

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Gabrielly Maria Mello Silveira

Predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em diferentes situações:
implicações para a restauração ecológica

Buri
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Gabrielly Maria Mello Silveira

Predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em diferentes situações:
implicações para a restauração ecológica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências Biológicas
na Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof. Dr. Débora Cristina Rother

Buri
2025

Silveira., Gabrielly Maria Mello

Predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em diferentes situações: Implicações para a restauração ecológica / Gabrielly Maria Mello Silveira. -- 2025.
86f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Débora Cristina Rother

Banca Examinadora: Elenir Aparecida Queiroz, Tatiana Machado de Souza

Bibliografia

1. Interações planta-animal. 2. Regeneração ecológica. 3. Dinâmica de habitat. I. Silveira., Gabrielly Maria Mello. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

SILVEIRA, Gabrielly. **Predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em diferentes situações:** implicações para a restauração ecológica. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (CCCBIO-LS)
Rod. Lauri Simões de Barros km 12 - SP-189, s/n - Bairro Aracaçu, Buri/SP,
CEP 18290-000 Telefone: (15) 32569030 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 49/2025/CCCBio-LS/CCN/R

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso
Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIELLY MARIA MELLO SILVEIRA

PREDAÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SYAGRUS ROMANZOFFIANA EM
DIFERENTES SITUAÇÕES: IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

Buri, 10 de dezembro de 2025

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientadora	Débora Cristina Rother
Membro da Banca 1	Tatiana Machado de Souza
Membro da Banca 2	Elenir Aparecida Queiroz



Documento assinado eletronicamente por Debora Cristina Rother, Docente, em 12/12/2025, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Defesa TCC: Folha Aprovação 49 (2108227) SEI 23112.015010/2025-44 / pg. 1

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador 2108227 e o código CRC EA7C5DFD.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº

23112.015010/2025-44 SEI nº 2108227 Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019

Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação 49 (2108227) SEI 23112.015010/2025-44 / pg. 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família, pelo apoio constante, pela paciência nos momentos de maior pressão e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava. Este trabalho só foi possível graças ao carinho e à força que sempre me ofereceram.

À minha orientadora, Débora Rother, agradeço pela orientação dedicada, pelas contribuições rigorosas e pelo incentivo que ampliou minha visão científica. Sua confiança foi essencial para que este trabalho se concretizasse.

Aos professores do curso de Ciências Biológicas, que contribuíram para minha formação com aulas, discussões e experiências que levarei para além da graduação.

Agradeço também aos colegas e amigos que estiveram presentes durante o desenvolvimento deste TCC, oferecendo companhia nas jornadas de estudo, apoio emocional e troca de ideias que enriqueceram todo o processo.

Às instituições e profissionais que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, especialmente ao Laboratório de Conservação e Restauração Ecológica, agradeço pelo apoio científico.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse possível. Cada gesto, conselho e palavra de incentivo teve grande importância na minha trajetória.

RESUMO

SILVEIRA, Gabrielly. **Predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em diferentes situações:** implicações para a restauração ecológica. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.

A regeneração natural é fundamental para a manutenção e recuperação de ecossistemas tropicais, especialmente em biomas ameaçados como a Mata Atlântica e o Cerrado. Entre os processos que determinam o sucesso da regeneração, destacam-se a dispersão, a predação e a germinação de sementes, que refletem interações entre fauna, flora e condições microambientais. As palmeiras, pertencentes à família Arecaceae, são particularmente importantes nesse contexto, e o *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá) se destaca por sua ampla distribuição, relevância para a fauna frugívora e uso frequente em ações de restauração ecológica. Este estudo investigou como diferentes situações ambientais — habitats abertos e fechados — influenciam a predação e a germinação de sementes de *S. romanzoffiana* no município de Buri, SP. Frutos maduros foram coletados em indivíduos distribuídos nos dois tipos de ambientes, e as sementes foram classificadas quanto à integridade, quanto a traços como espessura do endocarpo, comprimento, largura e massa, e submetidas a testes de germinação sob condições controladas. Variáveis microambientais, como luminosidade, cobertura do solo, umidade, altura e abertura de dossel, foram consideradas na interpretação dos padrões encontrados. Mapas de distribuição e análises espaciais permitiram relacionar a posição das palmeiras com a predação, fornecendo informações sobre fatores ambientais que podem influenciar o sucesso reprodutivo da espécie. Os resultados mostraram que frutos provenientes da mata (habitats fechados) apresentaram maior massa em comparação com frutos de áreas abertas, indicando que características morfológicas variam com o ambiente e podem influenciar interações com a fauna. Quanto à predação, não houve diferença significativa entre ambientes abertos e fechados, sugerindo que, apesar das diferenças estruturais, a pressão de predação sobre as sementes se mantém relativamente constante. Nenhuma semente germinou durante o período de monitoramento de 122 dias, possivelmente devido à dormência natural. Além disso, sementes com endocarpo mais espesso apresentaram menor probabilidade de predação, reforçando que traços funcionais influenciam o sucesso inicial da espécie. Conclui-se que, embora a predação não varie significativamente entre os tipos de ambientes, diferenças morfológicas dos frutos e sementes e variáveis microambientais podem afetar a regeneração da espécie, mesmo quando a germinação não ocorre imediatamente. Esses resultados reforçam que traços das sementes e condições ambientais devem ser considerados em estratégias de restauração ecológica, contribuindo para o planejamento e manejo de ecossistemas tropicais fragmentados.

Palavras-chave: Arecaceae; Predação de sementes; Regeneração natural; Fragmentação florestal; Ecologia funcional; Restauração ecológica.

ABSTRACT

SILVEIRA, Gabrielly. **Predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em diferentes situações:** implicações para a restauração ecológica. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.

Natural regeneration is fundamental for the maintenance and recovery of tropical ecosystems, especially in threatened biomes such as the Atlantic Forest and the Cerrado. Among the processes that determine the success of regeneration, seed dispersal, predation, and germination stand out, reflecting interactions between fauna, flora, and microenvironmental conditions. Palms, belonging to the family Arecaceae, are particularly important in this context, and *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá) stands out for its wide distribution, relevance to frugivorous fauna, and frequent use in ecological restoration initiatives. This study investigated how different environmental conditions — open and closed habitats — influence seed predation and germination of *S. romanzoffiana* in the municipality of Buri, SP, Brazil. Mature fruits were collected from individuals across both habitat types, and seeds were classified in terms of integrity and traits such as endocarp thickness, length, width, and mass, and subjected to germination tests under controlled conditions. Microenvironmental variables, including light availability, ground cover, moisture, height, and canopy openness, were considered in interpreting the observed patterns. Distribution maps and spatial analyses allowed us to relate palm locations to seed predation, providing information on environmental factors that may influence the species' reproductive success. Results showed that fruits from forested areas (closed habitats) had higher mass compared to fruits from open areas, indicating that morphological traits vary with the environment and may influence interactions with fauna. Regarding predation, no significant difference was observed between open and closed habitats, suggesting that, despite structural differences, seed predation pressure remains relatively constant. No seeds germinated during the 122-day monitoring period, possibly due to natural dormancy. Additionally, seeds with thicker endocarps showed lower predation probability, reinforcing that functional traits influence early species success. In conclusion, although predation did not differ significantly between habitat types, morphological differences in fruits and seeds, along with microenvironmental variables, can affect species regeneration, even when germination does not occur immediately. These results emphasize that seed traits and environmental conditions should be considered in ecological restoration strategies, contributing to the planning and management of fragmented tropical ecosystems.

Keywords: Arecaceae; seed predation; natural regeneration; forest fragmentation; functional ecology; ecological restoration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Indivíduos de <i>Syagrus romanzoffiana</i> nos ambientes aberto e fechado	40
Figura 2 – Distribuição das palmeiras por ambiente.....	40
Figura 3 – Distribuição das palmeiras com foco na área de estudo	41
Figura 4 – Parcela de coleta delimitada sob a copa da palmeira	42
Figura 5 – Balança de precisão utilizada para medir a massa dos frutos de <i>Syagrus romanzoffiana</i> durante o processamento das amostras.....	43
Figura 6 – Sementes de <i>Syagrus romanzoffiana</i> com sinais de predação e a larva associada	43
Figura 7 – Proporção de frutos predados e intactos por ambiente	47
Figura 8 – Número de sementes predadas por ambiente	48
Figura 9 – Massa dos frutos por ambiente (somente frutos intactos)	49
Figura 10 – Comprimento × ambiente e status de predação	53
Figura 11 – Largura × ambiente e status de predação	54
Figura 12 – Matriz de correlação entre massa (g), comprimento (mm) e largura (mm) de frutos intactos.....	54
Figura 13 – Diferença no comprimento dos frutos predados e não predados.....	55
Figura 14 – Diferença na largura dos frutos predados e não predados	55

Figura 15 – Dispersão representando os frutos intactos no espaço definido pelos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2)	57
Figura 16 – Total de frutos caídos por ambiente	59
Figura 17 – Distribuição espacial da proporção de frutos predados das palmeiras nos fragmentos estudados	61
Figura 18 – Distribuição espacial da proporção de frutos intactos das palmeiras nos fragmentos estudados	61
Figura 19 – Distribuição espacial do total de frutos coletados em cada palmeira nos fragmentos estudados	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características estruturais e ambientais das palmeiras <i>Syagrus romanzoffiana</i> amostradas em ambientes abertos e fechados	46
Tabela 2 – Totais de frutos, frutos intactos e frutos predados em palmeiras <i>Syagrus romanzoffiana</i> amostradas em dois ambientes (Aberto e Fechado)	47
Tabela 3 – Proporção de predação e de sementes intactas nos ambientes Aberto e Fechado	47
Tabela 4 – Estatísticas descritivas da morfometria dos frutos de <i>Syagrus romanzoffiana</i> coletados em ambientes abertos e fechados	50
Tabela 5 – Acúmulo total de frutos sob a copa e número de cachos produzidos por cada palmeira jerivá (<i>Syagrus romanzoffiana</i>) amostrada nos ambientes aberto (AB) e fechado (AF)	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16-27
1.1. A Restauração ecológica e os processos de regeneração	17
1.2. Família <i>Arecaceae</i> e seu papel nos ecossistemas	19
1.3. A Palmeira <i>Syagrus romanzoffiana</i> como espécie de estudo	21
1.4. Interações ecológicas: dispersão e predação de sementes	23
1.5. Fatores ambientais e variação espacial	24
1.6. Ecologia funcional e traços de sementes	26
1.7. Relação entre predação, germinação e restauração Ecológica	26
2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	27-37
2.1. Ecologia de sementes e regeneração natural	28
2.2. Predação e dispersão de sementes: mecanismos e importância Ecológica	29
2.3. Hipótese de Janzen-Connell e dependência de densidade	30
2.4. Ecologia funcional e traços de Sementes	31
2.5. Influência de ambientes abertos e fechados na dinâmica de sementes	32
2.6. Fragmentação, defaunação e restauração Ecológica	33
2.7. Papel das palmeiras neotropicais na restauração ecológica	34
2.8. Relação entre predação, germinação e sucesso da Restauração	35
2.9. Síntese teórica	36
3. OBJETIVOS, HIPÓTESES E RELEVÂNCIA PRÁTICA	37-38
4. METODOLOGIA	38-45
4.1. Área de estudo	38
4.2. Delineamento amostral e seleção das palmeiras	39
4.3. Coleta de frutos	42
4.4. Processamento e análise dos frutos	42
4.5. Avaliação da germinação das sementes	44
4.6. Análise de dados	44
4.7. Análise estatística	44
5. RESULTADOS	45-62
5.1. Caracterização geral da amostragem	45
5.2. Predação entre os ambientes	47-48

5.2.1. Frequência de predação nos ambientes	47
5.2.2. Grau de predação entre os ambientes	48
5.3. Morfometria dos frutos	49-55
5.3.1. Morfometria × Ambiente (Frutos intactos)	49
5.3.2. Morfometria × Categorias de predação (0-4)	51
5.3.3. Morfometria combinada: frutos intactos e predados	52
5.4. Análise multivariada (PCA)	55-57
5.4.1. Variância explicada	55
5.4.2. Distribuição das amostras (Gráfico PC1 × PC2)	56
5.5. Número de frutos por palmeira (Produção / Acúmulo)	57-59
5.5.1. Testes preliminares de pressupostos	57
5.5.2. Quantificação da acumulação de frutos e cachos nas palmeiras amostradas	58
5.6. Germinação	59
5.7. Análise Espacial	59
6. DISCUSSÃO	62-70
6.1. Morfometria dos frutos	64
6.2. Estratégias funcionais de frutos em ambientes contrastantes	65
6.3. Produção e acumulação de frutos	65
6.4. Predação de frutos	67
6.5. Influência espacial sobre a predação e estrutura das palmeiras	68
6.6. Implicações ecológicas e de conservação	69
6.7. Limitações do estudo	70
7. CONCLUSÃO	70-71
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72-86

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica e o Cerrado constituem dois dos mais importantes *hotspots* de biodiversidade do planeta, reconhecidos pela alta riqueza de espécies e elevado grau de endemismo (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2022). A Mata Atlântica, embora reduzida a cerca de 12,4% de sua cobertura original (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2022), ainda abriga milhares de espécies vegetais e animais, muitas delas ameaçadas de extinção (WWF-Brasil, s.d). Esse bioma desempenha papel essencial na regulação do clima, no abastecimento de água e na estabilidade dos solos, além de prover importantes serviços ecossistêmicos para milhões de pessoas (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2022). O Cerrado, por sua vez, é considerado a savana mais biodiversa do mundo e fonte das principais bacias hidrográficas brasileiras, sendo fundamental para o equilíbrio ecológico e para o funcionamento de ecossistemas interligados (WWF-Brasil, 2019). Ambos os biomas possuem relevância ecológica e socioambiental inestimável, e sua conservação é estratégica para a manutenção da biodiversidade e da qualidade de vida humana (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2022; WWF-Brasil, s.d.; WWF-Brasil, 2019).

Nas últimas décadas, esses ecossistemas vêm sofrendo intensos processos de degradação, impulsionados por desmatamento, fragmentação de habitats e mudanças no uso e cobertura da terra (Tabarelli *et al.*, 2012). A expansão agropecuária, a urbanização e o avanço de monoculturas resultaram em perda de conectividade entre fragmentos, redução de populações viáveis e simplificação das comunidades biológicas (Tabarelli *et al.*, 2012). Esses processos geram efeitos em cascata, alterando interações ecológicas, comprometendo funções ecossistêmicas e aumentando a vulnerabilidade das paisagens à invasão de espécies exóticas e às mudanças climáticas (Tabarelli *et al.*, 2012). Apesar dos avanços em políticas públicas e na criação de Unidades de Conservação, o ritmo de perda ainda supera os esforços de proteção e recuperação, evidenciando a urgência de ações integradas de conservação e manejo sustentável (Tabarelli *et al.*, 2012; Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2022).

Nesse contexto, a restauração ecológica surge como uma estratégia essencial para reverter os efeitos da degradação e recuperar processos ecológicos fundamentais. A restauração visa não apenas recompor a cobertura vegetal, mas também restabelecer a estrutura, a composição e a funcionalidade dos ecossistemas (Brancaion *et al.*, 2019). No Brasil, iniciativas têm avançado tanto em políticas públicas, como o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG), quanto em avanços científicos que conciliam restauração ativa e regeneração natural, como o plantio de mudas nativas associado à proteção de regeneração natural (Rodrigues *et al.*, 2011), a utilização de ilhas de nucleação para atrair fauna dispersora de sementes (Chazdon *et al.*, 2009) e o enriquecimento de

regeneração natural com espécies estratégicas para acelerar a restauração estrutural e funcional dos ecossistemas (Holl & Aide, 2011) Além de seu papel ecológico, a restauração também gera benefícios sociais e econômicos, criando oportunidades de trabalho e promovendo o uso sustentável dos recursos naturais (Brancalion *et al.*, 2020). No entanto, o sucesso das ações depende da compreensão dos processos ecológicos que sustentam a regeneração natural, especialmente em paisagens fragmentadas (Brancalion *et al.*, 2019; Brancalion *et al.*, 2020).

A regeneração natural de florestas tropicais depende de um conjunto de funções ecológicas fundamentais, como a dispersão, a predação e a germinação de sementes (Howe & Smallwood, 1982). A dispersão permite o fluxo gênico e a colonização de novas áreas, enquanto a predação influencia a mortalidade e a seleção natural das sementes. Já a germinação representa o elo entre o banco de sementes e o estabelecimento de novas plantas, sendo fortemente influenciada pelas condições microambientais e pelas interações bióticas (Tabarelli *et al.*, 2012). A perda dessas funções, decorrente da defaunação e da simplificação dos ecossistemas, compromete a capacidade de regeneração e a resiliência das florestas, tornando-as mais suscetíveis a distúrbios e a trajetórias sucessionais empobrecidas (Howe & Smallwood, 1982; Tabarelli *et al.*, 2012; Brancalion *et al.*, 2019).

As interações planta-animal exercem papel central na manutenção da diversidade e da estrutura das florestas tropicais, pois regulam processos de dispersão, polinização e ciclagem de nutrientes (Dirzo *et al.*, 2014). Frugívoros e granívoros, por exemplo, são responsáveis pela dispersão de grande parte das espécies arbóreas, contribuindo para o recrutamento de plântulas e para a manutenção da heterogeneidade espacial das comunidades (Peres *et al.*, 2016). Quando essas interações são interrompidas, devido à perda de espécies-chave, à caça ou à fragmentação, ocorrem desequilíbrios que comprometem a regeneração natural e a estabilidade funcional das paisagens (Dirzo *et al.*, 2014; Peres *et al.*, 2016). Assim, compreender e conservar essas redes de interações é fundamental para garantir o sucesso da restauração e a sustentabilidade dos ecossistemas tropicais (Dirzo *et al.*, 2014; Peres *et al.*, 2016; Brancalion *et al.*, 2019).

1.1. A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E OS PROCESSOS DE REGENERAÇÃO

A restauração ecológica é um campo em consolidação que busca recuperar ecossistemas degradados, restabelecendo sua estrutura, composição e funcionalidade (Rother *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2015). Historicamente, o conceito evoluiu de abordagens focadas apenas na revegetação para perspectivas mais integradas, que consideram processos ecológicos, interações bióticas e a resiliência dos sistemas naturais (Rother *et al.*, 2023). De

acordo com a *Society for Ecological Restoration* (SER, 2019), a restauração é o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído, devendo buscar o restabelecimento da diversidade biológica, dos processos ecológicos e dos serviços ecossistêmicos. No Brasil, avanços recentes em pesquisa e políticas públicas vêm incorporando princípios ecológicos mais amplos, com ênfase em estratégias baseadas em evidências e na priorização de processos naturais. Holl (2017) reforça que a restauração deve ser adaptativa, considerando as condições locais, os níveis de degradação e a viabilidade da regeneração natural como caminho preferencial (SER, 2019; Holl, 2017).

A regeneração natural é o alicerce dos processos de restauração ecológica e ocorre em múltiplas etapas interdependentes, desde a chegada das sementes ao ambiente até o estabelecimento de novos indivíduos (Harms *et al.*, 2000; Dalling *et al.*, 2002; Vieira & Scariot, 2006). Essas etapas incluem a chuva de sementes, determinada pela presença de dispersores e pela proximidade de fontes reprodutivas, a predação de sementes, que regula a densidade e o recrutamento, a germinação, fortemente influenciada por fatores ambientais como umidade, temperatura e luminosidade, e o estabelecimento de plântulas, momento crítico que define o sucesso da regeneração (Holl & Aide, 2011). Esses processos são modulados por interações complexas entre fatores bióticos (como fauna dispersora e predadora) e abióticos (como tipo de solo, microclima e cobertura de dossel), que variam conforme o grau de degradação da paisagem (Harms *et al.*, 2000; Dalling *et al.*, 2002; Vieira & Scariot, 2006).

Entre as etapas da regeneração, a predação e a germinação de sementes exercem influência decisiva sobre a estrutura futura das comunidades, embora sejam menos abordadas em estudos de restauração quando comparadas à dispersão (Howe & Smallwood, 1982; Brancalion *et al.*, 2019). A predação, tanto por vertebrados quanto por invertebrados, pode reduzir o recrutamento, mas também atua como filtro ecológico, favorecendo espécies com adaptações que aumentam a sobrevivência das sementes (Howe & Smallwood, 1982; Janzen, 1971). A germinação, por sua vez, determina a transição entre o banco de sementes e o estabelecimento de plântulas, sendo sensível a condições microambientais e à qualidade fisiológica das sementes (Vieira & Scariot, 2006; Dalling *et al.*, 2002). Compreender a variação espacial e temporal desses processos é fundamental para prever o sucesso da regeneração natural e otimizar práticas de restauração (Holl & Aide, 2011).

A regeneração e o recrutamento natural de espécies vegetais dependem de uma complexa rede de interações ecológicas e de fatores ambientais (Chazdon, 2012). Fatores bióticos, como abundância de frugívoros, predadores de sementes e competidores e abióticos, como disponibilidade de luz, umidade e nutrientes, que determinam a probabilidade de

germinação e sobrevivência das plântulas (Harms *et al.*, 2000; Chazdon, 2012). Em ambientes fragmentados ou degradados, essas condições são alteradas, podendo favorecer espécies pioneiras e generalistas, enquanto limitam o estabelecimento de espécies tardias e dependentes de dispersores especializados (Laurence *et al.*, 2011; Tabarelli, Lopes & Peres, 2008). Assim, a análise integrada desses fatores é essencial para compreender os padrões de regeneração e direcionar estratégias de manejo e restauração (Harms *et al.*, 2000; Laurence *et al.*, 2011; Tabarelli, Lopes & Peres, 2008; Chazdon, 2012).

Espécies-chave de regeneração, como *Cecropia pachystachya*, *Euterpe edulis* e *Syagrus romanzoffiana*, desempenham papéis importantes na restauração de ecossistemas tropicais (Galetti *et al.*, 2013; Galetti & Aleixo, 1998). *Cecropia* atua como espécie pioneira, estabelecendo-se rapidamente em áreas abertas e promovendo sombreamento para o recrutamento de espécies tardias (Galetti *et al.*, 2013). *Euterpe edulis* (palmito-juçara), típica de estágios mais avançados de sucessão, é fundamental para a manutenção das interações com frugívoros e dispersores de médio e grande porte (Galetti & Aleixo, 1998). Já *Syagrus romanzoffiana* (jerivá) é uma palmeira amplamente utilizada por aves e mamíferos frugívoros, contribuindo para a atração de fauna e o enriquecimento funcional de áreas em restauração (Giombini *et al.*, 2009). Essas espécies exemplificam como a seleção de plantas pode favorecer o retorno de processos ecológicos essenciais em projetos de restauração (Galetti *et al.*, 2013; Giombini *et al.*, 2009)

O conceito de restauração passiva, também denominada regeneração natural assistida, tem ganhado destaque por valorizar o papel da fauna na recuperação de ecossistemas (Holl & Aide, 2011). Nessa abordagem, o foco é promover condições favoráveis para que os próprios processos naturais, como dispersão, predação, polinização e ciclagem de nutrientes impulsionem o restabelecimento da vegetação (Reid *et al.*, 2015; Crouzeilles *et al.*, 2017). A presença e o retorno de frugívoros, predadores e dispersores são cruciais para esse processo, pois facilitam a recolonização de espécies vegetais e aumentam a heterogeneidade estrutural e funcional das comunidades (Holl & Aide, 2011; Reid *et al.*, 2015). Assim, a restauração passiva representa uma alternativa ecologicamente eficiente e economicamente viável, especialmente em paisagens que ainda mantêm remanescentes próximos e alguma conectividade funcional (Holl & Aide, 2011; Reid *et al.*, 2015; Crouzeilles *et al.*, 2017).

1.2. FAMÍLIA ARECACEAE E SEU PAPEL NOS ECOSISTEMAS

A família *Arecaceae* é composta por aproximadamente 2.600 espécies distribuídas em cerca de 181 gêneros, apresentando grande diversidade morfológica e ecológica, e

desempenhando papel estrutural crucial em ecossistemas tropicais e subtropicais (Dransfield *et al.*, 2008). As palmeiras são componentes dominantes ou co-dominantes em muitos habitats florestais, contribuindo significativamente para a complexidade vertical da vegetação e influenciando a microestrutura do dossel (Tomlinson, 2006). Sua distribuição abrange florestas úmidas, savanas, restingas e áreas de transição, demonstrando notável adaptabilidade ecológica (Henderson, 2002). Além de seu valor estrutural, as palmeiras exercem funções ecológicas essenciais, como suporte para epífitas, sombra para plântulas e regulação microclimática, o que torna sua conservação estratégica para a manutenção da biodiversidade e da integridade dos ecossistemas (Tomlinson, 2006; Henderson *et al.*, 1995).

As palmeiras são também fontes alimentares cruciais para uma ampla variedade de espécies de fauna, atuando como elementos de sustentação trófica em diferentes níveis da cadeia alimentar (Zona & Henderson, 1989). Seus frutos são consumidos por aves, mamíferos e insetos, promovendo dispersão de sementes e conectividade entre fragmentos florestais (Howe & Smallwood, 1982). Espécies como *Euterpe edulis*, *Syagrus romanzoffiana* e *Attalea spp.* são reconhecidas por fornecer frutos altamente energéticos que sustentam uma diversidade de frugívoros de médio e grande porte (Zona & Henderson, 1989). Esses frutos representam recursos abundantes e previsíveis ao longo do ano, o que contribui para a manutenção de comunidades frugívoras em ambientes tropicais (Genini *et al.*, 2009). A interação dessas palmeiras com vertebrados frugívoros desempenha papel estruturante nas redes de interações planta-animal, influenciando processos como dispersão de sementes e regeneração florestal (Jordano, 2014).

Apesar de sua resiliência, as palmeiras são sensíveis a alterações de habitat e microclimáticas associadas à fragmentação florestal. Reduções na cobertura florestal, aumento de bordas e mudanças no microclima podem afetar a produção de frutos, a viabilidade das sementes e a taxa de sobrevivência das plântulas (Cascante *et al.*, 2002). Estudos indicam que a fragmentação reduz o número de dispersores, alterando padrões de dispersão e, consequentemente, o recrutamento de novas palmeiras (Haddad *et al.*, 2015; Laurance *et al.*, 2011). Essas vulnerabilidades ressaltam a necessidade de estratégias de restauração que considerem a preservação de microhabitats e a conectividade funcional para assegurar a persistência dessas espécies em paisagens degradadas (Chazdon & Guariguata, 2016; Brancalion & Chazdon, 2017).

No contexto da restauração ecológica, as palmeiras desempenham papel funcional estratégico. Sua capacidade de atrair fauna dispersora, fornecer frutos durante diferentes épocas do ano e estruturar o ambiente físico favorece a regeneração natural de comunidades vegetais (Holl, 1999). Além disso, muitas espécies apresentam crescimento relativamente

rápido, resistência a distúrbios e adaptabilidade a solos degradados, tornando-as candidatas ideais para projetos de enriquecimento de florestas secundárias e áreas em recuperação (Giombini *et al.*, 2009; Galetti & Aleixo, 1998). A inclusão de palmeiras em projetos de restauração potencializa a reconstituição de interações ecológicas e aumenta a diversidade funcional das comunidades restauradas (Galetti *et al.*, 2013).

Estudos sobre o papel das palmeiras em processos sucessionais destacam sua contribuição em diferentes estágios de regeneração (Svenning, 2002). Espécies pioneiras, como *Cecropia* e *Euterpe edulis* em florestas atlânticas, podem colonizar rapidamente clareiras e áreas abertas, enquanto palmeiras de sucessão tardia desempenham papel na manutenção de interações com fauna especializada (Galetti & Aleixo, 1998). A presença dessas espécies influencia a composição e estrutura da vegetação ao longo do tempo, reforçando a importância de considerar a família Arecaceae na análise de sucessão e na modelagem de estratégias de restauração ecológica em biomas tropicais (Brancalion *et al.*, 2019; Galetti *et al.*, 2013).

1.3. A PALMEIRA *SYAGRUS ROMANZOFFIANA* COMO ESPÉCIE DE ESTUDO

A *Syagrus romanzoffiana*, popularmente conhecida como jerivá, é uma palmeira nativa do Brasil, amplamente distribuída em diversos biomas, incluindo Mata Atlântica e Cerrado, além de áreas urbanas (Lorenzi *et al.*, 2010; Henderson *et al.*, 1995). Apresenta porte médio a alto, com folhas pinadas e inflorescências axilares, e é notoriamente tolerante à variação de luminosidade e à seca, o que contribui para sua ampla ocorrência em paisagens naturais e antropizadas (Lorenzi, 2014). Essa adaptabilidade torna o jerivá uma espécie estruturalmente importante, capaz de influenciar microclimas locais, servir de abrigo para fauna e participar ativamente de processos ecológicos em fragmentos florestais e áreas degradadas (Tomlinson, 2006).

A fenologia do jerivá envolve floração durante todo o ano, embora com maior intensidade na primavera e no verão, enquanto a frutificação se concentra no outono, inverno e parte da primavera, favorecendo o consumo escalonado de frutos por diferentes espécies (Carvalho, 2006; Zimmerman *et al.*, 2009). Seus frutos são drupas carnosas, ricas em óleo e nutrientes, e possuem dispersão primariamente zoocórica, mediada por aves, mamíferos e, ocasionalmente, insetos (Genini *et al.*, 2009). O ciclo de vida, desde a germinação até o estágio adulto, é influenciado por fatores ambientais como luminosidade, disponibilidade de água e qualidade do solo, sendo fortemente modulável por interações bióticas que determinam o sucesso do recrutamento natural (Pedroni *et al.*, 2002; Ufersa, 2017).

Ecologicamente, o jerivá desempenha papel crucial como recurso alimentar para diversas espécies de fauna (Carvalho, 2006). Um exemplo emblemático dessa relação ocorre com o Mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*), que se alimenta do exocarpo do jerivá, chegando a representar mais de 79% da composição vegetal de sua dieta (Mamede-Costa & Godoi, 1998; Carvalho, 2006). Entre as aves, espécies como o Periquitão-maracanã (*Aratinga leucophthalmus*), o Sanhaço-cinza (*Thraupis sayaca*) e o Saí-azul (*Dacnis cayana*) também consomem seus frutos, enquanto o esquilo-caxinguelê (*Sciurus ingrami*) enterra sementes para consumo posterior, contribuindo involuntariamente para a dispersão (Carvalho, 2006). Esses exemplos evidenciam como o jerivá atua como elemento-chave em redes de interações planta-animal, favorecendo a manutenção de processos ecológicos e a regeneração natural em paisagens fragmentadas (Carvalho, 2006; Mamede-Costa & Godoi, 1998).

Diversos estudos indicam que a predação por insetos exerce papel significativo na dinâmica populacional de *Syagrus romanzoffiana* (Guix & Ruiz, 2000; Guix, 2006). Entre os predadores destacam-se espécies de besouros da família Chrysomelidae (bruquídeos), além de representantes das ordens Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera, que utilizam as sementes como substrato para o desenvolvimento larval (Guix & Ruiz, 2000; Begnini, 2008). Essas larvas completam seu ciclo antes da dispersão, mas continuam dependentes dos vetores animais para alcançar novos ambientes; quando um dispersor consome um fruto contendo larvas, estas são transportadas para outras áreas, favorecendo tanto a dispersão dos insetos quanto o recrutamento da própria planta (Guix, 2006; Begnini, 2008). Entre os principais predadores de sementes do jerivá destaca-se a larva do besouro *Revena rubiginosa* (Coleoptera: Curculionidae), que pode sobreviver à passagem pelo trato digestivo dos animais, sendo defecada ou regurgitada ainda viva, o que garante a dispersão dos insetos e interfere diretamente na dinâmica populacional da palmeira (Guix & Ruiz, 1997, 2000; Guix, 2006; Begnini, 2008).

Tais grupos são altamente comuns em palmeiras neotropicais e apresentam comportamento generalista em relação à ocupação de frutos caídos ao solo, o que os torna predadores eficientes em uma ampla variedade de ambientes, incluindo áreas urbanizadas, bordas de fragmento e matas mais conservadas (Bondar, 1953; Andreazzi *et al.*, 2009). A predominância desses coleópteros, caracterizados por alta abundância, ciclo de vida rápido e grande capacidade de exploração de recursos, ajuda a explicar a similaridade nas taxas de predação observadas entre ambientes abertos e fechados no presente estudo (Da Silva, 2007; Andreazzi *et al.*, 2009; Fleury, 2003). Como muitos desses besouros dependem diretamente do recurso e não da estrutura do habitat, sua atividade tende a permanecer relativamente constante mesmo diante de variações microambientais, refletindo um padrão bem documentado para

palmeiras da Mata Atlântica e de outras regiões tropicais. (Guix, 2006; Da Silva, 2007; Andreazzi et al., 2009).

Além de seu valor ecológico, o Jerivá apresenta importância econômica e potencial para projetos de restauração ecológica (Rodrigues *et al.*, 2011). É uma espécie pioneira, de rápido crescimento e adaptável a diferentes condições ambientais, sendo frequentemente utilizada em programas de enriquecimento florestal, recomposição de áreas degradadas e arborização urbana (Lorenzi, 2014). Sua capacidade de atrair fauna dispersora, aliada à resistência a condições adversas, reforça seu papel como espécie estratégica para a recuperação de processos ecológicos essenciais em ecossistemas tropicais (Andreazzi *et al.*, 2009).

Estudos anteriores sobre a predação e germinação do Jerivá evidenciam que a taxa de sobrevivência das sementes e o recrutamento de plântulas são modulados por fatores bióticos e abióticos (Fleury, 2003; Andreazzi et al., 2011). Guix (2006) demonstrou que insetos coleópteros, especialmente Curculionidae (como a larva de *Revena rubiginosa*), constituem um dos principais grupos responsáveis pela predação de sementes de palmeiras neotropicais, reduzindo significativamente a proporção de sementes viáveis. Guix & Ruiz (2000) relataram padrões consistentes de predação por curculionídeos em *Syagrus romanzoffiana*, destacando que a infestação pode ocorrer tanto nos frutos ainda na árvore quanto após a queda ao solo. Além disso, Begnini (2008) evidenciou que o enterro da semente por dispersores pode influenciar positivamente a viabilidade ao longo do tempo. Esses estudos consolidam o Jerivá como espécie modelo para compreender os efeitos da variação ambiental e das interações ecológicas sobre a regeneração natural (Guix, 2006; Begnini, 2008).

1.4. INTERAÇÕES ECOLÓGICAS: DISPERSÃO E PREDACÃO DE SEMENTES

As interações ecológicas envolvendo sementes, particularmente a dispersão e a predação, são fundamentais para entender a dinâmica das florestas tropicais e a regeneração natural (Howe & Smallwood, 1982). A dispersão de sementes consiste no movimento destas a partir da planta-mãe, viabilizando colonização de novas áreas e manutenção do fluxo gênico, enquanto a predação de sementes refere-se à destruição parcial ou total das sementes antes da germinação, modulando a densidade e a composição das futuras populações vegetais (Schupp *et al.*, 2010; Côrtes & Uriarte, 2013). Esses processos são interdependentes e determinam padrões de recrutamento, diversidade e estrutura comunitária, sendo centrais para estudos de ecologia funcional e restauração ecológica (Howe & Smallwood, 1982).

A hipótese de Janzen-Connell propõe que a mortalidade de sementes e plântulas é dependente da distância e da densidade em relação à planta-mãe (Janzen, 1970; Connell, 1971). Sementes depositadas próximas à planta-mãe tendem a sofrer maior predação e ataque por patógenos, enquanto aquelas dispersas a maiores distâncias têm maiores chances de sobrevivência. Esse mecanismo atua como regulador da abundância e distribuição de espécies, prevenindo a dominância de algumas espécies sobre o restante da comunidade e promovendo a coexistência e a manutenção da diversidade nos ecossistemas tropicais (Janzen, 1970; Connell, 1971).

A predação de sementes funciona como um filtro ecológico, reduzindo o número de sementes viáveis, mas simultaneamente promovendo a coexistência de espécies e influenciando a composição da comunidade (Janzen, 1970; Connell, 1971). A intensidade da predação varia conforme a densidade de sementes, o tipo de predador e as condições ambientais (Schupp *et al.*, 2010). Assim, a predação não é apenas um fator limitante, mas também um mecanismo de regulação ecológica que contribui para a manutenção da diversidade e para o equilíbrio das interações planta-animal (Janzen, 1970; Connell, 1971; Schupp *et al.*, 2010).

Os predadores de sementes podem ser vertebrados, como roedores e aves, ou invertebrados, como besouros e formigas (Howe & Smallwood, 1982). Vertebrados geralmente consomem grandes quantidades de sementes, influenciando padrões espaciais de dispersão e sobrevivência, enquanto invertebrados podem atacar sementes individualmente, mas de forma cumulativa significativa (Levey & Byrne, 1993). Muitos dispersores também atuam como predadores oportunistas, consumindo parte das sementes que transportam ou armazenam, caracterizando a complexidade das interações entre dispersão e predação (Levey & Byrne, 1993; Terborgh *et al.*, 2001).

Compreender a relação entre dispersão e predação torna-se ainda mais relevante quando se considera diferentes tipos de ambientes, como áreas abertas e fechadas (Dirzo *et al.*, 2014). Condições microambientais, disponibilidade de dispersores e predadores, e a heterogeneidade do solo e da cobertura vegetal podem modificar taxas de predação e padrões de dispersão, influenciando diretamente o sucesso do recrutamento e a diversidade de espécies (Schupp *et al.*, 2010). Estudos comparativos em diferentes habitats permitem identificar fatores limitantes e determinantes da regeneração natural, fornecendo subsídios importantes para estratégias de restauração e manejo de ecossistemas degradados (Dirzo *et al.*, 2014).

1.5. FATORES AMBIENTAIS E VARIAÇÃO ESPACIAL

Os fatores ambientais e a variação espacial desempenham papel central na dinâmica de sementes e no sucesso do recrutamento natural de plantas em ecossistemas tropicais (Harper, 1977; Schupp & Fuentes, 1995). Variáveis como luminosidade, umidade, temperatura e cobertura de serapilheira influenciam diretamente a germinação, a sobrevivência das plântulas e a atividade de predadores e dispersores (Fenner & Thompson, 2005). Ambientes com maior umidade e cobertura vegetal tendem a favorecer a manutenção de sementes viáveis e a redução da mortalidade por estresse abiótico, enquanto áreas mais abertas apresentam maior exposição a radiação, variações térmicas e risco de dessecação, impactando negativamente a regeneração natural (Chazdon, 2009; Vieira & Scariot, 2006).

As diferenças entre ambientes abertos e fechados são particularmente relevantes para compreender padrões de dispersão, predação e germinação (Andreazzi *et al.*, 2009). Ambientes abertos, caracterizados por maior incidência de luz, temperaturas elevadas e menor cobertura de solo, apresentam condições mais adversas para a germinação de muitas espécies, embora possam favorecer plantas pioneiras adaptadas a estresse ambiental (Brokaw, 1985). Em contraste, ambientes fechados oferecem microclimas mais estáveis, com sombreamento e maior umidade, favorecendo espécies de sucessão tardia e aumentando a eficiência das interações planta-animal, como dispersão por aves e mamíferos (Laurance *et al.*, 2011; Chazdon, 2009).

A heterogeneidade ambiental influencia taxas de germinação, predação e sobrevivência de sementes, criando mosaicos espaciais de sucesso de recrutamento dentro de fragmentos ou áreas restauradas (Clark *et al.*, 1998). Microvariações no solo, na luminosidade ou na cobertura vegetal podem gerar pontos de maior sobrevivência de plântulas, enquanto áreas com condições desfavoráveis apresentam maior mortalidade (Kitajima & Fenner, 2000). Esse padrão contribui para a manutenção da diversidade de espécies, regulando a distribuição espacial de indivíduos e promovendo coexistência em comunidades tropicais (Harms *et al.*, 2000; Schupp *et al.*, 2010).

Os processos de fragmentação e alterações ambientais interagem com fatores microclimáticos para alterar padrões de predação e germinação (Ewers & Didham, 2006). O aumento de bordas, o isolamento de fragmentos e a modificação da fauna dispersora e predadora podem alterar a intensidade da predação, a dispersão e as condições para germinação (Laurance *et al.*, 2002). Fragmentos menores ou mais isolados tendem a sofrer mudanças na composição de predadores e dispersores, aumentando a mortalidade de sementes e reduzindo o recrutamento natural (Collins *et al.*, 2017). Além disso, bordas mais extensas elevam a exposição a radiação, vento e variações de temperatura, o que pode favorecer

espécies pioneiras e limitar a regeneração de espécies de sombra e longa duração (Laurance *et al.*, 2011; Fahrig, 2017).

1.6. ECOLOGIA FUNCIONAL E TRAÇOS DE SEMENTES

A ecologia funcional oferece uma abordagem poderosa para compreender como características morfológicas e fisiológicas das sementes influenciam interações ecológicas e processos de regeneração (Violle *et al.*, 2007; Cornelissen *et al.*, 2003). Traços como tamanho, massa, dureza, espessura do endocarpo e teor de água determinam a vulnerabilidade das sementes à predação, sua capacidade de dispersão e o sucesso germinativo (Westoby *et al.*, 2002; Moles & Westoby, 2004). A análise desses traços permite identificar padrões de seleção natural, avaliar adaptações ecológicas e orientar estratégias de restauração, uma vez que sementes com diferentes características apresentam respostas distintas aos fatores bióticos e abióticos do ambiente (Westoby *et al.*, 2002; Moles & Westoby, 2006).

Sementes de maior tamanho, como as do *Syagrus romanzoffiana*, frequentemente sofrem predação mais intensa devido ao seu maior conteúdo nutricional, mas apresentam reservas energéticas que favorecem a germinação e o estabelecimento de plântulas vigorosas (Guimarães *et al.*, 2007; Jansen *et al.*, 2004). A presença de um endocarpo espesso funciona como barreira física, protegendo contra a ação de predadores, mas pode retardar a germinação, evidenciando um trade-off entre defesa e rapidez no estabelecimento (Baskin & Baskin, 2000). Esse equilíbrio entre proteção e desempenho germinativo é fundamental para a persistência de espécies em ambientes com alta pressão de predação (Guix & Ruiz, 1997).

A relação entre traços funcionais das sementes, dispersão e predação possui implicações diretas para estratégias de regeneração e manutenção de populações de longo prazo (Díaz *et al.*, 2013). Sementes grandes com endocarpo duro podem ser preferencialmente dispersas por determinados vertebrados ou mamíferos, enquanto sementes menores podem ser consumidas rapidamente por invertebrados ou dispersores oportunistas (Dirzo *et al.*, 2014; Moles & Westoby, 2006). Essa variação funcional influencia a distribuição espacial de plântulas, a diversidade de espécies e a eficiência da regeneração natural em diferentes habitats, sendo crucial para a modelagem de estratégias de restauração ecológica e manejo de fragmentos florestais (Díaz *et al.*, 2013; Moles & Westoby, 2006).

1.7. RELAÇÃO ENTRE PREDACÃO, GERMINAÇÃO E RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A compreensão da relação entre predação de sementes, germinação e restauração ecológica é central para o sucesso de projetos de recuperação de ecossistemas tropicais (Howe & Smallwood, 1982). A predação atua como filtro que seleciona sementes viáveis e regula a composição e abundância de espécies, enquanto a germinação e estabelecimento determinam o recrutamento de novas plântulas (Harms *et al.*, 2000; Dalling *et al.*, 2002; Janzen, 1970; Connell, 1971;). A interação entre esses processos influencia diretamente a velocidade e a eficiência da regeneração natural, sendo determinante para o retorno de funções ecológicas essenciais e para a manutenção da biodiversidade em áreas restauradas (Schupp *et al.*, 2010; Wang & Smith, 2002).

Ambientes abertos e fechados apresentam pressões ecológicas distintas, modulando tanto o destino das sementes quanto o sucesso do recrutamento (Schupp *et al.*, 2010). Áreas abertas, com maior exposição a luz e variações de temperatura, tendem a aumentar a mortalidade de sementes e favorecer espécies pioneiras adaptadas a estresse ambiental, enquanto ambientes fechados proporcionam microclimas mais estáveis, reduzindo predação e aumentando a germinação de espécies de sombra e longa duração (Laurance *et al.*, 2011; Chazdon, 2009).. Essa diferenciação espacial evidencia a importância de compreender como a heterogeneidade ambiental influencia os processos de regeneração e como ela pode ser explorada em estratégias de restauração (Laurance *et al.*, 2011; Chazdon, 2009).

A *Syagrus romanzoffiana* se destaca como espécie indicadora da resiliência de comunidades e da eficiência de processos de regeneração (Begnini, 2008). Sua capacidade de fornecer recursos alimentares para fauna dispersora, associada à resistência a variações ambientais, permite avaliar como fatores bióticos e abióticos interagem para determinar padrões de recrutamento (Ferreira, 2007). Dessa forma, o estudo do jerivá em diferentes ambientes fornece informações valiosas sobre a eficácia de restaurações passivas e enriquecimento florestal, permitindo ajustes nas práticas de manejo e seleção de espécies-chave (Brancalion, 2012).

Dessa forma, investigar a predação e germinação de sementes em diferentes condições ambientais é necessária para preencher lacunas sobre a influência combinada de fatores bióticos, como predadores de sementes, e abióticos, como microclima e cobertura do solo, na regeneração natural (Andreazzi *et al.*, 2009). Compreender essas interações é essencial para aprimorar práticas de restauração ecológica, promover a sustentabilidade de áreas recuperadas e assegurar a manutenção de funções ecológicas críticas em ecossistemas tropicais fragmentados (Dirzo *et al.*, 2014).

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

2.1. ECOLOGIA DE SEMENTES E REGENERAÇÃO NATURAL

A regeneração natural é o processo pelo qual uma comunidade vegetal se reconstitui a partir de sementes, plântulas ou brotações vegetativas sem intervenção humana direta (Harper, 1977). Esse mecanismo é fundamental para a manutenção da diversidade biológica, uma vez que permite a recuperação de ecossistemas degradados, a reposição de espécies extintas localmente e a manutenção da estrutura e funcionalidade das florestas tropicais (Chazdon, 2009). Em ambientes tropicais, a regeneração natural é mediada por uma complexa interação de fatores bióticos e abióticos, envolvendo desde a produção de sementes até o estabelecimento de plântulas adultas, e constitui a base para a sucessão ecológica e a resiliência de comunidades vegetais (Fenner & Thompson, 2005; Vasquez *et al.*, 2025).

O sucesso reprodutivo das plantas depende de uma cadeia de processos interligados, que inclui a produção de sementes, sua dispersão, predação, germinação e estabelecimento das plântulas (Howe & Smallwood, 1982). Cada etapa apresenta desafios específicos e é influenciada por variáveis ambientais e interações biológicas (Kitajima & Fenner, 2000). Por exemplo, sementes produzidas em maior quantidade podem compensar perdas por predação, enquanto espécies dispersas por animais podem alcançar microhabitats mais favoráveis para germinação e sobrevivência (Schupp *et al.*, 2010). A mortalidade em qualquer dessas fases funciona como um filtro ecológico, determinando quais indivíduos irão contribuir para a próxima geração e, conseqüentemente, influenciando a composição e estrutura das comunidades vegetais (Harper, 1977).

A fase de semente é frequentemente considerada um gargalo ecológico na regeneração natural, pois representa o estágio em que as perdas são mais intensas (Janzen, 1971). Sementes estão sujeitas à predação por vertebrados e invertebrados, ataque por patógenos, dessecação e variações microclimáticas, resultando em altas taxas de mortalidade (Moles & Westoby, 2004). A sobrevivência e o sucesso germinativo dependem, em grande parte, de características intrínsecas da semente, como tamanho, teor de reservas energéticas, dureza do tegumento e resistência a estresses ambientais (Westoby *et al.*, 2002). Esses atributos determinam não apenas a vulnerabilidade à predação, mas também a capacidade de estabelecer plântulas vigorosas e competitivas, influenciando a regeneração de longo prazo e a diversidade funcional das comunidades (Fenner & Thompson, 2005). Além disso, variações espaciais e temporais na chuva de sementes ao longo de gradientes sucessionais podem atuar como filtros adicionais, determinando onde e quando a regeneração é possível (Vasquez *et al.*, 2025).

Estudos clássicos e recentes mostram que atributos funcionais das sementes estão intimamente ligados ao sucesso do estabelecimento (Westoby *et al.*, 2002). Sementes maiores geralmente possuem mais reservas nutricionais, conferindo maior vigor às plântulas, mas podem ser mais visadas por predadores (Moles & Westoby, 2004). Por outro lado, sementes pequenas são mais facilmente dispersas por agentes abióticos ou pequenos animais, embora apresentem menor taxa de sobrevivência individual (Howe & Smallwood, 1982). Dessa forma, a combinação de características da semente e as interações com fatores bióticos e abióticos molda os padrões espaciais e temporais da regeneração natural, influenciando a estrutura e diversidade das comunidades vegetais em florestas tropicais e fragmentos florestais (Kitajima & Fenner, 2000).

2.2. PREDÇÃO E DISPERSÃO DE SEMENTES: MECANISMOS E IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA

A compreensão dos processos de predação e dispersão de sementes é fundamental para explicar como as comunidades vegetais se estruturam e se mantêm ao longo do tempo (Janzen, 1970; Howe & Smallwood, 1982; Triay *et al.*, 2024). Embora a dispersão de sementes envolva o transporte a partir da planta-mãe para novos locais, aumentando a probabilidade de sobrevivência e colonização, a predação refere-se à destruição parcial ou total das sementes antes da germinação (Howe & Smallwood, 1982; Fenner & Thompson, 2005). Curiosamente, os mesmos animais podem atuar simultaneamente em ambos os processos: aves e mamíferos podem dispersar sementes ao consumi-las e excretá-las em locais distantes, enquanto roedores ou primatas podem predar parte do mesmo recurso, criando um balanço entre dispersão e mortalidade (Janzen, 1971; Connell, 1978; Triay-Limonta *et al.*, 2024).

A predação de sementes desempenha um papel ecológico regulador, funcionando como um filtro que reduz o número de sementes viáveis, mas ao mesmo tempo promove a diversidade de espécies (Janzen, 1971; Triay *et al.*, 2024). Ao eliminar sementes em excesso ou concentradas em torno da planta-mãe, a predação diminui a competição intraespecífica e previne a dominância de espécies mais abundantes, favorecendo a coexistência e a manutenção da heterogeneidade da comunidade vegetal (Connell, 1978; Terborgh, 2001). Esse mecanismo é particularmente relevante em florestas tropicais, onde altas densidades de sementes tornam a predação um fator crítico para o sucesso reprodutivo e para a dinâmica das populações vegetais (Janzen, 1971; Wright *et al.*, 2010).

Diversos tipos de predadores participam da regulação de sementes, incluindo invertebrados como formigas e besouros, vertebrados pequenos, como roedores, e aves granívoras (Forget *et al.*, 2011). Cada grupo apresenta padrões específicos de consumo, preferência por tamanho ou espécie de semente e estratégias de armazenamento ou transporte, influenciando diretamente o destino das sementes e os padrões espaciais de recrutamento (Hulme, 1998). A composição e a abundância da fauna predadora determinam a intensidade e a seletividade da predação, moldando a regeneração e a distribuição das espécies vegetais no ecossistema (Schupp, 1995).

A interação entre predação e dispersão zoocórica evidencia a complexidade das interações planta-animal. Muitos dispersores funcionam como predadores oportunistas: ao transportarem sementes para locais distantes, podem consumir uma fração significativa delas, enquanto outras permanecem viáveis e germinam em novas áreas (Levey & Byrne, 1993). Esse balanço determina não apenas a densidade local de plântulas, mas também a conectividade entre fragmentos e o fluxo gênico entre populações, sendo crucial para a regeneração natural e a manutenção da diversidade funcional (Nathan & Muller-Landau, 2000; Howe & Smallwood, 1982).

Finalmente, a abundância e diversidade da fauna dispersora e predadora está diretamente relacionada aos padrões de regeneração observados nos ecossistemas tropicais. Fragmentos com maior riqueza de dispersores tendem a apresentar sementes distribuídas de forma mais eficiente e heterogênea, enquanto áreas com redução ou perda de fauna podem experimentar aumento da predação local, menor dispersão e comprometimento do recrutamento natural (Dirzo *et al.*, 2014; Galetti & Dirzo, 2013; Bello *et al.*, 2015). Dessa forma, compreender a dinâmica de predação e dispersão é essencial para orientar estratégias de restauração ecológica, manejo de espécies-chave e conservação da diversidade vegetal (Dirzo *et al.*, 2014; Triay-Limonta *et al.*, 2024).

2.3. HIPÓTESE DE JANZEN-CONNELL E DEPENDÊNCIA DE DENSIDADE

A hipótese de Janzen-Connell propõe que a mortalidade de sementes e plântulas é maior nas proximidades da planta-mãe ou em locais com alta densidade de sementes, devido à maior concentração de predadores, herbívoros e patógenos específicos (Janzen, 1970; Connell, 1971; Comita *et al.*, 2014). Esse mecanismo resulta em uma diminuição da sobrevivência local das sementes, funcionando como um filtro ecológico que impede a dominância de indivíduos da mesma espécie, promovendo a coexistência de múltiplas espécies em florestas tropicais (Harms *et al.*, 2000; Lebrija-Trejos *et al.*, 2023). A dependência de densidade é, portanto, um

componente central para a manutenção da diversidade e estrutura das comunidades vegetais, especialmente em ecossistemas de alta diversidade como a Mata Atlântica e a Amazônia (Hubbell, 2001; Terborgh, 2001; Lebrija-Trejos et al., 2023).

O efeito da mortalidade dependente de distância e densidade reduz a competição intraespecífica, ao evitar que muitas plântulas da mesma espécie cresçam juntas, o que favoreceria a dominância e reduziria a diversidade (Harms *et al.*, 2000; Lebrija-Trejos *et al.*, 2023). Ao criar espaços disponíveis para espécies diferentes se estabelecerem, esse processo contribui para a manutenção de comunidades complexas e estruturalmente heterogêneas, reforçando a importância de interações planta-animal e planta-patógeno como determinantes da dinâmica florestal (Terborgh, 2001; Comita *et al.*, 2014; Lebrija-Trejos *et al.*, 2023).

Evidências empíricas confirmam a aplicabilidade da hipótese de Janzen-Connell em florestas tropicais ao redor do mundo, onde estudos têm mostrado maior predação de sementes e mortalidade de plântulas próximas à planta-mãe ou em locais com alta densidade de sementes (Comita *et al.*, 2014). Esses padrões foram observados tanto para espécies arbóreas de sementes grandes quanto pequenas, indicando que a dependência de densidade é um mecanismo generalizado que molda a distribuição espacial e a regeneração de espécies em ecossistemas altamente diversos (Harms *et al.*, 2000; Connell, 1971; Janzen, 1970).

A conexão com ambientes fragmentados revela um desafio adicional: a perda de predadores especializados, causada pela redução e isolamento de fragmentos, pode romper o equilíbrio previsto pela hipótese de Janzen-Connell (Terborgh, 2001; Galetti & Dirzo, 2013). Sem a ação seletiva de predadores e dispersores, o padrão de mortalidade dependente de densidade é enfraquecido, potencialmente permitindo a dominância de espécies resistentes ou pioneiras, alterando a regeneração natural e comprometendo a diversidade e estrutura das comunidades vegetais (Terborgh, 2001). Esse aspecto reforça a importância de considerar a fauna e a conectividade entre fragmentos em programas de restauração ecológica (Comita *et al.*, 2014; Galetti & Dirzo, 2013).

2.4. ECOLOGIA FUNCIONAL E TRAÇOS DE SEMENTES

A ecologia funcional de sementes busca compreender como características morfológicas e fisiológicas influenciam interações ecológicas e processos de regeneração natural (Westoby *et al.*, 2002; Violle *et al.*, 2007; Espinosa del Alba *et al.*, 2025). Os traços funcionais de sementes são definidos como atributos mensuráveis que afetam a sobrevivência, dispersão, germinação e estabelecimento de plântulas, e que influenciam o funcionamento das comunidades vegetais (Violle *et al.*, 2007; Espinosa del Alba *et al.*, 2025). Entre os principais

traços estudados estão o tamanho da semente, a dureza do endocarpo e o teor de reservas nutricionais, cada um desempenhando um papel crítico na vulnerabilidade à predação e no sucesso germinativo (Muller-Landau, 2010; Westoby *et al.*, 2002).

O tamanho das sementes está diretamente relacionado à dependência de dispersores e à proteção contra predadores (Muller-Landau, 2010; Espinosa del Alba *et al.*, 2025). Sementes maiores geralmente contêm mais reservas energéticas, favorecendo o crescimento inicial das plântulas, mas também são mais atrativas a predadores vertebrados e invertebrados (Wright *et al.*, 2010; Espinosa del Alba *et al.*, 2025). A dureza do endocarpo funciona como barreira física, retardando a predação e protegendo a semente, mas pode também atrasar a germinação, enquanto o teor de reserva fornece energia necessária para o estabelecimento em ambientes competitivos ou sob condições de estresse (Westoby *et al.*, 2002; Muller-Landau, 2010; Espinosa del Alba *et al.*, 2025).

Espécies com sementes grandes, como o *Syagrus romanzoffiana*, tendem a depender de dispersores de grande porte e são mais suscetíveis aos efeitos da defaunação, em que a redução ou perda de fauna dispersora compromete a eficiência do transporte de sementes e a regeneração natural (Wright *et al.*, 2010; Galetti *et al.*, 2013). Por outro lado, espécies com sementes pequenas podem depender de dispersão abiótica ou de pequenos animais, apresentando menor risco de predação direta, mas menor reserva energética para plântulas (Muller-Landau, 2010).

Os traços funcionais também influenciam estratégias de germinação e sucessão ecológica (Westoby *et al.*, 2002). Sementes de espécies pioneiras, geralmente maiores e com endocarpo mais resistente, tendem a germinar rapidamente em ambientes abertos, aproveitando a luz e recursos abundantes, enquanto espécies tardias, com sementes menores, podem apresentar dormência prolongada, germinando sob condições mais sombreadas e estáveis (Wright *et al.*, 2000). No caso do *S. romanzoffiana*, sua semente grande, endocarpo duro e alto valor nutricional a tornam um recurso importante para a fauna, integrando os processos de dispersão e predação e reforçando seu papel funcional na regeneração de ecossistemas tropicais (Galetti *et al.*, 2013).

2.5. INFLUÊNCIA DE AMBIENTES ABERTOS E FECHADOS NA DINÂMICA DE SEMENTES

A dinâmica de sementes é fortemente influenciada pelas condições microclimáticas e estruturais dos habitats, que modulam tanto a germinação quanto a predação (Schupp, 1995; Silva *et al.*, 2023). Variáveis como luminosidade, umidade, temperatura e cobertura de

serapilheira criam microhabitats distintos que afetam a sobrevivência das sementes e o estabelecimento de plântulas (Beghini, 2008; Silva *et al.*, 2023). Esses fatores abióticos interagem com a fauna dispersora e predadora, determinando padrões espaciais e temporais de recrutamento e contribuindo para a heterogeneidade ecológica dentro de um mesmo fragmento florestal (Schupp, 1995; Silva *et al.*, 2023).

Em ambientes abertos, caracterizados por maior exposição solar, variações térmicas acentuadas e solos mais secos, as sementes apresentam maior vulnerabilidade à dessecação e à ação de predadores generalistas (Tabarelli *et al.*, 2008). Nessas condições, o sucesso germinativo depende da tolerância das sementes ao estresse ambiental, da capacidade de armazenar reservas nutricionais e da presença de microhabitats protegidos, como tocos, folhas acumuladas ou buracos no solo (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993). Além disso, a maior visibilidade e acesso facilitam a ação de predadores vertebrados e invertebrados, aumentando a mortalidade de sementes em clareiras ou bordas abertas (Schupp, 1995).

Em ambientes fechados, com maior cobertura vegetal, sombra e umidade constante, as sementes tendem a apresentar maior sobrevivência frente à dessecação e condições extremas (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993). No entanto, a pressão de predação pode ser elevada dependendo da composição faunística local, pois fragmentos mais sombreados concentram predadores especializados e dispersores oportunistas que exploram o recurso alimentar disponível (Dirzo *et al.*, 2014). Assim, o microclima mais estável favorece a germinação, mas a interação com a fauna determina a probabilidade de estabelecimento das plântulas (Howe & Smallwood, 1982).

Estudos em bordas de fragmentos e clareiras mostram que diferenças microclimáticas e estruturais geram padrões contrastantes de germinação e predação (Tabarelli *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2023). Bordas e áreas abertas frequentemente apresentam maior mortalidade de sementes devido à exposição e à atividade de predadores, enquanto ambientes sombreados e internos tendem a favorecer a germinação, mas podem concentrar predadores específicos, criando um balanço complexo entre sobrevivência e dispersão (Dirzo *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2023). Esses achados ressaltam a importância de considerar a heterogeneidade espacial na restauração ecológica e na escolha de locais para plantio ou enriquecimento natural (Rodrigues *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2023).

2.6. FRAGMENTAÇÃO, DEFAUNAÇÃO E RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A fragmentação de habitats é uma das principais consequências das atividades antrópicas, como desmatamento e expansão agrícola, e altera profundamente os processos

ecológicos em ecossistemas tropicais (Dirzo *et al.*, 2014; Fricke *et al.*, 2025). A redução do tamanho dos fragmentos e o aumento da proporção de bordas modificam o microclima local, elevando a luminosidade, a temperatura e a variação hídrica, o que impacta diretamente a germinação e o estabelecimento de plântulas (Galetti & Dirzo, 2013). Além disso, a fragmentação frequentemente resulta na diminuição ou extirpação de dispersores e predadores, alterando as interações planta-animal e comprometendo o recrutamento natural de espécies-chave (Dirzo *et al.*, 2014; Galetti & Dirzo, 2013; Fricke *et al.*, 2025).

A defaunação, definida como a perda local ou regional de grandes vertebrados, têm efeitos significativos sobre processos ecológicos essenciais, como dispersão e predação de sementes (Galetti & Dirzo, 2013; Fricke *et al.*, 2025). Espécies de grande porte, como aves frugívoras e mamíferos dispersores, são particularmente sensíveis à perda de habitat e à caça, e sua ausência pode interromper o transporte de sementes, reduzir a sobrevivência de plântulas e comprometer a regeneração natural (Dirzo *et al.*, 2014; Fricke *et al.*, 2025). Os efeitos funcionais da perda de fauna incluem mudanças na composição de espécies, redução da diversidade de interações e diminuição da resiliência dos ecossistemas frente a distúrbios ambientais (Galetti & Dirzo, 2013; Ceballos *et al.*, 2017; Fricke *et al.*, 2025).

Em contextos de restauração ecológica, a ausência de dispersores e predadores especializados limita a eficácia da restauração passiva, em que se espera que os processos naturais promovam a regeneração (Brancalion & Holl, 2020). Sem fauna funcional, muitas sementes permanecem próximas à planta-mãe, aumentando a mortalidade por predação e competição, e comprometendo o estabelecimento de espécies-chave (Dirzo *et al.*, 2014; Fricke *et al.*, 2025). Portanto, programas de restauração devem considerar não apenas o plantio de espécies vegetais, mas também estratégias de reintrodução ou manejo de fauna, de forma a restabelecer os processos ecológicos essenciais e a funcionalidade dos ecossistemas degradados (Brancalion & Holl, 2020; Dirzo *et al.*, 2014).

A integração de medidas de manejo da fauna e de restauração vegetal torna-se, assim, fundamental para garantir que a regeneração natural ocorra de maneira eficaz e sustentável (Brancalion & Holl, 2020). Ao restaurar interações planta-animal e recuperar os mecanismos de dispersão e predação, é possível promover o recrutamento de espécies nativas, aumentar a diversidade funcional e estrutural das comunidades e melhorar a resiliência dos ecossistemas frente a distúrbios futuros (Galetti & Dirzo, 2013; Brancalion & Holl, 2020).

2.7. PAPEL DAS PALMEIRAS NEOTROPICAIS NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

As palmeiras neotropicais desempenham um papel central na estrutura e funcionamento de florestas tropicais, sendo espécies abundantes, long-lived e capazes de fornecer recursos essenciais à fauna durante todo o ano (Henderson, 2002; Fernandes *et al.*, 2025). A família Arecaceae atua como elemento estruturador do ecossistema, oferecendo frutos, abrigo e suporte trófico para aves, mamíferos e insetos (Peres, 1994; Fernandes *et al.*, 2025). Além disso, sua presença influencia a microestrutura da floresta, contribuindo para a heterogeneidade espacial, a cobertura do solo e a manutenção de processos ecológicos críticos, como dispersão e predação de sementes (Forget, 1993; Fernandes *et al.*, 2025).

No contexto da restauração ecológica, as palmeiras são consideradas espécies-chave, capazes de acelerar o retorno de processos ecológicos e servir como alavancas para o recrutamento de outras espécies (Rodrigues *et al.*, 2011). Por serem produtoras de frutos de alto valor nutricional, atraem dispersores e predadores que facilitam a regeneração natural, funcionando como catalisadores da restauração passiva (Rodrigues *et al.*, 2011; Fernandes *et al.*, 2025). Dessa forma, além de restaurarem a diversidade vegetal, também promovem a retomada de interações planta-animal essenciais para a sustentabilidade do ecossistema (Dirzo *et al.*, 2014; Fernandes *et al.*, 2025).

A *Syagrus romanzoffiana*, em particular, destaca-se por sua ampla distribuição, tolerância a diferentes condições de luminosidade e solo, rápido crescimento e capacidade pioneira (Lorenzi, 2014). Seus frutos fornecem alimento para diversas espécies de aves e mamíferos, incluindo tucanos, aracuãs e roedores, integrando cadeias tróficas e apoiando a dispersão de sementes em áreas degradadas (Andreazzi *et al.*, 2009). Estudos mostram que sua introdução em projetos de restauração acelera o retorno da fauna e melhora a regeneração de espécies secundárias, evidenciando seu potencial como espécie estruturadora em paisagens fragmentadas (Begnini, 2008).

Além disso, palmeiras como *S. romanzoffiana* demonstram alta resiliência a distúrbios ambientais, respondendo positivamente à abertura de clareiras e à alteração do microclima (Tabarelli *et al.*, 2008). Essa capacidade de tolerar variações abióticas, combinada com seu papel funcional na cadeia alimentar, faz delas uma escolha estratégica para programas de restauração ecológica em florestas tropicais, especialmente quando o objetivo é recuperar processos ecológicos perdidos e restaurar a conectividade entre fragmentos (Rodrigues *et al.*, 2011).

2.8. RELAÇÃO ENTRE PREDACÃO, GERMINAÇÃO E SUCESSO DA RESTAURAÇÃO

A predação de sementes exerce um efeito direto sobre o sucesso da germinação e o estabelecimento de plântulas, funcionando como um filtro ecológico que determina quais sementes sobreviverão e onde se estabelecerão (Guix & Ruiz, 1997; Laumann *et al.*, 2023). Em ecossistemas tropicais, a mortalidade dependente de distância e densidade, aliada à ação de predadores vertebrados e invertebrados, molda a distribuição espacial das plântulas e contribui para a manutenção da diversidade vegetal (Janzen, 1970; Connell, 1971). Compreender esses padrões é essencial para orientar intervenções de restauração ecológica, pois permite selecionar locais de plantio mais favoráveis, ajustar a densidade de sementes e manejar a fauna de forma a otimizar o recrutamento natural (Forget *et al.*, 1999; Laumann *et al.*, 2023).

O estudo da relação entre predação e germinação é particularmente relevante para espécies-chave como o *Syagrus romanzoffiana*, que combina sementes grandes e nutritivas com ampla capacidade pioneira e tolerância a diferentes condições ambientais (Beghini, 2008). A predação seletiva ou excessiva pode impactar o sucesso de regeneração dessa espécie, influenciando não apenas sua própria persistência, mas também o retorno de interações planta-animal em áreas degradadas (Holl *et al.*, 2011; Laumann *et al.*, 2023). Dessa forma, avaliar como a predação e a germinação variam em ambientes abertos e fechados oferece subsídios para estratégias de manejo que considerem microclima, cobertura de serapilheira e atividade de dispersores e predadores (Tabarelli *et al.*, 2008).

Apesar da relevância ecológica, lacunas de conhecimento permanecem, especialmente em paisagens fragmentadas do interior paulista, onde poucos estudos compararam os efeitos combinados de predação e germinação em diferentes tipos de habitat (Melo *et al.*, 2020; Laumann *et al.*, 2023). A análise dessas interações é fundamental para aprimorar a restauração passiva, orientar o enriquecimento vegetal e garantir a eficiência de projetos de restauração baseados em espécies estruturadoras como o *S. romanzoffiana* (Rodrigues *et al.*, 2011).

2.9. SÍNTESE TEÓRICA

O estudo da predação e germinação de sementes evidencia que diversos fatores, tanto bióticos quanto abióticos, interagem para determinar o sucesso da regeneração natural (Harper, 1977; Howe & Smallwood, 1982; Fenner & Thompson, 2005). Entre os principais fatores, destacam-se as características funcionais das sementes, como tamanho, dureza do endocarpo e teor de reserva, que influenciam a vulnerabilidade à predação e a capacidade de estabelecimento das plântulas, bem como a atividade de predadores e dispersores, que modula

a mortalidade e a distribuição espacial das sementes (Violle *et al.*, 2007; Wright *et al.*, 2010). O microclima, incluindo luminosidade, umidade, temperatura e cobertura de serapilheira, exerce papel determinante ao criar condições mais ou menos favoráveis para a germinação e o recrutamento, e suas variações entre ambientes abertos e fechados interagem com a fauna local para gerar padrões complexos de predação e sobrevivência (Holl, 1999). Investigar esses processos em ambientes contrastantes é essencial para compreender como fatores locais moldam o destino das sementes, especialmente de espécies-chave como o *Syagrus romanzoffiana*, que desempenham funções estruturadoras na floresta e fornecem alimento e abrigo para diversas espécies de animais, como aves e pequenos mamíferos. Essa provisão de alimento e abrigo é o que se entende por “recursos tróficos”, ou seja, elementos que sustentam a alimentação e a sobrevivência de outros organismos na cadeia alimentar (Peres, 1994). A síntese do conhecimento disponível indica que a avaliação integrada de predação, germinação e heterogeneidade ambiental pode fornecer subsídios fundamentais para a restauração ecológica, orientando a escolha de locais, espécies e estratégias de manejo em áreas degradadas e contribuindo para a manutenção da diversidade e da funcionalidade dos ecossistemas tropicais (Dirzo *et al.*, 2014; Brancalion & Holl, 2020; Galetti & Dirzo, 2013)..

3. OBJETIVOS, HIPÓTESES E RELEVÂNCIA PRÁTICA

O presente estudo teve como objetivo geral investigar como diferentes tipos de ambientes, especificamente abertos e fechados, influenciam as taxas de predação e germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana*. Compreender esses padrões é essencial para elucidar os mecanismos que determinam o recrutamento desta espécie, que desempenha papel central na estruturação de comunidades vegetais, na manutenção de interações planta-animal e na regeneração de ecossistemas tropicais degradados.

Para atingir este objetivo, foram comparadas as taxas de predação de sementes em habitats abertos e fechados, considerando que a exposição ao microclima e à atividade de predadores pode variar significativamente entre esses ambientes. Além disso, foi investigada a germinação das sementes como forma de verificar sua viabilidade e comparar o desempenho germinativo entre áreas abertas e fechadas, analisando também se diferentes intensidades de predação influenciam as taxas germinativas da espécie. Por fim, o estudo relacionou os padrões observados de predação e germinação à heterogeneidade ambiental, reconhecendo que mosaicos de microhabitats influenciam tanto a sobrevivência das sementes quanto a distribuição espacial de plântulas, impactando a sucessão e a dinâmica das comunidades florestais.

Diante desses objetivos, foram testadas três hipóteses principais. A primeira (H1) postula que a predação de sementes será mais intensa em ambientes abertos, devido à maior exposição e menor proteção proporcionada pela cobertura de serapilheira e vegetação, facilitando a ação de predadores vertebrados e invertebrados. A segunda (H2) sugere que a germinação será favorecida em ambientes fechados, beneficiada por microclimas mais úmidos, sombreados e com menor variação térmica, proporcionando condições mais favoráveis para o desenvolvimento inicial das plântulas. A terceira hipótese (H3) considera que as diferenças observadas entre os habitats são resultado não apenas das condições microambientais, mas também da variação na atividade da fauna dispersora e predadora, refletindo a interação entre fatores bióticos e abióticos na determinação do sucesso da regeneração natural.

Ao compreender como variações ambientais modulam a predação e a germinação de sementes de *S. romanzoffiana*, é possível aprimorar estratégias de restauração ecológica, incluindo a escolha de espécies-chave e a definição de áreas prioritárias para plantio ou enriquecimento natural. Além disso, os resultados contribuem para o manejo de fragmentos e áreas degradadas, fornecendo subsídios para maximizar a eficiência da regeneração natural, restaurar interações ecológicas essenciais e garantir a manutenção da diversidade funcional em ecossistemas tropicais fragmentados. Portanto, este trabalho não apenas avança no conhecimento científico sobre processos de regeneração, mas também oferece diretrizes práticas para a conservação e recuperação de paisagens naturais.

4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no campus da Universidade Federal de São Carlos – Lagoa do Sino, situado no município de Buri, região sudoeste do estado de São Paulo. A área está inserida no bioma Mata Atlântica, com registros de vegetação de transição para o Cerrado, caracterizando um mosaico ecológico de grande relevância para a conservação da biodiversidade (Prefeitura Municipal de Buri, 2025). As formações de Cerrado ocupam principalmente os espigões e regiões planas, enquanto a Mata Atlântica está restrita às áreas mais acidentadas, incluindo fundos de vale, cabeceiras de nascentes, cursos d'água e matas ciliares, contribuindo para a proteção dos recursos hídricos e manutenção de microclimas locais (Topographic Map, 2024; Prefeitura Municipal de Buri, 2025). O relevo apresenta ondulações e pequenas elevações, com altitudes variando entre 570 e 769 metros, o que

influencia diretamente a distribuição da vegetação e a heterogeneidade de microhabitats (Prefeitura Municipal de Buri, 2025).

O clima da região é caracterizado por um verão longo, quente e úmido, com céu predominantemente encoberto, e um inverno curto, ameno e parcialmente ensolarado. As temperaturas anuais variam de 9°C a 33°C, enquanto a precipitação média anual é de aproximadamente 1.200 mm, concentrada principalmente entre outubro e março (Climatempo, 2024; Weatherspark, 2024). Essas condições climáticas influenciam diretamente os ciclos fenológicos das espécies vegetais e a atividade da fauna, afetando processos de dispersão, predação e germinação de sementes (Morellato *et al.*, 2016).

Os solos predominantes na região são Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, com boa drenagem, profundidade considerável e uniformidade estrutural, favorecendo tanto a regeneração natural quanto o uso agrícola (Rossi, 2017; Almeida & Zaroni, 2021). Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos também ocorrem, especialmente em áreas de relevo ondulado, apresentando fertilidade variável devido à diversidade do material de origem. Essas características influenciam a disponibilidade de nutrientes e a capacidade de estabelecimento de plântulas em diferentes microhabitats (Rossi, 2017; Almeida & Zaroni, 2021).

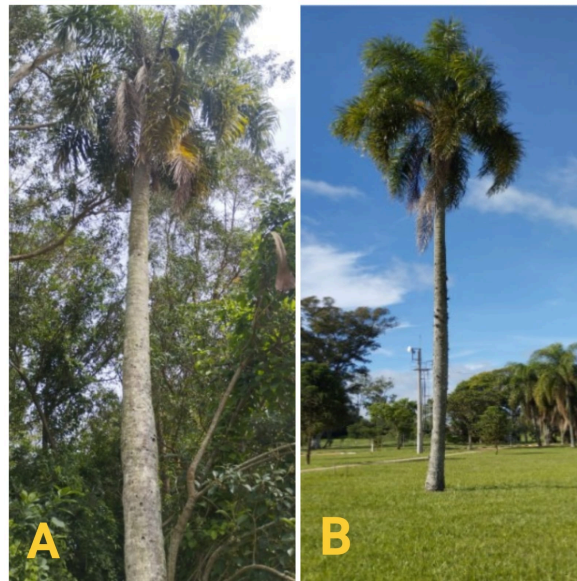
A vegetação nativa remanescente é do tipo Floresta Estacional Semidecidual, abrigando elevada diversidade de espécies e representando refúgios para fauna e flora nativa (Estação Experimental de Buri, 2024). No entanto, cerca de 60% da área foi convertida para plantios de pinus e eucalipto, resultando em fragmentação e alterações do microclima local (Estação Experimental de Buri, 2024; São Paulo, s.d.). Entre as espécies nativas presentes destaca-se a palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), elemento estrutural importante para a fauna frugívora e para a dinâmica de regeneração natural (Peres, 1994).

A paisagem de Buri caracteriza-se como um mosaico heterogêneo, composto por fragmentos florestais, pastagens, áreas agrícolas, plantações de eucalipto e áreas urbanizadas, permitindo a realização de comparações entre ambientes abertos e fragmentos preservados (MapBiomas, 2025). Essa heterogeneidade é particularmente relevante para estudos de predação e germinação de sementes, uma vez que diferentes condições de microclima, cobertura do solo e composição faunística podem influenciar o sucesso de regeneração e fornecer subsídios para estratégias de restauração ecológica baseadas em espécies-chave (Tabarelli *et al.*, 2008).

4.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL E SELEÇÃO DAS PALMEIRAS

Foram selecionadas nove indivíduos de jerivá em cada tipo de ambiente (Figura 1), totalizando 18 indivíduos na área de estudo (Figura 2 e 3). A seleção ocorreu nas áreas abertas urbanizadas e nos fragmentos de Mata Atlântica preservados, considerando uma distância mínima de 50 metros entre indivíduos, a fim de reduzir a autocorrelação espacial e evitar sobreposição de variáveis ambientais. Foram priorizadas palmeiras adultas e produtivas, avaliando altura, porte e presença de frutos, garantindo que todos os indivíduos representassem condições comparáveis para análise de predação e germinação.

Figura 1 - Indivíduos de *Syagrus romanzoffiana* nos ambientes aberto e fechado. Figura A - indivíduo 8 de *Syagrus romanzoffiana* na Área Fechada. Figura B - indivíduo 6 de *Syagrus romanzoffiana* na Área Aberta. As fotos evidenciam a estrutura do indivíduo e o microhabitat em que está inserido.



Autoria própria, 2025.

Figura 2 - Distribuição das Palmeiras por ambiente. Distribuição espacial das palmeiras *Syagrus romanzoffiana* nos ambientes Aberto e Fechado. Cada ponto representa uma palmeira amostrada, permitindo visualizar a densidade e o arranjo dos indivíduos ao longo dos fragmentos estudados.

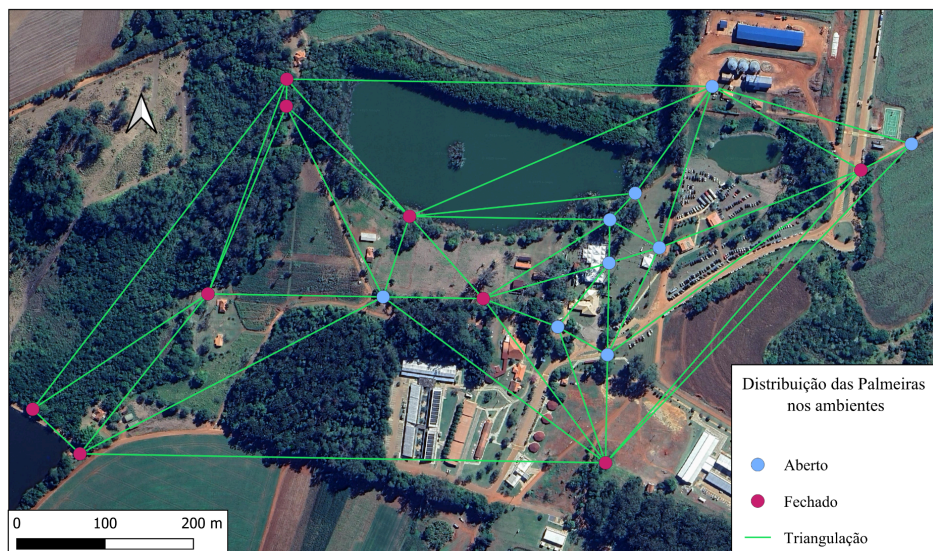
Distribuição das Palmeiras Jerivá selecionadas em cada ambiente



Autoria própria, 2025.

Figura 3 - Distribuição das Palmeiras com foco na área de estudo Distribuição espacial das palmeiras *Syagrus romanzoffiana* nos ambientes Aberto e Fechado, com foco na área de estudo. Cada ponto representa uma palmeira amostrada, permitindo observar sua posição individual e a densidade local dentro do fragmento.

Distribuição das Palmeiras com foco na área de estudo



Autoria própria, 2025.

4.3 COLETA DE FRUTOS

A coleta de frutos foi realizada instalando-se uma parcela de 0,5 x 1,0 m na base de cada palmeira, preferencialmente orientada para a direção leste, considerando-se o padrão de deposição de frutos e incidência solar (Figura 4). Todos os frutos presentes no solo dentro da parcela foram coletados durante o mês de janeiro de 2025, período de frutificação máxima da espécie. Durante a coleta, foram registrados dados complementares, incluindo altura estimada da palmeira, distância de outras árvores, luminosidade, umidade do solo e cobertura de vegetação, permitindo avaliar efeitos de microhabitat sobre predação e germinação. Os frutos foram acondicionados em refrigerador, preservando sua integridade até a análise.

Figura 4 - Parcela de coleta delimitada sob a copa da palmeira. A foto ilustra o espaço amostral utilizado para a coleta de frutos depositados no solo, permitindo visualizar a forma como se distribuem e acumulam na base do indivíduo.



Autoria própria, 2025.

4.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS FRUTOS

Cada fruto foi analisado individualmente, com registro de quantidade por palmeira, comprimento e largura com e sem polpa, massa com e sem polpa, bem como a identificação de sinais de predação, incluindo perfurações, mordidas e danos parciais. O tipo de dano permitiu diferenciar predadores vertebrados e invertebrados. Para garantir precisão no registro dos dados foram utilizados paquímetro eletrônico e balança de precisão (Figura 5). Estes dados possibilitaram avaliar variações na morfologia e vulnerabilidade dos frutos em função do ambiente.

Figura 5 – Balança de precisão utilizada para medir a massa dos frutos de *Syagrus romanzoffiana* durante o processamento das amostras.



Autoria própria, 2025.

Para cada palmeira, os frutos foram classificados em categorias de dano (0 a 4) e utilizados para calcular a proporção de predação. As categorias serviram apenas para distinguir frutos intactos (0) de frutos com algum nível de dano (1–4). Os frutos com dano apresentavam perfurações, mordidas ou remoção parcial de tecidos (Figura 6), sendo a maioria causada por coleópteros.

Figura 6 – Sementes de *Syagrus romanzoffiana* com sinais de predação e a larva associada. (A) Semente com três perfurações; (B) semente com uma perfuração maior; (C) semente com uma perfuração; (D) larva encontrada dentro da semente. A mão do pesquisador aparece apenas para segurar as sementes durante a fotografia.



4.5 AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

Para cada palmeira, ao menos 20 sementes viáveis foram semeadas em potes com solo previamente fertilizado, mantidos em estufa com irrigação constante por aproximadamente 122 dias ou quatro meses.

4.6 ANÁLISE DE DADOS

A análise espacial foi realizada utilizando-se as coordenadas geográficas (latitude e longitude) das palmeiras, integradas a características morfológicas dos frutos (comprimento, largura, massa), medidas de predação e frutos intactos, e atributos das árvores (altura, diâmetro, abertura de dossel, projeção da copa, distância de outras palmeiras). No software QGIS, foram gerados mapas de distribuição das palmeiras em ambos os ambientes, aplicando técnicas de interpolação espacial (IDW e krigagem) para estimar valores entre pontos amostrados. Além disso, foram realizadas análises de autocorrelação espacial (Índice de Moran's I), regressão linear múltipla (OLS) e regressão ponderada geograficamente (GWR) para investigar a relação entre características morfológicas dos frutos, predação e variáveis ambientais, considerando variações espaciais. Essa abordagem integrada possibilitou identificar padrões de agregação ou dispersão, bem como fatores ambientais que influenciam predação, germinação e recrutamento natural das sementes.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados incluíram informações sobre cada palmeira e seus frutos, como: ambiente (aberto ou fechado), número total de sementes/frutos, frutos intactos, frutos predados, características morfológicas dos frutos (comprimento, largura, massa), altura da palmeira, abertura de dossel, projeção da copa, diâmetro do tronco, distância de outras palmeiras, número de cachos, porcentagem de acumulação de frutos e, para frutos individuais, o tipo de predação.

Esses dados foram descritos por medidas de tendência central e dispersão, incluindo média, mediana e desvio padrão, e representados em boxplots e histogramas. Para testar diferenças entre ambientes (aberto x fechado), foram aplicados testes paramétricos (ANOVA com pós-teste de Tukey) ou não paramétricos (Kruskal–Wallis), quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias não foram atendidos. Diferenças entre categorias

de predação (0–4) também foram avaliadas por ANOVA e Kruskal–Wallis, permitindo analisar o efeito da predação sobre comprimento e largura dos frutos.

A relação entre características dos frutos (massa, comprimento, largura) e atributos das palmeiras (altura, abertura de dossel, projeção da copa, diâmetro do tronco, distância entre indivíduos, número de cachos e acúmulo de frutos) foi explorada por correlações de Pearson ou Spearman e por regressão linear múltipla. Foram realizados testes adicionais para comparar o número total de frutos, frutos intactos e frutos predados entre ambientes, utilizando Welch t-test e Wilcoxon rank-sum test, conforme apropriado.

A análise multivariada por PCA (Análise de Componentes Principais) foi aplicada para resumir a variabilidade das medidas morfológicas dos frutos intactos em componentes principais, possibilitando visualizar padrões gerais de morfologia entre ambientes e relacionar atributos dos frutos à predação. No PCA, comprimento, largura e massa são combinados em PC1 e PC2, que representam as direções de maior e segunda maior variação, respectivamente.

O PCA foi realizado apenas com frutos intactos, uma vez que a massa não pôde ser obtida para frutos predados, o que impediria uma análise comparável entre todos os atributos morfológicos. Para os frutos predados, as comparações morfológicas foram realizadas separadamente, usando comprimento e largura em gráficos de boxplot ou violino. A inspeção visual desses gráficos permite avaliar padrões gerais de morfologia entre ambientes e observar a presença ou ausência de agrupamento dos frutos de acordo com o ambiente.

A tabela de contingência (categorias 0–4 × ambiente) foi submetida a um teste de independência (qui-quadrado) e ao teste exato de Fisher, devido à baixa frequência em algumas células.

Os resultados estatísticos foram integrados à análise espacial no QGIS, permitindo identificar padrões de distribuição das palmeiras e dos frutos, fornecendo subsídios para compreender fatores que influenciam a predação e, potencialmente, a germinação.

Ao final do período, a porcentagem de germinação por palmeira não pôde ser avaliada devido à ausência de germinação. Entretanto, a metodologia prevista permitiria essa análise, possibilitando comparações entre ambientes abertos e fechados e associando características dos frutos e atributos das palmeiras à taxa de recrutamento, caso houvesse germinação.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA AMOSTRAGEM

Um total de 18 indivíduos de *S. romanzoffiana* foram amostradas (nove em ambiente

aberto e nove em ambiente fechado) (Tabela 1). Foram registrados 3.539 frutos depositados sob as copas amostradas (Tabela 2). Do total, 2.099 das sementes encontravam-se intactas (59,3%) e 1.436 frutos apresentavam sinais de predação (40,6%). A classificação dos danos variou de 0 a 4, sendo a maioria atribuída à categoria 0 (frutos sem dano) (Tabela 2).

Tabela 1 - Características estruturais e ambientais das palmeiras *Syagrus romanzoffiana* amostradas em ambientes abertos e fechados. São apresentados o código de identificação das palmeiras, o ambiente de ocorrência, as coordenadas geográficas, altura total, abertura de dossel, projeção da copa, diâmetro à altura do peito (DAP) e a distância até a palmeira mais próxima.

Palmeira	Ambiente	Latitude/Longitude	Altura (m)	Abertura de dossel (%)	Projeção da copa (m)	Diâmetro (cm)	Distância de outras (m)
1 AF	Fechado	23°36'00"S 48°32'03"W	20	50	12	84	20
2 AF	Fechado	23°35'54"S 48°31'47"W	20	50	10	91	10
3 AF	Fechado	23°35'51"S 48°31'50"W	30	50	8	112	40
4 AF	Fechado	23°35'46"S 48°31'55"W	20	40	6	56	20
5 AF	Fechado	23°35'54"S 48°31'58"W	22	70	6	74	7
6 AF	Fechado	23°36'00"S 48°31'42"W	20	60	3	63	5
7 AF	Fechado	23°35'49"S 48°31'32"W	18	65	4	71	10
8 AF	Fechado	23°35'47"S 48°31'55"W	18	57	5	67	5
9 AF	Fechado	23°36'48"S 48°33'17"W	20	25	4	59	30
1 AB	Aberto	23°35'54"S 48°31'51"W	25	NA	7	77	15
2 AB	Aberto	23°35'55"S 48°31'44"W	25	NA	7	94	10
3 AB	Aberto	23°35'53"S 48°31'42"W	8	NA	6	75	18
4 AB	Aberto	23°35'51"S 48°31'42"W	20	NA	8	69	44
5 AB	Aberto	23°35'52"S 48°31'40"W	15	NA	6	92	20
6 AB	Aberto	23°35'50"S 48°31'41"W	7	NA	5	53	25
7 AB	Aberto	23°35'46"S 48°31'38"W	20	NA	6	66	50
8 AB	Aberto	23°35'56"S 48°31'42"W	6	NA	6	70	10
9 AB	Aberto	23°35'48"S 48°31'30"W	23	NA	8	78	25

Tabela 2 - Totais de frutos, frutos intactos e frutos predados em palmeiras *Syagrus romanzoffiana* amostradas em dois ambientes (Aberto e Fechado). A tabela apresenta o número total de frutos registrados sob cada ambiente e as proporções (%) de frutos intactos e predados em relação ao total amostrado.

Ambiente	Total de frutos	Frutos Intactos	Frutos Predados	Proporção de Intactos (%)	Proporção de Predados (%)
Fechado	703	233	468	0,332	0,668
Aberto	2.836	1.866	968	0,658	0,342

Autoria Própria, 2025.

5.2. PREDACÃO ENTRE OS AMBIENTES

5.2.1 FREQUÊNCIA DE PREDACÃO NOS AMBIENTES

A proporção de sementes predadas variou entre as palmeiras nos dois ambientes (Tabela 3). No ambiente fechado, a porcentagem de predação foi de 66,9%, enquanto no ambiente aberto foi de 34,2%. As Figuras 7 e 8 esboçam graficamente essas diferenças, evidenciando a variação na predação entre os ambientes e entre os indivíduos amostrados.

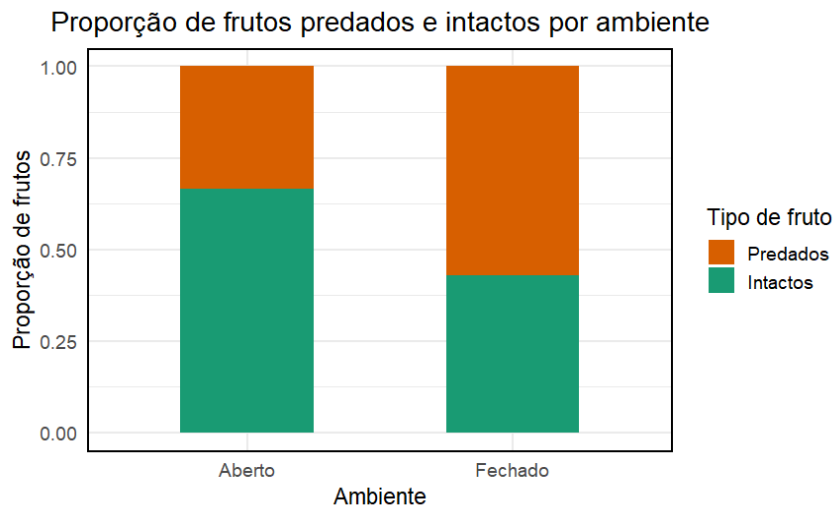
Tabela 3 - Proporção de predação e de sementes intactas nos ambientes Aberto e Fechado.

Ambiente	Total de frutos	Intactos (%)	Predados (%)	Proporção de Predação média (%)
Aberto	2.836	65,8	34,2	0,326
Fechado	703	33,1	66,9	0,600

Autoria Própria, 2025

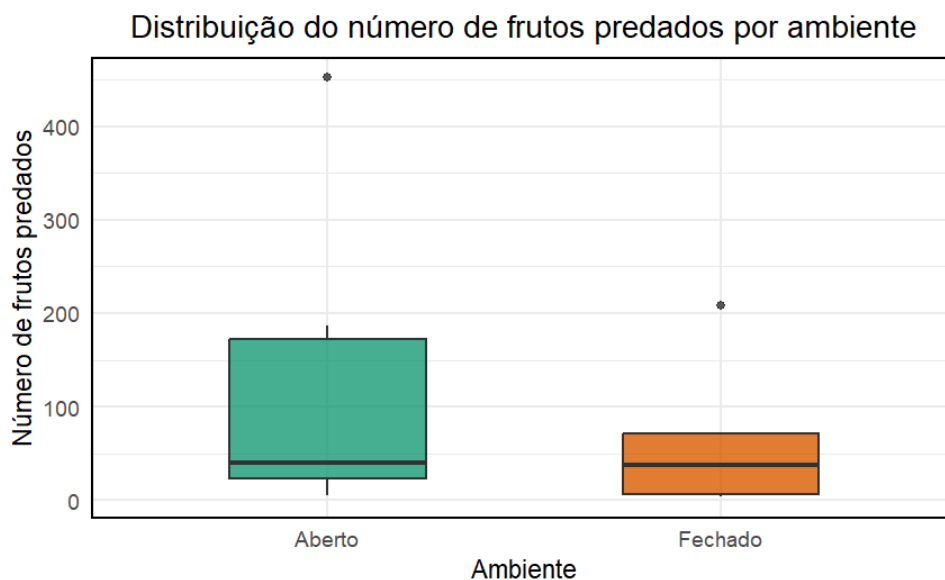
Figura 7 - Proporção de frutos predados e intactos por ambiente. Barras empilhadas mostrando a proporção relativa de frutos predados e intactos em cada ambiente. Cada barra totaliza 100%, e as cores representam cada categoria. Facilita a visualização da participação de frutos predados e intactos, permitindo comparar a proporção

entre ambientes.



Autoria Própria, 2025

Figura 8 - Número de sementes predadas por ambiente. Boxplot mostrando a distribuição do número de frutos predados por palmeira em ambientes aberto e fechado. Permite comparar intensidade de predação entre ambientes, evidenciando variações e outliers.



Autoria Própria, 2025

5.2.2. GRAU DE PREDACÃO ENTRE OS AMBIENTES

As categorias de predação apresentaram proporções semelhantes nos ambientes aberto e fechado, de acordo com os testes aplicados (qui-quadrado de independência e teste exato de Fisher).

Qui-quadrado de independência: $\chi^2 = 14$, $df = 13$, $p = 0.3738$.

Teste exato de Fisher: $p = 0.6406$.

Ambos os testes indicam ausência de diferença significativa na distribuição das categorias de predação entre os ambientes Aberto e Fechado ($p > 0.05$).

5.3. MORFOMETRIA DOS FRUTOS

5.3.1. MORFOMETRIA × AMBIENTE (FRUTOS INTACTOS)

Como já descrito, a disponibilidade de frutos foi significativamente maior nas palmeiras do ambiente aberto em relação às do ambiente fechado (aberto: 2836, fechado: 703). Em relação às dimensões, os frutos do ambiente fechado apresentaram comprimento médio ligeiramente maior (14,98 mm) do que aqueles do ambiente aberto (13,88 mm), embora os desvios-padrão fossem semelhantes entre os dois ambientes ($\chi^2 = 28,919$, $df = 1$, $p = 7,545e-08$). Para a largura, o padrão se inverte: frutos do ambiente aberto exibiram maior largura média (6,00 mm) em comparação aos do ambiente fechado (5,24 mm), também com desvios-padrão semelhantes ($\chi^2 = 35,271$, $df = 1$, $p = 2,868e-09$).

Em relação à massa, os frutos do ambiente aberto apresentaram média de 2,05 g (desvio-padrão = 1,05 g), enquanto os do ambiente fechado apresentaram média de 2,81 g (desvio-padrão = 0,85 g). Os resultados indicam que, embora haja pequenas diferenças médias entre os ambientes, a variabilidade da massa é ligeiramente maior no ambiente aberto.

As diferenças médias e a variabilidade dos frutos entre os ambientes podem ser observadas na figura 9 e na tabela 4 a seguir:

Figura 9 - Massa dos frutos por ambiente (somente frutos intactos). Distribuição da massa dos frutos intactos da palmeira *Syagrus romanzoffiana* entre os ambientes Aberto (AB) e Fechado (AF). A linha central indica a mediana, os retângulos representam o intervalo interquartilico e os pontos dispersos mostram os valores individuais (jitter).

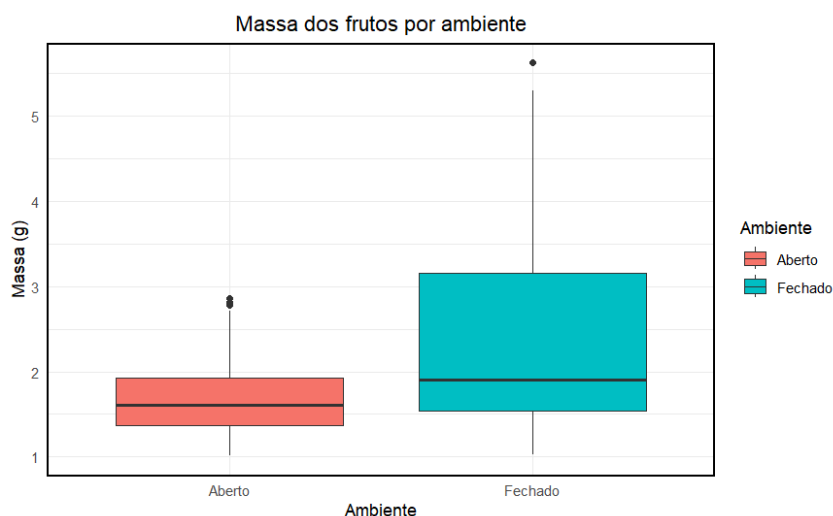


Tabela 4 - Estatísticas descritivas da morfometria dos frutos de *Syagrus romanzoffiana* coletados em ambientes abertos e fechados. São apresentados o número total de frutos amostrados por ambiente e as médias e desvios-padrão do comprimento, largura e massa dos frutos.

Ambiente	Total de frutos	Comprimento médio	Comprimento - desvio padrão	Largura média	Largura - desvio padrão	Massa média	Massa - desvio padrão
Aberto	2836	13.88mm	3.36mm	6.00mm	3.89mm	2.05g	1.93g
Fechado	703	14.98mm	3.22mm	5.24mm	3.90mm	2,81g	0.85g

Autoria Própria, 2025.

MASSA (FRUTOS INTACTOS)

Shapiro–Wilk: ambos os ambientes com $p < 0.001$ (violação de normalidade).

Levene: $F = 116.58$, $p < 2.2e-16$ (homogeneidade de variâncias rejeitada).

ANOVA: $F = 125.9$, $df = 1,611$, $p < 2e-16$ (altamente significativo).

Tukey: diferença Fechado – Aberto = $+0.698$ g (p adj = 0).

Kruskal–Wallis: $\chi^2 = 58.303$, $df = 1$, $p = 2.247e-14$ (altamente significativo).

Portanto, a massa dos frutos difere estatisticamente entre os ambientes, sendo ligeiramente maior no ambiente fechado (diferença média $\approx 0,70$ g pelo ajuste paramétrico; direção confirmada pelo teste não paramétrico). Apesar da significância estatística, a magnitude da diferença é relativamente pequena, indicando que, do ponto de vista biológico, as massas são semelhantes entre os ambientes.

COMPRIMENTO (FRUTOS INTACTOS)

Shapiro–Wilk: $p \ll 0.001$ em ambos os ambientes (não normal).

Levene: $p = 0.9773$ (variâncias homogêneas).

ANOVA: $F = 33.28$, $df = 1,1205$, $p = 1.01e-08$.

Tukey: Fechado – Aberto = $+1.1068$ mm ($p \text{ adj} < 0.001$).

Kruskal–Wallis: $\chi^2 = 28.919$, $df = 1$, $p = 7.545e-08$.

O comprimento dos frutos é significativamente maior no ambiente fechado ($\sim +1.11$ mm).

LARGURA (FRUTOS INTACTOS)

Shapiro–Wilk: $p \ll 0.001$ (não normal).

Levene: $p = 0.4379$ (variâncias homogêneas).

ANOVA: $F = 11.26$, $df = 1,1205$, $p = 0.000818$.

Tukey: Fechado – Aberto = -0.7592 mm ($p \text{ adj} = 0.000818$).

Kruskal–Wallis: $\chi^2 = 35.271$, $df = 1$, $p = 2.868e-09$.

A largura é significativamente menor em no ambiente fechado (diferença ~ -0.76 mm), enquanto o comprimento é maior — ou seja, frutos de Fechado tendem a ser mais alongados (maior comprimento, menor largura) que os de Aberto.

5.3.2. MORFOMETRIA × CATEGORIAS DE PREDACÃO (0–4)

As comparações do comprimento e largura entre categorias de predação mostraram diferenças estatisticamente significativas.

COMPRIMENTO × CATEGORIA

ANOVA (Predação): $Df = 4$, $F = 27.48$, $p < 2e-16$.

Kruskal–Wallis: $\chi^2 = 125.99$, $df = 4$, $p < 2.2e-16$.

Tukey: destaque para categoria 1 vs 0: $\text{diff} = +1.9457$ mm ($p \text{ adj} \approx 0$).

Outras comparações não apresentaram diferenças consistentes. Assim, frutos classificados como categoria 1 (dano leve) apresentam comprimento significativamente diferente dos frutos sem dano (categoria 0).

LARGURA × CATEGORIA

ANOVA (Predação): $Df = 4$, $F = 22.79$, $p < 2e-16$.

Kruskal–Wallis: $\chi^2 = 54.54$, $df = 4$, $p = 4.06e-11$.

Tukey: – 1 vs 0: $\text{diff} = +1.9556$ mm, $p \text{ adj} \approx 0$.

– 2 vs 1: $\text{diff} = -2.7071$ mm, $p \text{ adj} = 0.00065$.

– 3 vs 1: $\text{diff} = -4.3196$ mm, $p \text{ adj} = 0.0226$.

As demais comparações (2 vs 0, 3 vs 0, 4 vs 0, 3 vs 2, 4 vs 1, 4 vs 2 e 4 vs 3) não foram significativas. Assim como observado para o comprimento, frutos classificados como categoria 1 apresentam largura significativamente maior que frutos sem dano (categoria 0). As comparações envolvendo as demais categorias mostraram pouca consistência, apesar de diferenças detectadas entre categorias 2 e 1, e 3 e 1, sugerindo que frutos levemente danificados tendem a diferir em tamanho dos demais grupos. Uma interpretação possível é que predadores podem selecionar frutos maiores ou que o dano inicial modifique a estrutura do fruto.

5.3.3. MORFOMETRIA COMBINADA: FRUTOS INTACTOS E PREDADOS

A análise combinada de frutos intactos e predados evidencia padrões morfológicos importantes relacionados ao ambiente e ao status de predação. Em termos de comprimento, frutos do ambiente fechado tendem a ser ligeiramente maiores que os do ambiente aberto, e frutos predados apresentam comprimento superior aos intactos, especialmente os da categoria 1 (dano leve), sugerindo que predadores atuam preferencialmente sobre frutos maiores (Figura

10 e Figura 13).

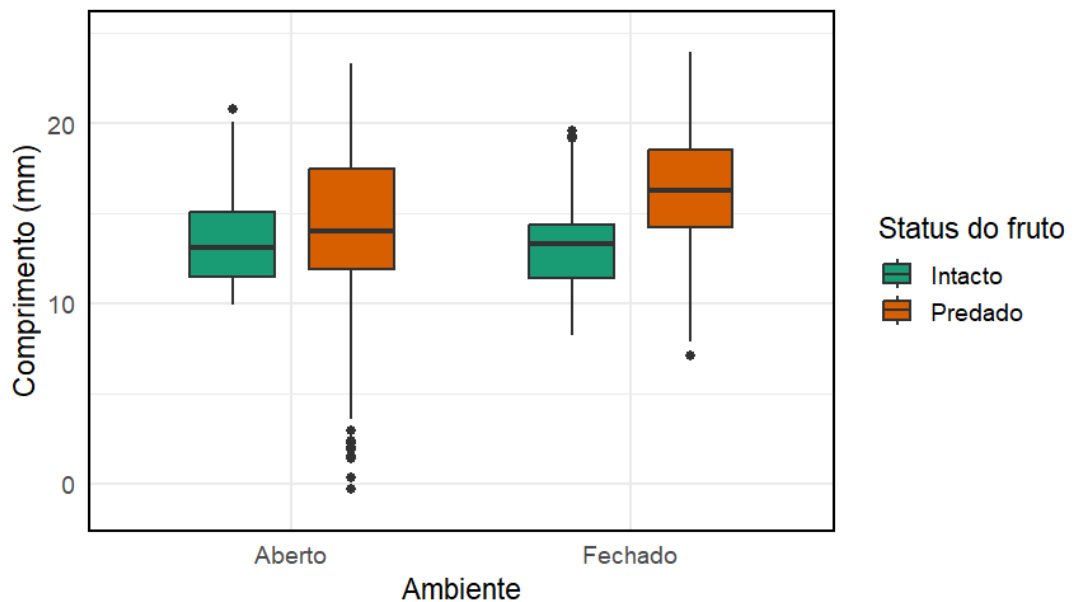
Quanto à largura, frutos do ambiente aberto são, em média, mais largos que os do ambiente fechado. Frutos levemente predados também apresentam largura maior que os intactos, indicando que a predação pode estar associada a frutos mais largos ou que o dano inicial modifique a morfologia (Figura 11 e Figura 14).

A matriz de correlação entre massa, comprimento e largura de frutos intactos mostra que comprimento e largura apresentam correlação positiva moderada ($r \approx 0.510$), enquanto a massa se correlaciona de forma muito fraca com ambos os atributos (comprimento \times massa: $r \approx 0.038$; massa \times largura: $r \approx -0.060$) (Figura 12). Isso sugere que frutos mais longos tendem a ser mais largos, mas que a massa varia de forma relativamente independente dessas dimensões.

Em conjunto, esses resultados indicam que predação e ambiente influenciam de forma diferenciada os atributos morfológicos dos frutos, com tendência de frutos maiores, em comprimento e largura, sofrerem maior predação.

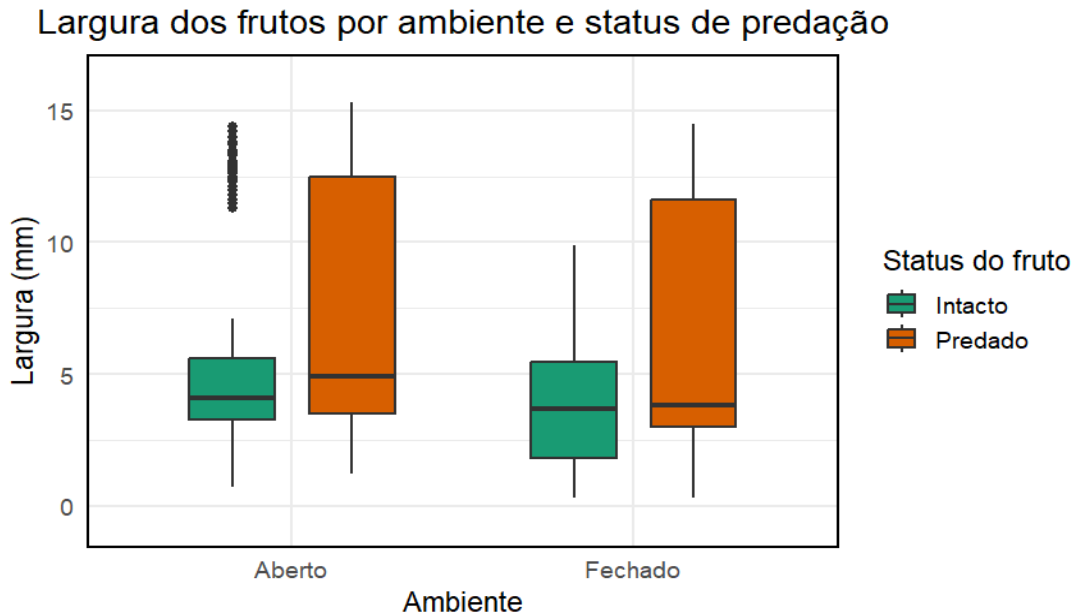
Figura 10 - Comprimento \times Ambiente e status de predação. Esse Boxplot evidencia o comprimento (mm) dos frutos em função do ambiente e status de predação (Intacto ou Predado). Permitindo comparar efeitos ambientais e de predação simultaneamente sobre o comprimento dos frutos.

Comprimento dos frutos por ambiente e status de predação



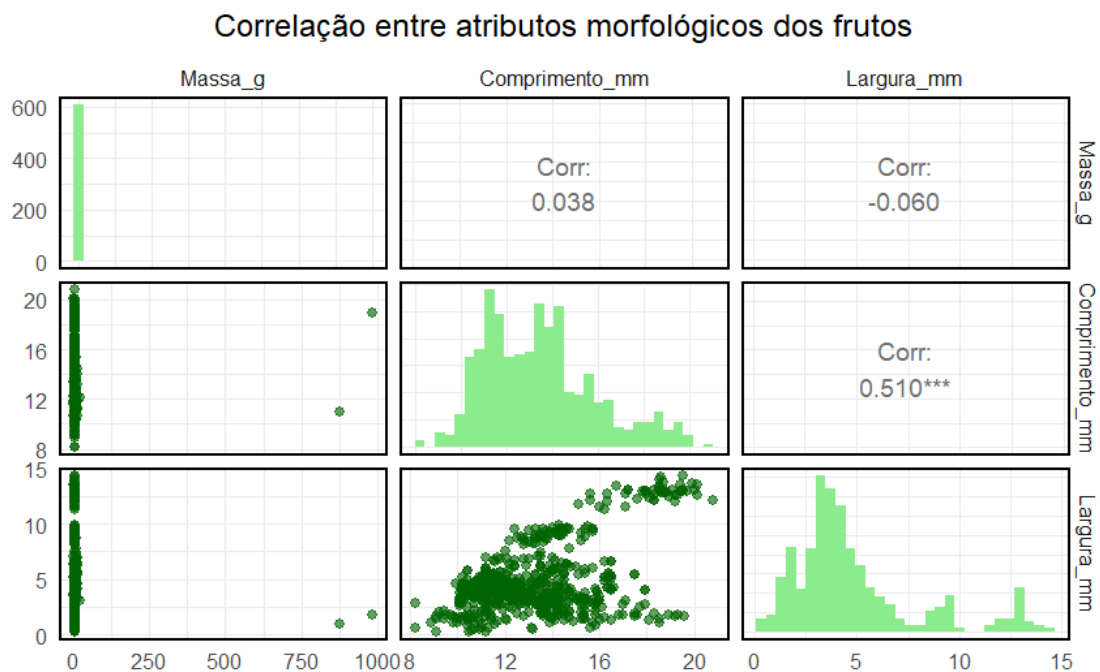
Autoria Própria, 2025.

Figura 11 - Largura \times Ambiente e status de predação. Esse Boxplot mostra a largura (mm) dos frutos em função do ambiente e status de predação. Permitindo comparar efeitos ambientais e de predação simultaneamente sobre a largura dos frutos.



Autoria Própria, 2025.

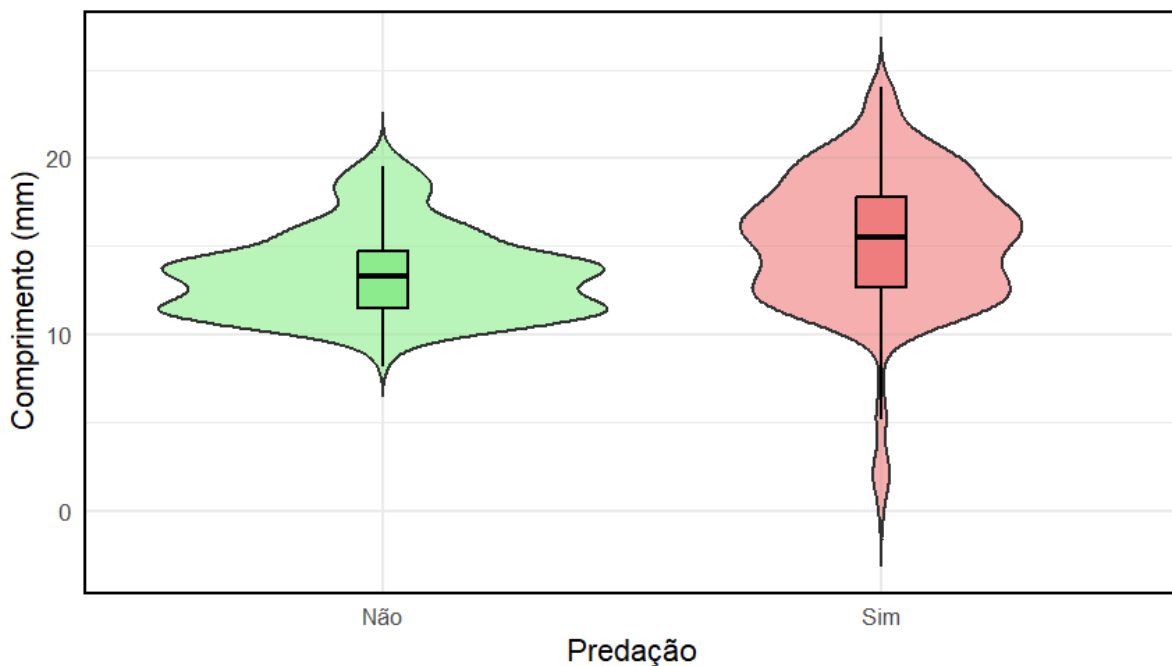
Figura 12 - Matriz de correlação entre massa (g), comprimento (mm) e largura (mm) de frutos intactos. Os histogramas na diagonal mostram a distribuição de cada variável, o canto superior apresenta os coeficientes de correlação, enquanto o canto inferior mostra a dispersão dos pontos. Os valores indicam que comprimento e largura apresentam correlação positiva moderada ($r \approx 0.510$), sugerindo que frutos mais longos tendem a ser mais largos. Em contraste, comprimento e massa ($r \approx 0.038$) e massa e largura ($r \approx -0.060$) apresentam correlação muito fraca, indicando pouca relação linear entre esses pares de atributos. Isso permite avaliar quais características morfológicas variam juntas e quais são independentes.



Autoria Própria, 2025.

Figura 13 - Diferença no comprimento dos frutos predados e não predados. Gráfico violino com boxplot interno comparando comprimento (mm) de frutos não predados (categoria 0) e predados (categorias 1–4 agrupadas). A largura do violino representa a densidade da distribuição, enquanto a caixa interna mostra mediana e quartis. Frutos da categoria 1 (dano leve) apresentam comprimento significativamente maior que frutos intactos.

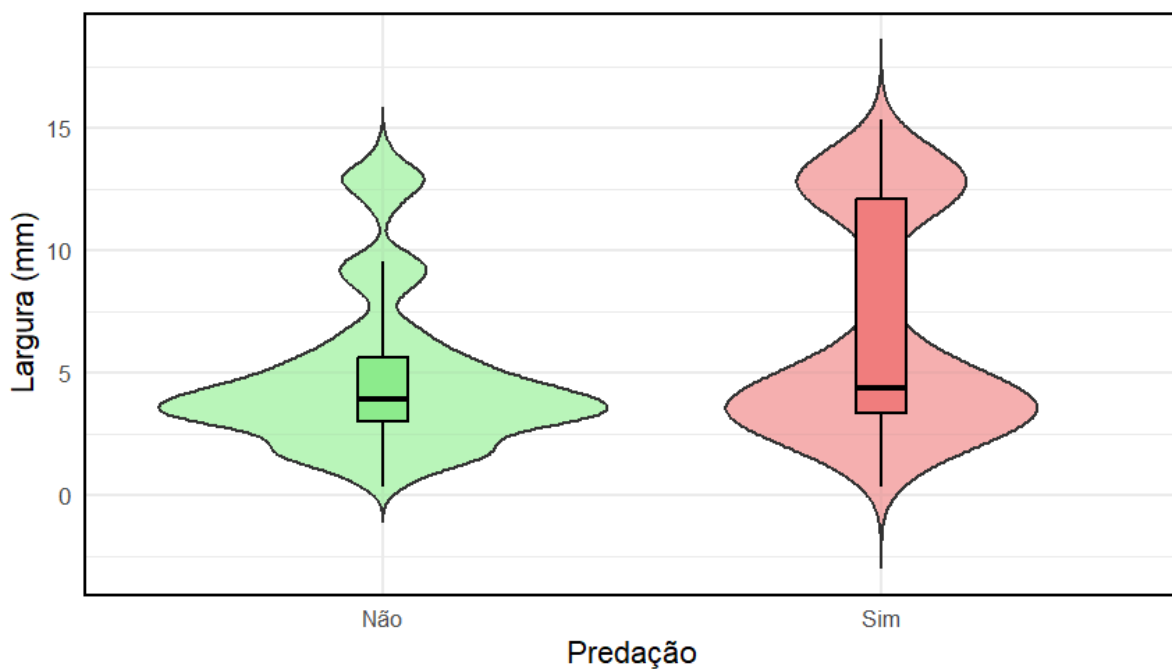
Diferença no comprimento dos frutos predados e não predados



Autoria Própria, 2025.

Figura 14 - Diferença na largura dos frutos predados e não predados. Gráfico violino com boxplot interno comparando largura (mm) de frutos não predados e predados. Frutos da categoria 1 (dano leve) apresentam largura maior que frutos intactos, sugerindo seleção ou efeito inicial da predação sobre a morfometria.

Diferença na largura dos frutos predados e não predados



Autoria Própria, 2025.

5.4. ANÁLISE MULTIVARIADA (PCA)

5.4.1. VARIÂNCIA EXPLICADA

Importância dos componentes:

PC1 – desvio-padrão = 1.2289; proporção da variância = 50.34%.

PC2 – desvio-padrão = 1.0044; proporção = 33.63%.

PC3 – proporção = 16.03%.

Loadings (contribuições):

Comprimento ≈ -0.705 (PC1),

Largura ≈ -0.708 (PC1),

Massa ≈ 0.991 (PC2).

PC1 agrega comprimento e largura (variância das dimensões lineares), enquanto PC2 está fortemente associado à massa, indicando que massa representa uma dimensão de variação relativamente independente das dimensões lineares.

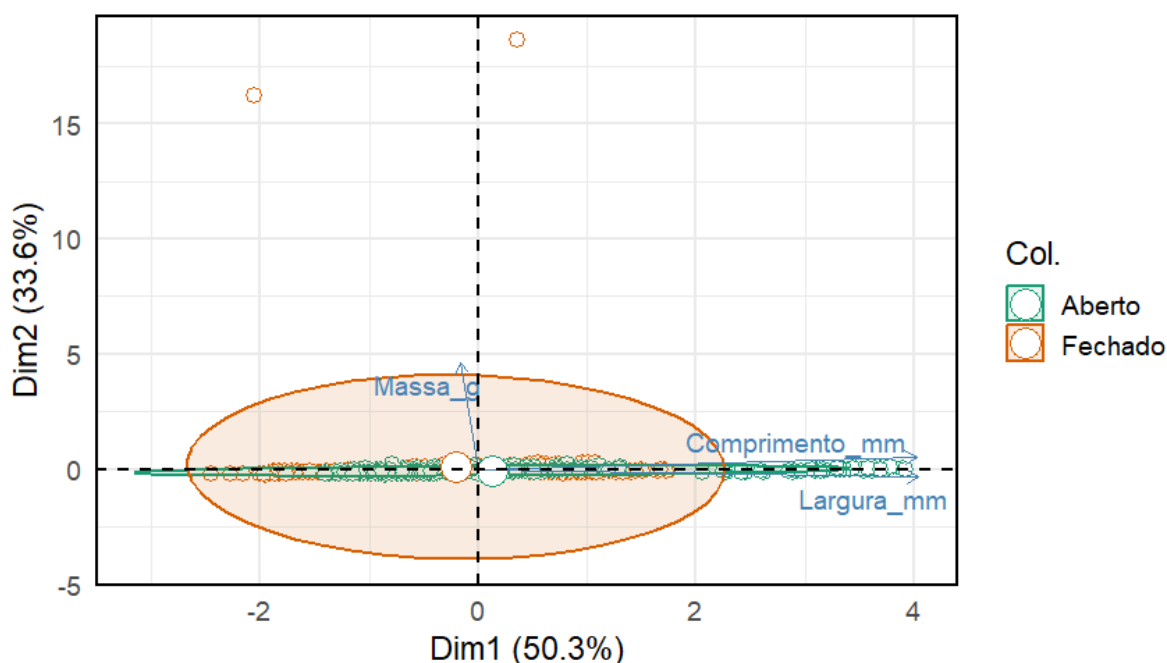
5.4.2. DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS (GRÁFICO PC1 \times PC2)

Um gráfico de dispersão foi construído utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) do PCA dos atributos morfológicos dos frutos intactos (Figura 15). O gráfico evidencia os frutos de ambos os ambientes (Aberto e Fechado) espalhados pelo espaço definido pelos dois principais componentes do PCA. Observa-se que os frutos do ambiente fechado tendem a se concentrar em uma região diferente dos frutos do ambiente aberto, mas há sobreposição entre os grupos. Isso indica que existem diferenças morfológicas entre os ambientes, mas nem todos os frutos seguem exatamente esse padrão.

Cada ponto representa um fruto, colorido conforme o ambiente de coleta (Aberto/Fechado).

Figura 15 - Dispersão representando os frutos intactos no espaço definido pelos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) de uma análise de componentes principais (PCA) baseada em comprimento (mm), largura (mm) e massa (g). A Dimensão 1 (PC1 - Dim1) representa a direção de maior variabilidade dos dados, enquanto a Dimensão 2 (PC2 - Dim2) representa a segunda maior fonte de variação, ortogonal à primeira. Cada ponto corresponde a um fruto, colorido conforme o ambiente de coleta (Aberto ou Fechado). Este gráfico permite visualizar padrões gerais de morfologia entre ambientes.

PCA dos atributos morfológicos dos frutos



Autoria Própria, 2025.

5.5. NÚMERO DE FRUTOS POR PALMEIRA (PRODUÇÃO / ACÚMULO)

5.5.1. TESTES PRELIMINARES DE PRESSUPOSTOS

Foram consideradas as 18 palmeiras (9 por ambiente). Testes de pressupostos:

Shapiro Aberto $W = 0.905$ ($p = 0.2836$)

Shapiro Fechado $W = 0.8248$ ($p = 0.03904$) → normalidade fraca;

Levene: $F = 15.221$, $p = 0.00127$ (heterogeneidade de variâncias).

Devido a esses valores se aplicou Welch t-test e o teste não paramétrico Wilcoxon como comparativo.

Welch t-test (Total_frutos): $t = 2.5812$, $df = 9.0255$, $p = 0.02957$

Médias: Aberto = 315.11 frutos; Fechado = 78.11 frutos.

Wilcoxon rank-sum (Total_frutos): $W = 61.5$, $p = 0.07012$ (tendência, não significativo a 0.05).

Há evidência estatística ($p < 0.05$ no teste paramétrico de Welch) de que o número total de frutos por palmeira é maior em Ambiente Aberto. O teste não paramétrico indica

apenas uma tendência, devido ao pequeno n por palmeira e variâncias heterogêneas, é adequado relatar ambos os resultados e discutir limitações.

Para Frutos intactos: Welch t t = 2.8441, p = 0.02111 → significativamente maior em Aberto.

Para Frutos predados: t = 1.0459, p = 0.3181 → sem diferença.

5.5.2 QUANTIFICAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE FRUTOS E CACHOS NAS PALMEIRAS AMOSTRADAS

Os valores descritivos do total de frutos acumulados sob a copa e do número de cachos frutíferos por palmeira estão apresentados na Tabela 5 e na Figura 16.

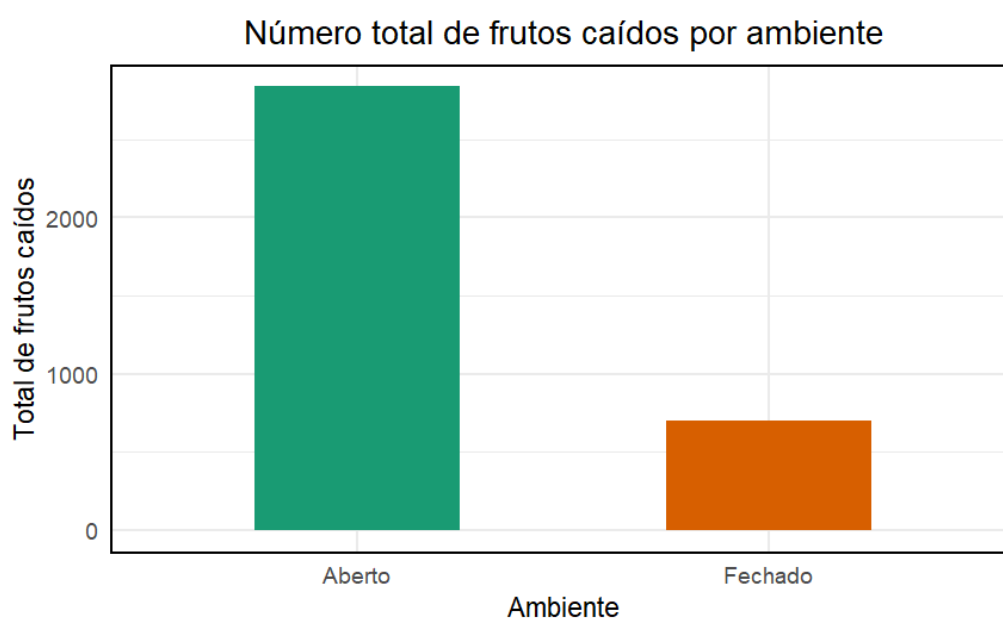
Tabela 5 - Acúmulo total de frutos sob a copa e número de cachos produzidos por cada palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) amostrada nos ambientes aberto (AB) e fechado (AF). A tabela apresenta, para cada indivíduo amostrado, o total de frutos acumulados sob a copa no momento da coleta e o número de cachos presentes, permitindo avaliar diferenças no aporte de propágulos entre ambientes e subsidiando a interpretação sobre potencial de recrutamento.

Palmeira	Ambiente	Nº de cachos	Acúmulo de frutos sob a copa (%)
1 AF	Fechado	4	10
2 AF	Fechado	1	70
3 AF	Fechado	1	20
4 AF	Fechado	0	35
5 AF	Fechado	2	40
6 AF	Fechado	0	50
7 AF	Fechado	2	35
8 AF	Fechado	2	45
9 AF	Fechado	1	30
1 AB	Aberto	2	35
2 AB	Aberto	1	65
3 AB	Aberto	2	80

4 AB	Aberto	1	72
5 AB	Aberto	5	45
6 AB	Aberto	1	25
7 AB	Aberto	5	90
8 AB	Aberto	2	20
9 AB	Aberto	2	79

Autoria Própria, 2025

Figura 16 - Total de frutos caídos por ambiente. Indica diferenças quantitativas de produção ou queda de frutos, sendo complementar à análise morfométrica.



Autoria Própria, 2025

5.6. GERMINAÇÃO

Durante todo o período, nenhuma semente apresentou germinação, resultando em uma taxa de 0%. Assim, não foi possível comparar a germinação em relação à predação dos frutos, pois nenhuma semente germinou, independentemente da categoria de predação.

5.7. ANÁLISE ESPACIAL

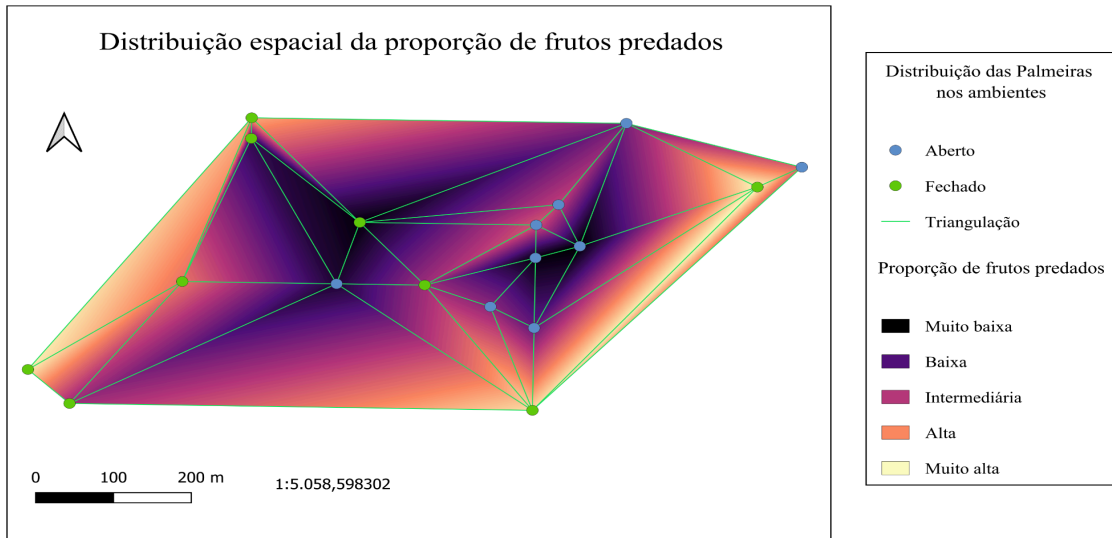
Não foi observado padrão espacial significativo na predação de frutos das palmeiras ($I = -0,0588$, $p = 0,5$), sugerindo que a variação na proporção de frutos predados ocorre de forma aleatória em relação à posição geográfica das palmeiras nos fragmentos estudados.

Entre os atributos morfológicos avaliados, apenas o diâmetro da copa apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a proporção de frutos predados e sobre a proporção de frutos intactos (Predados: $p = 0,011$; Intactos: $p = 0,0105$). As demais variáveis, como altura, massa média dos frutos, comprimento, largura e abertura de dossel, não apresentaram efeito significativo sobre as proporções de predação.

A regressão ponderada geograficamente (GWR) apresentou coeficientes locais próximos aos valores globais da regressão linear, com quasi-global R^2 de 0,13, indicando leve variação espacial na relação entre massa média dos frutos e predação.

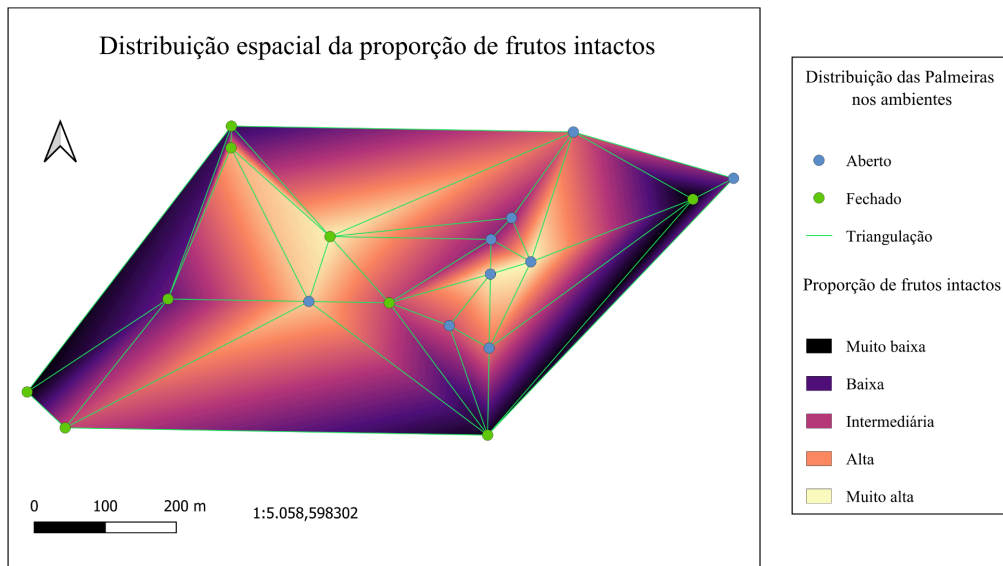
Os mapas de interpolação (Figura 17, 18 e 19) representam a variação espacial da predação e dos atributos morfológicos das palmeiras — comprimento, largura e massa média dos frutos, altura, diâmetro da copa e abertura do dossel — ao longo da área estudada, permitindo identificar padrões locais de variação tanto na intensidade de predação quanto nas características morfológicas das plantas. Os mapas espaciais indicam que a predação de frutos é relativamente uniforme ao longo da área estudada, com apenas pequenas variações locais na proporção de frutos predados e intactos (Figuras 17 e 18, respectivamente). Em contraste, os atributos morfológicos das palmeiras e a abundância de frutos apresentam maior heterogeneidade espacial, formando áreas de maior e menor produção (Figura 19). No entanto, esses padrões não se sobrepõem de forma consistente à predação, indicando que a intensidade de ataque aos frutos não depende diretamente da produtividade das palmeiras. De modo geral, os resultados sugerem que a estrutura da paisagem influencia apenas de maneira sutil tanto os atributos morfológicos das palmeiras quanto a predação de frutos.

Figura 17 - Distribuição espacial da proporção de frutos predados das palmeiras nos fragmentos estudados. Os valores apresentados correspondem à proporção de frutos predados em cada ponto de amostragem, interpolados para visualizar a variação ao longo da área.



Autoria própria, 2025.

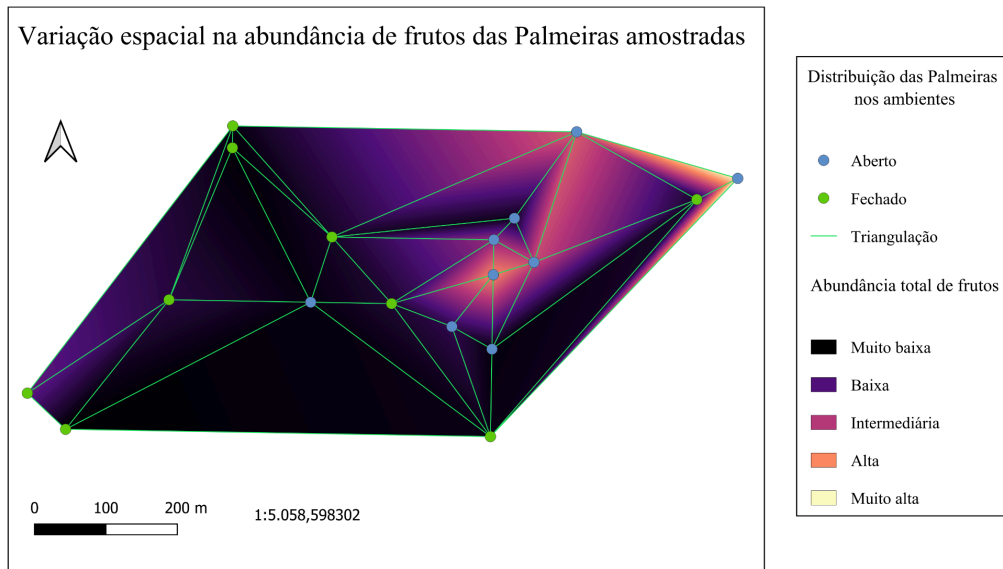
Figura 18 - Distribuição espacial da proporção de frutos intactos das palmeiras nos fragmentos estudados. Cada ponto representa a proporção de frutos não predados por palmeira, interpolada para evidenciar variações espaciais no status de integridade dos frutos.



Autoria própria, 2025.

Figura 19 - Distribuição espacial do total de frutos coletados em cada palmeira nos fragmentos estudados. Os

valores foram interpolados para mostrar a variação espacial na produção de frutos ao longo da área de estudo.



Autoria própria, 2025.

Em síntese, os resultados espaciais indicam que a predação de frutos ocorre de maneira relativamente uniforme, enquanto os atributos morfológicos das palmeiras apresentam pequenas variações entre os ambientes e ao longo do espaço.

6. DISCUSSÃO

A interpretação dos padrões encontrados torna-se mais robusta quando situada no contexto do que a literatura descreve sobre a ecologia de palmeiras tropicais e sobre as variações esperadas entre ambientes abertos e fechados. Estudos apontam que processos como produção, predação e destino dos frutos em palmeiras são fortemente modulados pela interação entre fatores microambientais (luz, umidade, estrutura da vegetação) e processos bióticos (atividade de dispersores, predadores e decompositores), especialmente em espécies generalistas e amplamente distribuídas como *Syagrus romanzoffiana* (Fleury & Galetti, 2006; Da Silva *et al.*, 2012). Nesse sentido, a comparação com trabalhos prévios permite compreender em que medida os padrões observados neste estudo se alinham ou se distanciam das tendências documentadas para a família Arecaceae (Henderson *et al.*, 1995; Lorenzi *et al.*, 2010).

Diversas pesquisas indicam que palmeiras apresentam maior produtividade em áreas mais iluminadas, efeito associado ao aumento da atividade fotossintética e à maior

disponibilidade de recursos direcionados à reprodução (Amadeu *et al.*, 2016). Assim, a maior quantidade de frutos registrada em ambientes abertos no presente estudo é consistente com o comportamento reprodutivo observado em outras espécies da família, que frequentemente respondem positivamente à alta luminosidade (Zona & Henderson, 1989; Da Silva *et al.*, 2012). Em contraste, ambientes mais fechados tendem a impor limitações fisiológicas relacionadas ao sombreamento intenso, reduzindo o investimento em estruturas reprodutivas e a produção total de frutos (Fleury & Galetti, 2004; Mariano & Christianini, 2016).

No caso da predação, a literatura mostra que suas taxas podem variar amplamente entre ambientes, mas não de maneira uniforme entre diferentes paisagens ou espécies (Galetti *et al.*, 2013; Da Silva *et al.*, 2012). Em fragmentos florestais mais conservados, comunidades de predadores costumam ser mais diversas e funcionalmente completas, o que pode resultar em níveis mais elevados de ataque por insetos ou pequenos vertebrados (Fleury & Galetti, 2006; Brancalion *et al.*, 2011). Por outro lado, ambientes abertos e urbanizados frequentemente abrigam assembléias empobrecidas, porém dominadas por predadores oportunistas, capazes de gerar tanto aumentos quanto reduções na predação dependendo da estrutura local da comunidade (Galetti *et al.*, 2013; Da Silva *et al.*, 2012). Essas respostas contrastantes são comuns em palmeiras e refletem a forte sensibilidade do processo às características bióticas e estruturais do ambiente (Henderson, 2002).

Além disso, estudos realizados em paisagens urbanas indicam que mudanças microclimáticas, alterações na vegetação e a simplificação das interações ecológicas afetam diretamente processos como predação, dispersão e recrutamento (Brancalion *et al.*, 2011; Fleury & Galetti, 2006). Para *Syagrus romanzoffiana*, a composição da guilda de consumidores de frutos pode variar substancialmente entre áreas abertas e fragmentos florestais, sendo frequentemente apontada como um dos principais determinantes das taxas e tipos de dano observados (Da Silva *et al.*, 2012; Mariano & Christianini, 2016). Dessa forma, situar os resultados deste estudo nesse contexto permite compreender que os padrões registrados se encaixam dentro da amplitude de respostas já documentada para a espécie, cuja plasticidade ecológica facilita sua persistência em diferentes condições ambientais, mesmo sob pressões bióticas distintas (Zona & Henderson, 1989; Henderson, 2002).

De modo geral, a comparação com a literatura indica que os resultados obtidos refletem tendências amplamente descritas para palmeiras em ambientes contrastantes, reforçando a importância de considerar simultaneamente a influência de fatores bióticos e abióticos sobre processos de regeneração (Fleury & Galetti, 2006). Divergências em relação ao esperado, como a ausência de diferença significativa na predação entre ambientes, podem estar associadas a características locais da paisagem estudada, incluindo composição de

predadores, intensidade da urbanização, conectividade entre fragmentos e variações microclimáticas específicas do sistema (Galetti *et al.*, 2013; Da Silva *et al.*, 2012).

6.1. MORFOMETRIA DOS FRUTOS

Do ponto de vista funcional, as dimensões dos frutos desempenham papel central em processos como predação, dispersão e germinação (Howe & Smallwood, 1982). Estudos indicam que frutos maiores podem atrair predadores específicos, enquanto frutos menores podem ter maior probabilidade de escapar da predação por insetos, como bruchíneos (Dracxler *et al.*, 2010).

Considerando a importância funcional dos frutos, os resultados para variáveis morfométricas mostram contrastes importantes entre os ambientes. A maior produção de frutos no ambiente aberto sugere que condições de maior luminosidade favorecem a frutificação, e isso é consistente com padrões conhecidos para palmeiras (Begnini *et al.*, 2013; Sander *et al.*, 2020). Apesar disso, as diferenças morfométricas indicam respostas mais complexas. Por exemplo, os frutos do ambiente fechado foram mais longos, enquanto os frutos do ambiente aberto foram mais largos, com ambas as diferenças estatisticamente significativas. Essa dissociação entre comprimento e largura sugere a atuação de pressões ambientais distintas nos dois ambientes (Dracxler *et al.*, 2010; Matos *et al.*, 2014).

Em áreas sombreadas, frutos mais alongados podem refletir uma alocação diferencial de recursos ou limitações impostas pelo crescimento em ambientes de menor luminosidade (Serpa *et al.*, 2022). Por outro lado, no ambiente aberto, frutos mais largos podem estar associados a maior investimento energético nas paredes do fruto ou em suas estruturas internas, favorecido potencialmente pelas condições ambientais mais favoráveis (Cândido-Ribeiro *et al.*, 2019; Sander *et al.*, 2020). Esse comportamento oposto entre comprimento e largura sugere plasticidade morfológica da espécie frente às condições contrastantes (Henderson, 2002).

Um resultado interessante foi a massa dos frutos entre os ambientes aberto e fechado. A massa dos frutos apresentou a maior discrepância estatística, com valores muito superiores no ambiente fechado, embora acompanhados de grande variabilidade entre os frutos da amostra. Esse padrão pode indicar que indivíduos em ambientes sombreados produzem menos frutos, mas investem mais massa em cada unidade, ou que poucos frutos excepcionalmente pesados aumentam a média daquele ambiente (Sander *et al.*, 2020). Ainda, esse padrão pode indicar que, embora as palmeiras em ambiente fechado produzam menos frutos, elas podem investir mais massa por fruto, talvez como uma estratégia compensatória em ambientes menos

favoráveis quanto à luminosidade, por exemplo (Ramírez et al., 2024; Sander et al., 2020). Em conjunto, os resultados apontam para estratégias reprodutivas distintas entre ambientes, evidenciando que *Syagrus romanzoffiana* ajusta quantidade, forma e massa dos frutos em resposta às condições microambientais (Rômulo et al., 2022; Sander et al., 2020).

6.2. ESTRATÉGIAS FUNCIONAIS DE FRUTOS EM AMBIENTES CONTRASTANTES

A Análise de Componentes Principais (PCA) revelou que a variação morfológica dos frutos de *Syagrus romanzoffiana* é estruturada por diferentes dimensões funcionais. O PC1, fortemente associado ao comprimento e à largura, representa a variação das dimensões lineares, enquanto o PC2, correlacionado principalmente à massa, reflete uma dimensão relativamente independente. A distribuição das amostras mostrou diferenciação entre frutos dos ambientes aberto e fechado, com tendência de agrupamento conforme o tipo de ambiente, embora haja alguma sobreposição. Esse padrão indica que, além das diferenças médias significativas em comprimento, largura e massa, existe variabilidade individual dentro de cada ambiente, possivelmente relacionada a fatores microambientais e à intensidade de predação (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Sander et al., 2020).

Corroborando os padrões observados na análise morfométrica, a PCA evidencia que a plasticidade morfológica da espécie permite respostas específicas às condições locais (Begnini et al., 2013; Cândido-Ribeiro et al., 2019). Frutos mais longos e pesados, típicos do ambiente fechado, e frutos mais largos, característicos do ambiente aberto, refletem ajustes funcionais em resposta à disponibilidade de luz e recursos, enquanto a massa mais elevada nos frutos do ambiente fechado representa um investimento estratégico por unidade de fruto (Sander et al., 2020; Serpa et al., 2022; Ramírez et al., 2024).

Além disso, a dispersão observada sugere que a variabilidade individual, mesmo dentro de cada ambiente, contribui de forma relevante para a morfologia geral dos frutos (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Matos et al., 2014; Serpa et al., 2022). Esse comportamento evidencia uma estratégia adaptativa que combina flexibilidade morfológica e estabilidade funcional, permitindo que *S. romanzoffiana* mantenha sucesso reprodutivo em ambientes contrastantes e fragmentados (Henderson, 2002; Zona & Henderson, 1989; Rômulo et al., 2022).

6.3. PRODUÇÃO E ACUMULAÇÃO DE FRUTOS

Os resultados mostraram que o ambiente aberto apresentou maior quantidade total de

frutos acumulados sob as palmeiras, indicando maior produtividade ou maior retenção de frutos nessas áreas. Esse padrão é amplamente consistente com o que a literatura descreve para palmeiras tropicais expostas a maior incidência luminosa, que tendem a apresentar maior alocação de carbono para a reprodução devido ao incremento da taxa fotossintética e à menor limitação energética em comparação com indivíduos de sub-bosque (Rômulo *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2023). Estudos com palmeiras tropicais demonstram que a produção de cachos e a maturação dos frutos são frequentemente superiores em bordas, clareiras e áreas abertas, onde a luminosidade é mais intensa e menos variável (Campos *et al.*, 2023; Cerqueira *et al.*, 2021).

Além do efeito da luz, outros fatores estruturais podem contribuir para a maior produção observada no ambiente aberto (Li *et al.*, 2023; Rômulo *et al.*, 2022). Indivíduos isolados ou expostos costumam desenvolver copas mais amplas e maior número de infrutescências, beneficiando-se da menor competição por luz e da maior capacidade de interceptação de radiação solar (Wright *et al.*, 2010). Já em ambientes fechados, o sombreamento intenso e a competição vertical (característicos de sub-bosques densos) tendem a reduzir a alocação para estruturas reprodutivas, desviando recursos para o crescimento vegetativo e manutenção fisiológica (Wright *et al.*, 2010). Estudos com outras palmeiras da Mata Atlântica e do Cerrado reforçam que a limitação de luz é um dos principais reguladores da produção de frutos em *Arecaceae* (Serpa *et al.*, 2022; Matos *et al.*, 2014).

Do ponto de vista ecológico, a maior disponibilidade de frutos no ambiente aberto pode influenciar processos associados, ainda que no presente estudo a taxa de predação não tenha diferido entre os ambientes. Em muitos sistemas tropicais, grandes concentrações de frutos aumentam a probabilidade de detecção por consumidores e podem atrair maior diversidade de frugívoros ou predadores (Queenborough *et al.*, 2012). Embora tal efeito não tenha sido observado de forma clara aqui, a literatura sugere que aumentos de produtividade podem alterar padrões locais de forrageamento, o que torna relevante considerar essa possibilidade em estudos de longo prazo (Morellato *et al.*, 1990).

De forma integrada, os resultados indicam que o ambiente aberto oferece condições mais favoráveis à produção e ao acúmulo de frutos, mas que esse aumento de produtividade não implica necessariamente diferenças subsequentes na predação (Campos *et al.*, 2023; Cerqueira *et al.*, 2021). Esse descompasso — alta produção, porém respostas variáveis em processos pós-dispersão — é documentado para palmeiras generalistas em contextos de borda, fragmentação e urbanização (Cerqueira *et al.*, 2021). Assim, embora o ambiente aberto represente um aumento do aporte de recursos para a fauna, seus efeitos sobre o sucesso reprodutivo e o recrutamento da espécie podem depender de outros fatores, como integridade da comunidade de predadores, microclima e dinâmicas de germinação e estabelecimento

(Morellato *et al.*, 1990; Serpa *et al.*, 2022).

6.4. PREDACÃO DE FRUTOS

Os resultados mostram que as taxas de predação de frutos de *S. romanzoffiana* não diferem estatisticamente entre os ambientes aberto e fechado. Esse achado contraria a hipótese inicial de maior predação no ambiente aberto, especialmente diante do maior acúmulo de frutos registrado nesse tipo de área, e revela que o processo pode ser regulado por mecanismos menos intuitivos do que a simples relação entre abundância de recursos e pressão de consumo.

Uma interpretação possível é a ocorrência de mecanismos compensatórios relacionados à densidade de recursos (Pianka, 1974; Krebs, 1972). Mesmo que palmeiras em áreas abertas produzam mais frutos, predadores podem ajustar seu comportamento de forrageamento de maneira que a probabilidade individual de um fruto sofrer predação permaneça estável entre ambientes (Jordano, 2000; Da Silva *et al.*, 2012). Esse padrão pode emergir por saturação (quando predadores não conseguem consumir todos os frutos disponíveis) ou por redistribuição do esforço forrageador diante da elevada oferta (Pianka, 1974; Krebs, 1972). Assim, a diferença na quantidade total de frutos não necessariamente se converte em diferença proporcional de predação.

Outra explicação plausível é a semelhança funcional da comunidade consumidora nos dois ambientes. Em fragmentos pequenos ou áreas antropizadas, predadores generalistas tendem a ocupar tanto bordas quanto interiores próximos, o que reduz contrastes espaciais na pressão de consumo (Dirzo *et al.*, 2014; Galetti & Dirzo, 2013; Mendes, 2014). Dessa forma, mesmo com diferenças estruturais no habitat, a fauna responsável pelos danos pode atuar de maneira comparável nos dois contextos estudados (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017).

Também é importante considerar aspectos metodológicos. A ausência de diferença estatística pode refletir amostras pequenas, alta variabilidade interna ou um efeito real moderado, difícil de detectar com o poder estatístico disponível (Cohen, 2013). Além disso, a coleta pode ter captado apenas parte do ciclo fenológico, não registrando picos ou quedas sazonais de predação conhecidos para palmeiras tropicais (Howe & Smallwood, 1982).

Além disso, predadores podem apresentar seleção por atributos do fruto, como tamanho, massa ou estágio de maturação, o que pode gerar taxas de predação semelhantes entre ambientes caso essas características estejam igualmente distribuídas (Galetti *et al.*, 2013). Esse tipo de seletividade pode “homogeneizar” a predação mesmo quando a abundância total difere (Dirzo *et al.*, 2014).

Do ponto de vista funcional, esse padrão indica que o potencial de recrutamento não

depende apenas da produção de frutos, mas das interações entre abundância, seletividade dos predadores, taxa de escape e condições de estabelecimento (Morellato et al., 1990). Em termos absolutos, ambientes abertos ainda podem liberar maior número de sementes intactas simplesmente por produzirem mais frutos, porém esse efeito só será confirmado com as análises de germinação e viabilidade (Mendes, 2014).

Em síntese, a ausência de diferença estatística entre ambientes reflete um cenário ecológico complexo, no qual fatores comportamentais, estruturais e metodológicos interagem. O padrão encontrado (similaridade nas taxas proporcionais de predação entre os ambientes aberto e fechado, mesmo com maior produção de frutos no aberto) sugere que o processo de predação em *S. romanzoffiana* pode ser governado mais por dinâmicas finas de densidade, micro-habitat e composição funcional da fauna do que pela simples dicotomia entre ambientes abertos e fechados. Estudos futuros poderiam incluir análises complementares para testar a influência de variáveis morfométricas e oscilações sazonais na predação de frutos

6.5 INFLUÊNCIA ESPACIAL SOBRE A PREDACÃO E ESTRUTURA DAS PALMEIRAS

A ausência de autocorrelação espacial na predação de frutos é consistente com estudos que indicam que, em sistemas fragmentados ou urbanizados, a predação tende a ocorrer de forma independente da posição espacial das plantas, sendo mais influenciada por características individuais da planta ou por microhabitats específicos (Schupp *et al.*, 2010; Paiva *et al.*, 2020; Fleury & Galetti, 2004).

O efeito significativo do diâmetro da copa sobre predação e proporção de frutos intactos pode confirmar a importância da estrutura física da palmeira como mecanismo de proteção (Howe & Smallwood, 1982; Fleming & Kress, 2019; Xiao *et al.*, 2017). Copas mais largas podem criar barreiras físicas contra predadores ou proporcionar microclimas que reduzem a atratividade ou eficiência de predadores, fenômeno já descrito em estudos de ecologia de dispersão e predação de frutos (Howe & Smallwood, 1982; Fleming & Kress, 2019). Esse padrão sugere que a conservação ou manejo de palmeiras com copas mais desenvolvidas pode ser relevante para a manutenção da regeneração natural e dispersão de sementes (Howe & Smallwood, 1982)

As análises de GWR mostraram pouca variação local nos coeficientes, indicando que não existem regiões com diferenças significativas na relação entre atributos morfológicos e predação. Tal resultado reforça que fatores espaciais em escala de fragmento são menos importantes do que atributos individuais da planta (Paiva *et al.*, 2020). Esse achado dialoga

com estudos que apontam que, embora a distribuição espacial de plantas e frugívoros possa influenciar interações planta-animal, atributos morfológicos e fenológicos frequentemente têm efeito mais direto sobre a predação (Jordano et al., 1995).

Os mapas de interpolação e de distribuição fornecem suporte visual aos resultados quantitativos, mostrando que não há padrões espaciais evidentes de predação, e que a variação entre ambientes Aberto e Fechado é mais perceptível na estrutura das palmeiras do que na proporção de frutos predados. Esse contraste entre estrutura e predação sugere que, embora o ambiente possa afetar o crescimento e densidade das palmeiras, os predadores de frutos respondem mais às características individuais das palmeiras do que à configuração espacial ou tipo de ambiente (Xiao *et al.*, 2017; Mendes *et al.*, 2014).

Em resumo, os resultados indicam que a proteção física proporcionada pela copa é um fator-chave na predação de frutos, enquanto a posição espacial e o tipo de ambiente apresentam efeito limitado (Dirzo *et al.*, 2014; Xiao *et al.*, 2017). Esses achados corroboram a literatura sobre ecologia de interações planta-animal, reforçando a relevância de atributos morfológicos individuais para funções ecossistêmicas como dispersão e sobrevivência de sementes (Fleming & Kress, 2019; Paiva *et al.*, 2020).

6.6. IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS E DE CONSERVAÇÃO

A ausência de diferença na predação de frutos entre ambientes abertos e fechados indica que os processos ecológicos associados ao consumo e à remoção de sementes de *Syagrus romanzoffiana* permanecem funcionando de forma similar ao longo da paisagem. Esse padrão sugere uma relativa resiliência funcional da comunidade de predadores, mesmo diante de diferenças estruturais entre os ambientes (Galetti & Dirzo, 2013; Culot *et al.*, 2017).

O fato de a predação permanecer estável sugere que predadores generalistas, como pequenos mamíferos e invertebrados, persistem mesmo em áreas parcialmente abertas, garantindo a continuidade de etapas essenciais do ciclo reprodutivo da palmeira (Galfrascoli et al., 2023; Chen et al., 2017). Mosaicos urbano-florestais que mantêm micro-habitats variados e oferta contínua de frutos podem sustentar interações ecológicas fundamentais, mesmo em paisagens antropizadas (Galfrascoli et al., 2023).

O monitoramento da germinação, embora limitado ao período experimental, evidencia que possivelmente as sementes de *S. romanzoffiana* apresentam dormência prolongada, característica comum em palmeiras e importante para evitar germinação sob condições desfavoráveis (Baskin & Baskin, 2014; Lorenzi *et al.*, 2010). Futuros estudos com períodos mais longos poderão avaliar a germinação efetiva e os efeitos de microclima ou

tratamentos de quebra de dormência.

6.7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A interpretação dos resultados deve considerar algumas limitações inerentes ao desenho amostral e às metodologias empregadas. Uma das principais limitações refere-se à ausência de registro direto dos predadores, dado que a identificação dos danos foi baseada exclusivamente na avaliação posterior dos frutos coletados. Predadores noturnos, críticos ou de difícil detecção podem ter passado despercebidos, o que limita inferências sobre a composição completa da guilda de consumidores.

O período de coleta relativamente curto também pode não ter captado flutuações temporais na oferta de frutos, na atividade dos predadores ou em eventos climáticos que influenciam o consumo e o recrutamento. Além disso, o monitoramento da germinação foi conduzido por quatro meses e não resultou em germinação das sementes, o que limita a avaliação do potencial germinativo de *S. romanzoffiana* neste estudo, considerando que a espécie provavelmente apresenta dormência natural prolongada.

Por fim, o estudo concentrou-se em variáveis morfométricas, dano e germinação, sem incluir medições diretas de microclima, luminosidade ou avaliação experimental da oferta de frutos. Essas limitações não invalidam os padrões observados, mas indicam que as conclusões devem ser interpretadas com cautela, especialmente no que diz respeito à determinação dos mecanismos exatos que explicam as diferenças de produção de frutos entre ambientes.

7. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo permitem compreender de forma integrada como características morfológicas, produção de frutos e a predação moldam a dinâmica populacional de *S. romanzoffiana*, indicando que a espécie apresenta diferenças funcionais em comprimento, largura e massa dos frutos entre ambientes aberto e fechado, refletindo plasticidade adaptativa às condições microambientais (Zona & Henderson, 1989; Henderson, 2002).

A maior produção de frutos observada em ambientes abertos evidencia o papel da luminosidade e de condições fisiológicas favoráveis na reprodução de palmeiras heliófilas, corroborando padrões previamente descritos para outras espécies do gênero (Scariot *et al.*, 1991). A equivalência na predação entre ambientes, apesar da diferença na disponibilidade de frutos, indica que predadores generalistas, capazes de explorar recursos de forma ampla, exercem pressão uniforme sobre a população, mantendo um equilíbrio funcional essencial para

o ciclo reprodutivo da espécie (Wright *et al.*, 2000; Brewer & Rejmánek, 1999).

A ausência de germinação durante o período experimental reforça que a latência é uma estratégia adaptativa importante em *S. romanzoffiana*, permitindo que sementes evitem a emergência em condições desfavoráveis e contribuam para a persistência da espécie ao longo do tempo (Henderson, 2002; Zona & Henderson, 1989). Essa dormência prolongada destaca a importância de considerar períodos de monitoramento mais longos e estratégias experimentais que simulem variações microambientais reais para avaliar adequadamente o potencial de recrutamento (Baskin & Baskin, 2014; Lorenzi *et al.*, 2010).

Em termos de conservação, os achados indicam que mosaicos urbano-florestais que preservam fragmentos conectados, micro-habitats variados e oferta contínua de frutos podem manter parcialmente interações ecológicas essenciais, como dispersão e predação de sementes, embora a intensidade e qualidade dessas interações possam variar conforme a configuração da paisagem e a composição da fauna local (Almeida-Neto & Ulrich, 2011; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017). Fragmentos conectados, micro-habitats variados e oferta contínua de recursos parecem suficientes para manter predadores e permitir o recrutamento inicial da espécie, evidenciando que estratégias de manejo que preservem heterogeneidade estrutural e conectividade podem favorecer a regeneração natural e a manutenção da fauna associada (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017; Fahrig, 2017).

Integrando morfologia, produção de frutos, predação e dormência, observa-se que a regeneração de *S. romanzoffiana* envolve trade-offs ecológicos complexos. A espécie demonstra potencial de robustez funcional em ambientes fragmentados e antropizados, especialmente quando há manutenção de micro-habitats, conectividade entre fragmentos e presença de predadores e dispersores funcionais (Galetti *et al.*, 2013; Almeida-Neto & Ulrich, 2011). No entanto, essa persistência depende de condições específicas da paisagem, e fatores como perda de fauna dispersora ou alterações extremas do habitat podem comprometer a efetividade de processos como dispersão, predação e recrutamento (Dirzo *et al.*, 2014; Galetti & Dirzo, 2013). Essas evidências fornecem subsídios importantes para orientar práticas de restauração ecológica, manejo de espécies-chave e manutenção de serviços ecológicos em ecossistemas tropicais fragmentados (Fahrig, 2017).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-NETO, M.; ULRICH, W. A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, p. 173–178, 2011.

ALMEIDA, E. P. C.; ZARONI, M. J. Latossolos Vermelho-Amarelos. **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos>. Acesso em: 17 ago. 2025.

ALMEIDA, E. P. C.; ZARONI, M. J. Argissolos Vermelhos. **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-vermelhos>. Acesso em: 17 ago. 2025.

AMADEU, L. SN; SAMPAIO, M. B.; DOS SANTOS, F. AM. Influence of light and plant size on the reproduction and growth of small palm tree species: Comparing two methods for measuring canopy openness. **American journal of botany**, v. 103, n. 9, p. 1678-1686, 2016.

ANDREAZZI, C. S.; PIRES, A.; FERNANDEZ, F. AS. Mamíferos e palmeiras neotropicais: interações em paisagens fragmentadas. **Oecologia brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 554-574, 2009.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V. et al. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes. **Biological Reviews**, v. 92, p. 326–340, 2017.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. **Academic Press**, 2000.

BEGNINI, R. O Jerivá - *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) - fenologia e interações com a fauna no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/132887/20081-RomualdoBegnini.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BEGNINI, R.; RIBEIRO DA SILVA, F.; TARABINI CASTELLANI, T. **Fenologia reprodutiva de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) em Floresta Atlântica no sul do Brasil.** 2013.

BELLO, C. et al. Defaunation affects carbon storage in tropical forests. **Science advances**, v. 1, n. 11, p. e1501105, 2015.

BONDAR, Gregório Gregorievitch. Notas entomológicas da Bahia. **Revista de Entomologia**, 1937.

BRANCALION, P. H. S. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados.** 2012.

BRANCALION, P. H. S.; HOLL, K. D. Guidance for successful tree planting initiatives. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 12, p. 2349-2361, 2020.

BRANCALION, P. HS et al. Are we misinterpreting seed predation in palms?. **Biotropica**, p. 12-14, 2011.

BRANCALION, P. HS; CHAZDON, R. L. Beyond hectares: four principles to guide reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 4, p. 491-496, 2017.

BRANCALION, P. H. S. et al. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science advances**, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 2019.

BRANCALION, P. H. S. et al. What makes ecosystem restoration expensive? A systematic cost assessment of projects in Brazil. **Biological Conservation**, v. 240, p. 108274, 2019.

BREWER, S. W.; REJMÁNEK, M. Small rodents as significant dispersers of tree seeds in a Neotropical forest. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 2, p. 165-174, 1999.

BROKAW, N. V. L. Gap-phase regeneration in a tropical forest. **Ecology**, v. 66, n. 3, p. 682-687, 1985.

CAMPOS, T. S. et al. Aspectos biométricos dos frutos e diásporos de *Mauritia flexuosa*

provenientes do Cerrado brasileiro. **Ciência Florestal**, v. 33, p. e66896, 2023.

CANDIDO-RIBEIRO, R. et al. Distinct seeds in contrasting habitats: Morphological and reproductive responses in *Butia eriospatha* to new environmental conditions. **Acta Oecologica**, v. 99, p. 103447, 2019.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras: volume 2: Jerivá. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140835/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-2-Jeriva.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CASCANTE, A.; QUESADA, M.; LOBO, J. A.; FUCHS, E. Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree *Samanea saman*. **Conservation biology**, v. 16, n. 1, p. 137-147, 2002.

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; DIRZO, R. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 114, n. 30, p. E6089-E6096, 2017.

CERQUEIRA, A. F. et al. Habitat loss and canopy openness mediate leaf trait plasticity of an endangered palm in the Brazilian Atlantic Forest. **Oecologia**, v. 196, n. 3, p. 619-631, 2021.

CHAZDON, R. L. et al. The potential for species conservation in tropical secondary forests. **Conservation Biology**, v. 23, n. 6, p. 1406-1417, 2009.

CHAZDON, R. **Tropical forest regeneration**. 2012.

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

CHEN, Q. et al. Effects of fragmentation on the seed predation and dispersal by rodents differ among species with different seed size. **Integrative Zoology**, v. 12, p. 468–476, 2017.

CLARK, D. B.; CLARK, D. A.; READ, J. M. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. **Journal of ecology**, v. 86, n. 1, p.

101-112, 1998.

CLIMATEMPO. Climatologia – Buri (SP). Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/413/buri-sp>. Acesso em 16 ago. 2025.

COHEN, Jacob. Statistical power analysis for the behavioral sciences. **routledge**, 2013.

COLLINS, Cathy D. et al. Fragmentation affects plant community composition over time. **Ecography**, v. 40, n. 1, p. 119-130, 2017.

COMITA, L. S. et al. Testing predictions of the Janzen–Connell hypothesis: a meta-analysis of experimental evidence for distance- and density-dependent seed and seedling survival. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 4, p. 845-856, 2014.

CONNELL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. **Dynamics of populations**, v. 298, n. 312, p. 1-610, 1971.

CONNELL, J. H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs: high diversity of trees and corals is maintained only in a nonequilibrium state. **Science**, v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978.

CORNELISSEN, J. HC et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.

CÔRTEZ, M. C.; URIARTE, M. Integrating frugivory and animal movement: a review of the evidence and implications for scaling seed dispersal. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 255-272, 2013.

CROUZEILLES, R. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, n. 11, e1701345, 2017.

CULOT, L. et al. Synergistic effects of seed disperser and predator loss on recruitment success and long-term consequences for carbon stocks in tropical rainforests. **Scientific Reports**, v. 7,

n. 1, p. 7662, 2017.

DA SILVA, F. R. et al. Predação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) por insetos na Ilha de Santa Catarina, SC. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 681-683, 2007.

DA SILVA, F. R. et al. Temporal variation in seed predation by insects in a population of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) in Santa Catarina Island, SC, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 1, p. 17-21, 2012.

DALLING, J. W. et al. Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 714–727, 2002.

DÍAZ, S. *et al.* Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. **Ecology and Evolution**, v. 3, n. 9, p. 2958–2975, 2013.

DIRZO, R. et al. Defaunation in the Anthropocene. **Science**, v. 345, p. 401–406, 2014.

DRACXLER, C. M.; PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. AS. Invertebrate seed predators are not all the same: seed predation by bruchine and scolytine beetles affects palm recruitment in different ways. **Biotropica**, v. 43, n. 1, p. 8-11, 2011.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J.; HARLEY, M. M.; LEWIS, C. E. Genera Palmarum: The Evolution and Classification of Palms. Kew: **Royal Botanic Gardens**, Kew, 744 p., 2008.

ESPINOSA DEL ALBA, C. et al. Functional trade-offs and ecological correlates of seed oil traits in alpine ecosystems. **Plant Biology**, 2025

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Continuous response functions for quantifying the strength of edge effects. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p. 527–536, 2006.

FAHRIG, L. Ecological responses to habitat fragmentation per se. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 48, p. 1–23, 2017.

- FENNER, M.; THOMPSON, K. The ecology of seeds. Cambridge: **Cambridge University Press**, 2005.
- FERNANDES, P. F. et al. Effects of defaunation of large seed dispersers, habitat loss and fragmentation on the population expansion of a tropical palm. **Landscape Ecology**, v. 40, n. 4, p. 1-16, 2025
- FERREIRA, V. N. **Distribuição espacial de indivíduos de Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman em fragmento florestal da Mata Atlântica**, São Luiz do Paraitinga-SP. 2007.
- FLEMING, T. H.; KRESS, W. J. The ornaments of life: coevolution and conservation in the tropics. **University of Chicago Press**, 2019.
- FLEURY, M. Efeito da fragmentação florestal na predação de sementes da palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) em florestas semidecíduas do Estado de São Paulo. **Escola Superior de Agricultura Luz de Queiroz**. Piracicaba, MSc diss, 2003.
- FLEURY, M.; GALETTI, M. Effects of microhabitat on palm seed predation in two forest fragments in southeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 26, n. 3, p. 179-184, 2004.
- FLEURY, M.; GALETTI, M. Forest fragment size and microhabitat effects on palm seed predation. **Biological Conservation**, v. 131, n. 1, p. 1-13, 2006.
- FORGET, P.-M. Post-dispersal predation and scatterhoarding of *Dipteryx panamensis* (Papilionaceae) seeds by rodents in Panama. **Oecologia**, v. 94, n. 2, p. 255-261, 1993.
- FORGET, P. M.; KITAJIMA, K.; FOSTER, R. B. Pre- and post-dispersal seed predation in *Tachigali versicolor* (Caesalpinaceae): effects of fruiting time and variation among trees. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, p. 61–81, 1999.
- FORGET, P.-M. et al. **Frugivores and seed dispersal (1985–2010); the ‘seeds’ dispersed, established and matured**. 2011.
- FRICKE, E. C. et al. Drivers and impacts of global seed disperser decline. **Nature Reviews Biodiversity**, p. 1-15, 2025

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2021–2022**. São Paulo, 2023.

GALETTI, M.; ALEIXO, A. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of applied ecology**, v. 35, n. 2, p. 286-293, 1998.

GALETTI, M.; DIRZO, R. Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. **Biological Conservation**, v. 163, p. 1–6, 2013.

GALETTI, M. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size (vol 340, pg 1086, 2013). **Science**, v. 342, n. 6164, p. 1316-1316, 2013.

GALETTI, M.; BOVENDORP, R. S.; GUEVARA, R. Defaunation of large mammals leads to an increase in seed predation in the Atlantic forests. **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 824–830, 2015.

GALFRASCOLI, G. M.; CALVIÑO, A. A.; CHIAPERO, A. L.; FENOGLIO, M. S. Living in an urban pod: seed predation and parasitism of bruchid beetles in a native tree species. **Ecological Entomology**, v. 48, n. 1, p. 31–39, 2023.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora-morphology, distribution, functional ecology of plants**, v. 204, n. 2, p. 131-145, 2009.

GIOMBINI, M. I.; BRAVO, S. P.; MARTINEZ, M. F. Seed dispersal of the palm *Syagrus romanzoffiana* by tapirs in the semi-deciduous Atlantic forest of Argentina. **Biotropica**, v. 41, n. 4, p. 408-413, 2009.

GUIMARÃES, P. R. et al. Interaction intimacy affects structure and coevolutionary dynamics in mutualistic networks. **Current Biology**, v. 17, p. 1797–1803, 2007.

GUIX, J. C.; RUIZ, X. Weevil larvae dispersal by guans in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 29, n. 4, p. 522–525, 1997.

- GUIX, J. C. Complex plant-disperser-pest interactions in NW Amazonia: beetle larvae and companions travelling inside *Attalea maripa* palm nuts. **Orsis**, v. 21, p. 83–90, 2006.
- GUIX, J. C.; RUIZ, X. Plant-disperser-pest evolutionary triads: how widespread are they? **Orsis**, v. 15, p. 121–126, 2000.
- HADDAD, N. M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.
- HARMS, K. E. et al. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. **Nature**, v. 404, n. 6777, p. 493–495, 2000.
- HARPER, John L. **Population biology of plants**. 1977.
- HENDERSON, A. *Evolution and Ecology of Palms*. New York: **NYBG Press**, 2002.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton: **Princeton University Press**, 1995.
- HOLL, K. D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, and microclimate. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.
- HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1558–1563, 2011.
- HOLL, Karen D. Restoring tropical forests from the bottom up. **Science**, v. 355, n. 6324, p. 455-456, 2017.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, p. 201–228, 1982.
- HUBBELL, S. P. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. In: *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. **Princeton University Press**, 2011.
- HULME, P. E. Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and

- evolution. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 1, n. 1, p. 32-46, 1998.
- JANZEN, D. H. Seed predation by animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 2, p. 465-492, 1971.
- JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 501-528, 1970.
- JANSEN, P. A.; BONGERS, F.; HEMERIK, L. Seed mass and mast seeding enhance dispersal by a neotropical scatter-hoarding rodent. **Ecological Monographs**, v. 74, n. 4, p. 569-589, 2004.
- JORDANO, P. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers: a comparative analysis of adaptation and constraints in plant-animal interactions. **The American Naturalist**, v. 145, n. 2, p. 163-191, 1995.
- JORDANO, P.; SCHUPP, E. W. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. **Ecological monographs**, v. 70, n. 4, p. 591-615, 2000.
- JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: GALLAGHER, R. S. (Ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. CABI, 2013
- KITAJIMA, K.; FENNER, M. Ecology of seedling regeneration. In: *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford UK: **CABI publishing**, p. 331-359, 2000.
- KREBS, C. J. Ecology: **The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. 1972.
- LAUMANN, P. D. et al. Germination traits explain the success of direct seeding restoration in the seasonal tropics of Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 529, p. 120706, 2023
- LAURANCE, W. F. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605–618, 2002.

- 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.
- LEBRIJA-TREJOS, E.; HERNÁNDEZ, A.; WRIGHT, S. J. Effects of moisture and density-dependent interactions on tropical tree diversity. **Nature**, v. 615, n. 7950, p. 100-104, 2023.
- LEVEY, D. J.; BYRNE, M. M. Complex ant-plant interactions: rain-forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators. **Ecology**, v. 74, n. 6, p. 1802-1812, 1993.
- LI, K. et al. Tree identity and canopy openness mediate oil palm biodiversity enrichment effects on insect herbivory and pollination. **Ecological Applications**, v. 33, n. 5, p. e2862, 2023.
- LORENZI, H. **Plantas Brasileiras: Arecaceae (Palmeiras)**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.
- LORENZI, H. et al. **Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)**. 2010.
- MAMEDE-COSTA, A. C.; GODOI, S. Consumption of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) fruits by black lion tamarins (*Leontopithecus chrysopygus*) in south-eastern Brazil. **Mammalia**, Paris, v. 62, n. 2, p. 310–313, 1998.
- MAPBIOMAS. **Cobertura e uso do solo** — Plataforma MapBiomass. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage/coverage_lclu. Acesso em: 10 out. 2025.
- MARIANO, V.; CHRISTIANINI, A. V. Reproductive phenology, seed removal and early regeneration in relation to distance from parental plants of a native palm in small Atlantic forest fragments. **Acta Botanica Brasílica**, v. 30, n. 02, p. 176-182, 2016.
- MATOS, F. S. et al. Variação biométrica de diásporos de buriti (*Mauritia flexuosa* Lf-Arecaceae) em veredas em diferentes estágios de conservação. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 833-842, 2014.
- MELO, F. PL et al. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. **Trends in**

ecology & evolution, v. 28, n. 8, p. 462-468, 2013.

MENDES, C. P. **Patch size, shape and edge distance influences seed predation in a keystone palm in tropical rainforests**. 2014.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Seed size and plant strategy across the whole life cycle. **Oikos**, v. 113, n. 1, p. 91–105, 2006.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 372–383, 2004.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, n. 1, p. 163–173, 1990.

MORELLATO, L. P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016.

MULLER-LANDAU, H. C. The tolerance–fecundity trade-off and the maintenance of diversity in seed size. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 9, p. 4242-4247, 2010.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H. C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, n. 7, p. 278–285, 2000.

PAIVA, I. G. et al. Differences in the insect fauna associated to a monocultural pasture and a silvopasture in Southeastern Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 12112, 2020.

PEDRONI, F.; BEGNINI, R. M.; SILVA, F. R. da. Seed dispersal and predation of *Buchenavia tomentosa* Eichler. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 3, p. 473–480, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/5vsd4wFyjjG3smFmfLnQWKm/?format=pdf>. Acesso em: 10 mar. 2025.

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.

PERES, C. A. Composition, density, and fruiting phenology of arborescent palms in an Amazonian terra firme forest. **Biotropica**, p. 285-294, 1994.

PIANKA, E. R. **Ecologia evolutiva**. Nova York: Harper and Row, 1974.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BURI. **Dados gerais**. Buri, SP: Prefeitura Municipal, 2025. Disponível em: <https://www.buri.sp.gov.br/pagina/2/dados-gerais>. Acesso em: 5 set. 2025.

QUEENBOROUGH, S. A. et al. Palms, peccaries and perturbations: widespread effects of small-scale disturbance in tropical forests. **BMC ecology**, v. 12, n. 1, p. 3, 2012.

RAMÍREZ, N.; BRICEÑO, H. Allometry and the distribution of fruit and seed traits across tropical plant species. **Austral Ecology**, v. 49, n. 9, p. e13589, 2024.

REID, J. L.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed dispersal limitations shift over time in tropical forest restoration. **Ecological Applications**, v. 24, p. 1072–1082, 2015.

RODRIGUES, R. R. ET AL. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1605-1613, 2011.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; BRANCALION, P. H. S. **Restauração florestal**. Oficina de Textos, 2015.

ROMULO, C. L. et al. *Mauritia flexuosa* fruit production increases with increasing palm height in the Peruvian Amazon. **Plants, People, Planet**, v. 4, n. 6, p. 599-604, 2022.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/2017/11/MAPA-PEDOLOGICO_SP_ROSSI_2017.pdf. Acesso em: 02 set. 2025.

ROTHER, D. C.; ROMANELLI, J. P.; RODRIGUES, R. R. Historical trajectory of restoration

- practice and science across the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 31, n. 8, p. e14041, 2023.
- SANDER, N. L. et al. The influence of environmental features on the morphometric variation in *Mauritia flexuosa* Lf fruits and seeds. **Plants**, v. 9, n. 10, p. 1304, 2020.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Estação Experimental de Buri**. São Paulo: Instituto Florestal, [s.d.]. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/areas-protegidas/estacoes-experimentais/buri/>. Acesso em: 5 set. 2025.
- SCARIOT, A. O.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, p. 12-22, 1991.
- SCHUPP, E. W.; FUENTES, M. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. **Écoscience**, v. 2, n.3, p. 267–275, 1995.
- SCHUPP, E. W.; JORDANO, P.; GÓMEZ, J. M. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **New Phytologist**, v. 188, n.2, p. 333–353, 2010.
- SER – SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration – Second Edition**. Washington, D.C.: SER, 2019.
- SERPA, R. L. P. et al. **Biometry of infructescence, fruits and seeds of *Mauritia flexuosa* L. f.(Arecaceae) in veredas of the southern of Goiás**. 2022.
- SILVA, J. L. A. et al. Topography imposes an abiotic filter on tree growth in restored areas. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 35, n. 4, p. 363-377, 2023
- SVENNING, J. C. A review of natural vegetation openness in north-western Europe. **Biological Conservation**, v. 104, n. 2, p. 133-148, 2002.
- TABARELLI, M.; LOPES, A. V.; PERES, C. A. Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. **Biotropica**, v. 40, n. 6, p. 657-661, 2008.

TABARELLI, M.; PERES, C. A.; MELO, F. P. L. The ‘few winners and many losers’ paradigm revisited: emerging prospects for tropical forest biodiversity. **Biological Conservation**, v. 155, p. 136-140, 2012.

TERBORGH, J. et al. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. **Science**, v. 294, n. 5548, p. 1923-1926, 2001.

TOMLINSON, P. B. The uniqueness of palms. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 151, n.1, p. 5–14, 2006.

TOPGRAPHIC-MAP.COM. **Buri topographic map, elevation, terrain**. 2024. Disponível em: <https://en-us.topographic-map.com/map-7hb3l/Buri/>. Acesso em: 1 set. 2025.

TRIAY-LIMONTA, O. et al. Knowledge Gaps on the Effectiveness of Seed Dispersal by Mammals and the Effect of Human Disturbances: A Review. **Diversity**, v. 16, n. 12, p. 780, 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). **Projeto Caatinga: Fenologia**. 2017. Disponível em: <https://projetoCaatinga.ufersa.edu.br/conhecendo-fenologia/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

VASQUEZ, A. M. P. et al. Seed rain variation across a tropical humid forest chronosequence. **Plant Ecology**, p. 1-13, 2025

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of ecology and Systematics**, p. 69-87, 1993.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests. **Restoration Ecology**, v. 14, n.1, p. 11–20, 2006.

VIOLLE, Cyrille et al. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

WANG, B. C.; SMITH, T. B. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology &**

Evolution, v. 17, n. 8, p. 379–386, 2002.

WEATHERSPARK. **Clima característico em Buri, São Paulo, Brasil durante o ano.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30060/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Buri-S%C3%A3o-Paulo-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 2 set. 2025.

WESTOBY, M.; FALSTER, D.; MOLES, A.; VESK, P.; WRIGHT, I. Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n.1, p. 125–159, 2002.

WRIGHT, S. Joseph. The future of tropical forests. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1195, n. 1, p. 1-27, 2010.

WWF-BRASIL. **Mata Atlântica.** Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/biomas/mata_atlantica/. Acesso em: 10 mar. 2025.

WWF-BRASIL. **Bioma Cerrado,** 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?74962/Bioma-Cerrado>. Acesso em: 10 mar. 2025.

XIAO, Z. et al. Seed–predator satiation and Janzen–Connell effects vary with spatial scales for seed-feeding insects. **Annals of Botany**, v. 119, n. 1, p. 109-116, 2017.

ZIMMERMANN, T. G.; BEGNINI, R. M.; SILVA, F. R. *Syagrus romanzoffiana* – Jerivá. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2009. Disponível em: <https://www.sqn115.com.br/especies/syagrus-romanzoffiana.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ZONA, S.; HENDERSON, A. A review of animal-mediated seed dispersal of palms. **Selbyana**, p. 6-21, 1989.