1998.

MARTÍNEZ-RAMOS, M.; SOTO-CASTRO, A. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. **Vegetatio**, v. 107, p. 299–318, 1993.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. et al. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 745–757, 2016.

MARTINS, V. F.; CAZOTTO, L. P. D.; SANTOS, F. A. M. DOS. Dispersal spectrum of four forest types along an altitudinal range of the Brazilian Atlantic Rainforest. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 1, p. e20130003, 2014.

MENDONÇA, G. C. et al. Spatial indicator of priority areas for the implementation of agroforestry systems: An optimization strategy for agricultural landscapes restoration. **Science of the Total Environment**, v. 839, p. 839, 2022.

MOLINA, M. et al. Direct and indirect effects of landscape, forest patch and sampling site predictors on biotic interaction and seed process. **Plant Ecology**, v. 224, n. 1, p. 13-32, 2023.

MORALES, J. M. et al. Neighborhood effects on seed dispersal by frugivores: Testing theory with a mistletoe-marsupial system in Patagonia. **Ecology**, v. 93, n. 4, p. 741–748, 2012.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

NAAF, T. et al. Context matters: the landscape matrix determines the population genetic structure of temperate forest herbs across Europe. **Landscape Ecology**, v. 37, n. 5, p. 1365-1384, 2022.

NAIR, P. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. **An introduction to agroforestry: four decades of scientific developments**. 2. ed. Cham: Springer, 2021. p. 3-20.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H. C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, p. 278-285, 2000.

OLSON, D. M. et al. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 933–938, 2001.

ORTOLAN, E. et al. Biodiversity in agroforestry systems implemented in tropical ecoregions: a systematic review. **Journal of Environmental Management**, v. 382, n. 125317, p. 12, 2025.

PACHECO, R. et al. The importance of remnants of natural vegetation for maintaining ant diversity in Brazilian agricultural landscapes. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, p. 983-997, 2013.

PEREIRA, C. C. et al. The importance of pollination and dispersal syndromes for the conservation of Cerrado Rupestre fragments on ironstone outcrops immersed in an agricultural landscape. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 17, n. 1, p. 87-102, 2022.

PERES, C. A. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. **Conservation Biology**, v. 14, p. 240-253, 2000.

PERES, C. A. et al. Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 4, p. 892–897, 2016.

PIOTTO, D. et al. Successional, spatial, and seasonal changes in seed rain in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. **PLoS One**, v. 14, n. 6, p. e0218751, 2019.

PONTES, A. R. M. et al. Mass extinction and the disappearance of unknown mammal species: Scenario and perspectives of a biodiversity hotspot's hotspot. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0155184, 2016.

POWELL, G. V. N.; BJORK, R. D. Habitat linkages and the conservation of tropical biodiversity as indicated by seasonal migrations of three-wattled bellbirds. **Conservation Biology**, v. 18, n. 2, p. 500–509, 2004.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 de dezembro de 2024.

REDFORD, K. H. The empty forest. **Bioscience**, v. 42, n. 6, p. 412-422, 1992.

REID, L. et al. Seed dispersal limitations shift over time in tropical forest restoration. **Ecological Applications**, v. 24, n. 4, p. 1072-1082, 2015.

RIBEIRO, M. C. et al. 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.

ROGERS, H. S. et al. Cascading impacts of seed disperser loss on plant communities and ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 52, n. 1, p. 641-666, 2021.

ROSS, K. A.; FOX, B. J.; FOX, M. D. Changes to plant species richness in forest fragments: fragment age, disturbance and fire history may be as important as area. **Journal of Biogeography**, v. 29, n. 5-6, p. 749-765, 2002.

SALAZAR, A. et al. Seed limitation of woody plants in Neotropical savannas. **Plant Ecology**, v. 213, p. 273–287, 2012.

SANSEVERO, J. B. B. et al. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic forest: Community structure, diversity, and dispersal syndromes. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 3, p. 379–389, 2011.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, v. 404, p. 72-74, 2000.

SILVA, L. G. et al. Patch size, functional isolation, visibility and matrix permeability influences neotropical primate occurrence within highly fragmented landscapes. **PLoS ONE**, v. 10, n. 2, p. e0117001, 2015.

SOONS, M. B.; OZINGA, W. A. How important is long-distance seed dispersal for the regional survival of plant species? **Diversity and Distributions**, v. 11, n. 2, p. 165–172, 2005.

SOUZA, J. T. et al. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? **Plant Biology**, v. 16, p. 748–756, 2014.

STANDISH, R. J. et al. Seed dispersal and recruitment limitation are barriers to native recolonization of old-fields in western Australia. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, p. 435-445, 2007.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lessons from fragmentation research: improving management and policy guidelines for biodiversity conservation. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 734-739, 2005.

TELLES, T. S. et al. Effects of no-tillage on agricultural land values in Brazil. **Land Use Policy**, v. 76, p. 124-129, 2018.

TERBORGH, J. et al. Seed limitation in an Amazonian floodplain forest. **Ecology**, v. 100, n. 1, p. 1–8, 2019.

THEOHARIDES, K. A.; DUKES, J. S. Plant invasion across space and time: factors affecting non indigenous species success during four stages of invasion. **New Phytologist**, v. 176, p. 256-273, 2007.

TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. **Oikos**, v. 90, n. 1, p. 7-19, 2000.

UEZU, A.; METZGER, J. P. Vanishing bird species in the Atlantic Forest: relative importance of landscape configuration, forest structure and species characteristics. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 14, p. 3417-3432, 2011.

UN (United Nations). United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030). Disponível em: <https://undocs.org/A/RES/73/284>. Acesso em: 27 de junho de 2024.

VAN DER PIJL, L. Functional considerations and observations on the flowers of some Labiatae. **Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants**, v. 20, n. 1, p. 93-103, 1972.

VILLICAÑA-HERNÁNDEZ, G. J. et al. Seed rain in a tropical dry forest and adjacent home gardens in the Yucatan. **Tropical Conservation Science**, v. 13, 2020.

VILELA, R. B.; RIBEIRO, A.; BATISTA, N. A. Word cloud as a tool for content analysis: an application to the challenges of the professional master's degree

courses. **Millenium: Journal of Education, Technologies, and Health**, v. 2, n. 11, p. 29–36, 2020.

VINDICA, V. F. et al. Seed rain in a restoration site and in an adjacent remnant of Seasonal Atlantic Forest. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1230–1244, out. 2020.

WENDT, A. L.; CHAZDON, R. L.; VARGAS RAMÍREZ, O. Successional trajectories of seed dispersal mode and seed size of canopy tree species in wet tropical forests. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, p.16, 2022.

WRIGHT, S. J. et al. Interspecific associations in seed arrival and seedling recruitment in a Neotropical forest. **Ecology**, v. 97, n. 10, p. 2780–2790, 2016.

YANG, L. et al. Climate drivers of seed rain phenology of subtropical forest communities along an elevational gradient. **International Journal of Biometeorology**, v. 67, n. 6, p. 1095–1104, 2023.

Anexo 2. Lista de artigos científicos incluídos na revisão sistemática sobre chuva de sementes em remanescentes naturais, áreas de reflorestamento e agroflorestas inseridos em paisagens agrícolas.

ACOSTA-ROJAS, D. C. et al. Systematic reduction in seed rain of large-seeded and endozoochorous species in pastures compared to forests along a tropical elevational gradiente. **Applied Vegetation Science**, v. 27, n. 2, p. 10, 2024.

ARAÚJO, M. M. et al. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 66, n. 1, p. 128-141, 2004.

ARAÚJO-SANTOS, I. et al. Seed rain in cocoa agroforests is induced by effects of forest loss on frugivorous birds and management intensity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 313, p. 107380, 2021.

ARMESTO, J. J. et al. Seed rain of fleshy and dry propagules in different habitats in the temperate rainforests of Chiloé Island, Chile. **Ecología Austral**, n. 26, p. 311–320, 2001.

ARTEAGA, L. L.; MOYA, I. M. Concordancia entre la densidad de la lluvia de semillas y plantas de *Piper* y *Ficus* en fragmentos naturales al noreste de Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v. 39, n. 1, p. 85-89, 2004.

AUFFRET, A. G.; COUSINS, S. A. O. Past and present management influences the seed bank and seed rain in a rural landscape mosaic. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 5, p. 1278-1285, 2011.

BARBOSA, K. C.; PIZO, M. A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restoration Ecology**, v. 14, p. 504-515, 2006.

BENITEZ-MALVIDO, J. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. **Conservation Biology**, v. 12, n. 2, p. 380-389, 1998.

BUISSON, E. et al. The implications of seed rain and seed bank patterns for plant succession at the edges of abandoned fields in Mediterranean landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 115, n. 1-4, p. 6-14, 2006.

CAMARGO, P. H. S. A. et al. Frugivore diversity increases evenness in the seed rain on deforested tropical landscapes. **Oikos**, v. 2022, n. 2, 2022.

CAMPOS, É. P. Chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 451-458, 2009.

CAPELLESSO, E. S.; SANTOLIN, S. F.; ZANIN, E. M. Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no sul do Brasil. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 821-829, 2015.

CAPELLESSO, E. S. et al. Relação entre chuva de sementes e estrutura florestal em remanescentes de Floresta Atlântica no Sul do Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 73, n. 2, p. 176-181, 2018.

CARRILLO ARREOLA, F. et al. Seed rain and establishment in successional forests in Chiapas, Mexico. **Acta Botánica Mexicana**, n. 127, 2020.

CHARLES, L. S.; DWYER, J. M.; MAYFIELD, M. M. Rainforest seed rain into abandoned tropical Australian pasture is dependent on adjacent rainforest structure and extent. **Austral Ecology**, v. 42, n. 2, p. 238-249, 2017.

CHARLES, L. S. et al. Landscape structure mediates zoochorous-dispersed seed rain under isolated pasture trees across distinct tropical regions. **Landscape Ecology**, v. 34, p. 1347-1362, 2019.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. **Ecological Applications**, v. 20, n. 5, p. 1255-1269, 2010.

CUBIÑA, A.; AIDE, M. T. The Effect of Distance from Forest Edge on Seed Rain and Soil Seed Bank in a Tropical Pasture. **Biotropica**, v. 33, n. 2, p. 260-267, 2001.

DEBUSSCHE, M.; ISENMANN, P. Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 414–426, 1994.

DIAS, C. R.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 501-507, 2014.

DOSCH, J. J.; PETERSON, C. J.; HAINES, B. L. Seed rain during initial colonization of abandoned pastures in the premontane wet forest zone of southern Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, n. 2, p. 151-159, 2007.

FREEMAN, A. N. D. et al. Enhancing bird-mediated seed dispersal to increase rainforest regeneration in disused pasture – A restoration experiment. **Forest Ecology and Management**, v. 479, 2021.

FREITAS, C. G.; DAMBROS, C.; CAMARGO, J. L. C. Changes in seed rain across Atlantic Forest fragments in Northeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 53, p. 49-55, 2013.

FREITAS, T. C. et al. Poleiros artificiais aumentam a chuva de sementes mediada por pássaros em áreas de pousio agrícola no sul do Brasil. **Web Ecology**, v. 22, p. 59-74, 2022.

GUARIGUATA, M. R.; CLAIRE, H. A.; JONES, G.. Tree seed fate in a logged and fragmented forest landscape, northeastern Costa Rica¹. **Biotropica**, v. 34, n. 3, p. 405-415, 2002.

HOLL, K. D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.

HONU, Y. A. K.; GIBSON, D. J. Patterns of invasion: trends in abundance of understory vegetation, seed rain, and seed bank from forest edge to interior. **Natural Areas Journal**, v. 28, n. 3, p. 228-239, 2008.

JESUS, F. M. et al. The importance of landscape structure for seed dispersal in rain forest fragments. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, n. 6, p. 1126-1136, 2012.

KNORR, U. C.; GOTTSBERGER, G. Differences in seed rain composition in small and large fragments in the northeast Brazilian Atlantic Forest. **Plant Biology**, v. 14, p. 811-819, 2012.

LIMA, G. L. et al. Contribution of seed rain to forest restoration: an inference about the healing capacity of open areas of the Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120812-120827, 2021.

LORENZON, P. C.; MASSI, K. G. The influence of size and distance of Atlantic forest patches on seed rain over tropical pasture. **Tropical Ecology**, v. 64, n. 1, p. 193-197, 2023.

MARTÍNEZ-GARZA, C.; GONZÁLEZ-MONTAGUT, R. Seed rain from forest fragments into tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. **Plant Ecology**, v. 145, p. 255-265, 1999.

MARTÍNEZ-GARZA, C. et al. Seed rain in a tropical agricultural landscape. **Journal of Tropical Ecology**, v. 25, n. 5, p. 541-550, 2009.

MARTINI, A. M. Z.; SANTOS, F. A. M. Effects of distinct types of disturbance on seed rain in the Atlantic forest of NE Brazil. **Plant Ecology**, v. 190, n. 1, p. 81-95, 2007.

MELO, F. P. L.; DIRZO, R.; TABARELLI, M. Biased seed rain in forest edges: evidence from the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, p. 50-60, 2006.

NUÑEZ, N. H. et al. Seed-rain–successional feedbacks in wet tropical forests. **Ecology**, v. 102, n. 7, p. 16, 2021.

PENHALBER, E. DE F.; VANI, W. M. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. **Brazilian Journal of Botany**, v. 20, n. 2, p. 205–220, dez. 1997.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AOKI, J. Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba-SP. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 911-923, 2014.

PIVELLO, V. R. et al. Chuva de sementes em fragmentos de Floresta Atlântica (São Paulo, SP, Brasil), sob diferentes situações de conectividade, estrutura florestal e proximidade da borda. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 845-859, 2006.

RAGUSA-NETTO, J.; SANTOS, A. A. Seed rain generated by bats under Cerrado's pasture remnant trees in a Neotropical savanna. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 25–34, 2015.

RAMIREZ-MARCIAL, N.; GONZALEZ-ESPINOSA, M. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosques de pino-encino de los altos de Chiapas, Mexico. **Acta Botánica Mexicana**, n. 20, p. 59-75, 1992.

REID, J. L. et al. Seed dispersal limitations shift over time in tropical forest restoration. **Ecological Applications**, v. 24, n. 4, p. 1072-1082, 2015.

REY, P. J. et al. Persistence of seed dispersal in agroecosystems: Effects of landscape modification and intensive soil management practices on frugivorous birds, frugivores and seed deposition in olive plantations. **Ecology and Evolution**, v. 9, p. 21, 2021.

RODRIGUES, M. A. et al. Avaliação da chuva de sementes em áreas de restinga em diferentes estágios de regeneração. **Revista árvore**, v. 34, p. 814-824, 2010.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, J.; GARCÍA, D.; MARTÍNEZ, D. Spatial networks of fleshy-fruited trees drive the flow of avian seed dispersal through a landscape. **Functional Ecology**, v. 28, n. 4, p. 990-998, 2014.

SETIAWAN, N. N.; SULISTYAWATI, E. A seed rain community in a reforested post-agricultural field and adjacent secondary forest of Mount Papandayan Nature Reserve, West Java, Indonesia. **Journal of Forestry Research**, v. 32, p. 1013–1023, 2021.

SHANG, Z. H.; YANG, S. Seed rain and its relationship with above-ground vegetation of degraded Kobresia meadows. **Plant Research**, v. 126, p. 63-72, 2012.

SILVA, C. R. B. et al. Chuva de sementes em fragmento de Floresta Atlântica Semidecídua. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 1, p. 621-635, 2014.

SILVA, E. P. et al. Evaluation of the potential of seed rain as an alternative for forest restoration in permanent preservation areas. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 21–28, 2016.

SILVA, J. P. G. et al. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em floresta tropical na região nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1478-1490, 2018.

SOUZA, W. P. et al. Chuva de sementes em remanescentes florestais de Campo Verde, MT. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 689-698, 2014.

TEEGALAPALLI, K.; HIREMATH, A. J.; JATHANNA, D. Patterns of seed rain and seedling regeneration in abandoned agricultural clearings in a seasonally dry tropical forest in India. **Journal of Tropical Ecology**, v. 26, n. 1, p. 25-33, 2010.

TRES, D. R. et al. Banco e chuva de sementes como indicadores para a restauração ecológica de matas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n. 1, p. 309-311, 2007.

TOSCAN, M. A. G. et al. Litter production and seed rain in semideciduous forest fragments at different successional stages in the western part of the state of Paraná, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, p. 392-403, 2014.

URBANSKA, K. M.; FATTORINI, M. Seed rain in high-altitude restoration plots in Switzerland. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 1, p. 74-79, 2000.

VERGNE, D. C. et al. Árvores isoladas com alta cobertura de copa e densidades aumentam a chuva de sementes de pastagens. **Acta Botânica Brasilica**, v. 30, n. 3, p. 486-494, 2016.

VILLICAÑA-HERNÁNDEZ, G. J. et al. Seed rain in a tropical dry forest and adjacent home gardens in the Yucatan. **Tropical Conservation Science**, v. 13, 2020.

VINDICA, V. F. et al. Seed rain in a restoration site and in an adjacent remnant of seasonal Atlantic Forest. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1230-1244, 2020.

WIELAND, L. M. et al. Seed rain and advance regeneration in secondary succession in the Brazilian Amazon. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 300-316, 2011.

WIJDEVEN, S. M. J.; KUZEE, M. E. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 414-424, 2000.

ZAMORA, C. O.; MONTAGNINI, F. Seed rain and seed dispersal agents in pure and mixed plantations of native trees and abandoned pastures at La Selva Biological Station, Costa Rica. **Restoration Ecology**, v. 15, n. 3, p. 453-461, 2007.