



PPGCAM

Programa de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais/UFMA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

MATHEUS DA SILVA OLIVEIRA

**MANEJO DE SEMENTES POR *Dinoponera gigantea* (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM UMA ÁREA DE CERRADO NO NORDESTE DO BRASIL**

Chapadinha-Ma

2025

MATHEUS DA SILVA OLIVEIRA

**Manejo de sementes por *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera: Formicidae) em uma
área de Cerrado no Nordeste do Brasil**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários à qualificação.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Naturais.

Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Desenvolvimento sustentável.

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo Rodrigues Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Edison Fernandes da Silva

Chapadinha-Ma

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

da Silva Oliveira, Matheus.

Manejo de sementes por *Dinoponera gigantea* Hymenoptera:
Formicidae em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil /
Matheus da Silva Oliveira. - 2025.

72 f.

Coorientador(a) 1: Edison Fernandes da Silva.

Orientador(a): Ricardo Rodrigues dos Santos.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais/ccch, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha-ma, 2025.

1. Conservação. 2. Cerrado Maranhense. 3.
Mirmecocoria. 4. Interações Ecológicas. I. Fernandes da
Silva, Edison. II. Rodrigues dos Santos, Ricardo. III.
Título.

MATHEUS DA SILVA OLIVEIRA

Manejo de sementes por *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários à qualificação.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Naturais.

Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Desenvolvimento sustentável.

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo Rodrigues Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Edison Fernandes da Silva

Aprovada em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.(a) Dr.(a) (Orientador ou coorientador)
Filiação

Examinador 1 (interno)
Filiação

Examinador 2 (externo)
Filiação

Chapadinha-Ma

2025

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, por ter me permitido viver e desfrutar de cada etapa de minha vida até aqui, inclusive deste tão sonhado momento. Às minhas queridas: minha mãe, Ildete Carvalho da Silva, avó, Maria de Carvalho da Silva, tia, América Maria Gomes Carvalho e minha querida irmã Gerly da Silva Oliveira. Além de meu falecido pai, Antonio Fernandes Oliveira, e minha falecida mãe de criação Gracilda, que infelizmente não podem estar presentes nesse momento, no entanto contribuíram grandemente para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu bom Deus, pela oportunidade de estar vivendo este momento tão importante e único em minha vida. Agradeço pela saúde, sabedoria e força de vontade a mim concedida, e pelo acompanhamento em cada etapa de minha jornada até este presente momento.

Dedico um agradecimento especial a minha mãe e minha vó por serem figuras de extrema importância na minha vida pessoal e acadêmica, por todo o apoio e amor que ambas sempre tiveram e têm por mim. Ao meu falecido pai que enquanto presente sempre me apoiou e participou de minha vida com ativo amor e companheirismo. Agradeço a minha falecida mãe de criação Gracinda, pela grande participação em minha formação como ser social, e por todo o seu amor e cuidados durante o período em que passamos juntos.

Agradeço a minha tia que sempre me ajudou e esteve comigo se tornando basicamente outra mãe para mim. A minha irmã que constantemente me apoiou em momentos difíceis e me motivou em minha carreira acadêmica.

Especialmente também quero agradecer a meus amigos Genilson, Ronaldo e John que tive o prazer de conhecer ao longo de minha graduação e que sempre foram companheiros e me auxiliaram quando possível. Além de amigos de infância como Rony, Samuel, André, Antoniel, Ricardo, Felipe, Aurélio e Emerson pelo companheirismo. Ao laboratório de investigação entomológica pela colaboração e apoio neste trabalho.

Dedico agradecimentos ao meu orientador, Professor Ricardo Rodrigues e coorientador Edison Fernandes pela ajuda na realização deste trabalho, pela paciência e disponibilidade na minha vida acadêmica, os mesmos além de serem grandes professores, se tornaram amigos que levarei para a vida toda.

E por fim agradeço a mim mesmo por não me deixar abater nós momentos de dificuldade, e por buscar dar sempre o meu melhor em tudo o que faço.

RESUMO

O manejo de frutos e sementes por formigas envolve uma série de etapas que vão desde a coleta, manuseio, uso até a destinação desses recursos. O estudo das interações entre *Dinoponera gigantea* e sementes auxilia na compreensão das funções ecológicas desempenhadas por essa espécie no ambiente do Cerrado. Este trabalho avaliou o processo de coleta, transporte e destino das sementes utilizadas por *D. gigantea*, e a influência dessa interação na germinação de sementes em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil. Para investigar a coleta e dispersão foram disponibilizados diásporos de *Davilla nitida* e *Palicourea hoffmannseggiana*, com e sem elaiossomo, ao longo de 10 estações de coleta no entorno de ninhos e trilhas de forrageio. Para avaliar o efeito da manipulação das sementes na germinação foram conduzidos três tratamentos em condições controladas (270 sementes): sementes coletadas em ninhos sem elaiossomo (I), sementes preservadas da planta-mãe (II) e sementes com elaiossomo removido manualmente (III). Registrhou-se maior coleta e dispersão para *P. hoffmannseggiana*: 54% das sementes coletadas foram dispersas, enquanto 46% foram levadas para os formigueiros, com distâncias variando entre 3 e 25 metros. Sementes com elaiossomo e tamanho médio de 0,6 cm foram as mais coletadas. A coleta foi influenciada pelo número de formigas, pelo tamanho das sementes e pela presença do elaiossomo, mas não pela distância, temperatura e umidade. Os ninhos escavados apresentaram profundidade média de 35 cm, 8 câmaras internas e de 30 a 44 formigas por ninho, sementes foram encontradas principalmente na terceira câmara, todas sem elaiossomo. Os testes de geminação mostram que 73,7% das sementes germinaram, sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. O Tratamento III, entretanto, apresentou maior porcentagem de germinação (81,1%), maior índice de velocidade de germinação (3,0) e menor tempo médio de germinação (34,7 dias), indicando maior eficiência. A presença ou ausência de elaiossomo não afetou significativamente o processo de germinação, enquanto a ação de *D. gigantea* não exerce interferência direta. Esses resultados ampliam a compreensão das interações entre fauna e flora, destacam o papel ecológico de *D. gigantea* na dinâmica de dispersão e reforçam a importância da conservação dessa espécie-chave nos ecossistemas do Cerrado.

Palavras-chave: Conservação, Cerrado maranhense, Mirmecocoria, Interações ecológicas.

ABSTRACT

The handling of fruits and seeds by ants involves a series of stages that range from collection, manipulation, and use to the final destination of these resources. The study of interactions between *Dinoponera gigantea* and seeds helps in understanding the ecological functions performed by this species in the Cerrado environment. This work evaluated the process of collection, transport, and fate of the seeds used by *D. gigantea*, as well as the influence of this interaction on seed germination in a Cerrado area in Northeastern Brazil. To investigate collection and dispersal, diaspores of *Davilla nitida* and *Palicourea hoffmannseggiana*, with and without elaiosomes, were offered at 10 sampling stations located around nests and foraging trails. To assess the effect of seed manipulation on germination, three treatments were conducted under controlled conditions (270 seeds): seeds collected from nests without elaiosomes (I), seeds preserved from the mother plant (II), and seeds with manually removed elaiosomes (III). Higher collection and dispersal rates were recorded for *P. hoffmannseggiana*: 54% of collected seeds were dispersed, while 46% were taken into the nests, with distances ranging between 3 and 25 meters. Seeds with elaiosomes and an average size of 0.6 cm were the most collected. Collection was influenced by the number of ants, seed size, and the presence of elaiosomes, but not by distance, temperature, or humidity. Excavated nests had an average depth of 35 cm, 8 internal chambers, and between 30 and 44 ants per nest; seeds were mostly found in the third chamber, all without elaiosomes. Germination tests showed that 73.7% of the seeds germinated, with no significant statistical differences among treatments. Treatment III, however, showed a higher germination percentage (81.1%), a higher germination speed index (3.0), and a lower mean germination time (34.7 days), indicating greater efficiency. The presence or absence of elaiosomes did not significantly affect the germination process, while the action of *D. gigantea* did not exert direct interference. These results enhance the understanding of interactions between fauna and flora, highlight the ecological role of *D. gigantea* in dispersal dynamics, and reinforce the importance of conserving this key species in Cerrado ecosystems.

Keywords: Conservation, Maranhão Cerrado, Myrmecochory, Ecological interactions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CÁPITULO II:

Figura 1. Área de estudo com os cinco ninhos selecionados de <i>Dinoponera gigantea</i> no Cerrado do nordeste do Brasil.....	25
Figura 2. Distribuição das estações de coleta ao entorno dos ninhos de <i>Dinoponera gigantea</i> em área de Cerrado no nordeste do Brasil	27
Figura 3- Frequência de comportamentos de <i>Dinoponera gigantea</i> durante a coleta de sementes em cinco ninhos em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil. (A) <i>Dinoponera gigantea</i> com sementes de <i>Palicourea hoffmannseggiana</i> (B) <i>Dinoponera gigantea</i> com sementes de <i>Davila nitida</i>	30
Figura 4- Coleta de sementes em diferentes pontos onde foram inseridas as estações de coleta em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil. *Letras iguais representam semelhanças estatísticas entre os pontos e letras diferentes representam diferença estatística entre os pontos.	33
Figura 5- Coeficientes do Modelo Linear Generalizado (GLM) representando a influência variáveis independentes (número de formigas, distância, presença de elaiossomo, tamanho da semente, umidade e temperatura) sobre a variável dependente (número de sementes coletadas) em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.....	34
Figura 6- Fotografias da estrutura interna e externa dos ninhos de <i>Dinoponera gigantea</i> . (A) sementes no interior da terceira câmara do ninho. (B) Câmara contendo as pupas de <i>Dinoponera gigantea</i> . (C) Estrutura externa do ninho. (D) Câmara contendo artrópodes vivos	35
Figura 7- Esquema representativo da estrutura interna e externa dos formigueiros de <i>Dinoponera gigantea</i> em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.....	36
CAPÍTULO III:	
Figura 1- Curvas ajustadas pelo modelo linear generalizado (GLM, família quasi-binomial) para a probabilidade de germinação de sementes ao longo dos 60 dias de acompanhamento.....	57
Figura 2- Curvas de sobrevivência (Kaplan–Meier) da germinação de sementes nos três tratamentos (I, II e III), coletadas da planta-mãe. ao longo de 60 dias de avaliação em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.	58

LISTA DE TABELAS

CÁPITULO I:

Tabela 1- Comportamentos relacionados a interação de *Dinoponera gigantea* com as estações de coleta de sementes em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil 29

Tabela 2- Recursos de origem animal e vegetal coletados por *Dinoponera gigantea* em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil 31

CÁPITULO II:

Tabela 1- Proporção de sementes germinadas, Índice de velocidade de germinação (IMG) e Tempo médio de germinação para os testes de germinação com sementes coletadas no formigueiro de *Dinoponera gigantea* e manipuladas manualmente, em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil 56

SUMÁRIO

CAPÍTULO I- Apresentação geral.....	17
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
1.1 Dispersão de sementes.....	6
1.2 Dispersão de sementes no Cerrado	7
1.3 Dispersão e germinação de sementes por formigas.....	8
1.4 Mirmecocoria no gênero <i>Dinoponera</i>	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 Geral.....	11
2.2 Específicos.....	11
3 HIPÓTESES	12
REFERÊNCIAS	13
CAPÍTULO II- O papel de <i>Dinoponera gigantea</i> (Perty, 1833) na mirmecocoria: seletividade, distância e destino das sementes.....	20
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1 Área de estudo	24
2.2 Seleção dos formigueiros	24
2.3 Coleta, uso e destinação de sementes	25
2.4 Teste de atratividade de sementes por <i>Dinoponera gigantea</i>.....	26
2.5 Análise dos Dados.....	28
3 RESULTADOS.....	29
3.1 Coleta de sementes por <i>Dinoponera gigantea</i> nas plantas do Cerrado	29
3.2 Efeito do elaiossomo na dispersão de sementes por <i>Dinoponera gigantea</i>	32
3.3 Destino das sementes no ninho	35
5 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO III- A influência de <i>Dinoponera gigantea</i> (Perty, 1833) no processo de germinação de sementes.....	50
A influência de <i>Dinoponera gigantea</i> (Perty, 1833) no processo de germinação de sementes	51
1 INTRODUÇÃO	52
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1 Área de estudo e coleta das sementes.....	53
2.2 Testes de germinação das sementes	54
2.3 Análise de dados	55
3 RESULTADOS.....	56
4 DISCUSSÃO	58
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62

CAPÍTULO I- Apresentação geral

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Dispersão de sementes

A dispersão de sementes é a estratégia mais comum que as plantas utilizam para colonizar novas áreas ou evitar a competição intraespecífica (Travesset et al., 2014, p.63). O processo de dispersão em plantas é baseado em três componentes principais: o primeiro consiste na planta mãe que produz os frutos e sementes, o segundo é a distância dos locais de origem e de destino e o terceiro consiste no vetor que irá realizar o deslocamento do que será disperso (Jordano, 2017, p.82).

De acordo com Wilson e Travesset (2000, p.88), algumas espécies vegetais realizam dispersão autocórica, ou seja, não necessitam de vetores de dispersão para suas sementes. Outras já necessitam desses vetores, algumas utilizam o vento (dispersão anemocórica), a água (dispersão hidrocórica) ou mesmo animais (dispersão zoocórica). Por outro lado, os diásporos que são dispersos desenvolveram adaptações que favorecem sua dispersão, tais como plumas, dispositivos flutuantes, superfícies aladas, tecidos nutritivos, superfícies pegajosas e etc. (Travesset et al., 2014, p.64).

Para Carlo e Tewksbury (2014, p.252), em escalas menores o processo de dispersão pode favorecer com que as sementes escapem de riscos de mortalidades nas proximidades da planta-mãe sendo levadas a microhabitats que favoreçam seu desenvolvimento. Por outro lado, segundo Cain et al. (2000, p.1219), a dispersão em escala maiores, pode favorecer o aumento da riqueza de espécies em uma paisagem fragmentada.

A maioria das sementes são dispersas por animais de grande porte, que possuem padrões de movimento em larga escala (Corlett, 2009, p.593). Esses dispersores incluem principalmente três classes de vertebrados, sendo elas, mamíferos, aves e répteis (Travesset et al., 2014, p.63). Além desses dispersores maiores, alguns invertebrados tais como besouros, formigas, gafanhotos e outros artrópodes também são importantes para os processos de deslocamento de diásporos para novos habitats (Den Boer, 1990, p.177). Existem outros agentes dispersantes ativos como peixes (Pollux, 2017, p.84), anfíbios (Sengupta, 2019, p.172), minhocas (Forey et al., 2011, p.598) e até mesmo lesmas (Turke et al., 2010, p.690).

De maneira geral, a dispersão de sementes é dada como uma função essencial do ecossistema, que impulsiona a distribuição e dinâmica das comunidades vegetais, além de ser considerado um processo fundamental para a conservação da biodiversidade

(Travesset et al., 2014, p.78). Entretanto, atualmente, está ocorrendo um aumento nas taxas de extinção de diversas espécies de animais dispersores (McConkey; O’Farrill, 2016, p.45; Rogers et al., 2021, p.651; Ong et al., 2022, p.319).

Além da ameaça de extinção dos dispersores naturais, outros fatores afetam os processos de dispersão de sementes, tais como a fragmentação de habitat, que muitas vezes levam à redução nas populações de importantes dispersores (Silva; Tabarelli, 2000, p.72). Soma-se também a degradação parcial ou completa dos ecossistemas, que influenciam diretamente na vegetação e em seus agentes dispersantes (McConey; O’Farrill, 201, p.45).

Apesar do crescente número de estudos sobre a dispersão de sementes (Schupp et al., 2010, p.337; Jordano, 2017, p. 83; Emer et al., 2018, p.487; Ong et al., 2022, p.317), pouco se sabe sobre esse processo no bioma Cerrado (Kuhlmann; Ribeiro, 2016, p.275). Havendo a necessidade de aprofundar os estudos e aplicações de dispersores como agentes para regeneração destas áreas.

1.2 Dispersão de sementes no Cerrado

O Cerrado é um ecossistema tropical sazonal, ocupando uma área de mais de 2 milhões de km² na América do Sul (Klink; Machado, 2005, p.711), sendo considerado um dos maiores hotspots globais (Myers et al., 2000, p.856). É um bioma que apresenta heterogeneidade de fitofisionomias agrupadas em três formações principais: pastagens, florestas e savanas (Ribeiro; Walter, 2008, p.170) e é considerado a maior savana tropical da América do Sul (Nóbrega et al., 2017, p.11).

No Brasil, este bioma ocupa aproximadamente um quarto do território nacional (Fines; Curvo, 2019, p.8), sendo considerado a savana com maior biodiversidade do mundo (Myers et al., 2000, p.857), o que se reflete na alta diversidade de relações ecológicas que possui (Santos et al., 2021, p.123). Entretanto, de acordo com Strassburg et al. (2017, p.2), mais da metade do ecossistema Cerrado já foi degradada por ações antrópicas, ligadas principalmente à conversão desse bioma em pastagens e culturas em grande escala para fins agrícolas. Outros impactos ambientais, como fragmentação de habitat, erosão do solo, mudanças no regime do fogo e desequilíbrio no ciclo do carbono, também ameaçam a estrutura deste bioma (Klink; Machado, 2005, p.712).

A degradação do Cerrado é potencializada pelas mudanças climáticas, resultando na alteração das características estruturais da vegetação (Santana, 2019, p.1).

Diante dessas mudanças, a regeneração de áreas degradadas é essencial para a conservação deste bioma (Malhado et al., 2010, p.582), e uma das estratégias para essa conservação é a dispersão de sementes mediada por vertebrados e invertebrados (Török et al., 2020, p.939). De acordo com Jordano (2017, p. 82), no Cerrado, a dispersão de sementes é fundamental para permitir que as plantas colonizem novos locais distantes da planta-mãe, aumentando a dinâmica espacial vegetal.

No Cerrado, a dispersão de sementes por animais é relevante sobretudo para espécies lenhosas e formações vegetais, englobando principalmente frutos e sementes carnosos (Kuhlmann; Ribeiro, 2016, p.277). Esses frutos e sementes possuem uma relação positiva com seus dispersores, ou seja, quanto maior o fruto, maior o tamanho de seu dispersor e, consequentemente, maior a distância de dispersão (Jordano, 2000, p.150; Galetti et al., 2013, p.1088). Nas áreas de Cerrado, as aves de pequeno porte lideram a lista de melhores dispersores, seguidas por aves de grande porte, pequenos, médios e grandes mamíferos e formigas (Béllo Carvalho et al., 2023, p.855).

As formigas lideram o ranking como melhores dispersoras de sementes entre os invertebrados no Cerrado, agindo grande parte das vezes como dispersoras secundárias de sementes, complementando a atuação dos vertebrados e auxiliando na distribuição e regeneração de plantas (Béllo Carvalho et al., 2023, p.855; Campagnoli; Christianini, 2022, p.9). Silva et al. (2020, p.52) verificaram um alto potencial em formigas para a regeneração de áreas degradadas. Os estudos de Sondej e Domisch (2022, p.764) também demonstraram que os ninhos ou solos modificados por formigas podem funcionar como importantes locais para germinação de sementes, aumentando a efetividade da dispersão.

Portanto, o entendimento de como as diferentes estratégias de dispersão de sementes estão relacionadas com a distribuição das plantas do Cerrado é fundamental para avaliar mecanismos evolutivos atuando nesse processo essencial do ciclo de vida da vegetação (Fleming, 1991, p.127; Jordano et al., 2006, p.420). Além disso, auxilia no entendimento do papel que os dispersores têm para a reestruturação deste ecossistema que está à beira da extinção (Török et al., 2020, p.940).

1.3 Dispersão e germinação de sementes por formigas

O processo de dispersão de sementes por formigas é denominado mirmecocoria e envolve a atração das formigas por estruturas gordurosas presentes nas sementes denominadas elaiossomos (Van der Pijl, 1982, p.36). Aproximadamente 4,5 % de todas

as angiospermas conhecidas têm suas sementes dispersas por formigas (Lengyel et al., 2010, p.49).

A relação mutualística entre formigas e plantas têm como principal benefício para as espécies vegetais o deslocamento de sementes para longe da planta-mãe (Giladi, 2006, p.487), reduzindo a mortalidade causada pela proximidade de indivíduos da mesma espécie, e deslocando sementes para microhabitats específicos especialmente adequados para a sobrevivência (Wenny, 2001, p.40). A coleta e transporte de sementes minimiza os efeitos do fogo sobre as sementes, especialmente em locais com queimadas frequentes (Bond; Slingsby, 1983, p.231), outrossim, o efeito da estocagem de sementes por dispersores assume um papel importante na regeneração de ambientes degradados (Silva et al., 2020, p.52).

As formigas se beneficiam desse mutualismo utilizando as partes nutritivas da semente como recurso alimentar (Munguía-Rosas; Álvares-Espino, 2022, p.4), aumentando a aptidão reprodutiva (Gammans et al., 2005, p.46) ou mesmo o cultivo de plantas para a obtenção de fungos que servirão de alimento (Campbell et al., 2023, p.277). Entretanto, o principal motivo pelo qual as formigas coletam sementes e levam até seus ninhos é a busca pelo elaiossomo presente nesses recursos (Beattie, 1985, p.74). A atratividade por essas estruturas lipídicas está intimamente ligada a componentes chave presentes em sua composição química, como é o caso do ácido oleico (Sasidharan; Venkatesan, 2019, p.4). Portanto, as formigas utilizam somente os elaiossomos, descartando os outros componentes das sementes para as câmaras “lixeiras”, junto com os demais resíduos orgânicos (Leal, 2003, p.605, Leal et al., 2014b, p.499).

No retorno ao ninho, algumas formigas deixam as sementes caírem muitas vezes favorecendo a germinação (Leal et al., 2014b, p.497). Além disso, as formigas realizam uma remoção do arilo, polpa e outras estruturas, limpando também as sementes, o que diminui a infecção por patógenos devido aos antifúngicos químicos naturais que são aplicados pelas formigas durante esse processo de limpeza (Ohkawara; Akino, 2005, p.97). Silva et al. (2019, p.5) verificaram que algumas formigas do gênero *Solenopsis* removiam o sarcotesta, na qual influenciaram positivamente na velocidade de germinação de sementes de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. Outros trabalhos também comprovam a influência de formigas sobre a germinação de sementes (Hughes; Westoby 1992, p. 1290.; Ohkawara; Akino, 2005, p.97; Christianini et al., 2007, p.349)

Estudos mais recentes também têm demonstrado que os ninhos ou solos modificados por formigas também podem funcionar como importantes locais para

germinação de sementes (Sondej; Domisch, 2022, p.763). O principal motivo deste fenômeno é a alta concentração de matéria orgânica, cálcio, fósforo, nitrogênio, sódio, potássio entre outros nutrientes que estão presentes nos ninhos de algumas espécies de formigas (Lenoir et al., 2001, p.239).

As informações sobre dispersão de sementes por formigas no bioma Cerrado, podem gerar dados importantes sobre a dinâmica das relações existentes entre formigas e plantas, sobretudo àquelas que fomentam sucesso reprodutivo das plantas, e sua consequente preservação e conservação.

1.4 Mirmecocoria no gênero *Dinoponera*

O gênero *Dinoponera* possui as maiores espécies de formigas com dimensões que variam entre 3 a 4 cm de comprimento (Kempf, 1971, p.24; Paiva; Brandão, 1995, p.308). Possui ampla distribuição na América do Sul, sendo encontrado em países como Peru, Equador, Bolívia, Argentina, Paraguai e Brasil (Lenhart et al., 2013, p.128).

As espécies do gênero *Dinoponera* utilizam o solo como substrato para suas colônias (Schmidt et al., 2013, p.230), construídos a base de árvores, apresentando de uma a oito entradas de até 8 cm de diâmetro (Fourcassié; Oliveira, 2002, p.2214) e profundidade de até 143 cm (Dias; Lattke, 2021, p.21). O número médio de operárias por colônia varia de 13 a 78, no entanto, já foram registradas até 140 operárias em *Dinoponera quadriceps* Kempf, 1971 (Monnín et al., 2003, p.75; Dias; Lattke, 2021, p.21).

As espécies do gênero apresentam dieta composta por invertebrados vivos ou mortos e sementes (Fourcassié; Oliveira, 2002, p.2215; Araujo; Rodrigues, 2006, p.162; Lenhart et al., 2013, p.129). A coleta e transporte de sementes por formigas do gênero *Dinoponera* influenciaativamente no deslocamento de sementes das proximidades da planta mãe (Christianini, 2015, p.347).

Leal et al. (2007, p.889) observaram formigas de vários gêneros coletando e dispersando frutos e sementes para longas distâncias da planta mãe. *Dinoponera quadriceps* Kempf, 1971 detém o recorde de distância máxima de dispersão, com 27,5 m em área de Caatinga em comparação a outras espécies dispersoras dos gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* (Oliveira et al., 2019, p.875). É possível que em alguns ambientes, como na Caatinga e Cerrado, essas formigas sejam beneficiadas pela ausência da competição com outros gêneros de formigas coletores de sementes como *Pachycondyla* Smith, 1858 e *Odontomachus* Latreille, 1804 (Leal et al., 2014a, p.499; Christianini et al., 2012, p.363).

Há registros de coleta de sementes para outras espécies do gênero, como por exemplo *Dinoponera lucida* Emery, 1901, que na Mata Atlântica coleta frutos e sementes, agindo como uma dispersora secundária (Peixoto et al., 2010, p.192). Os estudos de Oliveira et al. (2024, p.4) demonstraram que *D. quadriceps* foi responsável pelo maior número de remoções de sementes em área de Caatinga. Na floresta tropical amazônica, Fourcassié; Oliveira (2002, p.2214) verificaram que 22% dos itens coletados por operárias de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) eram frutos e sementes.

Dinoponera gigantea é considerada a maior espécie do gênero, podendo chegar a até 4 cm de comprimento (Kempf, 1971, p.374). Possui forrageio solitário e coleta tanto itens de origem animal quanto vegetal (Fourcassié; Oliveira, 2002, p.2215). Além de poder ser encontrada em diferentes fitofisionomias, desde florestas densas até savanas (Dias; Lattke, 2021, p.21). Apesar dessas informações, pouco se sabe sobre como ocorre de fato a coleta de sementes e frutos por *D. gigantea* e se de fato essas formigas podem funcionar como dispersoras eficientes ou se auxiliam no processo de germinação de sementes. Este estudo fornecerá dados importantes sobre a função dispersora e/ou germinadora de *D. gigantea* no Cerrado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o processo de coleta, uso e manejo de sementes coletada por *Dinoponera gigantea* em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil

2.2 Específicos

- Verificar a influência de *D. gigantea* no processo de dispersão de sementes;
- Verificar se os elaiossomos das sementes atraem as formigas e estimulam sua coleta e transporte;
- Identificar qual o destino das sementes transportadas por *D. gigantea*;
- Analisar quais variáveis influenciam na coleta de sementes por *D. gigantea*;

3 HIPÓTESES

Hipótese nula (H0): A formiga *Dinoponera gigantea* não dispersa eficientemente as sementes de plantas do Cerrado transportadas até seus ninhos.

Hipótese alternativa (H1): A formiga *Dinoponera gigantea* funciona como dispersora eficiente e de larga escala de sementes de plantas do Cerrado, transportadas para seu ninho

Hipótese nula (H0): O elaiossomo não influencia na coleta de sementes por *Dinoponera gigantea*.

Hipótese alternativa (H1): A presença do elaiossomo influencia na coleta de sementes por *Dinoponera gigantea*.

Hipótese nula (H0): As variáveis como temperatura e umidade, além do tamanho da semente, número de formigas e distância de dispersão não influenciam na coleta de sementes por *Dinoponera gigantea*.

Hipótese alternativa (H1): As variáveis como temperatura e umidade, além do tamanho da semente, número de formigas e distância de dispersão influenciam diretamente na coleta de sementes por *Dinoponera gigantea*.

Hipótese nula (H0): A manipulação das sementes por *Dinoponera gigantea* não influência no processo de germinação das sementes coletadas.

Hipótese nula (H0): A manipulação das sementes por *Dinoponera gigantea* influencia diretamente no processo de germinação das sementes coletadas.

REFERÊNCIAS

- BEATTIE, A. J. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms.** Cambridge University Press, Cambridge. 1985. 178 p.
- BÉLLO CARVALHO, R.; MALHI, Y.; OLIVERAS MENOR, I. Frugivory and seed dispersal in the Cerrado: Network structure and defaunation effects. ***Biotropica***, v.55, n.4, p.849-865. May. 2023. <https://doi.org/10.1111/btp.13234>
- BOND, W.J.; SLINGSBY, P. Seed dispersal by ants in shrublands of the Cape Province and its evolutionary implications. ***South African Journal of Science***, v. 79, n. 6, p. 231-233, 1983.
- BYRNE M.M, LEVEY D.J. Removal of seeds from frugivore defecations by ants in Costa-Rican rain-forest. ***Vegetatio***, v.108, p.363–374. Jun. 1993.
<https://doi.org/10.1007/BF00052235>
- CAMPAGNOLI, M. L.; CHRISTIANINI, A. V. Temporal consistency in interactions among birds, ants, and plants in a neotropical savanna. ***Oikos***, v.2022, n.2, p.1–13. Jun. 2021. <https://doi.org/10.1111/oik.08231>
- CAMPBELL, L.C.E.; KIERS, E. T.; CHOMICKI, G. The evolution of plant cultivation by ants. ***Trends in Plant Science***, v. 28, n. 3, p. 271-282, Nov. 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.09.005>
- CAIN, M.L.; MILLIGAN, B.G.; STRAND, A.E. Long-distance seed dispersal in plant populations. ***American journal of botany***, v. 87, n. 9, p. 1217-1227, Set. 2000.
<https://doi.org/10.2307/2656714>
- CARLO, T. A.; TEWKSURY, J. J. Directness and tempo of avian seed dispersal increases emergence of wild chiltepins in desert grasslands. ***Journal of Ecology*** , v.2, p. 248–255. Out. 2014. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12180>
- CHRISTIANINI, A. V.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; OLIVEIRA, P. S. The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a Neotropical savanna. ***Journal of Tropical Ecology***, v.23, n.3, p.343–351. Mai. 2007.
<https://doi.org/10.1017/S0266467407004087>
- CHRISTIANINI, A. V.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; OLIVEIRA, P. S. Exploitation of fallen diaspores by ants: are there ant-plant partner choices?. ***Biotropica***, v. 44, n. 3, p. 360-367, Nov. 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00822.x>
- CHRISTIANINI, A.V. Dispersão de sementes por poneromorfas. In: DELABIE, J.H.C.; FEITOSA, R.; SERRÃO, J.E.; MARIANO, C.; MAIER, J. **As formigas poneromorfas do Brasil.** Ilhéus: Editus, 2015. p. 345-360.
- CORLETT, R. T. Seed dispersal distances and plant migration potential in tropical East Asia. ***Biotropica***, v. 41, n.5, p. 592–598, Set. 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00503.x>

DEN BOER, P. J. The survival value of dispersal in terrestrial arthropods. **Biological Conservation**, v. 54, n. 3, p. 175-192, Jun. 1990. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(90\)90050-Y](https://doi.org/10.1016/0006-3207(90)90050-Y)

DIAS, A. M.; LATTKE, J. E. Large ants are not easy – the taxonomy of *Dinoponera Roger* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **European Journal of Taxonomy**, Curitiba-PR. n. 704, v.1, p.1-66, Dez. 2021. <https://doi.org/10.5852/ejt.2021.784.1603>

DIAS, A. M.; LATTKE, J. E. Large ants are not easy—the taxonomy of *Dinoponera Roger* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **European Journal of Taxonomy**, v. 784, p. 1-66, Dez. 2021. <https://doi.org/10.5852/ejt.2021.784.1603>

EMER, C.; GALETTI, M.; PIZO, M. A.; GUIMARAES JR, P. R.; MORAES, S.; PIRATELLI, A.; JORDANO, P. Seed-dispersal interactions in fragmented landscapes—a metanetwork approach. **Ecology Letters**, v. 21, n. 4, p. 484-493, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1111/ele.12909>

FERNANDES, V. T.; PAOLUCCI, L.N.; CARMO, F.M.; SPERBER, C.F.; CAMPOS, R.I. Seed manipulation by ants: disentangling the effects of ant behaviours on seed germination. **Ecological Entomology**, Viçosa, v.43, n..6, p.712-718.jun 2018. <https://doi.org/10.1111/een.1265>

FINES, B., CURVO, L.R.V. O uso indevido do Cerrado brasileiro reduz as chances de uma agricultura sustentável. **Desarrollo local sostenible**, v.12, n.35, p.1–12. Dez. 2019. <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/599>

FLEMING, T. H. Fruiting plant-frugivore mutualism: the evolutionary theater and the ecological play. In: PRICE, P. W.; LEWINSOHN, T. M.; FERNANDES, W.; BENSON, W. W. (eds.) **Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions**. John Wiley and Sons, p. 119-144. Set. 1991.

FOURCASSIÉ, V.; OLIVEIRA, P.S. Foraging ecology of the giant Amazonian ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. **Journal Of Natural History**, Campinas, v. 36, n. 18, p.2211-2227, Dez. 2002. <https://doi.org/10.1080/00222930110097149>

FOREY, E.; BAROT, S.; DECAËNS, T.; LANGLOIS, E.; LAOSSI, K. R.; MARGERIE, P.; EISENHAUER, N. Importance of earthworm–seed interactions for the composition and structure of plant communities: a review. **Acta Oecologica**, v. 37, n. 6, p. 594-603. Dez. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.03.001>

GALETTI M.; GUEVARA R.; CÓRTES M.C.; FADINI, R.; MATTER, S, V.; LEITE, A.B.; LABECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C,S.; JORDANO, P. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. **Science**, v.340, p.1086-1090. May. 2013. DOI: 10.1126/science.1233774

GAMMANS, N.; BULLOCK, J. M.; SCHÖNROGGE, K. Ant benefits in a seed dispersal mutualism. **Oecologia**, v. 146, p. 43-49. Jun. 2005. DOI 10.1007/s00442-005-0154-9

GILADI, I. Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. **Oikos**, v. 112, n. 3, p. 481-492, Set. 2006.

HUGHES, L, WESTOBY, M. Fate of seeds adapted for dispersal by ants in Australian sclerophyll vegetation. **Ecology**, v.73, n.4, p. 1285–1299. Fev. 1992. <https://doi.org/10.2307/1940676>

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: FENNER, M. (eds) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. CABI Publ, p. 125-166. May. 2000.
<https://doi.org/10.1079/9780851994321.0000>

JORDANO, P.; GALETTI, M.; PIZO, M. A.; SILVA, W. R. Ligando frugivoria e dispersão de sementes `a biologia da conservação. In: Rocha, C. D. F.; BERGALLO, H. D.; VAN SLUYS, M. AND ALVES, M. A. S. (eds.) **Biologia da Conservação: Essências**. Rima Editora, p.411-436. 2006.

JORDANO, P. What is long-distance dispersal? And a taxonomy of dispersal events. **Journal of Ecology**, n.105, v.1, p.75-84. Dez. 2017.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12690>

KEMPF, W.W. A preliminary review of the ponerine ant genus *Dinoponera* Roger (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, Petropolis, v. 14, p. 369-394, Dez. 1971.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation biology**, v.19, n.3, p.707-713. Jun. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

KUHLMANN, M.; RIBEIRO, J. F. Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: ecological and phylogenetic considerations. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 2, p. 271-282. Jun. 2016. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0331>

LEAL, I.R. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife. Ed. Universitária da UFPE, 2003. p.593-624.

LEAL, I. R.; WIRTH, R., TABARELLI, M. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of north-east Brazil. **Annals of Botany**, v. 99, n.5, p. 885-894. Mai. 2007.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcm017>

LEAL, L.C.; ANDERSEN, A.N.; LEAL, I.R. Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. **Oecologia**, Parnamirim, v.174, p.173-181, Jul. 2014a. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2740-6>

LEAL, L. C.; LIMA NETO, M. C.; OLIVEIRA, A. F. M.; ANDERSEN, A. N.; LEAL, I. R. Myrmecochores can target high-quality disperser ants: variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorous Euphorbiaceae in Brazilian Caatinga. **Oecologia**, n.174, p.493-500. Out. 2014b. [DOI 10.1007/s00442-013-2789-2](https://doi.org/10.1007/s00442-013-2789-2)

LEAL, L. C.; SILVA, D. P.; PEIXOTO, P. E. When the company does not matter:

High-quality ant seed-disperser does not drive the spatial distribution of large-seeded myrmecochorous plants. **Austral Ecology**, n.45, v.2, p.195-205. Mar. 2020.
<https://doi.org/10.1111/aec.12847>

LENGYEL, S.; GOVE, D.A.; LATIMER, M.A.; MAJER, D.J.; DUNN, R.R. Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global survey. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 12, n. 1, p. 43-55, Ago. 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.08.001>

LENHART, P.A.; DASH, S.T.; MACKAY, W. P. A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Hymenoptera Research**, Mato Grosso, v. 31, p.119-164. Mar. 2013.
<http://dx.doi.org/10.3897/JHR.31.4335>

LENOIR, L.; PERSSON, T.; BENGTSSON, J. Wood ant nests as potential hot spots for carbon and nitrogen mineralisation. **Biology and fertility of Soils**, v. 34, p. 235-240. Ago. 2001. <DOI 10.1007/s003740100405>

MALHADO, A.C.M.; PIRES, G.F.; COSTA, M.H. A Conservação do Cerrado é Essencial para Proteger a Floresta Amazônica. **AMBIO** 39 , p.580–584. Jul. 2010.
<https://doi.org/10.1007/s13280-010-0084-6>

MCCONKEY, K. R.; O'FARRILL, G. Loss of seed dispersal before the loss of seed dispersers. **Biological Conservation**, v. 201, p. 38-49. Jul. 2016.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.024>

MONNIN, T.; RATNIEKS, F.L.W.; BRANDÃO C.R.F. Reproductive conflict in animal societies: hierarchy length increases with colony size in queenless ponerine ants. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.54, p.71–79. Jun. 2003
<https://doi.org/10.1007/s00265-003-0600-9>

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, n.6772, p.853-858. 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>

MUNGUÍA-ROSAS, M. A.; ÁLVAREZ-ESPINO, R. X. What are elaiosomes for? Effects of elaiosomes on ant attraction, seed removal and germination in wild chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). **Journal of Arid Environments**, Merida, v. 205, p. 1-8. Jul. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104826>

NÓBREGA, R.L.B.; GUZHA, A.C.; TORRES, G.N.; KOVACS, K.; LAMPARTER, G.; AMORIM, R.S.S.; COUTO, A.E.; GEROLD, G. Efects of conversion of native Cerrado vegetation to pasture on soil hydro-physical properties, evapotranspiration and streamflow on the Amazonian agricultural frontier. **PLoS One**, v.12, n.6, p.1–22. Jun. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179414>.

OHKAWARA, K, AKINO, T. Seed cleaning behavior by tropical ants and its anti-fungal effect. **Journal of Ethology**, Indonesia, n.23, v.2, p. 93-98. Dez. 2005
<http://dx.doi.org/10.1007/s10164-004-0132-4>.

OLIVEIRA, F.M.P.; ANDERSEN, A.N.; ARNAN, X.; NETO, J.D.R.; ARCOVERDE, G.B.; LEAL, I. Effects of increasing aridity and chronic anthropogenic disturbance on seed dispersal by ants in Brazilian Caatinga. **Journal of Animal Ecology**, v. 88, n. 6, p. 870-880. Jan. 2019. [DOI: 10.1111/1365-2656.12979](https://doi.org/10.1111/1365-2656.12979)

OLIVEIRA, F. R.; OLIVEIRA, F. M.; CENTENO-ALVARADO, D.; WIRTH, R.; LOPES, A. V.; LEAL, I. R. Rapid recovery of ant-mediated seed dispersal service along secondary succession in a Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, Pernambuco, v.554, p.1-8. Jan. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121670>

ONG, L.; MCCONKEY, K. R.; CAMPOS-ARCEIZ, A. The ability to disperse large seeds, rather than body mass alone, defines the importance of animals in a hyper-diverse seed dispersal network. **Journal of Ecology**, v. 110, n. 2, p. 313-326, Nov.2022. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13809>

PAIVA, R.V.S.; BRANDÃO, C.R.F. Nests, worker population, and reproductive status of workers, in the giant queenless ponerine ant *Dinoponera* Roger (Hymenoptera Formicidae). **Ethology Ecology and Evolution**, Florença, v. 7, p. 297-312. Maio. 1995. <https://doi.org/10.1080/08927014.1995.9522938>

PEIXOTO, A.V.; CAMPIOLO, S.; DELABIE, J.H.C. Basic ecological information about the threatened ant, *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae), aiming its effective long-term conservation. In: Tepper G.H. (ed.) **Species Diversity and Extinction**. Nova York: Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY. 2010. p.183–213.

POLLUX, B.J.A. Consistent individual differences in seed disperser quality in a seed-eating fish. **Oecologia**, v. 183, n. 1, p. 81-91. Ago.2017. [DOI 10.1007/s00442-016-3749-4](https://doi.org/10.1007/s00442-016-3749-4)

QGIS.org, 2024. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

RIBEIRO JF, WALTER BMT. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (Eds.). Cerrado: **Ecologia e Flora**. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica. p.151-212. Fev. 2008.

ROGERS, H.S.; DONOSO, I.; TRAVESET, A.; FRICKE, E. C. Cascading impacts of seed disperser loss on plant communities and ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.52, p.641-666. Set. 2021. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-012221- 111742>

SASIDHARAN, R.; VENKATESAN, R. Seed elaiosome mediates dispersal by ants and impacts germination in *Ricinus communis*. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Washington v.7, p.1–8. Jun. 2019. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00246>

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C.; MAGISTRALI, I. C.; SILVA, C. G.; DE OLIVEIRA, C. M. M.; SILVA, T. P. Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and**

Management, v.482, 118-125. Fev. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118875>

SANTANA, N. C. Fire recurrence and normalized difference vegetation index (NDVI) dynamics in Brazilian savanna. **Fire**, v.2, n.1, p.1. Dez. 2019.
<https://doi.org/10.3390/fire2010001>

SCHUPP, E.W.; JORDANO, P; GÓMEZ, J.M. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **New phytologist**, v. 188, n. 2, p. 333-353. Jun. 2010.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x>

SCHMIDT, C. Molecular Phylogenetics of ponerine ant (Hymenoptera: Formicidae Ponerinae). **Zoataxa Journal**, v.3647, n.2, p.201-250. Ago. 2013.
<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3647.2.1>

SENGUPTA, A. The Tree Travelogues: Seed dispersal by frugivores. **Resonance** , v. 24, p.169-179. Fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12045-019-0769-5>

SILVA, B.F.; AZEVEDO, I.H.F.; MAYHÉ-NUNES, A.; BREIER, T.; FREITAS, A.F. N. D. Ants promote germination of the tree *Guarea guidonia* by cleaning its seeds. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 26, n.3. Maio. 2019.
<https://doi.org/10.1590/2179-8087.015118>

SILVA, G.S.; RABELO, M.A.; CANEDO-JÚNIOR, E. O.; RIBAS, C. R. Formigas removedoras de sementes apresentam potencial para auxiliar na regeneração de áreas impactadas. **Revista Científica MG**. Biota, Pandeiros, v. 12, n. 2, p. 44-54, Jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/MB/article/view/146>.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, v. 404, n. 6773, p. 72-74. Mar. 2000.

SONDEJ, I.; DOMISCH, T. Abandoned wood ant nests as sites for seedling germination. **Forests**, Poland, v.13, n.5, p.764. Mai. 2022.
<https://doi.org/10.3390/f13050764>

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A., CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R., LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M., SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v.1, n.4, p.1–3. Mar. 2017. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>

TRAVESET A, HELENO R, NOGALES, M. The ecology of seed dispersal. In: GALLAGHER, R.S (ed) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Boston: 3rd edn. CAB International. 2014. p.62–93.
<https://doi.org/10.1079/9781780641836.0062>

TÖRÖK, P.; BULLOCK JAMES M, J. M.; JIMÉNEZ-ALFARO, B.; SONKOLY, J. The importance of dispersal and species establishment in vegetation dynamics and resilience. **Journal of Vegetation Science**. v. 31, n.6, p. 935-942. Oct. 2020.
<https://doi.org/10.1111/jvs.12958>

TÜRKE, M.E.; ANDREAS, K.; SVENDSEN, S.M.; GOSSNER, M.M.; WEISSE, W.W. Seed consumption and dispersal of ant-dispersed plants by slugs. **Oecologia**, Thuringia, v. 163, p. 681-693. Abr. 2010. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1612-6>

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 1. ed. Springer-Verlag, Berlim. 1982. 161 p.

WENNY, D. G. Advantages of seed dispersal: a re-evaluation of directed dispersal. **Evolutionary Ecology Research**, v. 3, n. 1, p. 37-50, 2001.

WILLSON, M. F.; TRAVESET, A. The ecology of seed dispersal. In: **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Oxford: Oxford University Press. 2000. p. 85-110. <https://doi.org/10.1079/9780851994321.0085>

**CAPÍTULO II- O papel de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) na mirmecocoria:
seletividade, distância e destino das sementes**

O papel de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) na mirmecocoria: seletividade, distância e destino das sementes

RESUMO

O processo de dispersão de sementes por formigas é denominado mirmecocoria e resulta da atração das formigas por frutos e estruturas gordurosas presentes nas sementes, conhecidas como elaiossomos. O estudo sobre a interação de *Dinoponera gigantea* com sementes e frutos pode auxiliar a avaliar melhor quais funções ecológicas que essas formigas desempenham na dinâmica das áreas onde ocorrem. Portanto, este trabalho tem como objetivo estudar como ocorre o processo de coleta, uso e destino das sementes utilizadas por *D. gigantea* e a influência dessa espécie na dispersão e/ou germinação de sementes em uma área de Cerrado no nordeste do Brasil. Para isso, foi conduzido um estudo em uma área de Cerrado localizada no leste maranhense, no município de Chapadinha. Os formigueiros foram localizados com o auxílio de iscas proteicas e carboidratos distribuídas em uma transecção de 350 metros da área de estudo, e em seguida, as formigas foram monitoradas até as fontes de recursos utilizadas (sementes). Foram demarcados perímetros de 20 metros no entorno dessas plantas e, em cada área demarcada, foram observadas possíveis interações entre as formigas e os diásporos. Para verificar se os elaiossomos eram responsáveis pela atração das formigas para a coleta, transporte e eventual uso das sementes, foram disponibilizados diásporos com e sem elaiossomo ao longo de 10 estações de coleta no entorno dos ninhos e das trilhas de forrageio. O estudo analisou a interação de formigas com sementes de *Davilla nitida* e *Palicourea hoffmannseggiana*, registrando maior coleta e dispersão para *P. hoffmannseggiana*. A maioria das sementes coletadas (54%) foram dispersas, enquanto 46% foram levadas para os formigueiros. A dispersão variou entre 3 e 25 metros, sendo mais frequente a 15 metros do ninho. Sementes com elaiossomo e tamanho médio de 0,6 cm foram preferidas. A coleta foi influenciada pelo número de formigas presentes nas estações de coleta, pelo tamanho das sementes e pelo elaiossomo, enquanto fatores como distância em relação ao ninho, temperatura e umidade não tiveram efeito significativo. Os cinco ninhos de *D. gigantea* escavados apresentaram profundidade média de 35 cm e cerca de 8 câmaras internas, com uma variação de 30 a 44 formigas por ninho. A altura das entradas dos ninhos em relação ao nível do solo variou entre 15 e 23 cm. Sementes foram encontradas principalmente na terceira câmara, a cerca de 23 cm de profundidade, em média 5,4 sementes por ninho, todas sem elaiossomo. Também foram encontrados fragmentos de sementes e restos de matéria animal e vegetal, principalmente nas câmaras mais profundas. Houve correlação positiva moderada entre o número de sementes e a quantidade de formigas e correlação negativa moderada com a presença de imaturos. Esses achados contribuem para a compreensão mais ampla das interações entre fauna e flora, e ressaltam a importância da conservação de espécies-chave como *D. gigantea* nos ecossistemas brasileiros.

Palavras-chave: Falsa-tocandira, elaiossomo, mirmecocoria, regeneração florestal, serviços ecossistêmicos.

1 INTRODUÇÃO

Em animais, o manejo de sementes tem como principal consequência sua dispersão (Feldman et al. 2019). Essa interação entre animais e plantas favorece um duplo papel, por um lado os animais causam um efeito negativo nas plantas ao se alimentarem das mesmas e de seus frutos (Herrera 2002; Muñoz 2011) e, por outro lado, podem agir positivamente ao deslocar e armazenar sementes para outros locais, favorecendo a dispersão de mudas (Fowler e Martins 2001; Vander Wall 1990). Em artrópodes, o manejo de sementes também ganha destaque, principalmente com as formigas (Honěk et al. 2013; Beattie 1985), que são consideradas importantes agentes no processo de dispersão de sementes (Lengyel et al. 2010).

O processo de dispersão de sementes por formigas é denominado mirmecocoria e, envolve a atração por estruturas gordurosas presentes nas sementes denominadas elaiossomos (Van der Pijl 1982). Mais de 11.000 angiospermas conhecidas tem suas sementes dispersas por formigas (Lengyel et al. 2010) em biomas ameaçados, como o Cerrado. Essa dispersão ganha relevância principalmente com plantas lenhosas (Kuhlmann e Ribeiro 2016) que são as principais plantas que tem suas sementes dispersas por formigas (Leal et al. 2007).

Para Klink e Machado (2005), problemas como desmatamento, queimadas, fragmentação dos habitats e outros impactos ambientais causados pelo homem tem acelerado o processo de degradação do Cerrado. A destruição deste bioma é ainda mais potencializada pelas mudanças climáticas, resultando na alteração das características estruturais da vegetação (Santana 2019). Diante dessas mudanças, a regeneração de áreas degradadas é essencial para a conservação deste ecossistema (Malhado et al. 2010) e uma das estratégias para essa conservação é a dispersão de sementes mediada por vertebrados e invertebrados (Török et al. 2020). Para Jordano (2017), no Cerrado, a dispersão de sementes é fundamental para permitir que as plantas colonizem novos locais distantes da planta-mãe, aumentando a dinâmica espacial vegetal.

Dentre os invertebrados, os formicídeos apresentam o maior potencial no processo de remoção, dispersão de sementes e estabelecimento de novas plântulas, principalmente em áreas degradadas (Henao- Gallego et al. 2012; Silva et al. 2020). De acordo com Robert e Heithaus (1986), as formigas influenciam no sucesso reprodutivo e na estrutura espacial das plantas através da deposição no solo das sementes. Com isso, as formigas ganham alta relevância no processo de regeneração natural de ambientes

degradados, melhorando a dinâmica e o funcionamento de vários tipos de ecossistemas, além de acelerarem o processo de germinação de sementes de muitas espécies (Silva et al. 2020; Sondej e Domisch 2022).

Ao serem levados para o interior dos formigueiros, os elaiossomos das sementes coletadas são extraídos e o restante da semente é descartado em câmaras denominadas “lixeiras” junto com os demais resíduos orgânicos (Leal 2003; Leal et al. 2014b). Esse processo de descarte, em alguns casos, pode favorecer o processo de germinação (Sondej e Domisch 2022). Esse benefício se deve à alta quantidade de nutrientes como cálcio, magnésio, sódio dentre outros elementos que estão presentes nos substratos dos ninhos de formigas (Kilpeläinen et al. 2007).

Estudos envolvendo mirmecocoria são mais comuns com formigas cortadeiras do gênero *Atta* Fabricius, 1804 (Corrêa et al. 2010; Leal et al. 2014a). No entanto, outros gêneros de formigas também realizam esse papel ecológico com frequência, como por exemplo *Pheidole* Westwood, 1839 (Leal 2003; Bianchi et al. 2019), *Solenopsis* Westwood, 1840, *Camponotus* Mayr, 1861 (Sasidharan e Venkatesan, 2019) e *Formica* Linnaeus, 1758 (Sondej e Domisch, 2022). No gênero *Dinoponera* Roger, 1861, poucos são os trabalhos a respeito da interação com plantas (Leal et al. 2014a, Leal et al. 2014b; Oliveira et al. 2024).

O gênero *Dinoponera* tem ampla distribuição geográfica e, é encontrado em vários países da América do Sul como Brasil, Argentina, Bolívia, Peru e Paraguai (Lenhart et al. 2013). Atualmente, o gênero engloba oito espécies de formigas de grande porte com mais de três centímetros de comprimento, sendo *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) a maior delas (Dias e Lattke 2021; Kempf 1971)

Essas formigas possuem forrageio solitário e nunca recrutam outras operárias durante a busca por alimento, independentemente do tamanho do recurso coletado (Araújo; Rodrigues 2006). De acordo com Dias e Lattke (2021), elas podem ser encontradas em locais com diferentes fitofisionomias, que vão desde florestas densas às savanas com vegetação mais baixa. Assim como todas as espécies do gênero, *D. gigantea* possui uma dieta onívora, com preferência por sementes das famílias Rubiaceae Juss. e Dilleniaceae Salisb. e invertebrados mortos ou raramente vivos (Fourcassié e Oliveira 2002; Oliveira 2022).

Observações realizadas por Fourcassié (1999) e Fourcassié e Oliveira (2002) em áreas de floresta amazônica demonstraram que apesar de possuir hábitos predominantemente carnívoros, *D. gigantea* também transporta sementes até seus ninhos.

Portanto, um entendimento mais detalhado sobre o manuseio e a dispersão de sementes por essas formigas é essencial no auxílio à regeneração de áreas degradadas, além da compreensão de como essas formigas influenciam no aumento da abundância e distribuição espacial de diversas espécies de plantas de biomas ameaçados como o Cerrado (Wenny 2001; Silva et al. 2020).

O estudo sobre a interação de *D. gigantea* com sementes e frutos pode ainda ajudar a avaliar melhor qual a função ecológica que essas formigas desempenham na dinâmica das áreas onde ocorrem, além de fornecer informações sobre qual o impacto desses formicídeos na distribuição espacial das espécies vegetais que as mesmas utilizam. O estudo também pode elucidar a importância que a conservação destas formigas tem, devido a seus serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção da vegetação do Cerrado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

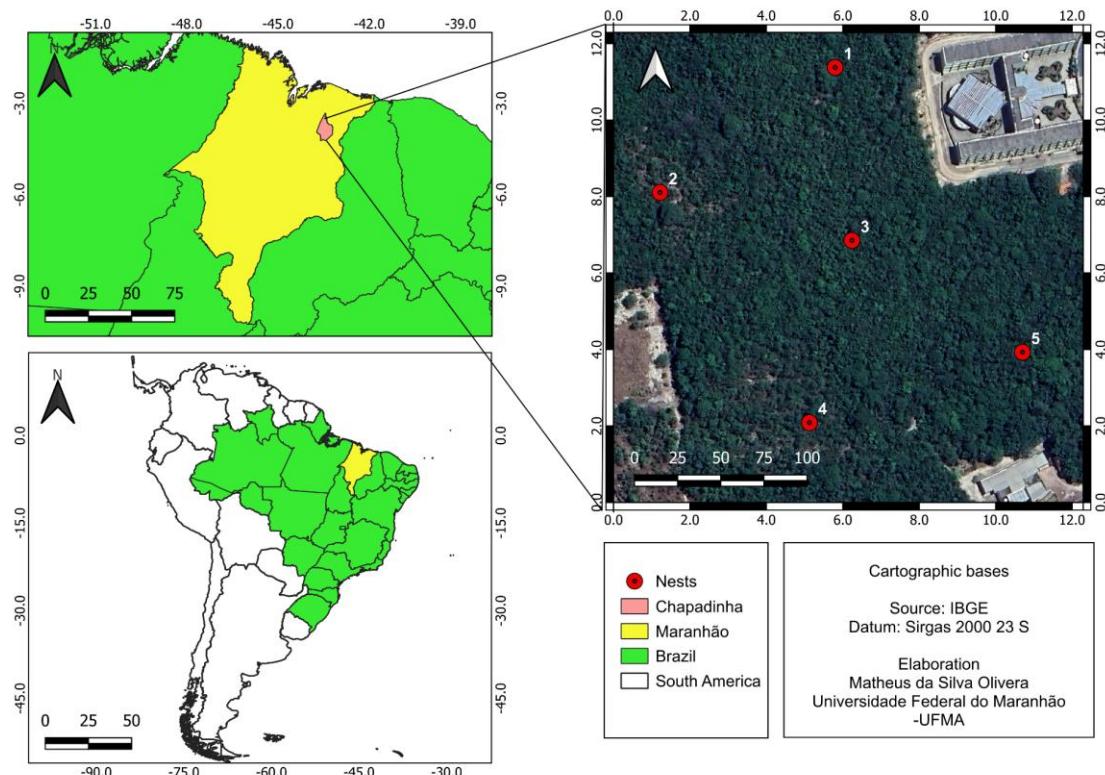
2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área de Cerrado de um fragmento periurbano do horto da Universidade Federal do Maranhão localizada no leste maranhense, no município de Chapadinha – Estado do Maranhão ($3^{\circ}43'59.1"S$ $43^{\circ}19'11.6"W$) (Figura 01). O município apresenta temperatura média anual de $29,7^{\circ}\text{C}$ e média de precipitação anual de 1613,2 mm (Passos et al. 2016). A vegetação predominante na região é considerada como cerrado (*sensu stricto*) com mosaicos de cerradões, caracterizado por formações florestais fechadas, com árvores podendo alcançar mais de 10 metros de altura (IBGE 2012).

2.2 Seleção dos formigueiros

Os ninhos analisados estão sendo monitorados desde o ano de 2021 em um projeto de longo prazo que buscou averiguar dados de forrageio e alimentação de *D. gigantea*. A localização dos formigueiros se deu por meio da distribuição de iscas atrativas proteicas constituídas de sardinha e mel em uma transecção de 350 m na área de estudo. Foram distribuídas 3 g de iscas sobre o solo equidistantemente a cada 20 m ao longo da transecção. As formigas que coletaram as iscas foram monitoradas até os respectivos ninhos. Foram selecionados 5 ninhos com base em distâncias mínimas de 100

metros um do outro (Oliveira 2022) (Figura 1).



2.3 Coleta, uso e destinação de sementes

As plantas visitadas pelas formigas tiveram um perímetro de 20 m demarcado, onde foram realizadas observações para identificar possíveis interações de manuseio, coleta e transporte das sementes pelas formigas. Inicialmente, os comportamentos desempenhados por cada formiga foram registrados em um etograma a partir de observações preliminares *Ad libitum* (Bateson e Martim 2021) (Tabela 01). Esse etograma foi feito com base em registros que duraram 20 dias, partindo do dia 3 até o dia 28 de junho de 2024, de segunda a sexta-feira, durante o período matutino das 7:00 às 11:00 horas da manhã, que são os horários de maior atividade desta espécie (Garreto 2017), totalizando 80 horas de observação.

Posteriormente, foram realizadas observações no período matutino (07:00 às 11:00h) ao longo de 5 dias por semana, durante 2 meses consecutivos (Julho e Agosto de 2024), totalizando 160h de observação. As observações foram realizadas utilizando-se o

método Animal Focal com registro contínuo (Bateson e Matim 2021), com o auxílio de um grupo de pesquisadores e iniciou-se quando cada formiga saiu do ninho e finalizou quando o mesmo indivíduo adentrou o ninho.

A atividade de transporte foi monitorada por um grupo de 5 observadores até a entrada do ninho ou até que as sementes desaparecessem na serapilheira, a fim de verificar se as mesmas foram dispersas durante o trajeto ou incorporadas ao interior dos formigueiros. As sementes perdidas por *D. gigantea* ao longo de seu trajeto até o ninho também foram contabilizadas e classificadas como dispersas. Para isso, foram medidas essas distâncias com o auxílio de uma fita métrica.

2.4 Teste de atratividade de sementes por *Dinoponera gigantea*

Foi realizado um experimento para verificar se os elaiossomos atraiam as formigas. Para isso, foram disponibilizados diásporos com e sem elaiossomo ao longo de 6 estações de coleta (pontos contendo papel filtro em que foram disponibilizadas as sementes para as formigas). Cada estação apresentava uma distância de 5 metros entre si, ao longo de um perímetro de 30 metros, no entorno de cada um dos cinco ninhos de *D. gigantea*. As posições das estações de coleta foram selecionadas de forma aleatória por meio de sorteio (Figura 2). As sementes utilizadas nesse experimento foram obtidas das espécies *Palicourea hoffmannseggiana* (Roem. & Schult.) Borhidi – Rubiaceae e *Davilla nitida* (Vahl) Kubitzki – Dilleniaceae, pois estudos realizados nestes mesmos ninhos desde o ano de 2021 demonstraram que *D. gigantea* coleta, predominantemente, sementes dessas duas espécies de plantas no Cerrado estudado (Oliveira 2022). No entanto, interações das formigas com outras espécies de plantas ou coleta de outros tipos de recurso tanto animal quanto vegetal também foram registradas (Tabela 2).

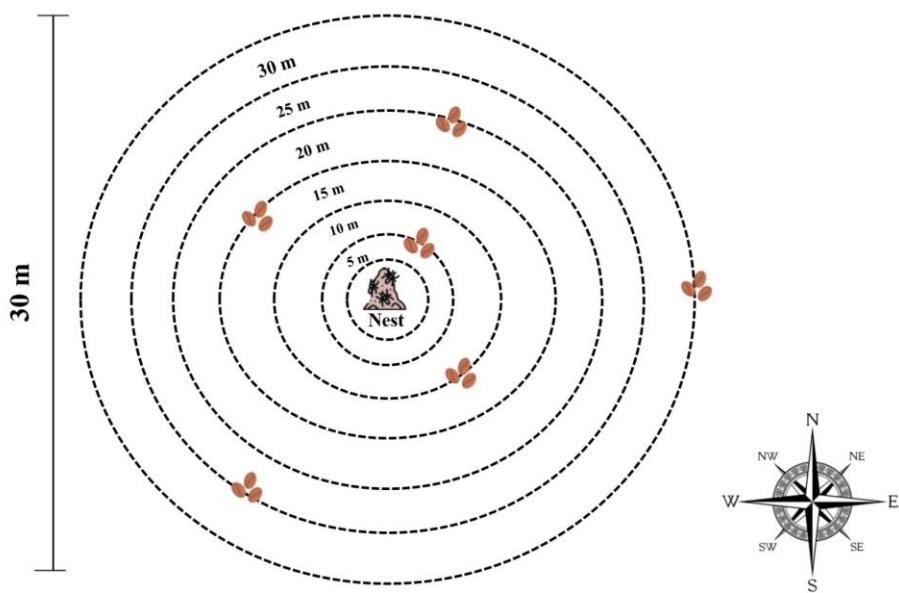


Figura 2. Distribuição das estações de coleta ao entorno dos ninhos de *Dinoponera gigantea* em área de Cerrado no nordeste do Brasil.

Os diásporos utilizados no experimento foram colocados sobre cartões de papel filtro branco (6 cm x 6 cm) conforme Byrne e Levey (1993), ao longo das estações de coleta, sendo 30 sementes de *P. hoffmannseggiana* e *D. nitida* para cada papel filtro, 15 com elaiossomo e 15 sem essa estrutura), totalizando 900 sementes nos cinco ninhos amostrados (No caso de *P. hoffmannseggiana* que possui elaiossomo, o mesmo foi retirado manualmente de algumas sementes. As sementes com e sem elaiossomo foram colocadas de maneira aleatória nas estações de coleta.

As observações da coleta de sementes pelas formigas foram realizadas por um grupo de observadores no período matutino (07:00 às 11:00h) de segunda a sexta-feira, durante 2 meses (setembro a novembro de 2024), especificamente 43 dias, totalizando 215 horas de observação. As formigas foram monitoradas a partir do momento que coletavam as sementes nas estações e, eram seguidas pelos pesquisadores até o ninho ou eventualmente perderem a semente ao longo do caminho.

O comprimento das sementes ofertadas as formigas foram obtidos com base nas medições da base até o ápice das sementes, com o auxílio de um paquímetro digital. As medidas de temperatura e umidade do ambiente foram realizadas através de um termôhigrômetro digital.

Ao final das observações, os cinco ninhos de *D. gigantea* foram escavados, para

identificar a distribuição espacial das sementes no interior do ninho. As câmaras com sementes ou seus vestígios foram caracterizadas, fotografadas e mensuradas com as seguintes variáveis: largura, comprimento, altura e profundidade.

2.5 Análise dos Dados

Os dados sobre coleta de sementes pelas formigas com e sem elaiossomo nos cinco ninhos amostrados foram testados quanto a normalidade aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk. Constatada a normalidade dos dados, foi aplicado o teste T pareado para a comparação das médias dos dois tipos de sementes analisadas.

Foi realizada uma ANOVA de um fator para analisar se o número de formigas que interagiram com as sementes variava entre os 5 ninhos investigados. Este teste permitiu avaliar se a interação das formigas com as sementes era significativamente diferente entre os ninhos. O mesmo teste estatístico foi utilizado para avaliar se a quantidade de formigas que interagiram com as sementes variava de acordo com as distâncias médias atingidas nos cinco ninhos.

Foi realizado o teste de Mann-Whitney para verificar se havia diferença significativa na coleta das duas espécies de sementes coletadas. Esse teste não paramétrico foi escolhido devido à natureza dos dados, que não seguiram uma distribuição normal. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para verificar se a dispersão de sementes variava entre as diferentes distâncias das estações de coleta. Também foi realizado um índice na eficiência da coleta de sementes da seguinte forma: índice de eficiência = número de forrageadoras carregando sementes x 100 /total de forrageadoras que entram em contato com as estações de coleta.

Foi aplicado um Modelo Linear Generalizado (GLM) com a distribuição de Poisson para investigar os fatores que mais influenciam a coleta de sementes. A variável dependente utilizada foi a coleta de sementes, enquanto as variáveis independentes incluíram a quantidade de formigas, o tamanho da semente, a distância média atingida nos ninhos, a temperatura, a umidade e o número de sementes com elaiossomos coletada. O objetivo foi identificar quais desses fatores contribuíam significativamente para a variação na coleta de sementes, permitindo compreender os determinantes mais influentes nesse processo.

Para verificar a relação entre o número de sementes encontradas dentro dos

formigueiros com as variáveis da estrutura e componentes internos dos ninhos, foi empregada a correlação linear de Pearson. As análises foram realizadas através do programa R studio versão: 2025.05.0+496.

3 RESULTADOS

3.1 Coleta de sementes por *Dinoponera gigantea* nas plantas do Cerrado

Nas observações preliminares de *D. gigantea* no entorno das plantas selecionadas na área de estudo foram registradas 95 formigas interagindo com as sementes de *D. nitida* e *P. hoffmannseggiana*. O número de interações das formigas com as duas espécies vegetais diferiu ($F = 17.94$; $p = 0.001$, $N=95$), onde 85% interagiram com sementes *P. hoffmannseggiana* e apenas 15% com *D. nitida*. Em 41 dessas interações, houve coleta e deslocamento das sementes das proximidades das plantas, no entanto, em apenas 2 dessas ocasiões houve a coleta de sementes de *D. nitida*. Além disso, em nenhuma das ocasiões foi observado o consumo das sementes no próprio local de coleta.

Em cinquenta e quatro ocasiões em que as formigas entraram em contato com as sementes, não houve coleta. Sempre que as formigas interagiram com as sementes caídas no solo apresentaram alguns comportamentos que foram classificados como inspecionar, manipular, carregar e ignorar (Tabela 1). A frequência desses comportamentos variou entre as plantas próximas aos ninhos estudados, tanto para *P. hoffmannseggiana* ($F= 3.9$; $p= 0.03$; $N= 5$) quanto para *D. nitida* ($F= 8.3$; $p= 0.01$; $N= 5$) (Figura 3).

Dentre as sementes coletadas, 37% foram dispersas e 63% foram destinadas aos formigueiros. A distância de dispersão variou de 3 a 15 metros ($\mu=7.0 \pm 5.3$) desde o ponto de coleta na planta mãe até ser perdida na serrapilheira. Todas as sementes dispersas foram da espécie *P. hoffmannseggiana*.

Tabela 1- Comportamentos relacionados a interação de *Dinoponera gigantea* com as estações de coleta de sementes em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.

Comportamento	Descrição
Inspecionar	A formiga tocava a semente com as antenas, mas não a coletava.

Manipular	a formiga pegava a semente com as mandíbulas e utilizava o primeiro par de pernas para ajustar a posição da semente em sua mandíbula, podendo ou não a deslocar posteriormente da estação de observação.
Carregar	A formiga coletava a semente com as mandíbulas e a deslocava da estação de observação.
Ignorar	A formiga passava pela estação de observação, mas não demonstrava interação com as sementes.

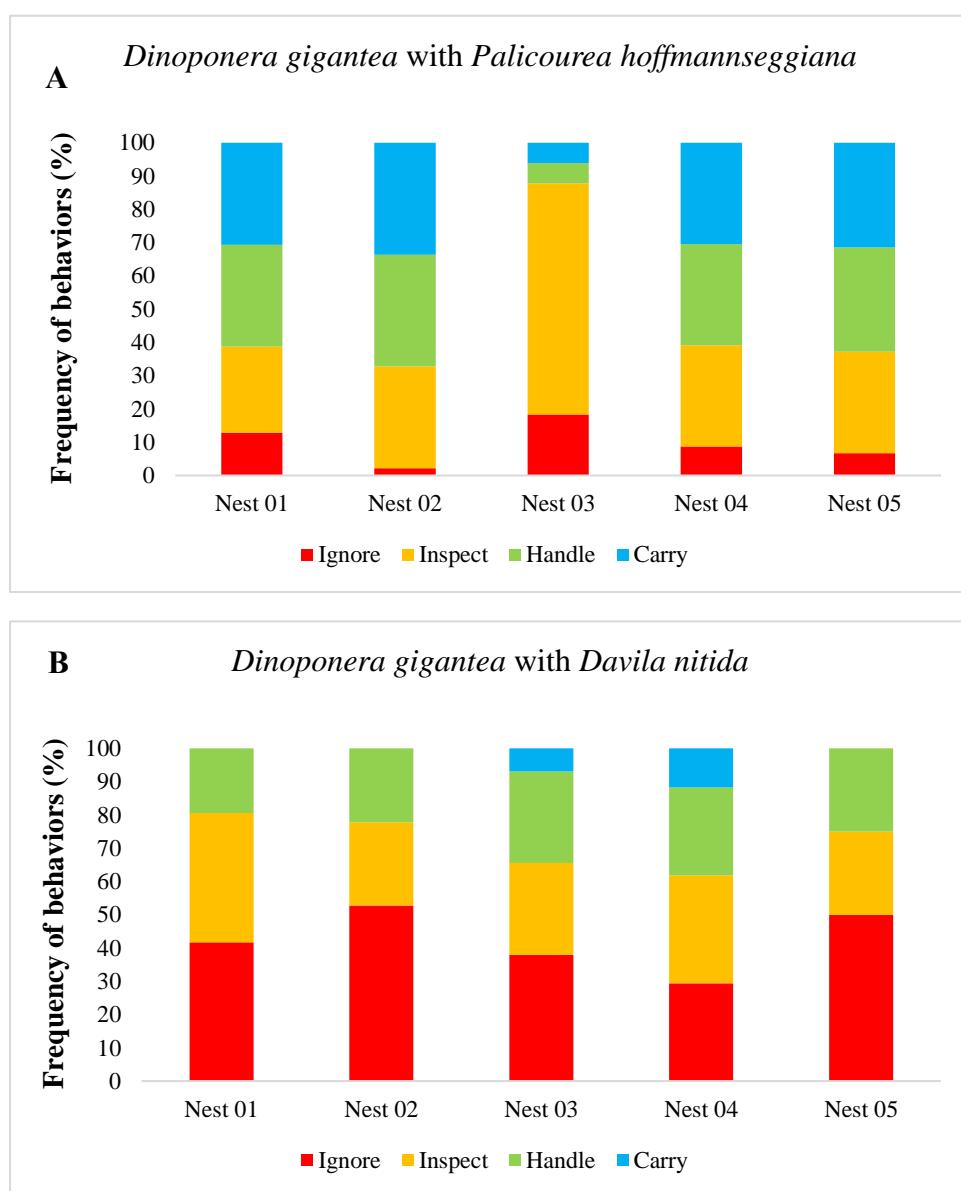


Figura 3- Frequência de comportamentos de *Dinoponera gigantea* durante a coleta de sementes em cinco ninhos em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil. (A) *Dinoponera gigantea* com sementes de *Palicourea hoffmannseggiana* (B) *Dinoponera gigantea* com sementes de *Davila nitida*.

Durante as observações as formigas também apresentaram a coleta e transporte de outros recursos de origem animal e vegetal até seus ninhos (Tabela 2). Foram quantificados 149 itens transportados, sendo 117 de origem animal e 32 de origem vegetal. Os recursos animais foram separados em 19 tipos diferentes dos quais 87% correspondem a invertebrados do filo Arthropoda das ordens Hymenoptera, Blattodea (exceto Isoptera), Orthoptera, Diptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Araneae, Acari, Diplopoda, Opiliones, Dermaptera e subordem Isoptera. O restante dos materiais de origem animal (13%) foi classificado como recursos fecais de outros animais, organismos dos filos Mollusca (ordem Stylommatophora) e Annelida (subclasse Oligochaeta). Já os recursos vegetais foram divididos em três tipos distintos: sementes da espécie *Sebastiania brasiliensis* Spreng., folhas, cascas e galhos

Tabela 2- Recursos de origem animal e vegetal coletados por *Dinoponera gigantea* em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil

RECURSOS

ANIMAL	QUANTIDADE
Filo Artropoda	
Hymenoptera	15
Blattodea (exceto Isoptera)	18
Suborder Isoptera	9
Orthoptera	9
Diptera	4
Hemiptera	10
Coleoptera	9
Lepidoptera	9
Araneae	2
Acari	3
Diplopoda	2
Chilopoda	1
Opiliones	2
Dermaptera	3
Nymphs Blattodea	6
Filo Annelida	

Oligochaeta	2
Filo Mollusca	
Stylommatophora	3
<hr/>	
Fezes de morcego	6
Fezes de lagarto	4
TOTAL	117
<hr/>	
VEGETAIS	
Sementes	
(<i>Sebastiania brasiliensis</i>)	8
Folha	10
Casca de árvore	8
Galho	6
TOTAL	32
<hr/>	

3.2 Efeito do elaiossomo na dispersão de sementes por *Dinoponera gigantea*

Foram registradas 107 formigas interagindo com as sementes ofertadas nas estações de coleta. O número de formigas que interagiram com as sementes diferiu entre os cinco ninhos analisados ($F = 22.94$; $p = 0.001$; $N=107$). Em 50 dessas interações, houve coleta e deslocamento das sementes, no entanto, em nenhuma das ocasiões foi observada predação das sementes *in situ*.

A distância de dispersão alcançada pelas formigas variou de 5.6 a 25 metros ($\mu=8 \pm 57.8$). Houve diferença na coleta de sementes entre os pontos onde as estações de coleta foram inseridas ($H= 18,56$; $p = 0.001$; $N=6$) (Figura 4). O ponto a 15 metros do ninho foi o que apresentou a maior coleta de sementes ($p=0.002$; $N=6$) (Figura 4). Também houve diferença na quantidade de formigas em relação às distâncias médias atingidas pelas forrageadoras de cada ninho amostrado ($F = 1.2$; $p = 0.03$; $N=107$).

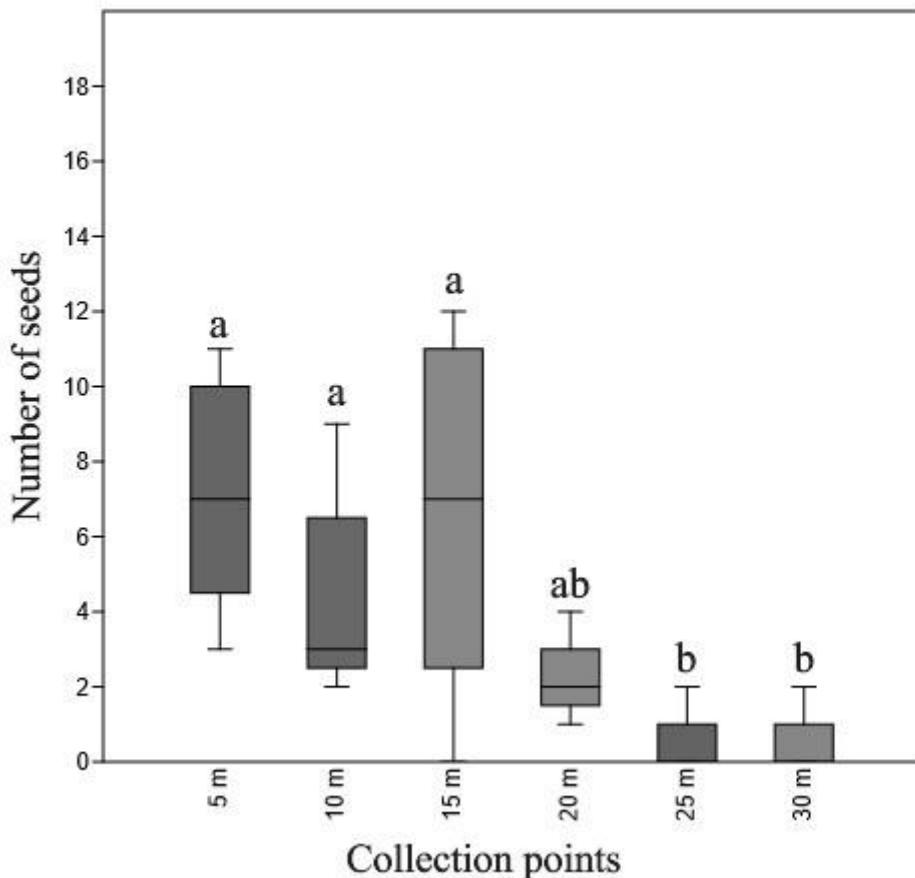


Figura 4- Coleta de sementes em diferentes pontos onde foram inseridas as estações de coleta em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil. *Letras iguais representam semelhanças estatísticas entre os pontos e letras diferentes representam diferença estatística entre os pontos.

A coleta de sementes com elaiossomo foi superior à de sementes sem essa estrutura ($t(4)=2.214$; $p =0.09$; $N=50$). Houve diferença na coleta das diferentes espécies de sementes ($U= 3.5$; $z= 1.83$; $p = 0.04$; $N=50$), houve preferência, pela coleta das sementes da espécie *P. hoffmannseggiana*, que foi coletada cerca de 39 vezes, representando 81.2% das sementes coletadas, o restante das sementes coletadas foi de *D. nitida*, 9 vezes (18.8%)

As formigas apresentaram preferência pela coleta de sementes com média de 0,6 cm de comprimento da espécie *P. hoffmannseggiana*. O tamanho máximo das sementes coletadas foi de 1.3 cm pertencente a espécie *D. nitida*, enquanto o tamanho mínimo foi o de 0.2 cm de *P. hoffmannseggiana*.

Das sementes coletadas pelas formigas ($n = 50$), cerca de 46% foram dispersas, enquanto 54% foram transportadas até os ninhos de *D. gigantea*. Ao calcular o índice de eficiência na coleta dessas sementes obteve-se uma eficiência de 53.2% na coleta de

sementes realizada por essas formigas.

A quantidade de formigas presentes nas estações de coleta apresentou um efeito positivo na coleta de sementes ($\beta_1 = 0.14$ SE = 0.03; $p < 0.001$) (Figura 5). Isso mostra que, para cada aumento unitário no número de formigas, espera-se um aumento de 0.14 unidades na variável dependente, que representa a quantidade de sementes coletadas. Outra variável que apresentou influência sobre a coleta de sementes foi o tamanho das sementes ($\beta_1 = 1.64$; SE = 0.5; $p < 0.001$).

O elaiossomo também apresentou efeito significativo na coleta de sementes $\beta_1 = 0.34$; SE = 0.2; $p < 0.001$). As demais variáveis, como a distância média das sementes, temperatura e umidade, não apresentaram influência sobre a variável dependente (Figura 5).

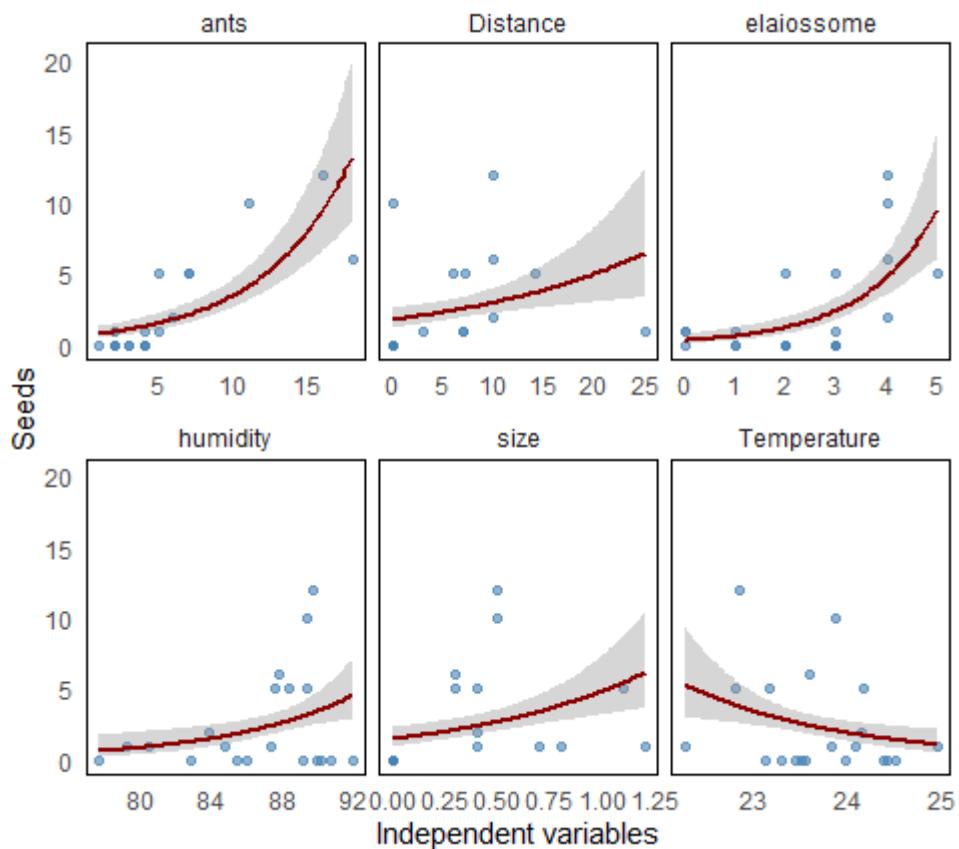


Figura 5- Coeficientes do Modelo Linear Generalizado (GLM) representando a influência variáveis independentes (número de formigas, distância, presença de elaiossomo, tamanho da semente, umidade e temperatura) sobre a variável dependente (número de sementes coletadas) em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.

3.3 Destino das sementes no ninho

Os cinco formigueiros escavados de *D. gigantea* apresentaram profundidade máxima de 40 cm e mínima de 30 cm, considerando a superfície do solo até o final da última câmara escavada ($\mu = 35 \pm 3.8$). Ademais, os ninhos apresentaram, em média, 8 câmaras internas ($Sd = 0.7$), com uma variação de 30 a 44 formigas por ninho ($\mu = 38 \pm 5.1$). A altura dos formigueiros, do solo até o ápice do ninho, variou de 15 a 23 cm ($\mu = 18.8 \pm 3.6$) entre os ninhos analisados (Figura 6 e Figura 7).

As sementes foram encontradas 80% das vezes na terceira câmara e 20% na quarta câmara dos ninhos, a uma profundidade que variou entre 20 e 25 cm ($\mu = 23 \pm 1.9$) em relação ao solo. A quantidade de sementes inteiras variou de 4 a 8 por ninho ($\mu = 5.4 \pm 2.1$), todas as sementes encontradas não apresentaram elaiossomo (Figura 6 e Figura 7). Ademais, também foram encontrados nas câmaras fragmentos de sementes, que variaram de 3 a 9 fragmentos por ninho ($\mu = 5 \pm 2.5$), além de fragmentos de matéria animal como artrópodes e anelídeos. Não foi possível identificar as espécies dos fragmentos de sementes coletadas por conta de seu estado de degradação. Outrossim, na última câmara de 80% dos formigueiros também foram encontrados restos de material de origem animal e vegetal (Figura 7).



Figura 6- Fotografias da estrutura interna e externa dos ninhos de *Dinoponera gigantea*. (A) sementes no interior da terceira câmara do ninho. (B) Câmara contendo as pupas de *Dinoponera gigantea*. (C) Estrutura externa do ninho. (D) Câmara contendo artrópodes vivos

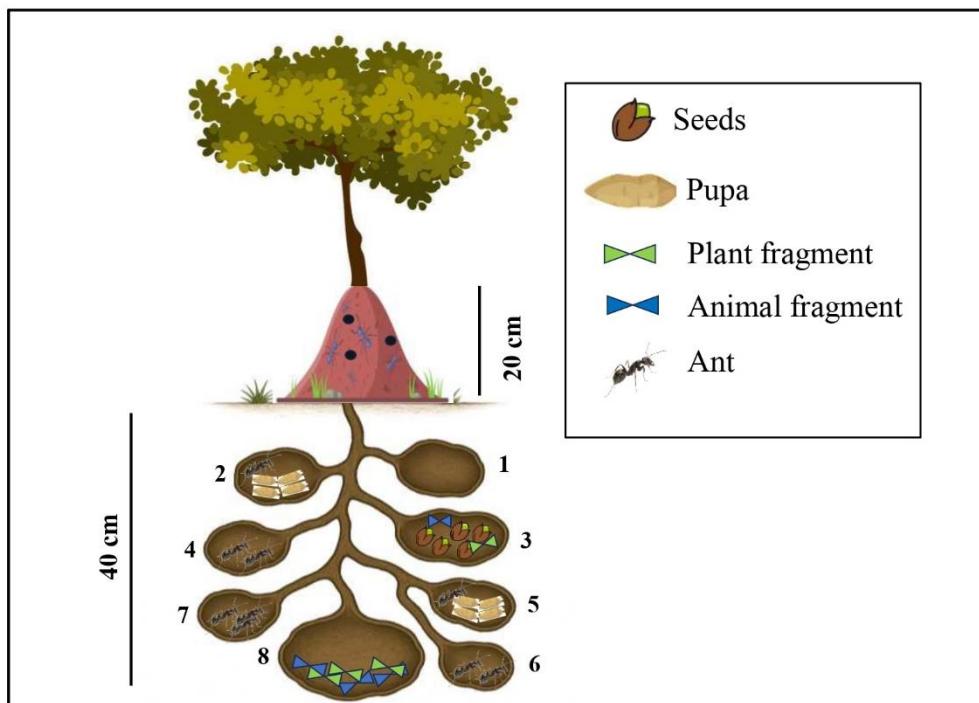


Figura 7- Esquema representativo da estrutura interna e externa dos formigueiros de *Dinoponera gigantea* em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.

A correlação linear de Pearson constatou uma correlação positiva moderada entre o número de sementes e a quantidade de formigas nos ninhos ($r = 0.47$), sugerindo que ninhos com mais formigas tendem a armazenar maior quantidade de sementes. Por outro lado, o número de sementes apresentou correlação negativa moderada com a quantidade de imaturos ($r = -0.35$) presentes nos formigueiros, sugerindo que o número de sementes tende a diminuir com o aumento da quantidade de imaturos nos ninhos.

4 DISCURSSÃO

Nossos resultados revelam uma preferência significativa das formigas pelas sementes de *P. hoffmannseggiana*, que foram coletadas e dispersas com maior frequência em comparação às de *D. nitida*. Além disso, a distância de dispersão variou consideravelmente, chegando a até 25 metros, um alcance expressivo para formigas que operam de forma solitária (Leal et al. 2014b). Essas formigas também demonstraram alta eficiência na coleta de sementes, superando a marca de 50%. Fatores como o tamanho da

semente e a presença de elaiossomo influenciaram diretamente o comportamento de coleta. Diferentemente da hipótese inicial, fatores ambientais como temperatura e umidade não exercearam influência significativa nesse processo.

As observações iniciais sobre a coleta das sementes pelas formigas ao redor das plantas frutificadas, indicaram uma taxa de coleta de quase 40% das sementes com as quais as formigas interagiram. Esses resultados reforçam o papel ecológico das formigas como eficientes agentes de coleta e, mesmo sendo considerada uma predadora generalista de artrópodes e outros animais (Fourcassié e Oliveira 2002), *D. gigantea* coletou e transportou ao ninho com frequência sementes das plantas observadas neste estudo. Padrão semelhante foi registrado em outra espécie do mesmo gênero, *Dinoponera quadriceps* Kempf, 1971, considerada uma das mais eficientes coletores de sementes na Caatinga (Oliveira et al. 2024; Leal et al. 2014b).

Alguns comportamentos foram predominantes nas interações entre formigas e sementes. No caso de *P. hoffmannseggiana*, os comportamentos mais frequentes em todos os ninhos foram manipular e carregar as sementes. Por outro lado, na interação com *D. nitida*, a maioria das ocorrências resultou no comportamento de ignorar a semente. Resultados semelhantes foram obtidos por Pirk e Casenave (2017), ao estudarem espécies como *Dorymyrmex antarcticus* (Forel, 1904), *Pheidole spininodis* Mayr, 1887 e *Solenopsis richteri* Forel, 1909, que frequentemente ignoraram sementes de *Pappostipa speciosa* (Trin. & Rupr.) Romasch. (Poaceae) e *Carduus thoermeri* Weinm (Asteraceae).

A provável explicação para a maior preferência pelas sementes de *P. hoffmannseggiana*, que possuem elaiossomo, está na atratividade dessas estruturas para diferentes tipos de formigas, sejam herbívoras, carnívoras ou onívoras (Hughes et al. 1994; Leal et al. 2014b; Karnish 2024). Além disso, sementes com elaiossomo tendem a ser preferencialmente coletadas por formigas de maior porte corporal (Leal et al. 2014b; Ness et al. 2004), como é o caso de *D. gigantea*. Assim, é importante ressaltar que esta espécie de planta apresenta compostos tóxicos que podem afetar principalmente bovinos (Pedroza 2015). Segundo Andrade et al. (2025) algumas plantas do gênero *Psychotria* também apresentam importante potencial farmacêutico e agroquímico pela sua alta produção de alcaloides, o que tem gerado cada vez mais estudos em espécies do gênero (Pedroza 2015).

A ausência da ingestão das sementes pelas formigas durante o processo de coleta encontrados neste estudo é semelhantes aos resultados encontrados em *D. quadriceps*, *Ectatomma muticum* Mayr, 1870 e *Camponotus crassus* Mayr, 1862 na Caatinga (Leal et

al. 2014b), bem como em *Atta sexdens* Linnaeus, 1758 em fragmentos de Mata Atlântica secundária (Fernandes et al. 2020). No entanto, algumas formigas tendem a consumir as sementes no próprio local da coleta, como observado em *Temnothorax crassispinus* Emery, 1895 e *Myrmica ruginodis* Nylander, 1846 (Prokop et al. 2022). Isso se deve ao fato de que, formigas de pequeno porte (<5 mm) transportam sementes por curtas distâncias e frequentemente consomem partes da semente *in situ*, enquanto formigas maiores (>5 mm) tendem a transportar as sementes até seus ninhos para alimentar suas larvas (Gammans et al. 2005; Lobo et al. 2011; Leal et al. 2014b; Karnish 2024).

A coleta de outros itens de origem animal verificada durante as observações da coleta de sementes era esperada, pois *D. gigantea* é considerada uma formiga onívora com preferência pela coleta de artrópodes na maioria das vezes encontrados já mortos (Fourcassié e Oliveira 2002). Este padrão de preferência por artrópodes, sobretudo insetos é comum a grande parte das espécies do gênero como *D. quadriceps*, *Dinoponera lucida* Emery, 1901 e *Dinoponera grandis* Guérin-Méneville, 1838 (Araujo e Rodrigues 2006; Peixoto et al. 2008; Tillberg et al. 2014).

A distância média de dispersão registrada para *D. gigantea* foi de 8 metros, superando a média de outras formigas de grande porte, como *D. quadriceps* (5,73 metros) e *Camponotus crassus* Fabricius, 1775 (1,55 metros) na Caatinga (Leal et al. 2014b), e também de espécies como *Odontomachus chelifer* Latreille, 1809 (1,5 metros) e *Pachycondyla striata* Latreille, 1809 (2,3 metros) em áreas de restinga (Passos e Oliveira 2004). Esses resultados eram esperados, considerando que *D. gigantea* possui corpo robusto (3–4 cm) (Kempf 1971), o que favorece o transporte de sementes por distâncias maiores, confirmando seu papel como importante dispersora no Cerrado (Ness et al. 2004; Leal et al. 2007; Leal et al. 2014b).

A distância máxima de dispersão registrada por *D. gigantea* foi de 25 metros, valor bastante próximo ao de *D. quadriceps*, considerada a principal formiga dispersora de sementes da Caatinga, que detém o recorde de dispersão para o bioma com 25,56 metros (Leal et al. 2014b; Leal et al. 2020). Outras formigas de diferentes gêneros também demonstram potencial para dispersões de longa distância, como *Iridomyrmex viridiaeneus* Smith, 1858, que transporta sementes de *Acacia ligulata* Benth. por até 18 metros (Whitney 2002), *Pogonomyrmex californicus* Buckley, 1867 (25,2 metros) (Ness e Bressmer 2005), e *Aphaenogaster famelica* Emery, 1895 (12,9 metros) (Takahashi e Itino 2012). Sernander (1906) registrou dispersões de até 70 metros por formigas, embora não tenha especificado as espécies envolvidas. Em todos os casos, observa-se o padrão

de dispersões mais longas associadas a formigas de grande porte.

Durante os testes em que foram disponibilizadas sementes a diferentes distâncias, *D. gigantea* demonstrou preferência pela coleta de sementes com elaiossomo. Esses resultados parecem seguir um padrão típico de dispersores de alta qualidade (Formigas grandes que coletam sementes rapidamente e as transportam por mais de 2 m.) (Ness et al. 2004), já que a maioria das formigas que realizam dispersões a longas distâncias tende a transportar sementes com elaiossomos.

Por outro lado, dispersores de baixa qualidade (formigas de pequeno porte corporal, que coletam sementes em grupo e as transportam por distâncias relativamente menores que 2 m) geralmente consomem essas estruturas no próprio local de coleta (Ness et al. 2004; Leal et al. 2014b; Karnish 2024). Na Caatinga, formigas dos gêneros *Dinoponera*, *Ectatomma* e *Camponotus* também apresentaram forte preferência por sementes com elaiossomo (Leal et al. 2014b). De maneira semelhante Munguía-Rosas e Espino (2022), observaram um aumento de até 17 vezes na remoção de sementes de *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) Müll. Arg. quando estas possuíam elaiossomo.

A preferência por sementes com elaiossomo está associada a diversos fatores, principalmente à composição química dessas estruturas. Segundo Miller et al. (2020), alguns diglicerídeos presentes nos elaiossomos como ácido linoleico, hexadecenoico, esteárico, palmitoleico e, principalmente, ácidos graxos oleicos são os principais atrativos para as formigas. Essa atratividade ocorre devido à similaridade na composição lipídica dos elaiossomos em relação aos tecidos de insetos, sendo mais semelhante a estes do que às próprias sementes (Hughes et al. 1994). Assim, por serem predadoras generalistas com dieta baseada principalmente em artrópodes (Fourcassié e Oliveira 2002; Oliveira 2022), *D. gigantea* tende a preferir sementes cuja composição lipídica se assemelhe à de suas presas naturais.

Em nosso estudo, verificamos que 46% das sementes coletadas por *D. gigantea* foram efetivamente dispersas, enquanto 54% foram levadas diretamente aos ninhos. Embora a taxa de retorno aos formigueiros seja inferior à observada em outros dispersores de alta qualidade, como os encontrados na Caatinga (78%) (Leal et al. 2014; Leal et al. 2007), em florestas tropicais (68%) (Ruzi e Suarez 2022) e no Cerrado (74%) (Magalhães et al. 2018), os dados indicam que *D. gigantea* também exerce um papel significativo na dispersão de sementes das espécies vegetais com as quais interage. E, embora a taxa de dispersão por vertebrados seja muito maior que em formigas e outros artrópodes (Kelt et al. 2004), o papel de *D. gigantea* na dispersão a longas distâncias encontrado aqui, ressalta

um importante papel ecológico no processo de dispersão secundária das sementes coletadas, considerado um serviço ecológico fundamental na regeneração de áreas degradadas (Gallegos et al. 2014).

O elevado percentual de sementes que não chega ao ninho pode ser explicado melhor por García-Meza e Martorell (2022), que sugerem que a probabilidade de dispersão diminui quanto maior for a atratividade da semente para a formiga, ou seja, quanto mais atrativa é a semente menores são as chances de ela ser dispersa. Além disso, essa probabilidade de dispersão também pode ser influenciada pela estação em que as sementes são mais abundantes, sendo maior para espécies comuns durante o período de coleta (García-Meza e Martorell 2022; Ness et al. 2004).

O tamanho das sementes também se mostrou um fator relevante para a coleta. Neste estudo, as formigas demonstraram preferência por sementes grandes (>1 mm). Esses resultados corroboram as conclusões de Takahashi e Itino (2012), que argumentam que sementes maiores são mais vantajosas para atrair formigas grandes e, consequentemente, são mais propensas à dispersão. Já sementes pequenas são pouco atrativas para formigas de grande porte. Além disso, há uma tendência de que o tamanho do elaiossomo aumente proporcionalmente ao tamanho da semente, funcionando como um estímulo adicional para a coleta (Edwards et al. 2006). Por fim, sementes menores apresentam maior probabilidade de serem predadas do que efetivamente dispersas em razão da facilidade de seu consumo (Penn e Crist 2018).

Contrariando nossas hipóteses iniciais, fatores ambientais como temperatura e umidade não apresentaram influência significativa na coleta de sementes. Ness e Bressmer (2004), por exemplo, encontraram resultados opostos ao estudarem a coleta de sementes por *Aphaenogaster cockerelli* Wheeler, 1913 e *Pogonomyrmex californicus* Buckley, 1867, observando que temperaturas mais elevadas resultavam em menor atividade de coleta. Warren et al. (2011) também demonstraram que alterações climáticas podem modificar o padrão de coleta de sementes por formigas.

A explicação mais plausível para nossos resultados pode estar relacionada ao porte corporal de *D. gigantea*, uma vez que formigas maiores tendem a ser mais resistentes às variações de microclima, especialmente em ambientes mais quentes. Em contraste, espécies menores geralmente não toleram bem temperaturas elevadas (Kaspari 1993). Para Perfecto e Philpott (2023) essa resistência a mudanças de temperatura também favorece a maior distribuição e adaptabilidade dessas formigas a fragmentos periurbanos como no caso da espécie abordada neste estudo, favorecendo a oferta de

alguns serviços ecossistêmicos, incluindo a dispersão de sementes.

Ao se escavar os ninhos de *D. gigantea* foi possível constatar que os ninhos apresentavam proporções semelhantes, porém menores que os escavados por Silva et al. (2021) em área de Cerrado, onde os ninhos apresentaram uma média de 9 câmaras, número de formigas variando de 50 a 60 indivíduos e profundidade máxima de 43 cm. Em ambos os casos esses valores são menores em relação a proporção da estrutura dos ninhos de outras formigas como *D. quadriceps* que pode apresentar até 16 câmaras em sua estrutura interna, além de uma quantidade de aproximadamente 72 operárias por ninho (Vasconcellos et al., 2004). Estes resultados corroboram com os obtidos por Vieira et al. (2007) que ao estudar os ninhos da espécie *Ectatomma vizottoi* Almeida Filho, 1987, verificou que a quantidade de câmaras de um formigueiro aumenta conforme o aumento no número de indivíduos da colônia.

Em 80% dos ninhos escavados, as sementes e alguns recursos de origem animal foram encontrados na terceira câmara variando de 20 a 25 cm de profundidade. Resultados esperados para formigas que possuem ninhos mais profundos no solo, como por exemplo *Anoplolepis* spp. que muitas vezes carregam sementes de *Leucospermum truncatulum* (Burm.f.) Rourke (Proteaceae) para câmaras de até 45 cm de profundidade (Christian e Staton, 2004). As sementes são levadas para estas câmaras mais profundas para servir como alimento principalmente para as larvas de formigas (Renard et al., 2010). Portanto, a profundidade de alocação das sementes transportadas por *D. gigantea* ultrapassa a profundidade máxima (13.8 cm) de emergência de sementes proposto por (Renard et al., 2010), o que indica que ao serem alocadas nos ninhos estas sementes não conseguem germinar devido a sua profundidade de soterramento.

A câmara contendo resíduos localizada no final dos formigueiros, parecem ser um padrão encontradas nos formigueiros de algumas formigas, inclusive do gênero *Dinoponera*. Nas escavações de formigueiros de *D. gigantea* e *D. lucida* feitas por Moreira et al. (2020) foram encontrados resíduos vegetais e animais, além de algumas espécies inquilinas em câmaras que foram denominadas “câmaras de lixo”. Além destas, outras espécies como *Ectatomma brunneum* Smith, 1858 e *E. vizottoi* também utilizam câmaras geralmente localizadas no final dos formigueiros para serem utilizadas como depósitos de detritos da colônia (Lapola et al. 2003; Vieira et al. 2007).

A relação inversamente proporcional encontrada neste estudo entre a quantidade de sementes sem elaiossomo e o número de imaturos presentes nos formigueiros pode ser melhor explicada por Gammans et al. (2005) que verificou que operárias de colônias que

se alimentavam dos elaiossomos presentes nas sementes produziam maior quantidade de larvas. Além disso, os elaiossomos também são utilizados na nutrição e desenvolvimento das larvas na colônia (Bono e Heithaus 2002). Dessa forma, a quantidade de sementes com elaiossomo diminui no ninho de acordo com o aumento do número de imaturos que devem ser alimentados (Karnish 2024).

5 CONCLUSÃO

O estudo evidencia o papel crucial da formiga *D. gigantea* na dispersão de sementes, especialmente da espécie *P. hoffmannseggiana*, cuja coleta e dispersão foram mais frequentes. A preferência por essas sementes está relacionada a características morfológicas como elaiossomo e tamanho, fatores que favorecem a manipulação por formigas de grande porte. A ausência de predação e o comportamento de transporte eficiente reforçam a função ecológica dessa formiga como agente dispersor no Cerrado.

A dispersão alcança distâncias de até 25 metros, influenciando positivamente a regeneração e distribuição vegetal. Fatores como o número de formigas e o tamanho das sementes aumentam a eficiência da coleta, ao passo que variáveis ambientais como temperatura e umidade não apresentaram impacto significativo, sugerindo flexibilidade ecológica da espécie. Observou-se ainda que os ninhos de *D. gigantea* na área de Cerrado possuem estrutura mais simples, mas revelam um comportamento de armazenamento de sementes estratégico. As correlações entre sementes, número de formigas e imaturos indicam uma estreita relação entre a organização da colônia e a utilização de recursos. Assim, os resultados reforçam a importância da conservação de espécies-chave como *D. gigantea* para a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas brasileiros.

REFERÊNCIAS

Andrade CML, Rohlfs IAC, Caetano TTV, Ronzani LDR, Stein VC. (2025). The redesigned *Psychotria* genus: medicinal potential of alkaloids and biotechnological strategies for metabolite improvement. *Phytochemistry Reviews*, 1-17.
<https://doi.org/10.1007/s11101-025-10154-1>

Araújo A, Rodrigues Z (2006) Foraging behavior of the queenless ant *Dinoponera quadrimaculata* Santschi (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology* 35 (2):159–164. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000200002>

Bateson M, Martin P (2021) Measuring behaviour: an introductory guide. (4th ed.).

Cambridge University Press, Cambridge.

Beattie AJ (1985) The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge University Press, Cambridge.

Bianchi RA, Venâncio H, Viana GM, Silva Galhardo JA, Santos JC (2019) Efeitos da fertilização sobre interações tritróficas entre planta, afídeo e formigas invasoras: um teste experimental. *Journal of Environmental Analysis and Progress* 4 (3): 223-227. <https://doi.org/10.24221/jeap.4.3.2019.2579.223-227>

Bono JM, Heithaus ER (2002). Sex ratios and the distribution of elaiosomes in colonies of the ant, *Aphaenogaster rudis*. *Insectes Sociaux* 49: 320-325.

<https://doi.org/10.1007/PL00012655>

Christian CE, Stanton ML (2004) Cryptic consequences of a dispersal mutualism: seed burial, elaiosome removal, and seed-bank dynamics. *Ecology* 85(4): 1101-1110. <https://doi.org/10.1890/03-0059>

Corrêa MM, Silva PSD, Wirth R, Tabarelli M, Leal IR (2010) How leaf-cutting ants impact forests: drastic nest effects on light environment and plant assemblages. *Oecologia* 162: 103–115. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1436-4>

De Paula Pedroza, H. (2015). *Psychotria hoffmannseggiana*: uma nova espécie de planta tóxica para bovinos. Escola Veterinária -UFMG. 41p.

Dias AM, Lattke JE (2021) Large ants are not easy – the taxonomy of *Dinoponera* Roger (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). *European Journal of Taxonomy* 704 (1): 1-66. <https://doi.org/10.5852/ejt.2021.784.1603>

Edwards W, Dunlop M, Rodgerson L (2006) The evolution of rewards: seed dispersal, seed size and elaiosome size. *Journal of Ecology* 94 (3): 687-694. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01116.x>

Feldman M, Ferrandiz-Rovira M, Espelta JM, Muñoz A (2019) Evidence of high individual variability in seed management by scatter-hoarding rodents: does ‘personality’ matter?. *Animal Behaviour* 150:167-174.

<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2019.02.009>

Fernandes TV, Paolucci LN, Solar RR, Neves FS, Campos RI (2020) Ant removal distance, but not seed manipulation and deposition site increases the establishment of a myrmecochorous plant. *Oecologia* 192: 133–142. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04551-5>

Fernandes VT, Paolucci LN, Carmo FM, Sperber CF, Campos RI (2018) Seed manipulation by ants: disentangling the effects of ant behaviours on seed germination. *Ecological Entomology* 43 (6): 712-718. <https://doi.org/10.1111/een.1265>

Fourcassié V, Henriques A, Fontella C (1999) Route fidelity and spatial orientation in the ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera, Formicidae) in a primary forest: a preliminary study. *Sociobiology* 34 (3): 505-524.

Fourcassié V, Oliveira PS (2022) Foraging ecology of the giant Amazonian ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. Journal Of Natural History 36 (18): 2211-2227.
<https://doi.org/10.1080/00222930110097149>

Fowler JAP, Martins EG (2001) Manejo de sementes de espécies florestais. Embrapa Florestas.

Gallegos SC, Hensen I, Schleuning M (2014) Secondary dispersal by ants promotes forest regeneration after deforestation. Journal of Ecology 102:(3) 659-666.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12226>

Gammans N, Bullock JM, Schönrogge K (2005) Ant benefits in a seed dispersal mutualism. Oecologia 146: 43–49. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0154-9>

García-Meza D, Martorell C (2022) Drivers of seed preferences and dispersal by granivorous ants in a semiarid grassland. Insectes Sociaux 69(4): 325-333.
<https://doi.org/10.1007/s00040-022-00875-3>

Garreto JS (2017) Horário de forrageamento de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de Cerrado, Nordeste do Brasil, durante o período chuvoso. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

Henao-Gallego N, Escobar-Ramírez S, Calle Z, Montoya- Lerma J, Armbrecht I (2012) An artificial aril designed to induce seed hauling by ants for ecological rehabilitation purposes. Restoration Ecology 20 (5): 555-560.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00852.x>.

Herrera CM (2002) Seed dispersal by vertebrates. In: Herrera M, Pellmyr O (Org.) Plant–animal interactions: an evolutionary approach. New Jersey, Ed. WileyBlackwell, pp.185-208.

Honěk A, Štys P, Martinková Z (2013) Arthropod community of dandelion (*Taraxacum officinale*) capitula during seed dispersal. Biologia, Czech Republic 68: 330-336. <https://doi.org/10.2478/s11756-013-0157-7>

Hughes L, Westoby MT, Jurado E (1994) Convergence of elaiosomes and insect prey: evidence from ant foraging behaviour and fatty acid composition. Functional ecology 1: 358-365. <https://doi.org/10.2307/2389829>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ed. Rio de Janeiro. disponível em:
<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>

Jordano P. What is long-distance dispersal? And a taxonomy of dispersal events (2017) Journal of Ecology 105(1): 75-84. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12690>

Karnish A (2024) Seed Dispersal by Ants: A primer. International Journal of Plant

Sciences 185 (5): 403-411. <https://doi.org/10.1086/730787>

Kaspari M (1993) Body size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. Oecologia 96: 500-507. <https://doi.org/10.1007/BF00320507>

Kelt DA, Meserve PL, Gutiérrez JR (2004) Seed removal by small mammals, birds and ants in semi-arid Chile, and comparison with other systems. Journal of Biogeography, 31:(6) 931-942. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01045.x>

Kempf WW (1971) A preliminary review of the ponerine ant genus *Dinoponera* Roger (Hymenoptera: Formicidae). Studia Entomologica 14: 369-394.

Kilpeläinen J, Finér L, Niemelä P, Domisch T, Neuvonen S, Ohashi M, Risch AC, Sundström L (2007) Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics of ant mounds (*Formica rufa* group) in managed boreal forests of different successional stages. Applied Soil Ecology 36 (2/3): 156–163. Jun. 2007.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.01.005>

Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian cerrado. Conservation biology 19(3): 707-713. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

Kuhlmann M, Ribeiro JF (2016) Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: ecological and phylogenetic considerations. Acta Botanica Brasilica 30(2): 271-282. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0331>

Lapola DM, Antoniali-Junior WF, Giannotti E (2003) Arquitetura de ninhos da formiga Neotropical *Ectatomma brunneum* (Formicidae: Ponerinae). Revista Brasileira de Zoociências 5(2): 177-188.

Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2007) Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of north-east Brazil. Annals of Botany 99(5): 885-894. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm017>

Leal IR (2003) Dispersão de sementes por formigas na Caatinga In: Leal IR, Tabarelli, M, Silva JMC. Ecologia e conservação da caatinga. Recife. Ed. Universitária da UFPE, pp.593-624.

Leal LC, Andersen AN, Leal IR (2014a) Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. Oecologia 174: 173-181. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2740-6>

Leal LC, Lima Neto MC, Oliveira AFM, Andersen AN, Leal IR (2014b) Myrmecochores can target high-quality disperser ants: variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorous Euphorbiaceae in Brazilian Caatinga. Oecologia 174: 493-500. <DOI 10.1007/s00442-013-2789-2>

Leal LC, Silva DP, Peixoto PE (2020) When the company does not matter: High-quality ant seed-disperser does not drive the spatial distribution of large-seeded myrmecochorous plants. Austral Ecology 45(2): 195-205. <https://doi.org/10.1111/aec.12847>

- Lengyel S, Gove DA, Latimer MA, Majer DJ, Dunn RR (2010) Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12(1): 43-55. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.08.001>
- Lenhart PA, Dash ST, Mackay WP (2013) A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of Hymenoptera Research* 31: 119-164. <http://dx.doi.org/10.3897/JHR.31.4335>
- Lobo D, Tabarelli M, Leal IR (2011) Relocation of Croton son derianus (euphorbiaceae) seeds by *Pheidole fallax* mayr (Formicidae): a case of post-dispersal seed protection by ants. *Neotropical entomology* 40: 440–444.
<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000400005>
- Magalhães VB, Espírito Santo NB, Salles LF, Soares JRH, Oliveira PS (2018) Secondary seed dispersal by ants in Neotropical cerrado savanna: species-specific effects on seeds and seedlings of *Siparuna guianensis* (Siparunaceae). *Ecological Entomology* 43(5): 665-674. <https://doi.org/10.1111/een.12640>
- Malhado ACM, Pires GF, Costa MH (2010) A Conservação do Cerrado é Essencial para Proteger a Floresta Amazônica. *AMBIO* 39: 580–584.
<https://doi.org/10.1007/s13280-010-0084-6>
- Miller CN, Whitehead SR, C kwit (2020) Effects of seed morphology and elaiosome chemical composition on attractiveness of five *Trillium* species to seed-dispersing ants. *Ecology and Evolution* 10: 2860–2873. <https://doi.org/10.1002/ece3.6101>
- Moreira IDJS, Cruz CDF, Fernandes AKC, Delabie JHC, Castaño-Meneses G, Mariano CDS (2020) F. Estudo comparativo da fauna de comensais nos formigueiros de três espécies de grande tamanho da mirmecofauna brasileira (Hymenoptera: Formicidae). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais* 15(2): 377-391. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i2.303>
- Munguía-Rosas MA, Álvarez-Espino RX (2022) What are elaiosomes for? Effects of elaiosomes on ant attraction, seed removal and germination in wild chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). *Journal of Arid Environments* 205: 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104826>
- Muñoz A, Bonal R (2011) Linking seed dispersal to cache protection strategies. *Journal of Ecology* 99(4): 1016-1025. doi: 10.1111/j.1365-2745.2011.01818.x
- Ness JH, Bressmer K (2005) Abiotic influences on the behaviour of rodents, ants and plants affect an ant – seed mutualism. *Ecoscience* 12: 76 – 81.
<https://doi.org/10.2980/i1195-6860-12-1-76.1>
- Ness JH, Bronstein JL, Andersen AN, Holland JN (2004) Ant body size predicts dispersal distance of ant-adapted seeds: implications of small-ant invasions. *Ecology* 85(5): 1244-1250. <https://doi.org/10.1890/03-0364>

Oliveira FR, Oliveira FM, Centeno-Alvarado D, Wirth R, Lopes AV, Leal IR (2024) Rapid recovery of ant-mediated seed dispersal service along secondary succession in a Caatinga dry forest. Forest Ecology and Management 554: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121670>

Oliveira MS (2022) Comportamento alimentar de *Dinoponera Gigantea* (Perty, 1833) (Hymenoptera: formicidae) em uma área de Cerrado no Norte/Nordeste do Brasil. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação)- Curso de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

Passos L, Oliveira PS (2004) Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. Oecologia 139: 376-382. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1531-5>

Passos MLV, Zambrzycki GC, Pereira RS (2016) Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada 10(4): 758-766. <DOI:10.7127/rbai.v10n400402>

Penn HJ, Crist TO (2018) From dispersal to predation: A global synthesis of ant–seed interactions. Ecology and Evolution 89(8): 9122-9138.. <https://doi.org/10.1002/ece3.4377>

Peixoto AV, Campiolo S, Lemes TN, Delabie JH, Hora RR (2008) Comportamento e estrutura reprodutiva da formiga *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera, Formicidae). Revista brasileira de Entomologia 52 (1): 88-94. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262008000100016>

Perfecto I, Philpott SM (2023) Ants (Hymenoptera: Formicidae) and ecosystem functions and services in urban areas: a reflection on a diverse literature. Myrmecological News 33 (1): 103-122. DOI: 10.25849/myrmecol.news_033:103

Pirk GI, Lopez De Casenave J (2017) Ant interactions with native and exotic seeds in the Patagonian steppe: influence of seed traits, disturbance levels and ant assemblage. Plant Ecology 218: 1255-1268. <https://doi.org/10.1007/s11258-017-0764-4>

POSIt TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston: Posit Software, PBC, 2025. Disponível em: <http://www.posit.com>. Acesso em: 14 mar. 2025.

Prokop P, Fančovičová J, Hlúšková Z (2022) Seed Dispersal by Ants in Three Early-Flowering Plants. Insects 13(4): 386. <https://doi.org/10.3390/insects13040386>

Renard D, Schatz B, McKey DB (2010) Ant nest architecture and seed burial depth: implications for seed fate and germination success in a myrmecochorous savanna shrub. Ecoscience 17(2): 194-202. <https://doi.org/10.2980/17-2-3335>

Roberts JT, Heithaus ER (1986) Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. Ecology 67(4): 1046-1051. <https://doi.org/10.2307/1939827>

Rstudio team. **RStudio: integrated development for R**. Boston, MA: RStudio, PBC, 2023. Disponível em: <https://posit.co/>. Acesso em: 31 maio 2025.

Ruzi SA, Suarez AV (2022) Seed fate in ant-mediated dispersal: Seed dispersal effectiveness in the *Ectatomma ruidum* (Formicidae)—*Zanthoxylum ekmanii* (Rutaceae) system. *Biotropica* 54(3): 764-775. 2022. <https://doi.org/10.1111/btp.13098>

Santana NC (2019) Fire recurrence and normalized difference vegetation index (NDVI) dynamics in Brazilian savanna. *Fire* 2(1): 1-19 <https://doi.org/10.3390/fire201001>

Sasidharan R, Venkatesan R. Seed elaiosome mediates dispersal by ants and impacts germination in *Ricinus communis*. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:1–8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00246>

Sernander R. Entwurf einen Monographie der europäischen Myrmekochoren (1906) Kungliga Svenska Vetenskapsakademien, 1: 411 – 140.

Silva BF, Azevedo IHF, Mayhé-Nunes A, Breier T, Freitas AFND (2019) Ants promote germination of the tree Guarea guidonia by cleaning its seeds. *Floresta e Ambiente* 26(3): 1-9. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.015118>

Silva GS, Rabelo MA, Canedo-Júnior EO, Ribas CR (2020) Formigas removedoras de sementes apresentam potencial para auxiliar na regeneração de áreas impactadas. *Revista Científica MG. Biota* 12(2): 44-54. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/MB/article/view/146>.

Silva EF, Romão TB, Gomes RS, De Sousa GC, De Sousa Lima C, Harada AY (2021) Nests architecture of *Dinoponera gigantea* Perty, 1833, (Hymenoptera: Formicidae) in Cerrado North Northeast of Brazil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 12(8): 25-37. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0003>

Sondej I, Domisch T (2022) Abandoned wood ant nests as sites for seedling germination. *Forests* 13(5): 764. <https://doi.org/10.3390/f13050764>

Takahashi S, Itino T (2012) Larger Seeds are Dispersed Farther: the Long-Distance Seed Disperser ant *Aphaenogaster famelica* Prefers Larger Seeds. *Sociobiology* 59(4): 1401–1411. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i4.888>

Tillberg CV, Edmonds B, Freauff A, Hanisch PE, Paris C, Smith CR, Tsutsui ND, Wills BD, Wittman SE, Suarez AV (2014) Foraging Ecology of the Tropical Giant Hunting Ant *Dinoponera australis* (Hymenoptera: Formicidae) - Evaluating Mechanisms for High Abundance. *BIOTROPICA* 46 (2): 229–237. <https://doi.org/10.1111/btp.12097>

Török P, Bullock James MJM, Jiménez-Alfaro B, Sonkoly, J (2020) The importance of dispersal and species establishment in vegetation dynamics and resilience. *Journal of Vegetation Science* 31(6): 935-942. <https://doi.org/10.1111/jvs.12958>

Van Der Pijl L (1982) Principles of dispersal in higher plants. 1. ed. Springer-Verlag,

Berlim.

Vander Wall SB (1990) Food hoarding in animals. 1. ed. University of Chicago, Chicago. Press.

Vasconcellos, A.; Santana, G. G.; Souza, A. K (2004) Nest spacing and architecture, and swarming of males of *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae) in a remnant of the Atlantic Forest in Northeast Brazil. Brazilian Journal of Biology 64: 357-362. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000200022>

Vieira AS, Antonalli-Junior WF, Fernandes WD (2007) Modelo arquitetônico de ninhos da formiga *Ectatomma vizottoi* Almeida (Hymenoptera, Formicidae). Revista Brasileira de Entomologia 51(4): 489-493. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262007000400014>

Warren II RJ, Bahn, V, Bradford MA (2011) Temperature cues phenological synchrony in ant-mediated seed dispersal. Global Change Biology 17(7): 2444-2454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02386.x>

Wenny DG (2001) Advantages of seed dispersal: a re-evaluation of directed dispersal. Evolutionary Ecology Research 3(1):37-50.

Whitney KD (2002) Dispersal for distance? *Acacia ligulata* seeds and meat ants *Iridomyrmex viridiaeneus*. Austral Ecology 27: 589 – 595. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2002.01216.x>

CAPÍTULO III- A influência de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) no processo de germinação de sementes

A influência de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) no processo de germinação de sementes

RESUMO

As interações entre plantas e formigas representam um importante serviço ecológico, especialmente pela mirmecocoria, em que as sementes são transportadas e depositadas em locais potencialmente favoráveis à germinação. Este estudo avaliou a influência da manipulação de sementes de *Palicourea hoffmannseggiana* pela formiga *Dinoponera gigantea* no processo germinativo, em área de Cerrado no Nordeste do Brasil. Foram testados três tratamentos: sementes coletadas em ninhos sem elaiossomo (I), sementes inteiras coletadas na planta-mãe (II) e sementes com elaiossomo removido manualmente (III), totalizando 270 sementes em condições controladas de germinação. Um total de 73,7% sementes germinaram, sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Entretanto, o Tratamento III apresentou maior porcentagem de germinação (81,1%), maior índice de velocidade de germinação (3,0) e menor tempo médio de germinação (34,7 dias), evidenciando um processo mais rápido e eficiente. A presença ou ausência do elaiossomo não afetou significativamente a germinação, contrastando com grande parte dos estudos que atribuem a essa estrutura influência direta no sucesso germinativo. Esses resultados indicam que a manipulação manual, com remoção do elaiossomo, pode acelerar a germinação, enquanto a ação de *D. gigantea* exerce pouca interferência. Tais achados reforçam a importância de compreender os mecanismos de dispersão e germinação mediados por formigas, contribuindo para o entendimento da mirmecocoria e fornece subsídios para estratégias de conservação e propagação da espécie em ambientes do Cerrado.

Palavras-chave: Mirmecocoria, Cerrado, Interações planta-formiga, Serviços ecossistêmicos.

1 INTRODUÇÃO

As formigas estão entre os dispersores de frutos e sementes mais comuns do planeta, realizando este serviço ecológico em diversos ambientes, inclusive em ambientes degradados (Lengyel et al. 2010; Henao-Gallego et al. 2012). Ao transportar os diásporos até seus ninhos as formigas podem realizar alguns benefícios às plantas que incluem a dispersão das sementes das proximidades da planta-mãe (Giladi 2006), favorecem o transporte a microhabitats adequados à sobrevivência das sementes (Wenny 2001) e podem diminuir os efeitos do fogo realizado por queimadas sobre os frutos (Bond; Slingsby 1983). Ainda, algumas vezes podem favorecer o depósito das sementes em ambientes e condições que favoreçam sua germinação (Leal et al. 2014b).

A germinação de sementes é uma etapa crucial no ciclo de vida das plantas, influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos (Lamichhane et al. 2018). Entre os agentes bióticos, as formigas desempenham um papel relevante, embora muitas vezes subestimado, no processo de dispersão e até mesmo na germinação de sementes, especialmente em ecossistemas tropicais (Henao-Gallego et al. 2012; Silva et al. 2019; Ohkawara; Akino 2005). Esse tipo de interação, conhecido como mirmecocoria, ocorre quando as formigas transportam sementes, muitas vezes atraídas por estruturas ricas em lipídios chamadas de elaiossomos (Van der Pijl 1982; Karnish 2024). Ao carregarem essas sementes para seus ninhos ou áreas próximas, as formigas não apenas promovem a dispersão, mas também contribuem para a remoção de patógenos e a deposição em locais favoráveis à germinação (Ohkawara; Akino 2005).

A compreensão da real influência das formigas sobre o sucesso germinativo das sementes ainda é limitada (Fernandes et al. 2018; Silva et al. 2019; Ohkawara; Akino 2005). Embora seja sabido que elas participam do transporte e proteção das sementes (Giladi 2006; Munguía-Rosas; Álvares-Espino 2022), não está completamente claro se suas ações favorecem ou inibem o processo germinativo em diferentes contextos ecológicos. Isso se torna ainda mais relevante diante da crescente degradação de habitats naturais e atividade antrópica, que pode impactar diretamente as interações ecológicas entre plantas e formigas (Leal et al. 2014; Tiede et al. 2017).

Portanto, existe a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as interações mutualísticas entre fauna e flora, especialmente em regiões biodiversas, de biomas brasileiros como o Cerrado (Del-Claro; Torezan-Silingardi 2019). Para Fagundes e Ferreira (2016) o uso incorreto dos recursos do Cerrado tem contribuído

significativamente para a degradação dos ecossistemas desse bioma. O Cerrado já apresenta aproximadamente 50% de sua área original degradada, principalmente por práticas agrícolas e outras ações antrópicas (Klick; Machado 2005; Dias et al. 2017). Compreender essa relação pode auxiliar em estratégias de conservação e restauração ecológica, além de ampliar a compreensão sobre mecanismos naturais de regeneração vegetal.

Nesse contexto, destaca-se a espécie *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833), uma das maiores formigas do mundo, encontrada em áreas de floresta amazônica e outros biomas tropicais (Kempf 1971; Fourcassié; Oliveira 2002). Esta espécie onívora apresenta comportamento de forrageio solitário e obtém preferência pela coleta de recursos de origem animal, entretanto, também transporta sementes e frutos até seus ninhos (Fourcassié; Oliveira 2002; Dias; Lattke 2021). Essas formigas têm a capacidade de deslocar sementes relativamente grandes até seus ninhos (Fourcassié; Oliveira 2002; Oliveira 2022). Algumas vezes, o transporte das sementes para locais subterrâneos ou áreas com acúmulo de matéria orgânica, podem alterar significativamente as condições de microambiente para a germinação (Silva et al. 2019; Leal et al. 2014).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar a influência da atividade de formigas da espécie *D. gigantea* no processo de germinação de sementes, buscando identificar se sua presença e manipulação das sementes favorece, inibe ou não interfere significativamente nesse processo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e coleta das sementes

O estudo foi conduzido em uma área de Cerrado de um fragmento periurbano do horto da Universidade Federal do Maranhão localizada no leste maranhense, no município de Chapadinha – Estado do Maranhão ($3^{\circ}43'59.1"S$ $43^{\circ}19'11.6"W$) (Figura 01). O município apresenta temperatura média anual de $29,7^{\circ}\text{C}$ e média de precipitação anual de 1613,2 mm (Passos et al. 2016). A vegetação predominante na região é considerada como Cerrado (*sensu stricto*) com mosaicos de cerradões, caracterizado por formações florestais fechadas, com árvores podendo alcançar mais de 10 metros de altura (IBGE 2012).

A coleta das sementes de *Palicourea hoffmannseggiana* (Roem. & Schult.)

Borhidi transportadas pelas formigas ocorreu no interior de 10 ninhos que ficavam nas proximidades de plantas desta espécie. Para a coleta das sementes de que foram manipuladas manualmente, foram selecionadas plantas que apresentavam as sementes maturadas no mesmo fragmento florestal onde haviam sido coletadas as sementes do interior dos ninhos. A maturidade foi confirmada pela cor e firmeza do tegumento dos frutos. As sementes foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas em caixas isotérmicas até o laboratório de artrópodes do solo, localizado na Universidade Federal do Maranhão.

2.2 Testes de germinação das sementes

Para a realização dos testes de germinação, foram comparadas as sementes encontradas nos ninhos com sementes-controle (retiradas da planta-mãe). Três tratamentos foram estabelecidos: (I) sementes sem elaiossomo, coletadas no interior dos ninhos; (II) sementes inteiras, coletadas diretamente da planta-mãe; e (III) sementes com elaiossomo retirado manualmente, coletadas da planta-mãe.

Foram utilizadas 30 sementes por tratamento, totalizando 90 sementes em cada teste, com três repetições, o que resultou em 270 sementes no experimento. As sementes coletadas nos ninhos e nas plantas foram triadas e imersas em hipoclorito de sódio a 0,5% por 1 minuto, seguidas de três lavagens em água destilada estéril. Após secagem superficial em papel estéril, as sementes do tratamento III tiveram o elaiossomo removido com pinça de ponta fina sob lupa, evitando danos ao tegumento.

Os grupos de sementes (controle e tratamentos) foram colocados para germinar sobre papéis Germitest (28×38 cm), acondicionados em bandejas plásticas. As sementes foram distribuídas equidistantemente, a 2 cm da borda superior dos papéis. Os papéis Germitest foram umidificados com 5 ml de água destilada em todas as bandejas, que foram mantidas em câmaras de germinação a 27°C , com fotoperíodo de 12 horas. Para manter a umidade adequada, as sementes foram regadas diariamente com 10 ml de água destilada por bandeja, durante dois meses.

A contagem das sementes foi realizada diariamente, considerando-se germinadas aquelas que apresentaram protrusão da radícula. O tempo de germinação em cada tratamento também foi registrado. Os experimentos foram conduzidos até que todas as sementes germinassem, apresentassem sinais de decomposição ou até não haver novas germinações registradas por 20 dias (Adaptado de Silva et al.2019).

2.3 Análise de dados

Inicialmente, foi calculado o índice de germinação de cada tratamento, a fim de identificar aquele que apresentou maior proporção de sementes germinadas, o índice foi dado por:

% germinação = número de sementes germinadas/total de sementes × 100
(FERNANDES et al., 2018, p.714).

Também foram determinados o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e o Tempo Médio de Germinação (TMG), indicadores importantes para comparar a rapidez e a uniformidade da germinação. Os índices foram dados por:

O IVG segundo Maguire (1962):

Onde:

$$IVG = \sum \frac{Ni}{Gi}$$

Gi = número de sementes germinadas no i-ésimo dia

Ni = número de dias desde a semeadura até a contagem correspondente

O TMG de acordo com Labouriau (1983):

$$TMG = \frac{\sum(ni \cdot ti)}{\sum}$$

Onde:

ni = número de sementes germinadas no i-ésimo dia

ti = tempo (em dias) até a germinação

$\sum ni$ = número total de sementes germinadas

Para verificar diferenças entre os tratamentos quanto à germinação, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, seguido do ajuste de um modelo de regressão generalizada (GLM) com distribuição quasi-binomial, adequado para dados de proporção. As diferenças no padrão temporal de germinação foram avaliadas por meio da construção de curvas de germinação acumulada.

A ocorrência de plântulas anormais e sementes contaminadas foi analisada separadamente, utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis para comparação entre os três tratamentos. Além disso, foram realizadas análises de sobrevivência, a fim de estimar a

probabilidade de germinação ao longo do tempo. Nessa etapa, foram obtidos o tempo mediano de germinação de cada tratamento e o ajuste do modelo de riscos proporcionais de Cox, permitindo avaliar o efeito dos tratamentos sobre a dinâmica temporal da germinação. As análises foram realizadas através do programa R studio versão: 2025.05.0+496.

3 RESULTADOS

Cento e noventa e nove sementes germinaram, representando 73,7% do total utilizado nos testes de germinação. O número de sementes não germinadas foi de 71, enquanto 27 sementes apresentaram contaminação fúngica, não ocorrendo germinação nesses casos (Tabela 1). O tratamento III apresentou a maior porcentagem de germinação (81,1%), seguido do tratamento II (76,6%) e do tratamento I (61,1%). O IVG foi mais elevado no tratamento III (3,0) em comparação aos tratamentos II (2,2) e I (1,6), indicando que a germinação ocorreu de forma mais rápida no tratamento III (Tabela 1). O TMG foi menor no tratamento III (34,7 dias), demonstrando que o tempo médio de germinação das sementes nesse tratamento foi inferior ao observado no tratamento II (37,4 dias) e no tratamento I (38,7 dias) (Tabela 1).

Tabela 1- Proporção de sementes germinadas, Índice de velocidade de germinação (IMG) e Tempo médio de germinação para os testes de germinação com sementes coletadas no formigueiro de *Dinoponera gigantea* e manipuladas manualmente, em uma área de Cerrado do Nordeste do Brasil

Tratamento	Agente de manipulação	Elaiossomo	Nº sementes Totais	Nº germinadas normais	Nº contaminadas	Não germinadas	IVG	TMG (dias)
I	Formigas	Ausente	90	55	15	30	1,608	38,69
II	Manual	Presente	90	69	5	26	2,227	37,43
III	Manual	Ausente	90	75	7	15	3,035	34,73

Não foi observada diferença estatística significativa no número de sementes germinadas entre os três tratamentos analisados ($H = 2,98$; $p = 0,19$; $N = 60$). A

porcentagem diária de germinação foi baixa (< 10%) em todos os tratamentos (I = 5%; II = 5,6%; III = 6%) ($p = 0,62$; $N = 60$).

Verificou-se que, a cada dia, a chance de germinação aumentou aproximadamente 3,4% (coef. = 0,034; $p = 0,002$), evidenciando que o tempo foi um fator determinante para a germinação das sementes. A presença ou ausência do elaiossomo não influenciou significativamente o processo germinativo ($\beta_1 = -0,15$; SE = 0,15; $p = 0,33$).

A curva de germinação mostrou que a taxa de germinação aumentou gradativamente ao longo dos dias. Ainda que não significativa, observou-se um leve incremento na germinação no tratamento III, seguido pelos tratamentos II e I (Figura 1).

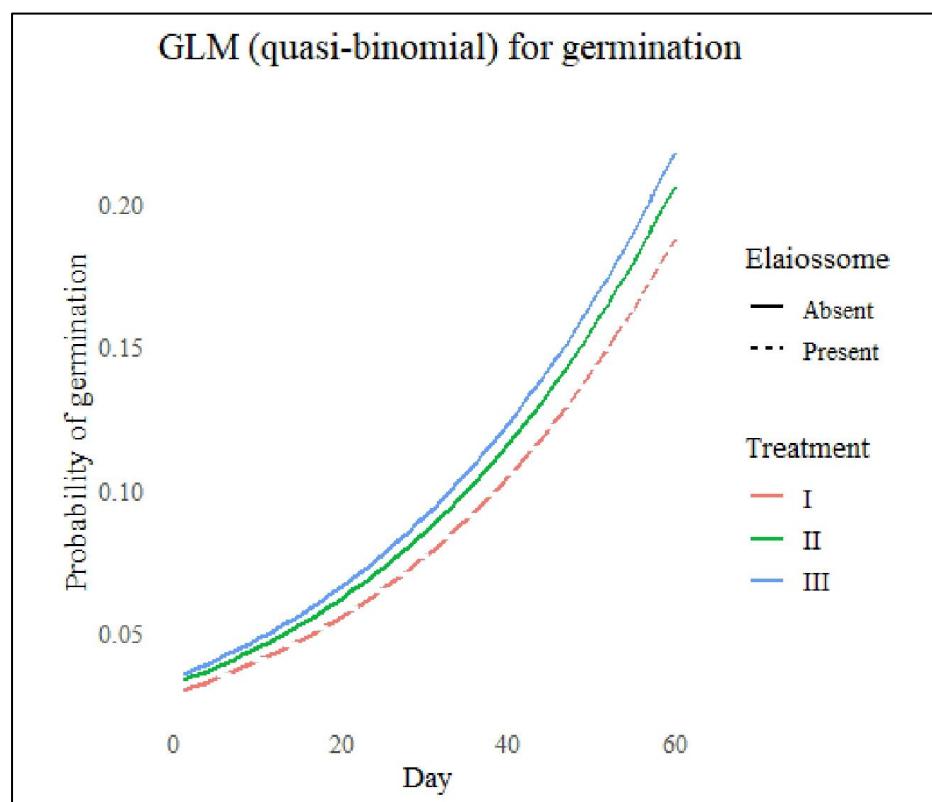


Figura 1- Curvas ajustadas pelo modelo linear generalizado (GLM, família quasi-binomial) para a probabilidade de germinação de sementes ao longo dos 60 dias de acompanhamento.

Não foi observada diferença significativa no número de sementes contaminadas entre os tratamentos analisados ($H = 1,2$; $p = 0,15$; $N = 60$). Da mesma forma, não houve diferença no número de sementes anormais ($H = 1,0$; $p = 0,05$; $N = 60$).

As curvas de sobrevivência, entretanto, evidenciaram diferenças significativas

entre os tratamentos (teste log-rank, $p < 0,0001$). O tempo mediano para que 50% das sementes germinassem foi de 54,5 dias no Tratamento I, 45,5 dias no Tratamento II e 38 dias no Tratamento III. Nos primeiros 30 dias de observação, germinaram apenas 20% das sementes no Tratamento I, contra 25,6% no Tratamento II e 40,6% no Tratamento III (Figura 2).

O modelo de Cox confirmou esses resultados, indicando que o risco de germinação foi 1,5 vez maior no Tratamento II ($HR = 1,52$; IC95%: 1,06–2,16) e mais que o dobro no Tratamento III ($HR = 2,12$; IC95%: 1,51–2,99), em comparação ao Tratamento I.

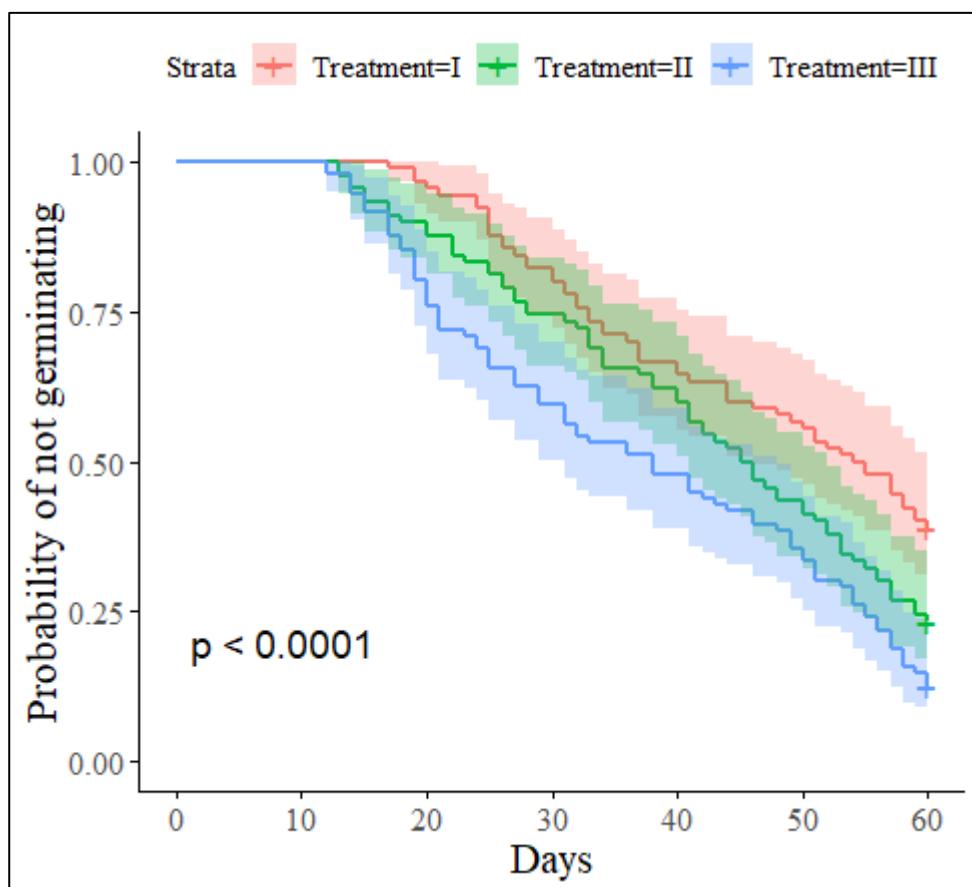


Figura 2- Curvas de sobrevivência (Kaplan–Meier) da germinação de sementes nos três tratamentos (I, II e III), coletadas da planta-mãe. ao longo de 60 dias de avaliação em uma área de Cerrado no Nordeste do Brasil.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a germinação das sementes de *P. hoffmannseggiana* não variaram entre os diferentes tratamentos. Resultados semelhantes

foram encontrados por Fernandes et al. (2018) que também não verificaram diferenças na taxa de germinação entre sementes manipuladas por formigas e sementes manipuladas manualmente. Entretanto, apesar dessa semelhança, nossos resultados divergem de grande parte dos estudos que apontam uma influência positiva da manipulação de sementes por formigas, aumentando a taxa de germinação ou causando benefícios pela limpeza dos frutos e sementes (Ohkawara; Akino 2005; Leal et al. 2007; Prior et al. 2014; Munguía-Rosas; Álvarez-Espino 2022).

O Tratamento III, em que as sementes foram manipuladas manualmente e o elaiossomo foi removido, apresentou a maior porcentagem de germinação e o maior Índice de Velocidade de Germinação (IVG). Esses resultados corroboram os de Munguía-Rosas e Álvarez-Espino (2022), que observaram que a remoção mecânica do elaiossomo aumenta tanto o sucesso quanto a velocidade de germinação, promovendo germinação mais rápida em comparação aos demais tratamentos, inclusive aqueles com ação das formigas. Esse aumento pode estar relacionado ao fato de que a escarificação adequada das sementes favorece a embebição de água e reduz a resistência à protrusão da radícula (Steinbrecher; Leubner-Metzger 2017).

Além disso, o Tempo Médio de Germinação (TMG) foi menor no Tratamento III (34,7 dias), sugerindo que o processo germinativo ocorreu de maneira mais acelerada em comparação aos Tratamentos II e I. Esses achados indicam que, embora a presença do elaiossomo não tenha impactado significativamente a germinação, o modo de manipulação das sementes pode influenciar a velocidade do processo, conforme também relatado em outros estudos (Munguía-Rosas; Álvarez-Espino 2022; Fernandes et al. 2018; Martins et al. 2006).

A análise da curva de sobrevivência reforça essa entendimento uma vez que o tempo mediano para 50% de germinação foi menor no Tratamento III em relação aos Tratamentos II e I. O modelo de Cox confirmou que a probabilidade de germinação foi mais que o dobro no Tratamento III em relação ao Tratamento I. Esse padrão indica que, embora a germinação ocorra de forma gradual, ela é acelerada quando as sementes são manipuladas manualmente, independentemente da presença do elaiossomo. Resultados semelhantes foram obtidos com outras espécies, como *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger, que apresentou maior germinação após escarificação manual (Maldonado-Arciniegas et al. 2018), e *Avena fatua* L. (Rocha et al. 2021), que não sofreu influência da manipulação por formigas.

Neste estudo, a presença ou ausência do elaiossomo não influenciou a taxa de

germinação das sementes de *P. hoffmannseggiana*. Esses achados contrastam com a maioria dos trabalhos que relatam aumento da germinação após a remoção do elaiossomo por formigas (Prior et al. 2014; Ohkawara 2005; Leal et al. 2007). Para Ohkawara e Akino (2005), as formigas, ao removerem os elaiossomos, promovem também uma limpeza química das sementes, o que aumenta o sucesso germinativo. Além disso, os elaiossomos podem atuar na dormência de algumas espécies, devido à presença de inibidores de germinação que retardam esse processo (Sasidharan; Venkatesan 2019). Por outro lado, nossos resultados corroboram os de Fernandes et al. (2018), que destacam que o comportamento de manipulação por formigas algumas vezes pode diminuir a taxa de germinação em determinadas espécies vegetais, fenômeno também observado neste estudo.

A porcentagem de germinação diária foi baixa em todos os tratamentos, evidenciando que o tempo é um fator determinante para o sucesso germinativo, com aumento médio de 3,4% na chance de germinação a cada dia. Esse comportamento é consistente com outras espécies dispersas por formigas, cuja germinação tende a ser lenta e distribuída ao longo do tempo, possivelmente como estratégia adaptativa em ambientes com condições variáveis (Puga-Guzmán et al. 2023). É o caso, por exemplo, de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, que apresenta diferenças no tempo de germinação em função da manipulação por formigas (Silva et al. 2019), assim como *Mabea fistulifera* Mart. (Fernandes et al. 2018) e *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M.Johnst., entre outras espécies (Munguía-Rosas; Álvarez-Espino 2022). Além disso, algumas sementes do Cerrado necessitam de condições ideais para sua germinação (Passos; Oliveira 2004; Hoffman 1996) e podem ser muito sensíveis a quaisquer mudanças em sua constituição ou dormência, o que pode necessariamente afetar seu tempo de germinação e sobrevivência (Passos; Oliveira 2004; Moles; Westoby 2004).

Quanto à sanidade das sementes, não foram observadas diferenças significativas no número de sementes contaminadas ou anormais entre os tratamentos, indicando que a manipulação manual e a presença do elaiossomo não influenciaram a incidência de contaminação fúngica nem o desenvolvimento de plântulas anômalas. Esses resultados contrastam com os de Ohkawara e Akino (2005), que observaram que formigas, ao removerem a polpa e os elaiossomos, realizam também uma limpeza antifúngica, aumentando o sucesso germinativo. Resultados semelhantes foram relatados para *Eleusine coracana* L. e *Panicum sumatrense* Roth. ex Roem. & Schult., que apresentaram aumento na germinação após a limpeza realizada por *Trichomyrmex scabriceps* (Mayr)

(Aravinda et al. 2025). Nossos achados reforçam que a qualidade fisiológica das sementes de *P. hoffmannseggiana* foi mantida independentemente do tratamento aplicado.

Mesmo não influenciando diretamente na germinação de sementes, o número de sementes encontrados nos ninhos de *D. gigantea* informam que essas formigas apresentam influência no deslocamento das sementes das proximidades de suas plantas de origem, tal como visto em outras formigas inclusive do mesmo gênero como por exemplo *Dinoponera quadriceps* Kempf, 1971 (Oliveira 2022; Leal et al. 2014). Para Christianini e Oliveira (2009) algumas espécies de formigas mesmo não influenciando diretamente no processo de germinação das sementes, desempenham um papel crucial na dinâmica populacional das espécies dispersas, além de também agirem como importantes dispersoras secundárias (Gallegos et al. 2014).

Em síntese, os dados encontrados neste estudo sugerem que, para sementes de *P. hoffmannseggiana*, o método de coleta e manipulação pode influenciar a velocidade de germinação, enquanto a presença do elaiossomo não exerce efeito significativo nesse processo. Esses resultados têm implicações importantes para estratégias de propagação e conservação da espécie, especialmente em programas que dependem de germinação rápida e eficiente de sementes coletadas em formigueiros (Magalhães et al. 2018; Gallegos et al. 2014).

Apesar de nossos achados demonstrarem que *D. gigantea* manipula e remove os elaiossomos de *P. hoffmannseggiana*, é importante considerar que diferentes espécies de sementes respondem de maneiras distintas à manipulação por formigas (Aravinda et al. 2025; Prior et al. 2014; Leal et al. 2007; Christianini et al. 2007). Além disso, fatores como as características da espécie vegetal, o ambiente, o tipo de escarificação realizada pelas formigas e o método de manipulação mecânica utilizado devem ser levados em consideração pois as características morfológicas e fisiológicas das sementes podem influenciar diretamente nos resultados obtidos (Ohkawara; Akino 2005; Fernandes et al. 2018; Munguía-Rosas; Álvarez-Espino 2022; Hoffman 1996).

5 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que, embora a proporção total de germinação de sementes de *P. hoffmannseggiana* não tenha diferido significativamente entre os tratamentos, a manipulação manual das sementes, especialmente sem a presença do elaiossomo, favoreceu uma germinação mais rápida e eficiente. O tratamento III

apresentou maior velocidade e menor tempo médio de germinação, evidenciando que o método de manipulação exerce influência direta sobre o processo germinativo. A presença do elaiossomo, por sua vez, não apresentou efeito significativo na germinação, contrastando com estudos que apontam essa estrutura como determinante para o sucesso germinativo em outras espécies.

De modo geral, os achados indicam que a germinação das sementes ocorre de forma gradual, com forte influência do tempo, mas pode ser acelerada por práticas de manipulação manual. O estudo evidenciou que *D. gigantea* exerce pouca influência significativa no processo de germinação das sementes de *P. hoffmannseggiana*. Tais informações são relevantes para estratégias de propagação e conservação de *P. hoffmannseggiana*, contribuindo para o entendimento do papel da mirmecocoria e do manejo de sementes na dinâmica ecológica da espécie.

REFERÊNCIAS

- Bond WJ. Slingsby P (1983) Seed dispersal by ants in shrublands of the Cape Province and its evolutionary implications. South African Journal of Science 79 (6): 231-233.
- Christianini AV, Mayhé-Nunes AJ, Oliveira PS (2007) The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a neotropical savanna. Journal of Tropical Ecology 23 (3): 343-351.
<https://doi.org/10.1017/S0266467407004087>
- Christianini AV, Oliveira PS (2009) The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. Oecologia 160(4): 735-745. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1349-2>
- Del-Claro K, Torezan-Silingardi HM (2019) The study of biotic interactions in the Brazilian Cerrado as a path to the conservation of biodiversity. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 91: 20180768. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180768>
- Dias LCC, Moschini LE, Trevisan DPA (2017) Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG-Brasil. Front.: J. Social Technol. Environ. Sci. 6 (2): 85–105.
<https://doi.org/10.2166/2238-8869.2017v6i2.p85-105>
- Fagundes NCA, Ferreira EJ (2016) Veredas (*Mauritia Flexuosa* palm swamps) in the southeast Brazilian savanna: Floristic and structural peculiarities and conservation status. Neotropical Biol. Conservat. 11 (3): 178–183. <https://doi.org/10.4013/nbc.2016.113.0>
- Fernandes VT, Paolucci LN, Carmo FM, Sperber CF, Campos RI (2018) Seed manipulation by ants: disentangling the effects of ant behaviours on seed germination.

Ecological Entomology 43 (6): 712-718. <https://doi.org/10.1111/een.1265>

Gallegos SC, Hensen I, Schleuning M (2014) Secondary dispersal by ants promotes forest regeneration after deforestation. Journal of Ecology 102:(3) 659-666.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12226>

Giladi I (2006) Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. Oikos 112 (3): 481-492.
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14258.x>

Henao-Gallego N, Escobar-Ramírez S, Calle Z, Montoya Lerma J, Armbrecht I. An artificial aril designed to induce seed hauling by ants for ecological rehabilitation purposes. Restoration Ecology 20(5): 555-560 (2012) <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00852.x>.

Hoffmann WA (1996) The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. Journal of Ecology 84:383-393. <https://doi.org/10.2307/2261200>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ed. Rio de Janeiro. disponível em:
<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>

Klink CA, Machado RB, (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. Conserv. Biol. 19: 707–713. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>.

Labouriau LG (1983) A germinação das sementes. Washington: Organization of American States.

Lamichhane JR, Debaeke P, Steinberg C, You MP, Barbetti MJ, Aubertot JN (2018) Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. Plant Soil 432: 1–28. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3780-9>

Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2007) Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of north-east Brazil. Annals of Botany 99(5): 885-894.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcm017>

Leal LC, Lima Neto MC, Oliveira AFM, Andersen AN, Leal IR (2014) Myrmecochores can target high-quality disperser ants: variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorous Euphorbiaceae in Brazilian Caatinga. Oecologia 174: 493-500. [DOI 10.1007/s00442-013-2789-2](https://doi.org/10.1007/s00442-013-2789-2)

Lengyel S, Gove DA, Latimer MA, Majer DJ, Dunn RR (2010) Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global survey. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 12(1): 43-55.
<https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.08.001>

Lujan Rocha R, Khalil Y, Maity A, Beckie HJ, Ashworth MB (2022) Técnica de escarificação mecânica quebra a dormência mediada pelo tegumento em aveia-selvagem (*Avena fatua*). Tecnologia de Plantas Daninhas. 36(1):152-159.

doi:10.1017/wet.2021.94

Magalhães VB, Espírito Santo NB, Salles LF, Soares Jr H, Oliveira PS (2018) Secondary seed dispersal by ants in Neotropical cerrado savanna: species-specific effects on seeds and seedlings of *Siparuna guianensis* (Siparunaceae). *Ecological Entomology* 43(5): 665-674. <https://doi.org/10.1111/een.12640>

Maguire JD (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2 (2): 176-177. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

Maldonado-Arciniegas F, Ruales C, Caviedes M, Ramírez DX, León-Reyes A (2018) An evaluation of physical and mechanical scarification methods on seed germination of *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger. *Acta Agronómica*, 67(1): 120-125. <https://doi.org/10.1s446/acag.v67n1.60696>

Martins F, Guimarães PR, Silva RD, Semir J. (2006) Secondary Seed Dispersal by Ants of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) in the Atlantic Forest in Southeastern Brazil: Influence on Seed Germination. *Sociobiology* 47(1): 265-274.

Moles AT, Westoby M (2004) What do seedlings die from and what are the implications for the evolution of seed size? *Oikos* 106:193–199.

Munguía-Rosas MA, Álvarez-Espino RX (2022) What are elaiosomes for? Effects of elaiosomes on ant attraction, seed removal and germination in wild chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). *Journal of Arid Environments* 205: 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104826>

Ohkawara, K. (2005) Effect of timing of elaiosome removal on seed germination in the ant-dispersed plant, *Erythronium japonicum* (Liliaceae). *Plant Species Biology*, 20: 145–148. Doi: 10.1111/j.1442-1984.2005.00133.x

Ohkawara K, Akino T (2005) Seed cleaning behavior by tropical ants and its anti-fungal effect. *Journal of Ethology* 23: 93–98. <https://doi.org/10.1007/s10164-004-0132-4>

Oliveira MS (2022) Comportamento alimentar de *Dinoponera Gigantea* (Perty, 1833) (Hymenoptera: formicidae) em uma área de Cerrado no Norte/Nordeste do Brasil. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação)- Curso de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha. 29p.

Passos L, Oliveira PS (2004) Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia* 139:376 382. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1531-5>

Passos MLV, Zambrzycki GC, Pereira RS (2016) Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 10(4): 758-766. <DOI:10.7127/rbai.v10n400402>

POSIt TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston: Posit Software, PBC, 2025. Disponível em: <http://www.posit.com>. Acesso em: 14 mar. 2025.

Prior KM, Saxena K, Frederickson ME (2014) Seed handling behaviours of native and invasive seed-dispersing ants differentially influence seedling emergence in an introduced plant. *Ecological Entomology* 39: 66–74.

<https://doi.org/10.1111/een.12068>

Puga-Guzmán PS, Magallán-Hernández F, Queijeiro-Bolaños M, Valencia-Hernández JA, Vergara-Pineda S. (2023) Seed morphology and germination of *Turnera difusa* Willd. ex Schult. emulating environmental conditions within ant nest. *Plos one* 18(10): e0292626. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292626>

Sasidharan R, Venkatesan R (2019) Seed elaiosome mediates dispersal by ants and impacts germination in *Ricinus communis*. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:1–8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00246>

Silva BF, Azevedo IHF, Mayhé-Nunes A, Breier T, Freitas AFND (2019) Ants promote germination of the tree *Guarea guidonia* by cleaning its seeds. *Floresta e Ambiente* 26:(3) 2-7. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.015118>

Steinbrecher T, Leubner-Metzger G, (2017) The biomechanics of seed germination. *Journal of Experimental Botany* 68(4): 765–783. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw428>

Tiede Y, Schlautmann J, Donoso DA, Wallis, CI, Bendix J, Brandl R, Farwig N. (2017) Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. *Ecological indicators* 83: 527-537.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.029>

Van Der Pijl L (1982) Principles of dispersal in higher plants. 1. ed. Springer-Verlag, Berlim.

Wenny DG (2001) Advantages of seed dispersal: a re-evaluation of directed dispersal. *Evolutionary Ecology Research* 3 (1): 37-50.