

**ARTHUR LOPES REIS**

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL  
SOBRE INTERAÇÕES FORMIGA-SEMENTE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa  
como parte das exigências da disciplina BIO 499

Orientador: Prof. Lucas Navarro Paolucci

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2025**


## **FICHA CATALOGRÁFICA BBT**

**ARTHUR LOPES REIS**

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL  
SOBRE INTERAÇÕES FORMIGA-SEMENTE**


Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa  
como parte das exigências da disciplina BIO 499

Orientador: Prof. Lucas Navarro Paolucci

Documento assinado digitalmente  
 **ARTHUR LOPES REIS**  
Data: 05/07/2025 18:59:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Arthur Lopes Reis**  
**(Autor)**

Documento assinado digitalmente  
 **LUCAS NAVARRO PAOLUCCI**  
Data: 05/07/2025 17:16:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---


**Lucas Navarro Paolucci**  
**(Orientador)**

# IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL SOBRE INTERAÇÕES FORMIGA-SEMENTE

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa  
como parte das exigências da disciplina BIO 499


Orientador: Prof. Lucas Navarro Paolucci

**APROVADO: 02 de Julho de 2025**

Documento assinado digitalmente  
 **LUCAS NAVARRO PAOLUCCI**  
Data: 05/07/2025 17:15:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof. Lucas Navarro Paolucci**  
**(UFV)**

Documento assinado digitalmente  
 **JEFFERSON BRUNO BRETAS DE SOUZA OLIVEIR**  
Data: 05/07/2025 18:49:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Jefferson Bruno Bretas de Souza Oliveira**  
**(Unimontes)**

Documento assinado digitalmente  
 **JOSE EDUARDO TEIXEIRA FALCON**  
Data: 05/07/2025 17:28:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. José Eduardo Teixeira Falcon**  
**(UFV)**

*Dedico este trabalho à Manuela e Heitor*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao concluir mais uma etapa da minha trajetória, marcada por aprendizados e pela construção de conhecimentos, expresso minha gratidão a todos que fizeram parte da minha formação no curso de Ciências Biológicas – Bacharelado, da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

À minha família, agradeço por todo amor, apoio e paciência ao longo dessa jornada. Todas minhas conquistas carregam um pouco de vocês, que mesmo nos momentos difíceis, nunca deixaram de acreditar em mim. Obrigado por serem meu alicerce e por estarem sempre ao meu lado, mesmo quando a caminhada parecia mais longa.

Aos meus amigos, que se tornaram minha segunda família, sou imensamente grato. Em cada conversa, abraço e risada, encontrei forças para seguir em frente. Obrigado por celebrarem comigo os momentos bons e, principalmente, por me apoiarem com carinho nos momentos difíceis. A amizade de vocês foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço ao Laboratório de Ecologia de Comunidades e Ecossistemas Tropicais (EcoTrop), onde cresci como estudante, e a todas as pessoas que compartilharam esse espaço comigo. Em especial, meu sincero agradecimento ao professor Lucas Paolucci, por sua orientação que auxiliou meu desenvolvimento com autonomia e senso crítico, e ao Jefferson Bruno, por toda a ajuda prática e apoio constante durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por me conduzirem com paciência e respeito ao longo de todo o processo do TCC.

## RESUMO

**REIS, Arthur Lopes.** Monografia de conclusão do Curso de Ciências Biológicas – Bacharelado. Universidade Federal de Viçosa, 2025. *Impactos da urbanização e fragmentação florestal sobre interações formiga-semente*. Orientador: Prof. Lucas Navarro Paolucci.

### Resumo

Embora fundamental para florestas tropicais, a mirmecocoria ainda é insuficientemente compreendida em paisagens antropizadas. Este estudo avaliou como urbanização e bordas de fragmentos florestais afetam a remoção e predação de sementes por formigas, testando: (1) se áreas urbanas sofrem maior impacto na remoção e predação de sementes por formigas que bordas de fragmentos florestais. Em Viçosa-MG (Mata Atlântica), sementes de *Helianthus annuus* L., 1753 (Asterales: Asteraceae) *Mabea fistulifera* Mart., 1824 (Malpighiales: Euphorbiaceae) foram ofertadas em três habitats (urbano, borda, interior de mata), com 18 transectos (90 pontos). A proporção de sementes removidas/predadas foi registrada em sessões de 60 minutos (manhã) e analisada via GLMMs (distribuição beta-binomial). As sementes lipídicas tiveram maior remoção e predação em todos os habitats (predação máxima: 36% na borda; remoção máxima: 14,7% no urbano) versus *M. fistulifera* (predação máxima: 3,3%; remoção máxima: 2,7%). O tipo de semente teve efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ), enquanto habitat e interação foram não significativos ( $p > 0,05$ ). Conclui-se que características das sementes (valor lipídico) determinam as interações mais que o grau de urbanização, evidenciando preferência por recursos energéticos. A baixa remoção de sementes mirmecocóricas sugere enfraquecimento de mutualismos, limitando a regeneração natural em paisagens antropizadas.

**Palavras-chave:** Formigas; Predação; Mirmecocoria; Urbanização; Fragmentação florestal

## ABSTRACT

**REIS, Arthur Lopes.** Undergraduate Final Paper submitted to the Department of Biology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Biology-Bachelor, Universidade Federal de Viçosa, 2025. *Impacts of urbanization and forest fragmentation on ant-seed interactions*. Advisor: Prof. Lucas Navarro Paolucci.

### Abstract

Although fundamental for tropical forests, myrmecochory remains insufficiently understood in anthropized landscapes. This study evaluated how urbanization and forest fragment edges affect seed removal and predation by ants, testing whether (1) urban areas experience a greater impact on ant-seed removal and predation than forest fragment edges. In Viçosa-MG (Atlantic Forest), seeds of *Helianthus annuus* L., 1753 (Asterales: Asteraceae) and *Mabea fistulifera* Mart., 1824 (Malpighiales: Euphorbiaceae) were offered in three habitats (urban, edge, forest interior) across 18 transects (90 points). The proportion of removed/predated seeds was recorded in 60-minute sessions (morning) and analyzed using GLMMs (beta-binomial distribution). The lipid-rich seeds (*H. annuus*) had higher removal and predation rates across all habitats (maximum predation: 36% at the edge; maximum removal: 14.7% in the urban area) compared to *M. fistulifera* (maximum predation: 3.3%; maximum removal: 2.7%). Seed type had a highly significant effect ( $p < 0.01$ ), while habitat and the interaction term were not significant ( $p > 0.05$ ). We conclude that seed characteristics (lipid content) are more determinant of these interactions than the degree of urbanization, highlighting a preference for energy-rich resources. The low removal rate of myrmecochorous seeds suggests a weakening of mutualisms, potentially limiting natural regeneration in anthropized landscapes.

**Keywords:** Ants; Predation; Myrmecochory; Urbanization; Forest fragmentation.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAIS	E
MÉTODOS.....	12
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	12
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	14
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	16
3. RESULTADOS.....	17
4. DISCUSSÃO.....	19
5. REFERÊNCIAS.....	21

## Lista de Figuras

Figura 1 Locais onde foram realizadas as coletas, no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Em cada ambiente (área urbanizada, borda de fragmento e interior de fragmento) foram estabelecidos seis transectos, com pelo menos 200 metros de distância entre si. Cada transecto é composto por cinco pontos amostrais, espaçados em cinco metros. Em cada ponto foram dispostas cinco sementes de *Helianthus annuus* (girassol) e cinco sementes de *Mabea fistulifera*, separadas por um metro entre si.....14

Figura 2 - Representação dos transectos e suas medidas. A letra M representa as cinco sementes mirmecocóricas e a letra L as 5 sementes lipídicas. Cada ponto amostral consistia em um par de conjuntos de sementes.....16

Figura 3 - Proporção de sementes predadas por formigas nas três áreas.....18

Figura 4 - Proporção de sementes removidas por formigas nas três áreas.....19

## 1. Introdução

As interações formiga-planta desempenham um papel fundamental na estrutura dos ecossistemas por meio da dispersão de sementes (Warren e Giladi, 2014) ou do controle topo-base de herbívoros e plantas (Leal et al., 2014). Por exemplo, as formigas atuam como dispersoras de sementes ao removerem as sementes de seus locais de deposição primária e transportá-las para seus ninhos ou locais próximos deles, processo conhecido como mirmecocoria (Giladi, 2006; Warren & Giladi, 2014). Nestes locais, as sementes germinam em microhabitats enriquecidos nutricionalmente, protegidos de predadores e patógenos, e com menor densidade de competidores (Giladi, 2006; Warren & Giladi, 2014). Ao removerem sementes do solo, as formigas podem promover o recrutamento de plântulas e aumentar a heterogeneidade espacial, uma vez que as transportam para locais protegidos e ricos em nutrientes, como seus ninhos, onde há menor predação e condições ideais para germinação, criando padrões distintos de distribuição de plântulas (Giladi, 2006), fatores críticos para a recuperação de ecossistemas degradados (Falcon et al., 2024). Adicionalmente, as formigas atuam como predadoras de sementes, regulando a densidade de propágulos e evitando a dominância de plantas superabundantes, o que mantém o equilíbrio ecológico (Arnan et al., 2010; Espigares & López-Pintor, 2005). Essa dualidade funcional destaca a complexidade de suas interações e sua relevância para estratégias de regeneração natural.

Interações formigas-sementes são mediadas pelas preferências das formigas por características específicas das sementes, como a presença de elaiossomos, que são apêndices ricos em lipídeos que atuam como atrativos para as formigas (Marshall et al., 1979) em espécies mirmecocóricas. Entretanto, sementes com alto teor lipídico, mesmo na ausência de estruturas especializadas, também atraem formigas devido ao seu valor energético. Essa atração pode resultar tanto em dispersão da semente, quanto em predação, na qual as sementes são consumidas (Pizo & Oliveira, 1998; Passos & Oliveira, 2002). O destino da interação (dispersão ou predação) é modulado por características intrínsecas da semente (e.g., tamanho, composição lipídica, presença de elaiossoma), pelas espécies de formigas envolvidas e por seus comportamentos de forrageamento (Servigne & Detrain, 2008). Adicionalmente, a disponibilidade de recursos no ambiente pode influenciar a preferência alimentar das formigas (Frizzi et al., 2016). Por exemplo, ambientes com recursos escassos, como em habitats com solos pobres, podem incentivar a preferência por sementes mirmecocóricas, enquanto habitats

preservados a preferência das formigas tende a estar ligada à disponibilidade e ao valor nutricional das sementes (Warren & Giladi, 2014; Giladi, 2006; Rico-Gray & Oliveira, 2007)

Em ambientes impactados pela ação humana, como áreas urbanas e bordas de fragmentos florestais, interações ecológicas formiga-planta são particularmente alteradas (Leal et al., 2012; Siddiqui et al., 2021). A urbanização e a fragmentação tendem a homogeneizar comunidades de formigas, devido ao favorecimento de espécies generalistas que substituem mutualistas especializados, o que pode reduzir a dispersão de sementes mirmecocóricas (Siddiqui et al., 2021), pois mesmo que as formigas generalistas sejam abundantes, sua eficácia na dispersão pode ser inferior devido a características morfológicas ou comportamentais que não são adequadas para um mutualismo de dispersão eficiente (Ness & Bronstein, 2004). Adicionalmente, a fragmentação de habitats expõe as comunidades a estresses abióticos, como aumento de radiação solar e ressecamento do solo. Esses fatores abióticos impactam diretamente o comportamento das formigas, especialmente sua atividade de forrageamento, que tende a ser reduzida em condições de estresse térmico e hídrico (Rodrigues et al., 2023). Como consequência, as formigas podem exibir uma plasticidade comportamental em suas estratégias de alimentação, ajustando suas escolhas de recursos em resposta à disponibilidade de água e nutrientes no ambiente (Frizzi et al., 2016). Essas mudanças criam um "filtro ecológico" que limita o recrutamento de espécies vegetais dependentes de dispersores, comprometendo a regeneração natural (Leal et al., 2012; Ness & Bronstein, 2004; Paolucci et al., 2016). Apesar desses avanços, ainda não está claro como a intensidade da pressão antrópica (e.g. urbanização, efeitos de borda) influencia a preferência por sementes lipídicas ou mirmecocóricas, nem como isso se reflete na estruturação da vegetação.

Neste trabalho, investigamos como a intensidade da perturbação antrópica em diferentes ambientes (especificamente áreas urbanas e bordas de fragmentos florestais) afeta as interações de formigas com sementes. Para avaliar a magnitude desses impactos, utilizamos o interior de fragmentos florestais como área de controle. Nossa hipótese é de que as áreas urbanas sofrerão um impacto mais severo na remoção e predação de sementes por formigas em comparação com as bordas de fragmentos florestais. Para investigar como as características das sementes influenciam essas interações sob diferentes níveis de perturbação, nosso estudo utilizará sementes mirmecocóricas e lipídicas.

## **2. Materiais e métodos**

## 2.1 Área de estudo

Conduzimos este estudo no município de Viçosa, Minas Gerais (20°45'14"S, 42°52'55"W), dentro do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A área de estudo para os ambientes de borda e controle foi o Recanto das Cigarras, uma área de fragmento florestal inserida no bioma Mata Atlântica (Figura 1), caracterizada por Floresta Estacional Semidecidual Montana. A área de estudo para o ambiente urbanizado foi uma porção da avenida P.H. Rolfs que está situada dentro do *campus* da universidade (figura 1) O clima é subtropical úmido com inverno seco e verão quente, com temperatura média anual variando entre 14,6 a 21,8 °C e precipitação média anual de, aproximadamente, 1.300 mm. A paisagem local é uma transição entre fragmentos florestais e matriz urbana, com relevo acidentado típico da Zona da Mata mineira e altitudes entre 600 e 800 metros.

Estabelecemos seis transectos em cada um dos três seguintes ambientes, que representam diferentes níveis de urbanização (Figura 1). Área urbanizada: caracterizada por campos gramados frequentemente movimentados, com passagem constante de pessoas, e que sofre alta perturbação devido ao tráfego de pedestres e veículos; Borda de mata: situada nas margens das rodovias dentro do Recanto das Cigarras, mais distante do movimento intenso, mas ainda sujeita a influências antrópicas, apresentando vegetação secundária em estágio inicial a intermediário de regeneração; Área controle: localizada no interior do Recanto das Cigarras, caracterizada por dossel florestal mais fechado e menor interferência urbana.

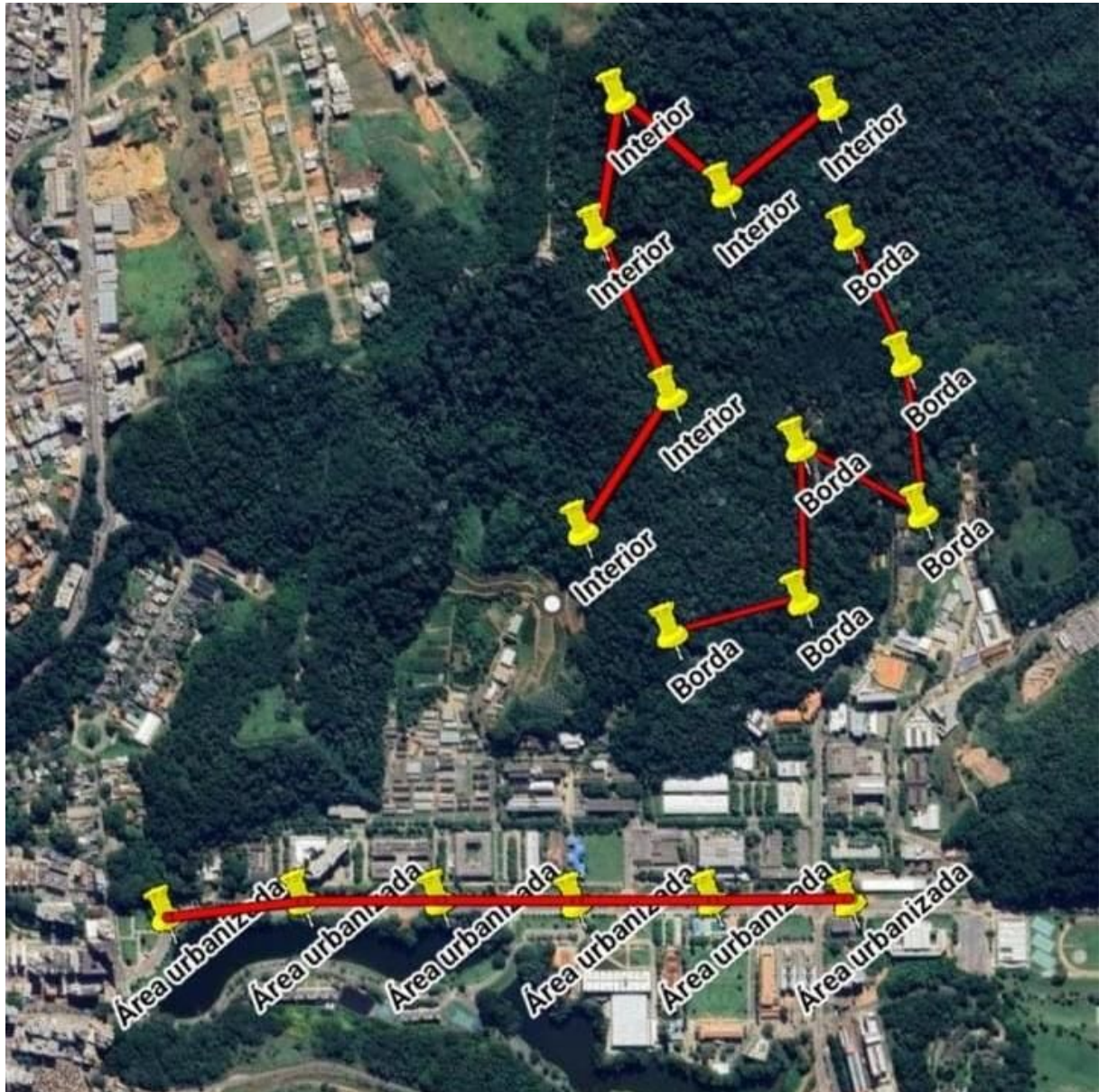


Figura 1: Locais onde foram realizadas as coletas, no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Em cada ambiente (área urbanizada, borda de fragmento e interior de fragmento) foram estabelecidos seis transectos, com pelo menos 200 metros de distância entre si. Cada transecto é composto por cinco pontos amostrais, espaçados em cinco metros. Em cada ponto foram dispostas cinco sementes de *Helianthus annuus* (girassol) e cinco sementes de *Mabea fistulifera*, separadas por um metro entre si.

## 2.2 Delineamento experimental

Para o experimento, selecionamos duas espécies vegetais devido às suas características funcionais distintas. As sementes de *Helianthus annuus* (girassol), previamente descascadas,

foram escolhidas como sementes lipídicas não especializadas, ou seja, sem a presença de elaiossomos. Sua seleção se deu por apresentarem alto teor de óleo. Sementes com tais características são reconhecidas por atraírem formigas devido ao seu valor energético, sendo úteis para avaliar a influência do valor nutricional (conteúdo lipídico) na atração de formigas em diferentes contextos ambientais e padrões de predação por formigas generalistas (Passos & Oliveira, 2002; Espigares & López-Pintor, 2005). Já as sementes de *Mabea fistulifera* (canudo-de-pito), uma espécie que ocorre naturalmente na Mata Atlântica, foram utilizadas como modelo de semente mirmecocórica por possuírem elaiossomos. Assim, a escolha dessas duas espécies nos permitiu avaliar como diferentes atributos das sementes modulam os comportamentos de remoção e predação por formigas em ambientes com distintos graus de impacto antrópico.

Cada transecto estava localizado a pelo menos 200 metros um do outro, e era constituído por cinco pontos amostrais espaçados por cinco metros, totalizando 90 unidades amostrais no estudo (3 áreas × 6 transectos × 5 pontos). Em cada ponto amostral nós dispusemos, distantes um metro um do outro, dois conjuntos de sementes: cinco sementes lipídicas (*Helianthus annuus*) e cinco sementes mirmecocóricas (*Mabea fistulifera*) totalizando 10 sementes por ponto (Figura 2). As observações foram realizadas durante sessões de 60 minutos por transecto. Para cada semente em cada conjunto (identificadas de 1 a 5), era anotada a primeira interação observada, registrando-se o tipo de interação (remoção, quando havia um deslocamento da semente, pela formiga, de no mínimo 2cm ou predação, quando a formiga ativamente comia a semente) e o tempo (em minutos) em que ocorreu, sendo registrada apenas uma interação por semente. Todos os experimentos ocorreram no período matutino (entre 7h e 12h).

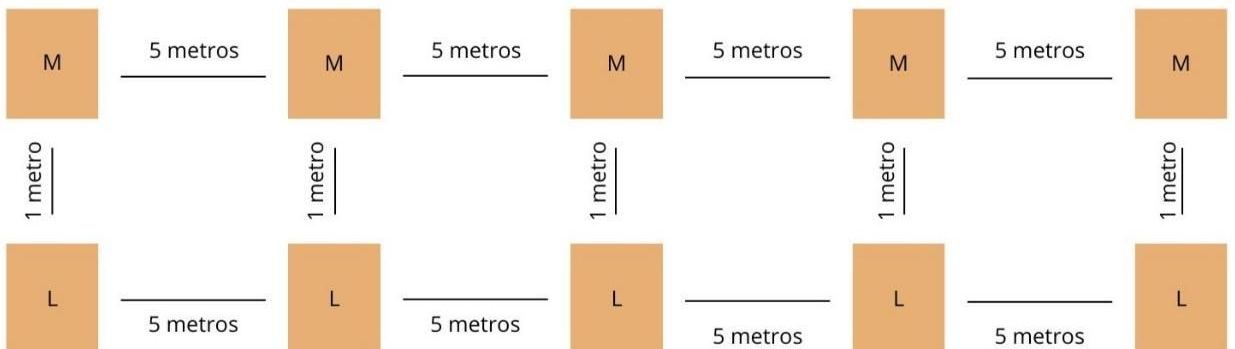
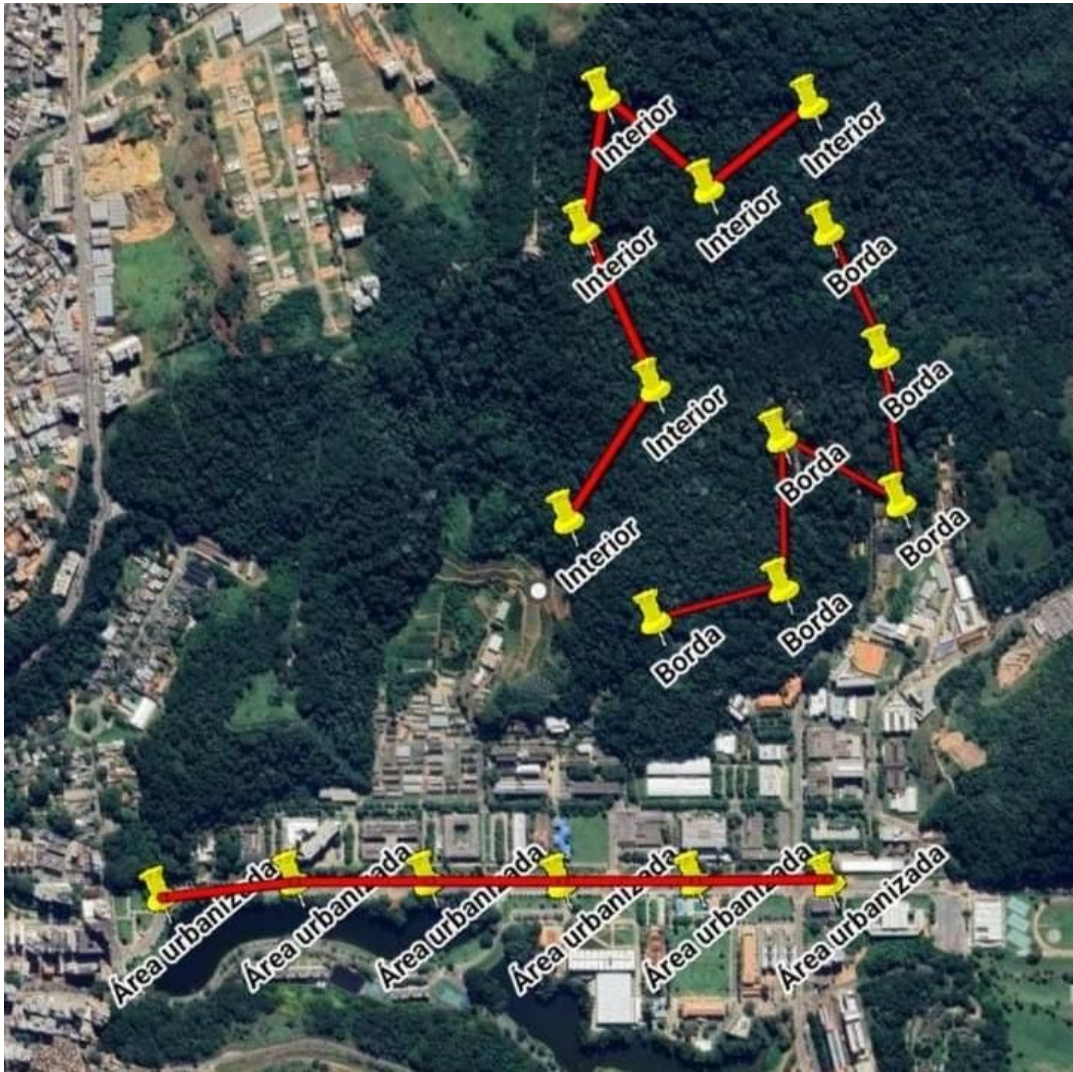


Figura 2: Representação dos transectos e suas medidas. A letra M representa as cinco sementes mirmecocóricas e a letra L as cinco sementes lipídicas. Cada ponto amostral consistia em um par de conjuntos de sementes.

### ***2.3 Análises estatísticas***

Para analisar a proporção de sementes que foram predadas ou removidas, utilizamos Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMMs). Escolhemos essa abordagem porque nossos dados (proporções) não seguem uma distribuição normal e também porque as observações não são independentes entre si, já que foram coletadas em pontos específicos dentro de transectos e com sementes pareadas em cada ponto. Para lidar com a natureza proporcional dos dados, empregamos a distribuição beta-binomial nos modelos, que é adequada para valores entre 0 e 1. Nossas variáveis explicativas foram o tipo de ambiente (zona urbana, borda de fragmento e interior de fragmento) e a espécie da semente (*Helianthus annuus* ou *Mabea fistulifera*), enquanto a proporção de interações (predação ou remoção) constituiu a variável resposta.

Conduzimos duas análises GLMMs separadas: uma para a proporção de sementes predadas e outra para a proporção de sementes removidas. Em ambos os modelos, incluímos o ponto amostral e o transecto como fatores aleatórios, o que nos permitiu levar em conta a variabilidade natural dessas unidades e a dependência dos dados. Também utilizamos o número total de sementes oferecidas como um fator de ponderação para dar mais robustez às nossas proporções. A adequação dos modelos foi verificada e a significância dos efeitos das variáveis explicativas foi testada, incluindo a avaliação de possíveis interações entre o tipo de ambiente e a espécie da semente. Os ajustes dos modelos foram verificados usando o pacote DHARMA (Hartig F, 2024) e a significância dos efeitos das variáveis explicativas foi testada por meio da função Anova do tipo III, utilizando o pacote car (Fox & Wisberg, 2019)

## **3 Resultados**

Para a proporção de sementes predadas, o GLMM não houve efeito de interação entre o tipo de ambiente e o tipo de semente ( $\chi^2=4.24$ ,  $P = 0.119$ ). Em relação aos efeitos principais, não se observou um efeito do tipo de ambiente ( $\chi^2=4.79$ ,  $P = 0.091$ ), mas sim do tipo de semente ( $\chi^2=32.19$ ,  $P < 0.001$ ). A proporção de sementes predadas foi maior para as sementes lipídicas do que para as sementes mirmecocóricas (Figura 3), independentemente do ambiente de estudo.

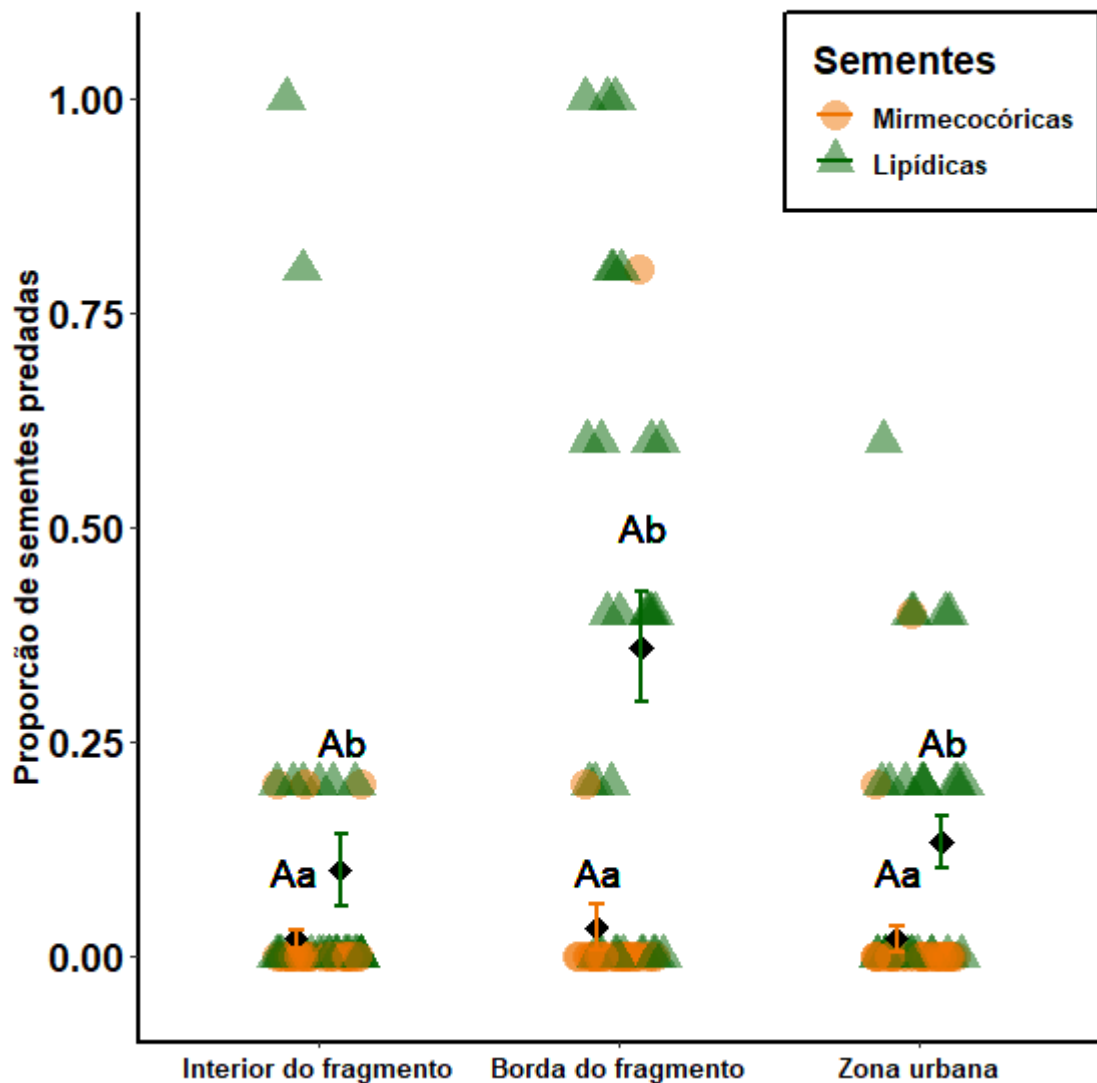


Figura 3: Proporção de sementes predadas por formigas nas três áreas.

Em relação à proporção de sementes removidas, não houve efeito de interação entre o tipo de ambiente e o tipo de semente ( $\chi^2=2.12$ ,  $P = 0.346$ ). Verificou-se que o tipo de semente apresentou um efeito significativo na proporção de sementes removidas ( $\chi^2=12.70$ ,  $P < 0.001$ ), enquanto o tipo de ambiente não demonstrou um efeito significativo ( $\chi^2=3.11$ ,  $P = 0.212$ ). A proporção de sementes removidas foi maior para as sementes lipídicas do que para as sementes mirmecocóricas (Figura 4), independentemente do ambiente de estudo.



A constância das interações entre formigas e sementes, independentemente do tipo de habitat, sugere que, apesar de processos como urbanização e fragmentação poderem simplificar as comunidades de formigas e reduzir a presença de especialistas (Leal et al., 2012), o comportamento de forrageamento em relação às sementes testadas permanece consistente. Esses resultados reforçam a hipótese de que, em comunidades onde predominam formigas generalistas, as estratégias de busca por alimento são orientadas principalmente por recompensas energéticas diretas, em detrimento de mutualismos mais complexos ou específicos. A similaridade nos padrões de interação observados entre as áreas perturbadas e a área controle levanta um questionamento importante: até que ponto a área considerada preservada pode estar sendo influenciada pela antropização? Embora formalmente menos impactada, a proximidade da área controle com regiões perturbadas e sua inserção em uma paisagem já fragmentada podem exercer efeitos significativos sobre a composição e o funcionamento da comunidade de formigas. Essa constatação sugere que a matriz da paisagem e o histórico de uso do solo podem impor limitações ou moldar o comportamento das formigas, mesmo em fragmentos que aparentam estar mais conservados, resultando em padrões de interação com sementes que se assemelham aos de locais mais diretamente afetados pela atividade antrópica.

A mirmecocoria é frequentemente compreendida como um mutualismo difuso, o que significa que um conjunto de espécies de formigas pode interagir com um conjunto de espécies de plantas, sem uma relação um-para-um estrita (Pizo & Oliveira, 2000; Santana et al., 2013; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Isso implica que diferentes espécies de formigas podem atuar como dispersoras para uma mesma espécie de planta mirmecocórica, e uma única espécie de formiga pode dispersar sementes de várias plantas. No entanto, mesmo nesse contexto difuso, a eficácia e a preferência das formigas podem variar, sendo influenciadas por características como o tamanho da semente e a composição do elaiossomo (Arnan et al., 2010; Warren & Giladi, 2014). A observada baixa remoção de sementes de *Mabea fistulifera* pode sinalizar que as espécies de formigas presentes, embora capazes de dispersar outras sementes lipídicas, não priorizam esta espécie como recompensa, ou que os mutualistas mais eficazes para ela estão ausentes ou em baixa densidade nos habitats analisados, o que pode limitar a regeneração natural em paisagens antropizadas.

Diante disso, fica evidente que o tipo de semente é um preditor mais robusto das interações formiga-semente do que as condições abióticas relacionadas ao grau de conservação da paisagem. Essa abordagem poderá trazer nuances importantes sobre como os

ambientes antrópicos afetam a rede de interações ecológicas, distinguindo melhor os efeitos de simplificação comunitária daqueles relacionados à seletividade comportamental das formigas.

## 5 Referências Bibliográficas

- Arnan, X., Retana, J., Rodrigo, A., & Cerdá, X. (2010). Foraging behaviour of harvesting ants determines seed removal and dispersal. *Insectes Sociaux*, 57(4), 421-430.
- Espigares, T., & López-Pintor, A. (2005). Seed predation in a Mediterranean pasture: can ants modify the floristic composition of soil seed banks? *Revista Chilena de Historia Natural*, 78, 615-622.
- Falcon, J. E., Schoederer, J. H., Ribeiro, V. S., Christianini, A. V., Camargo, P. H., & Paolucci, L. N. (2024). How do birds and ants contribute to the recruitment of a tropical tree? *Biotropica*.
- Fox J, Weisberg S (2019). *An R Companion to Applied Regression*, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA.
- Frizzi, F., Rispoli, A., Chelazzi, G., & Santini, G. (2016). Effect of water and resource availability on ant feeding preferences: a field experiment on the Mediterranean ant *Crematogaster scutellaris*. *Insectes Sociaux*. DOI 10.1007/s00040-016-0500-4.
- Giladi, I. (2006). Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos*, 112, 481-492.
- Hartig F (2024). *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models*. R package version 0.4.7
- Leal, I. R., Filgueiras, B. K. C., Gomes, J. P., Iannuzzi, L., & Andersen, A. N. (2012). Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. *Biodiversity and Conservation*, 21(7), 1687-1701.
- Marshall, D. L., Beattie, A. J., & Bollenbacher, W. E. (1979). Evidence for diglycerides as attractants in an ant-seed interaction. *Journal of Chemical Ecology*, 5(3), 335-343.
- Ness, J. H., & Bronstein, J. L. (2004). The effects of invasive ants on prospective ant mutualists. *Biological Invasions*, 6, 445-461.
- Paolucci, L. N., Maia, M. L. B., Solar, R. R. C., Campos, R. I., Schoederer, J. H., & Andersen, A. N. (2016). Fire in the Amazon: impact of experimental fuel addition on responses of ants and their interactions with myrmecochorous seeds. *Oecologia*, 182, 335–346.

- Passos, L., & Oliveira, P. S. (2002). Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Journal of Ecology*, *90*(3), 517-528.
- Pizo, M. A., & Oliveira, P. S. (1998). Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic Forest of Southeast Brazil. *American Journal of Botany*, *85*(5), 669-674.
- Pizo, M. A., & Oliveira, P. S. (2000). The Use of Fruits and Seeds by Ants in the Atlantic Forest of Southeast Brazil. *Biotropica*, *32*(4b), 851-861.
- Rico-Gray, V., & Oliveira, P. S. (2007). *The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions*. University of Chicago Press.
- Rodrigues, C. A. P., Lima, J. C. S., Almeida, R. P. S., Oliveira, F. C., & Antonialli-Junior, W. F. (2023). The influence of abiotic factors on the foraging activity of *Cephalotes borgmeieri* (Kempf, 1951). *Sociobiology*, *70*(1), e9085.
- Santana, F. D., Cazetta, E., & Delabie, J. H. C. (2013). Interactions between ants and non-myrmecochorous diaspores in a tropical wet forest in southern Bahia, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, *29*(1), 1-10.
- Servigne, P., & Detrain, C. (2008). Ant-seed interactions: combined effects of ant and plant species on seed removal patterns. *Insectes Sociaux*, *55*, 220-230.
- Siddiqui, J. A., Bamisile, B. S., Khan, M. M., Islam, W., Hafeez, M., Bodlah, I., & Xu, Y. (2021). Impact of invasive ant species on native fauna across similar habitats under global environmental changes. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(40), 54362–54382.
- Warren II, R. J., & Giladi, I. (2014). Ant-mediated seed dispersal: A few ant species (Hymenoptera: Formicidae) benefit many plants. *Myrmecological News*, *20*, 129-140.