



MARIANA AZEVEDO RABELO

**REMOÇÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS SOB
DIFERENTES PERSPECTIVAS: COMUNIDADE,
IDENTIDADE DAS ESPÉCIES E AMBIENTE**

LAVRAS – MG

2017

MARIANA AZEVEDO RABELO

**REMOÇÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS SOB DIFERENTES
PERSPECTIVAS: COMUNIDADE, IDENTIDADE DAS ESPÉCIES E
AMBIENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Carla Rodrigues Ribas
Orientadora

**LAVRAS – MG
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Rabelo, Mariana Azevedo.

Remoção de sementes por formigas sob diferentes perspectivas
comunidade identidade de espécies e ambiente / Mariana Azevedo
Rabelo. - 2017.

45 p. : il.

Orientador(a): Carla Rodrigues Ribas.

.
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Remoção de sementes. 2. Formigas. 3. Cerrado. I. Ribas,
Carla Rodrigues. . II. Título.

MARIANA AZEVEDO RABELO

**REMOÇÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS SOB DIFERENTES
PERSPECTIVAS: COMUNIDADE, IDENTIDADE DAS ESPÉCIES E
AMBIENTE**

**SEED REMOVAL BY ANTS UPON DIFFERENT PERSPECTIVES:
COMMUNITY, SPECIES IDENTITY AND ENVIRONMENT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 02 de março de 2017.
Dra. Ana Gabriela Delgado Bieber (UESB)
Dra. Livia Dorneles Audino (UFLA)

Profa. Dra. Carla Rodrigues Ribas
Orientadora

**LAVRAS – MG
2017**

Aos meus pais Maria e Raimundo, meus alicerces, por serem sempre presentes e apoiarem com ternura minhas escolhas.

A minha irmã Ana Carolina, por todo apoio, incentivo e carinho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria e Raimundo pelo amor incondicional e por sempre me incentivarem a ir atrás dos meus sonhos, apoiarem minhas escolhas e caminharem ao meu lado em todas as jornadas que me propus a trilhar.

À minha *hermanita*, Ana Carolina pelo amor, companheirismo, sintonia, incentivo em minhas escolhas profissionais e por rir de mim e comigo em todas as peças que a vida nos prega e é cada uma!

À minha querida amiga Aline Silva, pelo companheirismo de vidas e por ser a responsável por eu ter cursado o mestrado na UFLA. Foi pela sua intuição e persistência em me mandar por dois anos o edital de inscrição no programa de ecologia (e eu dizer que não sabia se era isso que queria) que trilhei esse caminho.

Ao João, por pedir para o papai do céu com simplicidade e sensibilidade que só as crianças possuem para a tia Mari passar no mestrado e ficar mais perto, não esquecerei esse momento.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada pela oportunidade em realizar o mestrado.

Aos professores do programa de Ecologia Aplicada pelos ensinamentos e disponibilidade em esclarecer dúvidas.

À minha orientadora Prof^a. Carla Rodrigues Ribas a qual tenho grande admiração, por todos os ensinamentos e por me amparar em todas as etapas, sempre disposta a discutir minhas dúvidas e me acalmar todas às vezes (e não foram poucas) que aparecia em sua sala com dezenas de folhas ou chorando pelos projetos que não deram certo, pelos desafios da dissertação ou por situações da vida.

Aos membros e amigos do Laboratório de Ecologia de Formigas (LEF), por me acolherem com tanto amor, por todas as discussões sobre ecologia de formigas, pelas inúmeras gargalhadas, por todo aprendizado e por serem únicos.

À Marina Angotti, Antônio Queiroz, Grazielle Santiago, Ernesto Cañedo, Ananza Rabello, Gabriela Bandeira, Chaim Lasmar, Mayara Imata, Carolina Souza, Ariel Reis, Guilherme, Ícaro Gonzaga e Felipe Ferreira, por serem mais que companheiros de laboratório, serem amigos para todas as horas. Os dias no LEF (e fora dele) não seriam os mesmos sem as maluquices, TOCs e histórias de cada um, afinal o mais normal baba e com certeza vocês tornaram esse dois anos mais coloridos.

À minha turma de mestrado, em especial Adriele Pereira, Nilmara Silva, Carol Rangel, Éder Carvalho e Luciano Querido, por compartilharem momentos de aprendizado e aflições sempre com bom humor.

À Ellen secretaria do PPGEKO, por sanar todas as minhas dúvidas sobre as burocracias da vida acadêmica sempre com simpatia e competência.

Ao convênio FAPEMIG e CEMIG, pela concessão de bolsa de estudos ao longo do mestrado pelo projeto “Desenvolvimento de ferramenta para a priorização de descomissionamento de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no estado de Minas Gerais e estudo de caso para PCH Pandeiros”.

Aos funcionários da Área de Proteção Ambiental Rio Pandeiros, por autorizarem a realização da pesquisa e pelo suporte e disponibilização de alojamento durante os dias de campo.

À equipe Tamarindo, Grazielle Santiago, Adriele Pereira, Mateus Melo e Tássia Chagas, por uma das expedições de campo mais divertidas, por me ajudarem a procurar incessantemente indivíduos com frutos de *Xylopia aromatica* em praticamente toda a APA Pandeiros. Aliás, tenho que agradecer a todos durante a minha fase *X. aromatica*, que era quase uma fixação e muitos se compadeceram da minha aflição.

Aos meus amigos, Marina Angotti (logística), Grazielle Santiago (GPS) e Ariel Reis (canto), por me auxiliaram nos trabalhos de campo tornando-o possível, pelo incentivo, discussões, revisões e contribuições nas versões da dissertação.

À Dona Bia, que preparava como muito afeto nossas refeições durante o período de campo, por sempre nos receber com um sorriso no rosto e se preocupar em saber se estávamos bem e se precisávamos de algo.

Aos “Amores” Éder e Sarah, pelas boas prosas nos fins de tarde pós-campo e pelo interesse em saber sobre o nosso trabalho com formigas.

Às meninas da República Doce de Deleite, Aliny Reis, Beatriz Carvalho, Gabrielle Cumpre, Jinny Centeno e Lara Carvalho, pelo companheirismo ao longo de dois anos que possibilitou infinitas horas de conversa na cozinha sobre a vida acadêmica, casos de família, filosofias de boteco e nosso cotidiano, e pelos momentos de “gordice”.

Às amigadas que fiz no PPGEKO, pelas conversas e todos os momentos de descontração dentro e fora do prédio da ecologia.

Aos amigos Marina Angotti, Antônio Queiroz, Wallace Beiroz, César Borges, Julius Cerqueira e aos professores Paulo Pompeu, Júlio Louzada e Luiz Magnano pelas discussões sobre estatística.

Aos meus amigos, especialmente Carina Silva, Thaís Graciano, Cayrê Leandro, Maria Estela Maciel, Paulo Liduário, Suelen Camargo, Débora Luz, Natasha Silva, Geisy Vieira, Michelle Campelo, Carla Da Cal e Suellen Santana, por serem presentes mesmo distantes fisicamente, apoiarem minha jornada em Lavras e pelas tentativas de encontros ao longo desse período.

As instrutoras de yoga da capela, Karen Bezerra, Karina Schulz, Viviane Pereira e Joana Manik, por cada prática e ensinamentos, as práticas contribuíram para meu autoconhecimento e foram fundamentais para o equilíbrio da minha mente, corpo e espírito e me fortaleceram durante os desafios do mestrado.

Aos membros da banca, Dra. Ana Gabriela Bieber, Dra. Livia Dorneles Audino, Dr. Paulo dos Santos Pompeu e Dr. Luiz Fernando Silva Magnano por aceitarem a participar da banca e contribuírem com esse trabalho.

Às formigas, meu objeto de estudo, por me lembrarem da importância do trabalho em conjunto e de que juntos somos mais fortes e que em pequenos passos é possível ir além.

Aos meus familiares, por todo carinho e apoio.

À Deus, por iluminar meu caminho e me presentear com pessoas, momentos e lugares únicos!

Minha gratidão!

“Opte por aquilo que faz o seu coração vibrar, apesar de todas as consequências.” (Osho)

RESUMO GERAL

A dispersão de diásporos por formigas é uma importante função ecológica que contribui para a manutenção dos ecossistemas, por promover o estabelecimento das espécies vegetais em locais mais adequados e contribuir para a nutrição das colônias e conseqüentemente beneficiar outros grupos ecológicos. Por esses motivos, a remoção de sementes por formigas pode contribuir para manutenção de ambientes naturais e a recuperação e restauração de áreas impactadas por processos naturais ou antrópicos. Contudo, pouco se sabe sobre quais variáveis influenciam a remoção de sementes em diferentes perspectivas como: comunidade, identidade das espécies e ambiente. Dessa forma, o presente estudo buscou avaliar a taxa de remoção sob três perspectivas: comunidade de formigas removedoras (distância e quantidade dos ninhos em relação à fonte de recursos – sementes), identidade das espécies (identidade das espécies de formigas removedoras, tempo de remoção e distância dos ninhos) e ambiente (proporção de sombreamento pelo dossel e de cobertura de serapilheira no solo). O estudo foi realizado em 15 áreas de cerrado *sensu stricto*, pertencentes à Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Nessas áreas mensuramos as distâncias percorridas pelas formigas da fonte de recurso até os seus ninhos, quantificamos os ninhos das formigas removedoras, as proporções de sombreamento ocasionado pelo dossel e de cobertura de serapilheira no solo, o tempo de remoção das sementes até os ninhos e a identificação das espécies de formigas removedoras. Foram identificados 42 ninhos que variaram de 0,35 a 15,32 m de distância da fonte de sementes artificiais, pertencentes a 11 espécies de formigas removedoras. Das variáveis relacionadas às três perspectivas, a distância dos ninhos foi a única que influenciou a taxa de remoção das sementes, porém apenas na perspectiva das espécies removedoras. Dessa forma, nosso estudo demonstrou que uma variável pode influenciar a remoção dependendo da perspectiva, o que destaca a importância de uma avaliação holística dos aspectos relacionados a comunidade, identidade das espécies e ambiente que podem contribuir para o sucesso da remoção de sementes por formigas. Estas informações contribuem para avanço do conhecimento sobre a remoção de sementes por formigas e podem direcionar a sua utilização em projetos de conservação, monitoramento ou restauração de áreas.

Palavras-chave: Remoção de sementes artificiais. Formigas. Cerrado.

ABSTRACT

The dispersion of diaspores by ants is an important ecological function that contributes to the maintenance of ecosystems, by promoting the establishment of plant species in more appropriate places and contributing to the nutrition of the colonies and consequently benefit other ecological groups. For these reasons, the seed removal by ants can contribute to the maintenance of natural environments and the recovery and restoration of areas impacted by natural or anthropic processes. However, little is known about which variables influence seed removal from different perspectives such as: community, species identity and environment. Thus, the present study sought to evaluate the seed removal rate from three perspectives: community of ants (distance and number of nests in relation to the food resource - seeds), identity of the species (identity of the ants species, removal timing, and distance from the nests), and environment (proportion of canopy shading and leaf litter cover on the ground). The study was carried out in 15 cerrado sensu stricto areas, belonging to the Environmental Protection Area of Rio Pandeiros, northern Minas Gerais. In these areas we measured the distance traveled by ants from the food resource to their nests, quantified the nests of the ants, the shading proportions caused by the canopy and leaf litter cover in the soil, the time of removal of the seeds to the nests and identification of ants species. A total of 42 nests were identified, ranging from 0.35 to 15.32 m from the artificial seeds, belonging to 11 species of ants. Regarding to the variables related to the three perspectives, the distance of the nests was the only one that influenced the rate of seed removal, but only from the perspective of the removal species. Thus, our study demonstrated that a variable can influence the seed removal depending on the perspective, which highlights the importance of a holistic assessment of the aspects related to community, species identity and environment that can contribute to the success of ant removal. This information contributes to the advancement of the knowledge of seed removal by ants, and can improve conservation projects, monitoring or restoration of areas.

Keywords: Artificial seed removal. Ants. Cerrado.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	12
1	INTRODUÇÃO GERAL	13
	REFERÊNCIAS	17
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	20
	ARTIGO - REMOÇÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS SOB DIFERENTES PERSPECTIVAS: COMUNIDADE, IDENTIDADE DAS ESPÉCIES E AMBIENTE	21
	Introdução	24
	Métodos	26
	Área de estudo	26
	Sementes artificiais	27
	Perspectiva da comunidade	27
	Perspectiva da identidade das espécies	28
	Perspectiva do ambiente	28
	Análises estatísticas	29
	Resultados	30
	Perspectiva da comunidade	30
	Perspectiva da identidade das espécies	31
	Perspectiva do ambiente	32
	Discussão	32
	Perspectiva da identidade das espécies	34
	Conclusões	37
	Referências	38
	Material Suplementar	42
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

As plantas ao longo do processo evolutivo passaram por diversas adaptações nas estratégias de dispersão dos seus diásporos (sementes, frutos ou infrutescências) que levaram à maximização de seu sucesso reprodutivo (SORRELLS; WARRENS II, 2011). Em geral as plantas possuem mais de um agente dispersor, processo conhecido como diplocoria, que representa vantagens no sucesso de germinação das sementes (VANDER-WALL; LONGLAND, 2004). Um dos mais relevantes agentes dispersores envolvidos em processos de diplocoria são as formigas, que nas regiões neotropicais atuam como dispersoras secundárias (DELABIE; OSPINA; ZABALA, 2003). A dispersão de diásporos por formigas quando combinada com outro processo ou agente de dispersão pode aumentar as distâncias de dispersão do diásporo (ARNAN; RODRIGO; RETANA, 2011; BEAMOUNT, MACKAY; WHALEN, 2009; VANDER-WALL; LONGLAND, 2004). A probabilidade de sobrevivência dos diásporos tende a ser maior quando dispersados por formigas, devido ao distanciamento da planta-mãe promovido pela remoção, limpeza e deposição das sementes nos ninhos, que são locais com altos teores de nutrientes (CHRISTIANINI; MAYHÉ-NUNES, OLIVEIRA 2007).

As formigas podem ser atraídas pelas porções nutritivas tanto de diásporos mirmecocóricos como não-mirmecocóricos (FARNESE; FARIA; FONSECA, 2011; PASSOS; OLIVEIRA, 2003). Os diásporos mirmecocóricos possuem um apêndice rico em lipídeos ligados a sementes (SERVIGNE; DETRAIN, 2008), o elaiossomo, que facilita o transporte das sementes pelas formigas até os ninhos, onde geralmente é consumido (RICO-GRAY; OLIVEIRA, 2007). Enquanto que os diásporos não-mirmecocóricos possuem uma porção carnosa, o arilo, importante para a atratividade das formigas e destino das sementes (PASSOS; OLIVEIRA, 2003), mas sem uma estrutura adaptada para a remoção por formigas (RICO-GRAY; OLIVEIRA, 2007). As formigas são consideradas como as principais removedoras de diásporos não-mirmecocóricos no solo e envolvem uma parcela notável da comunidade de formigas do solo (CHRISTIANINI; OLIVEIRA, 2010; PIZO; OLIVEIRA, 2003; PIZO; OLIVEIRA, 2001). Além do conteúdo nutricional, a forma e o tamanho dos diásporos podem determinar as espécies de formigas que irão atuar na remoção, orientando se o consumo do elaiossomo ou arilo será realizado no local, sem que ocorra a remoção das

sementes, ou se a semente será removida para outros locais, como os seus ninhos (ARNAN; RODRIGO; RETANA, 2011; BAS; OLIVERAS; GÓMEZ, 2009).

As distâncias de remoção das sementes também podem variar de acordo com a espécie de formiga, pois as mesmas tendem a ter relação com o tamanho corpóreo das formigas, espécies maiores conseguem forragear a distâncias maiores do que as espécies menores (ANDERSEN; MORRISON, 1998; GÓMEZ; ESPADALER, 2013). As distâncias de remoção alcançadas por certas formigas podem superar as distâncias da dispersão balística (BEAUMONT; MACKAY; WHALEN, 2009; LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2007) e em algumas circunstâncias apresentam magnitude similar às realizadas por vertebrados, que são os principais dispersores primários, removendo os diásporos a longas distâncias (WHITNEY, 2002).

A relação entre o tamanho corporal das espécies de formigas com as taxas de remoção das sementes é, portanto, utilizada em alguns estudos para inferir se as espécies são consideradas removedoras de alta ou baixa qualidade pela sua capacidade de transporte das sementes (LEAL; ANDERSEN; LEAL, 2013). Por outro lado, a composição da comunidade de formigas removedoras é outro fator abordado nos estudos e muitos pesquisadores têm pontuado a importância do seu papel no sucesso da remoção de sementes (ANDERSEN; MORRISON, 1998; WARREN II; GILADI, 2014), pois as estratégias de forrageamento e de dominância das espécies envolvidas na remoção podem ser utilizadas para avaliar se os habitats possuem espécies generalistas ou especialistas em remover sementes (GÓMEZ; ESPADALER; BAS, 2005; SILVA; BRANDÃO, 2010). Lima et al. (2013) consideram que em geral, as interações formiga-diásporos são oportunistas e envolvem espécies generalistas.

Assim como as características relacionadas ao diásporo e às espécies removedoras, as características dos habitats podem favorecer ou inibir a remoção de sementes, uma vez que a complexidade de habitat e as variações nas condições abióticas (temperatura e umidade) podem determinar a distribuição das espécies e suas interações com o meio. Os serviços de remoção de diásporos promovidos pelas formigas podem sofrer interferência de acordo com o nível de perturbação dos ecossistemas, que afeta a estrutura e composição da vegetação local (BIEBER et al., 2014; GALLEGOS; HENSEN; SCHLEUNING, 2014; LEAL; ANDERSEN; LEAL, 2013). A falta de interações eficazes compromete a dispersão e o estabelecimento da vegetação (ANDERSEN; MORRISON, 1998), que por sua vez possui marcante

influência sobre a composição de formigas no solo (PACHECO; VASCONCELOS, 2012).

No Cerrado, as formigas são consideradas importantes agentes na remoção secundária de sementes, geralmente encontradas no solo pós-dispersão por vertebrados frugívoros (CHRISTIANINI; OLIVEIRA, 2010). Porém, com a crescente fragmentação, perda de hábitat e de espécies por atividades antrópicas, a remoção de sementes e demais funções ecológicas desempenhadas pelas formigas podem ser afetadas direta ou indiretamente (BIEBER, et al. 2014).

Um das ações antrópicas mais impactantes à integridade dos ecossistemas é a implantação e o funcionamento de Centrais Hidrelétricas que alteram severamente as paisagens naturais (JUNK; MELLO, 1990; ZHOURI; OLIVEIRA, 2007). O descomissionamento de usinas hidrelétricas, que consiste na remoção das barragens com o intuito de recuperar e restaurar áreas afetadas pelas mesmas já é uma realidade comum em alguns países, como os Estados Unidos (HEINZ, 2002). Esse processo também causa impacto, como a deposição de sedimentos e a alteração na vegetação ripária, mas pode permitir a recuperação e a recolonização de espécies nos rios e áreas adjacentes (BEDNAREK, 2001).

Nesse sentido, iniciativas vêm sendo realizadas para avaliar os impactos da priorização do descomissionamento de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH – Pandeiros) localizada na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA Rio Pandeiros), que abrange relevantes ecossistemas da região, como Cerrado, Caatinga, Veredas e o Pantanal Mineiro. A região também possui um histórico de atividades antrópicas degradantes, como o plantio de monoculturas (eucalipto), pastagens para atividades agropecuárias, carvoejamento, desmatamento, queimadas (BAHIA, 2009; NUNES, 2009). Em conjunto essas atividades provocaram significantes alterações na paisagem da região e requerem que os impactos no funcionamento dos ecossistemas, como a remoção de sementes sejam avaliados, bem como alternativas para sua conservação sejam propostas. Santiago (2015) avaliou a remoção de sementes artificiais por formigas em áreas de cerrado, mata seca e antrópicas nessa região e identificou 25 espécies de formigas removedoras e ressaltou a importância da utilização das formigas nos processos de manutenção e recuperação das áreas no entorno do reservatório.

Nesse contexto, fica evidente que a remoção de sementes por formigas é um processo complexo que envolve uma gama de interações entre formiga-diásporo-ambiente e que é necessário avaliarmos se um mesmo conjunto de variáveis influencia a remoção de sementes de acordo com determinada perspectiva. Esse tipo de investigação pode contribuir para o avanço do conhecimento sobre a remoção de sementes por formigas em projetos de manejo, conservação e restauração de áreas degradadas. Mediante ao cenário apresentado, a presente dissertação possui um capítulo em formato de artigo que aborda a remoção de sementes artificiais por formigas sob três perspectivas distintas (comunidade, identidade das espécies e ambiente) com o objetivo de avaliar se a distância e a quantidade de ninhos, a identidade da espécie removedora, o tempo de remoção das sementes e diferentes proporções de sombreamento do solo e de cobertura do solo por serapilheira influenciam a taxa de remoção de sementes por formigas. O trabalho foi realizado em áreas de cerrado *stricto sensu* pertencentes à Área de Proteção Ambiental Rio Pandeiro, norte de Minas Gerais com o intuito subsidiar avaliações de impactos ambientais correspondentes ao projeto de descomissionamento da Pequena Central Hidrelétrica do Rio Pandeiros, localizada na mesma região.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. N.; MORRISON, S. C. Myrmecochory in Australia's seasonal tropics: effects of disturbance on distance dispersal. **Australian Journal of Ecology**, 23, p. 483-491, 1998.
- ARNAN, X.; RODRIGO, A. RETANA, J. What are the consequences of ant-seed interactions on the abundance of two dry-fruited shrubs in Mediterranean scrub? **Oecologia**, 167, p. 1027-1039, 2011.
- BAHIA, T. O. et al. Florística e fitossociologia de veredas em diferentes estágios de conservação na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. **MG Biota**, 2, p. 14-29, 2009.
- BAS, J. M.; OLIVERAS, J.; GÓMEZ, C. Myrmecochory and short-term seed fate in *Rhamnus alaternus*: Ant species and seed characteristic. **Acta Oecologica** 35:380-384, 2009.
- BEAUMONT, K. P.; MACKAY, D. A.; WHALEN, M. A. Combining distances of ballistic and myrmecochorous seed dispersal in *Adriana quadripartita* (Euphorbiaceae). **Acta Oecologica**, 35, p. 429-436, 2009.
- BEDNAREK, A. T. Undamming Rivers: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal. **Environmental Management**, 27, p.803–814, 2001.
- BIEBER, A. G.; SILVA, P. S. D.; SENDOYA, S. F.; OLIVEIRA, P. S. Assessing the impact of deforestation of the Atlantic Rainforest on ant-fruit interactions: a field experiment using synthetic fruits. **Plos One**, 9, p. 1-5, 2014.
- CHRISTIANINI, A. V.; OLIVEIRA, O. S. Birds and ants provide complementary seed dispersal in a neotropical savana. **Journal of Ecology**, 98, p.573-582, 2010.
- 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**, 23, p. 343-351, 2007.
- DELABIE, J. H. C.; OSPINA, M.; ZABALA, G. Relaciones entre hormigas e plantas: uma introducción. In: __**Introducción a lãs hormigas de La región Neotropical**. Bogotá: Instituto Humboldt, Colômbia, 2003, 424 p.
- FARNESE, F. S.; FARIA, R. B.; FONSECA, G. A. Dispersão de diásporos não mirmecocóricos por formigas: influência do tipo e abundância do diásporo. **Revista Árvore**, 35, p. 125-130, 2011.
- GALLEGOS, S. C.; HENSEN, I.; SCHLEUNING, M. Secondary dispersal by ants promotes forest regeneration after deforestation. **Journal of Ecology**, 102, p. 659-666, 2014.

- GÓMEZ, C.; ESPADALER, X. An update of the world survey of myrmecochorous dispersal distances. **Ecography**, 36, p. 1193-1201, 2013.
- GÓMEZ, C.; ESPADALER, X.; BAS, J. M. Ant behaviour and seed morphology: a missing link of myrmecochory. **Oecologia**, 146, p.244-246, 2005.
- HEINZ, J. H. (2002) Dam Removal: Science and Decision Making. III Center for Science, Economics, and the Environment Universidade de Michigan, versão digitalizada em 07/09/2009.
- JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados**, 4, p.126-143 1990.
- LEAL, L. C.; ANDERSEN, A. N.; LEAL, I. R. Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. **Oecologia**, 174, p. 173-181, 2013.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seed dispersal by ants in the Semi-arid Caatinga of north-east Brazil. **Annals of Botany**, 99, p. 885-894, 2007.
- LIMA, M. H. C.; OLIVEIRA, E. G.; SILVEIRA, F. A. O. Interactions between ants and non-myrmecochorous fruits in *Miconia* (Melastomataceae) in a Neotropical Savanna. **Biotropica**, 45, p. 217-223, 2013.
- NUNES, Y. R. F. et al. Pandeiros: O Pantanal Mineiro. **MG Biota** 2, p. 4-17, 2009.
- PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. **Biodiversity Conservation** 21:797-809.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 19, p. 261–270, 2003.
- PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, 157, p. 37-52, 2001.
- RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. (2007) The ecology and evolution of ant-plant interactions. Chicago: The University of Chicago Press, 331 p.
- SANTIAGO, G. S. **Remoção de sementes artificiais por formigas no entorno de um reservatório hidrelétrico**. 2015. 36. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- SERVIGNE, P.; DETRAIN, C. Opening myrmecochory's black box: what happens inside the ant nest? **Ecological Research**, 25, p.663-672, 2008.
- SILVA, R. S.; BRANDÃO, C. R. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs**, 80, p. 107-124, 2010.

SORRELLS, J.; WARRENS II, R. J. Ant-dispersed herb colonization lags behind Forest reestablishment. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, 138, p. 77-84, 2011.

VANDER-WALL, S. B.; LONGLAND, W. S. Diplochory: are two seed dispersers better than one? **Ecology and Evolution** 19:155-161, 2004.

ZHOURI, A.; OLIVEIRA, R. Desenvolvimento, conflitos sociais e violência no Brasil rural: o caso das usinas hidrelétricas. **Ambiente & Sociedade**, v. X, p. 119-135, 2007.

WARREN II, R. J.; GILADI, I. Ant-mediated seed dispersal: A few ant species (Hymenoptera: Formicidae) benefit many plants. **Myrmecological News**, 20, p. 129-140, 2014.

WHITNEY, K. D. Dispersal for distance? *Acacia ligulata* seeds and meat ants *Iridomyrmex viridiaeneus*. **Austral Ecology**, 27, p. 589-595, 2002.

SEGUNDA PARTE
ARTIGO

ARTIGO

**REMOÇÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS SOB DIFERENTES
PERSPECTIVAS: COMUNIDADE, IDENTIDADE DAS ESPÉCIES E
AMBIENTE**

Rabelo, M. A.¹; Angotti, M. A.²; Santiago, G. S.¹; Reis, A.¹; Ribas, C. R.³

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada, Departamento de Biologia, Setor de Ecologia e Conservação, Laboratório de Ecologia de Formigas, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras – MG, Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Entomologia, Departamento de Entomologia, Laboratório de Ecologia de Formigas, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras – MG, Brasil.

³Departamento de Biologia, Setor de Ecologia e Conservação, Laboratório de Ecologia de Formigas, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras – MG, Brasil.

RESUMO

As formigas atuam como importantes agentes na remoção de diásporos pós-dispersão em habitats naturais e degradados, porém pouco se sabe dessa relação em diferentes perspectivas. O presente estudo buscou avaliar a taxa de remoção sob três perspectivas: da comunidade de formigas removedoras (distância e quantidade dos ninhos em relação à fonte de diásporos artificiais), da identidade das espécies removedoras (identidade das espécies, tempo de remoção e distância dos ninhos) e das variáveis do ambiente (proporção de cobertura de sombreamento e de serapilheira no solo). O estudo foi realizado em áreas de cerrado *sensu stricto*, onde foram mensuradas as distâncias percorridas pelas formigas da fonte de diásporos até os seus ninhos, quantificados os ninhos, a proporção de sombreamento e serapilheira e o tempo de remoção, além de identificadas as espécies de formigas removedoras. Foram identificados 42 ninhos que variaram de 0,35 a 15,32 m de distância da fonte de diásporos, pertencentes a 11 espécies de formigas removedoras. Das variáveis relacionadas às três perspectivas, a distância dos ninhos foi a única que influenciou negativamente a taxa de remoção das sementes, porém apenas na perspectiva da identidade das espécies removedoras. Dessa forma, uma variável pode influenciar a remoção dependendo da perspectiva, o que destaca a importância de uma avaliação holística dos aspectos relacionados à comunidade, ambiente e identidade de espécies que podem contribuir para o sucesso da remoção de sementes por formigas. Estas informações são essenciais para avançar e direcionar esforços de acordo com o objetivo de conservação ou restauração de áreas.

Palavras-chave: Distância de dispersão. Diásporos artificiais. Ninhos de formigas. Cerrado.

ABSTRACT

Ants act as important agents in the removal of post-dispersal diaspores in natural and degraded habitats. However, little is known regarding to different perspectives. The aim of this study was to evaluate the diaspores removal rate from three perspectives: the community of ant removal (distance and number of nests in relation to the food resource – artificial diaspores), species identity (removal timing and distance from nests) and environment (proportion of shading and litter cover in the ground). Data sampling was carried out in areas of cerrado sensu stricto, where we measured the distances traveled by ants from the diaspores to the nests, the proportion of shading and leaf litter and removal timing, the nests were quantified, and ant species identification. A total of 42 nests were identified, ranging from 0.35 to 15.32 m to the source of diaspores, belonging to 11 species of ants. As for the variables related to the three perspectives, the distance of the nests was the only one that negatively influenced the rate of diaspores removal, but only from the perspective of the species identity. Thus, a variable can influence the removal depending on the perspective, which highlights the importance of a holistic assessment of the aspects related to community, environment and species identity that may contribute to the success of ant removal. This information is essential to advance and guide efforts in accordance with the goal of conserving or restoring areas.

Keywords: Dispersion distance. Artificial diaspores. Ant nests. Cerrado.

Introdução

A dispersão de sementes corresponde à remoção de diásporos (sementes, frutos ou infrutescências) por agentes dispersores para além da planta-mãe (Sorrells e Warren II 2011). A dispersão secundária por animais favorece as taxas de germinação e o recrutamento de plântulas em habitats naturais e degradados e sua ausência pode comprometer esses processos, que variam entre os limites dos habitats e em pequenas escalas espaciais (Gallegos et al. 2014). As formigas atuam com importantes agentes na remoção de sementes pós-dispersão, por beneficiarem o estabelecimento das plântulas em microhabitats mais adequados e distantes da planta-mãe (Giladi 2006; Leal et al. 2015). Elas apresentam papel relevante na dispersão de diásporos em áreas fragmentadas com perda dos vertebrados, considerados dispersores primários (Bieber et al. 2013).

As formigas geralmente recolhem as sementes, porque são atraídas pelo elaiossomo, apêndice nutritivo e rico em lipídeos (Bas et al. 2009; Servigne e Detrain, 2010). Além do conteúdo nutricional, a forma e o tamanho das sementes podem determinar as espécies de formigas que irão atuar na remoção, orientando se o consumo do elaiossomo será realizado no local, sem que ocorra a remoção das sementes, ou se será carregado para outros locais (Bas et al. 2009). As sementes geralmente são removidas até o interior dos ninhos, onde o elaiossomo é consumido sem danificar a semente (Gómez e Espadaler 2005; Martins et al. 2006). Após o consumo, as sementes são descartadas nos depósitos de lixo no interior do próprio ninho ou em áreas adjacentes (Whitney 2002; Leal et al. 2007).

Em geral, a remoção das sementes pelas formigas se concentra nas proximidades dos ninhos (Andersen e Morrison 1998) favorecendo a redução do tempo de exploração do recurso e um maior recrutamento (Devigne e Detrain 2006). A distância do ninho pode influenciar a decisão da formiga de consumir o elaiossomo ou arilo (diásporos não-mirmecocóricos) no local ou retornar ao ninho para comunicar as demais sobre a sua localização, uma vez que o deslocamento e transporte envolvem custos energéticos (Traniello 1989; Devigne e Detrain 2006). A quantidade de ninhos e seu padrão de distribuição (agregado, aleatório ou regular) dependem dos recursos disponíveis na área, tais como locais adequados para a nidificação, fontes alimentares e competição com outras espécies na exploração por esses recursos (Soares; Schoereder 2001). Segundo Schupp (1993) o sucesso de dispersão das sementes

removidas por dispersores primários e pelos secundários no processo pós-dispersão é influenciado pela qualidade dos locais em que as sementes são depositadas, das características morfológicas e fisiológicas das sementes e dos agentes dispersores e o modo como exploram esses recursos. As chances das sementes serem encontradas pelas formigas podem ser cruciais para a viabilidade da semente e seu destino final, portanto a velocidade em que são encontradas e recolhidas pelas formigas pode ser um fator relevante nesse processo (Hughes e Westoby 1990). A remoção por formigas contribui para a diminuição do tempo de persistência das sementes no solo e os riscos de predação por vertebrados (Santana et al. 2013).

Além das características relacionadas às formigas, variáveis ambientais, tais como: a estrutura da vegetação (Gorb et al. 2013; Gallegos et al. 2014), a complexidade do habitat (Gibb e Parr 2010), temperatura, umidade e incidência de luz (Traniello 1989; Lima e Antonialli-Junior 2013) podem influenciar a remoção de sementes. Variáveis ambientais como o sombreamento ocasionado pela cobertura do dossel e a cobertura do solo pela serapilheira também podem favorecer a criação de microhabitats e assim direcionar o forrageamento das formigas, pois, dependendo das suas proporções, facilitam, dificultam ou até mesmo inibem o acesso aos recursos (Farji-Brenner et al. 2004; Karungi 2015). As áreas sombreadas podem oferecer condições mais favoráveis para a comunidade de artrópodes por apresentarem um microclima mais estável e com maior disponibilidade de recursos (Levings 1982).

As pesquisas sobre a remoção de sementes pelas formigas geralmente apontam separadamente a influência de variáveis relacionadas à disponibilidade e qualidade das sementes, ao ambiente e as espécies removedoras (Andersen e Morrison 1998; Christianini et al. 2007; Leal et al. 2015). Investigar conjuntamente quais variáveis influenciam a taxa de remoção de sementes por formigas sob a perspectiva da comunidade de formigas removedoras, da identidade da espécie e do ambiente pode fornecer indícios sobre as estratégias de exploração de recursos pelas formigas em habitats naturais e degradados. Além disso, pode contribuir para a utilização da remoção de sementes por formigas na elaboração de ferramentas conservacionistas, de recuperação, restauração e manejo de ambientes degradados.

Desta forma, nós objetivamos avaliar se a taxa de remoção de sementes varia sob três perspectivas: comunidade de formigas removedoras (distância e quantidade dos ninhos em relação à fonte de recursos - sementes), identidade das espécies

removedoras (identidade da espécie removedora, tempo de remoção e distância do ninho) e ambiente (proporção de sombreamento no solo pela cobertura de dossel e proporção de serapilheira no solo). Para a perspectiva da comunidade e do ambiente testamos as hipóteses de que as taxas de remoção são maiores: quanto mais próximos e mais ninhos em relação a fonte de recursos e em locais com maior proporção de sombreamento e de serapilheira. Além disso, em relação à perspectiva da identidade das espécies, avaliamos qual variável influencia mais a taxa de remoção de sementes, a identidade da espécie de formiga removedora, a distância do ninho ou o tempo gasto na remoção das sementes. Para isto hipotetizamos que a taxa de remoção é mais influenciada pela espécie removedora, seguida pelo tempo de remoção das sementes até os ninhos e pela distância dos ninhos à fonte de recurso.

Métodos

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na estação chuvosa (março de 2016), em 15 áreas de cerrado *stricto sensu* (15°26'00"S e 044°49'19"O), distantes entre si no mínimo 500 m. As áreas pertencem à Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA Rio Pandeiros), localizada no município de Januária, norte de Minas Gerais, Brasil. A região compreende uma transição entre os biomas do Cerrado e a Caatinga, sendo o clima da região semi-árido com amplitude térmica entre 9°C e 45°C e a pluviosidade é de 900 a 1250 mm/ano, com maior concentração em dezembro e janeiro (Nunes et al. 2009). Entre as espécies vegetais que se destacam nos levantamentos florísticos da região pela ampla distribuição estão as espécies não-mirmecocóricas: *Xylopia aromatica*, *Siparuna guianensis*, *Tapira guianensis* e *Miconia albicans* (Rodrigues et al. 2009; Menino et al. 2009).

Sementes artificiais

Utilizamos sementes artificiais, pois não encontramos nas áreas do experimento espécies vegetais em sincronia reprodutiva e com quantidade suficiente de sementes com arilo para a realização dos experimentos. Além disso, as sementes artificiais apresentam atratividade similar aos naturais para as formigas, são de fácil manipulação, ótimas alternativas quando não há quantidades suficientes na área e possibilitam a utilização de sementes sob a mesma condição e em grandes quantidades (Angotti et al., em preparação; Bieber et al. 2013; Bieber et al. 2014)

Confeccionamos as sementes artificiais com miçangas de 0,03 g e 2 mm de diâmetro envolvidas por uma massa atrativa (75% gordura vegetal hidrogenada, 4,8% de frutose, 0,5% de sacarose, 4,7% glicose, 7% caseína, 3% carbonato de cálcio, 5% de maltodextrina. Essa massa representa o arilo, porção atrativa de frutos carnosos para as formigas (Raimundo et al. 2004; Bieber et al. 2014; Rabello et al. 2014).

Perspectiva da comunidade

Avaliamos a taxa de remoção de sementes por formigas em relação à distância e quantidade dos seus ninhos em 15 áreas de cerrado, distantes entre si no mínimo 500 m. Em um ponto a 70 m da borda de cada área colocamos aleatoriamente 100 sementes no solo, metade delas foi colocada das 07h00 às 10h00 e a outra metade das 15h00 às 18h00. Disponibilizamos as sementes nesses dois períodos com o intuito de aumentar as chances de remoção por espécies de formigas com estratégias de forrageamento distintas e consequentemente mapearmos mais ninhos.

Acompanhamos as formigas removedoras a partir do momento que pegavam as sementes até a entrada de seus respectivos ninhos. Os ninhos em que observamos a entrada das removedoras carregando a semente foram demarcados com uma estaca. Ao término da exposição quantificamos o número de ninhos e mensuramos as distâncias lineares da fonte de sementes até a entrada dos ninhos (Baccaro e Ferraz 2013). Consideramos todos os olheiros como ninhos independentes, pois não investigamos se poderia haver mais de um olheiro para o mesmo ninho, fato que pode ser verdadeiro para certas espécies.

Perspectiva da identidade das espécies

Para avaliarmos qual variável influencia mais a taxa de remoção: a identidade das espécies removedoras, a distância do ninho ou o tempo de remoção, coletamos concomitantemente ao experimento anterior as espécies removedoras e mensuramos o tempo gasto na remoção dos diásporos artificiais.

Para a identificarmos a espécie removedora nós coletamos ativamente as formigas removedoras na entrada dos seus ninhos ao final do experimento para evitar interferência na remoção. Acondicionamos as mesmas em frascos contendo álcool 70% e posteriormente identificamos as espécies (Palacio e Fernández 2003; Baccaro et al. 2015) e as depositamos na coleção do Laboratório de Ecologia de Formigas da Universidade Federal de Lavras. Além disso, cronometramos o tempo de remoção a partir do momento em que as sementes foram apanhadas até sua entrada no ninho. Não foi possível obtermos o tempo de remoção de todas as sementes, pois ocorreram remoções simultâneas.

Perspectiva do ambiente

Para avaliarmos se a taxa de remoção de sementes por formigas é influenciada por diferenças no nível de sombreamento e de cobertura de serapilheira, consideramos respectivamente a proporção de sombreamento ocasionada pela cobertura de dossel no solo e a proporção de serapilheira (matéria orgânica seca, galhos, gravetos, folhas e sementes) sobre o solo.

Para tanto, estabelecemos classes que representassem locais com proporções baixas, intermediárias e altas de sombreamento e serapilheira separadamente. Atribuímos para cada classe os seguintes intervalos: de 0 a 33% baixa, 34 a 66 % intermediária e de 67 a 100 % para a alta. Em cada uma das classes selecionamos 15 pontos distantes entre si no mínimo 20 m, totalizando 45 pontos amostrais independentes para cada variável.

Mensuramos a proporção de sombreamento com o posicionamento ao nível do solo de um densiômetro florestal côncavo (TerraGes) de acordo com as classes previamente determinadas. Já para proporção de serapilheira lançamos ao solo um quadrado de arame de 25 x 25 cm, a fim de determinarmos a porcentagem de cobertura de serapilheira em cada ponto amostral. Desconsideramos os lançamentos que coincidiram em pontos com gramíneas.

Nós selecionamos aleatoriamente uma das 15 áreas utilizadas na avaliação das perspectivas de comunidade e identidade das espécies para realizar os experimentos sobre a perspectiva do ambiente. Para cada experimento (cobertura de sombreamento e de serapilheira) dispusemos em cada ponto amostral 20 sementes artificiais das 07h00 às 10h00 e a fim de evitarmos que fossem removidas ou predadas por vertebrados instalamos no solo gaiolas de proteção (20 x 20 cm, revestidas com malha de 1,5 cm) (Pizo; Oliveira 2001; Rabello et al. 2014). Ao término do período de exposição das sementes, nós quantificamos em cada experimento por ponto o número de sementes removidas para o cálculo da taxa de remoção pelas formigas em cada classe.

Análises estatísticas

Para avaliarmos a taxa de remoção de sementes artificiais por formigas em relação à distância e a quantidade de ninhos na perspectiva da comunidade utilizamos um modelo linear generalizado (GLM). A taxa de remoção das sementes por área foi calculada como a porcentagem de sementes removidas em cada ponto amostral após o tempo de exposição de cada experimento. Utilizamos a distribuição de erros binomial verificando a sobreposição e corrigindo-a por analisarmos dados de porcentagem (Crawley 2007; Logan 2011), sendo a taxa de remoção por área a variável resposta e a distância e quantidade dos ninhos as variáveis explicativas. Utilizamos para estas análises a distância média de todos os ninhos observados de cada área. Para verificarmos essas relações na comunidade de removedoras estabelecemos três modelos: 1) taxa de remoção das sementes de todas as espécies removedoras observadas; 2) taxa de remoção de sementes das espécies acompanhadas e 3) taxa de remoção das espécies que ocorreram em mais de uma área.

Para avaliarmos se as variáveis relacionadas à identidade das espécies removedoras (identidade da espécie, tempo de remoção e distância do ninho) influenciam a taxa de remoção de sementes realizamos uma análise multivariada baseada em distância para um modelo linear (DistLM). Para isto, utilizamos a distância dos ninhos e a média do tempo de remoção dos indivíduos observados de cada espécie em duas análises: a primeira considerando as taxas, as distâncias e os tempos de remoção de todas as espécies removedoras e a segunda apenas em relação às espécies que removeram as sementes em mais de uma área com o

intuito de verificar se as espécies mais recorrentes têm influência na taxa de remoção de sementes. Em ambas as análises utilizamos distância euclidiana e R ajustado. Nos casos em que as variáveis apresentaram valores significativos e relação positiva ou negativa com a taxa de remoção realizamos um GLM, com distribuição Poisson (Crawley 2007; Logan 2011).

Na perspectiva do ambiente avaliamos a taxa de remoção das sementes em relação às proporções de sombreamento e de serapilheira também construindo um GLM com distribuição de erros binominal (Crawley 2007; Logan 2011) em que a taxa de remoção (variável resposta) foi relacionada de forma independente às proporções de sombreamento e de serapilheira (variáveis explicativas).

Nas análises de GLM utilizamos análises de resíduos para verificar a distribuição e adequação dos modelos, sendo considerada em todas as análises a probabilidade de significância $< 0,05$. Executamos todas as análises no software estatístico R (R Development Core Team 2015).

Resultados

Perspectiva da comunidade

O acompanhamento das formigas removedoras permitiu mensurarmos as distâncias de 42 ninhos que variaram de 0,35 a 15,32 m de distância da fonte de sementes artificiais. A quantidade desses ninhos por área variou entre um e sete (material suplementar). Foi possível observarmos a remoção por formigas de 657 das 1083 sementes (72%) que disponibilizamos nas áreas.

A taxa de remoção de sementes pela comunidade de formigas não foi influenciada pela distância média e quantidade de ninhos nos três modelos avaliados: todas as espécies removedoras; espécies removedoras acompanhadas e espécies que removeram em mais de uma área (Tab 1). Dessa forma, nossos dados refutam a nossa hipótese inicial de que quanto mais próximos os ninhos estiverem das sementes e mais numerosos, maiores seriam as taxas de remoção.

Tabela 1 Influência (teste F; $p < 0,05$) da distância e quantidade de ninhos na taxa de remoção de sementes por formigas na perspectiva da comunidade: avaliação da taxa de remoção em três modelos (GLM): todas as espécies removedoras, espécies removedoras observadas e espécies mais comuns.

Modelos	Distância ninhos (m)		Quantidade de Ninhos	
	F	P	F	p
Todas espécies removedoras	0,128	0,726	0,184	0,674
Espécies removedoras observadas	0,175	0,682	0,189	0,671
Espécies mais comuns	0,169	0,687	1,457	0,249

Perspectiva da identidade das espécies

Identificamos 11 espécies de formigas removedoras. Dessas, cinco são pertencentes à subfamília Myrmicinae, quatro à Ectatomminae, uma à Ponerinae e uma à Dolichoderinae. As espécies pertencentes à família Ectatomminae removeram diásporos artificiais em 13 das 15 áreas, o que demonstrou ampla distribuição dessas espécies nas áreas de cerrado estudadas.

As espécies mais recorrentes foram *Ectatomma edentatum* com indivíduos removendo 425 sementes em nove áreas, seguida por *Ectatomma opaciventre* (78 sementes em cinco áreas) e por *Pheidole jelskii* (14 sementes em quatro áreas). Em contrapartida, observamos a remoção por *Ectatomma planidens*, *Ectatomma brunneum*, *Pheidole capillata*, *Forelius* sp. 1 e *Blepharidatta conops* em apenas uma área. E observamos uma taxa de remoção distinta entre essas espécies, onde a *E. planidens* e a *E. brunneum* se destacaram nas áreas em que ocorreram removendo respectivamente 59 e 54 sementes artificiais, enquanto acompanhamos poucos eventos de remoção de sementes por indivíduos de *P. capillata* ($n = 8$), *Forelius* sp. 1 ($n = 1$) e *B. conops* ($n = 1$).

Quando consideramos nas análises todas as espécies, nenhuma das três variáveis influenciou a taxa de remoção (Tab 2), porém quando avaliamos apenas as espécies que ocorreram em mais de uma área o aumento da distância do ninho ($F = 4,126$; $p = 0,042$) influenciou negativamente a taxa de remoção (Fig 1). Assim, as taxas de remoção foram maiores quando os ninhos das espécies removedoras estavam mais próximos da fonte de recurso, mesmo com as espécies removedoras de alta qualidade com alguns de seus ninhos a maiores distâncias.

Tabela 2 Relação da influência (teste de variância = Pseudo-F; $p < 0,05$) das variáveis: identidade da espécie removedora, distância dos ninhos e tempo de remoção sob a perspectiva da identidade da espécie removedora na avaliação da taxa de remoção de sementes artificiais por formigas em áreas de cerrado *strico sensu*.

Variáveis	Todas as espécies		Espécies mais comuns	
	Pseudo-F	P	Pseudo-F	p
Espécie removedora	2,011	0,106	2,101	0,095
Tempo de remoção	3,305	0,059	2,406	0,111
Distância do ninho	3,881	0,068	4,126	0,042*

* indica resultados significativos com $p < 0,05$.

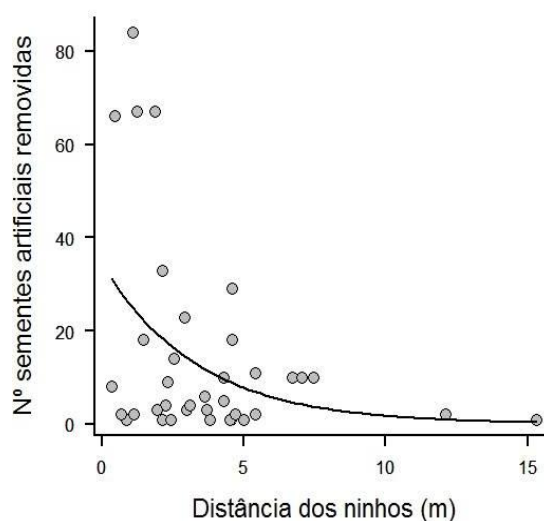


Figura 1 Influência negativa da distância dos ninhos (m) ($p < 0,04$) na taxa de remoção de sementes artificiais por formigas em áreas de cerrado *strico sensu* (Pandeiros, Minas Gerais - BR) sob a perspectiva da identidade das espécies.

Perspectiva do ambiente

As diferentes proporções de sombreamento ocasionado pela cobertura do dossel no solo ($F = 1,192$; $p = 0,313$), assim como as diferentes proporções de serapilheira ($F = 0,145$; $p = 0,864$) não influenciaram a taxa de remoção de sementes por formigas, novamente refutando nossa hipótese de que locais com maiores proporções dessas variáveis teriam maiores taxas de remoção de sementes.

Discussão

A taxa de remoção de sementes artificiais por formigas pode ser influenciada por uma variável dependendo da perspectiva abordada: comunidade, identidade da espécie ou ambiente. As variáveis relacionadas à

perspectiva da comunidade de removedoras (distância e quantidade de ninhos) e as relacionadas à perspectiva do ambiente (proporção de sombreamento e serapilheira no solo) não influenciaram a taxa de remoção pelas formigas. Já na perspectiva das espécies removedoras, o aumento da distância dos ninhos influenciou negativamente a remoção de sementes, apesar da identidade da espécie removedora e do tempo de remoção não terem efeito. Avaliar no mesmo estudo mais de uma perspectiva possibilita apontarmos em qual abordagem as variáveis podem ou não influenciar a taxa de remoção de sementes artificiais pelas formigas. Uma vez que com a avaliação em apenas uma perspectiva pode-se inferir que uma variável não tem influência na remoção, quando em outra perspectiva pode existir relação.

Perspectiva da comunidade

Na perspectiva da comunidade de formigas, a distância e a quantidade dos ninhos não foram relevantes para explicar a remoção de sementes. Apesar de não termos avaliado a composição da comunidade de formigas removedoras, saber quais são as espécies removedoras pode contribuir para relacionarmos suas características com a distância dos ninhos e quantidade de ninhos. Segundo Devigne e Detrain (2006) a busca por recursos depende da área de forrageamento, comportamento e gastos energéticos que varia de espécie para espécie. Além disso, as condições do ambiente podem influenciar a distribuição e quantidade dos ninhos nos habitats, em decorrência da oferta de recurso que propiciará condições para o estabelecimento e manutenção das colônias de formigas (Gordon e Kulig 1996). As colônias podem competir entre si por recurso (Tanner e Keller 2012), assim a dimensão da área de forrageamento, as estratégias de forrageamento (solitário ou em grupo) e o tipo de comportamento (dominante, agressivo ou subordinado) parecem influenciar mais a remoção (Cerdá et al. 2013) do que o número de ninhos. Baccaro e Ferraz (2013) verificaram que a identificação de ninhos pode ser subestimada pelas grandes colônias encontrarem primeiramente o recurso e monopolizá-lo impedindo a exploração por outras. Observamos esse comportamento de dominância pelas taxas de remoção de *Ectatomma edentatum* e de *Ectatomma bruneum* (material suplementar). Inclusive *E. edentatum* foi a única a remover as sementes em quatro áreas das 15 áreas, e possivelmente, a não identificação de outros ninhos

nestes locais pode ser devida à sua alta taxa de remoção. Dessa forma, a distância e a quantidade de ninhos podem ser mais importantes na perspectiva da identidade das espécies do que na perspectiva da comunidade de formigas removedoras.

Perspectiva da identidade das espécies

Na perspectiva da identidade das espécies, a distância dos ninhos foi a única variável que influenciou negativamente a taxa de remoção de sementes, porém apenas quando consideramos unicamente as espécies de formigas que observamos removendo sementes em mais de uma área. Isso pode ter ocorrido, porque as espécies mais recorrentes apresentaram maiores taxas de remoção em ninhos mais próximos da fonte de recurso. Enquanto que as espécies que ocorreram em uma única, como *B. conops* e *Forelius* sp. 1, removeram apenas uma semente, mesmo com seus ninhos mais próximos do recurso (0,34 m e 1,04 m respectivamente). E com a exclusão dessas espécies foi possível observamos que nessa perspectiva quanto mais próximos os ninhos das formigas estão da fonte de recurso maiores são as taxas de remoção. Alguns autores apontam que geralmente a remoção de sementes por formigas e a exploração de recursos ocorrem nas proximidades da colônia (Andersen e Morrison, 1998; Silvestre, 2000).

Dessa forma, nossos resultados sugerem que além da distância dos ninhos dos recursos a área de forrageamento, o comportamento de interferência de cada espécie também pode influenciar eficiência das espécies de formigas como removedoras de sementes. Algumas espécies de formigas possui um comportamento dominante em relação às demais, por serem geralmente numerosas e agressivas características que contribuem para expulsar outras ou impedir que se aproximem do recurso (Silvestre 2000). O comportamento de forrageamento entre as formigas pode determinar quais espécies conseguem melhor explorar o recurso, o que inclui encontrar o recurso primeiro, recrutar outros indivíduos e repelir as competidoras (Cerdá et al. 2013). E isso pode ter contribuído para que as espécies menos recorrentes em nosso estudo não terem atuado efetivamente na remoção das sementes. Isto enfatiza a importância de identificarmos qual espécie realiza a remoção, pois quando tratamos a avaliação

na perspectiva de comunidade de removedoras atribuímos a remoção à comunidade e não a espécie não avaliando características que permitem que determinada espécie seja mais eficiente na remoção do que outras.

Apesar da importância atribuída aqui ao conhecimento da identidade das espécies removedoras na avaliação das demais variáveis, ela também não influenciou as taxas de remoção das sementes. Isto pode ser relacionado ao comportamento generalista de algumas espécies de formigas (Delabie et al. 2015) que podem atuar como equivalentes ecológicos (Silvestre 2000), desempenhando a mesma função na remoção de sementes na área estudada. Apesar dos indivíduos de *E. opaciventre* e *E. edentatum* se destacaram pela eficiência de remoção nas áreas mesmo com alguns de seus ninhos mais distantes da fonte de sementes (4,40 a 15,32 m e 0,85 a 4,56 m respectivamente) (material suplementar). Em áreas abertas, como o cerrado estudado indivíduos de *Ectatomma* geralmente são considerados removedores de alta qualidade (Leal et al. 2013; Zelikova e Breed 2008) pelo tamanho de suas mandíbulas e pernas, que facilitam o transporte das sementes e o deslocamento a distâncias maiores (Gómez e Espadaler 2005).

O tempo de remoção das sementes também não contribuiu para variações na taxa de remoção pelas formigas. Observamos que o tempo de remoção nem sempre foi menor com a proximidade do ninho (material suplementar) como esperávamos que fosse. Embora Devigne e Detrain (2006) observaram que tempo de exploração e recrutamento tende a diminuir com a proximidade da fonte de recurso. Talvez para o sucesso da remoção de sementes por formigas o tempo de descoberta do recurso possa ser mais relevante do que o tempo gasto na remoção. Para Feener et al. (2008) algumas espécies demoram mais tempo do que outras para encontrar o recurso e recrutar outros indivíduos. Assim, a espécie que encontra o recurso primeiro pode apresentar vantagens frente às demais na taxa de remoção pelo seu comportamento. Pearce-Duvet et al. (2011) encontraram uma relação entre o tempo de descoberta do recurso e o número de forrageiras e atribuíram isso às características individuais (morfologia e comportamento) das forrageiras. Assim, quanto maior o número de forrageiras mais rapidamente os recursos podem ser encontrados.

Perspectiva do ambiente

Na perspectiva do ambiente, embora prévissemos que maiores proporções de sombreamento ocasionadas pela cobertura do dossel e de cobertura de serapilheira no solo beneficiariam a remoção de sementes artificiais, essas variáveis não explicaram a taxa de remoção. Nos pontos mais sombreados esperávamos que a remoção de sementes por formigas fosse maior pela estabilidade do microclima (Levings 1982) que contribuiria para melhores condições de forrageamento das espécies (Wiescher et al. 2012; Wittman et al. 2010). Embora estudos em ambientes naturais e pós-distúrbios (tanto naturais quanto antrópicos) apontam um aumento na taxa de remoção em ambientes mais abertos (Batisda e Tavalera 2002; Andersen; Morrison, 1998). Parr et al. (2007) atribuem esse aumento à simplificação do ambiente, por facilitar o deslocamento e encontro do recurso pelas formigas. Beamont et al. (2009) não encontraram diferenças nas taxas de remoção de sementes em áreas sob dossel e em áreas abertas e atribuíram esse resultado às pequenas escalas de variação dos locais onde as sementes foram dispostas. O mesmo pode ter ocorrido em nossos resultados, pois áreas de cerrado *stricto sensu* por nós amostradas apresentam mudanças sutis na estrutura da vegetação e consequentemente de solos sombreadas e com menor aporte de serapilheira.

Em relação à proporção de cobertura de serapilheira no solo observamos que nos locais com maiores proporções, em que prevemos que devem fornecer mais condições para nidificação e disponibilização de recursos (sementes), a taxa de remoção foi equivalente às áreas com menores proporções. Contudo, as diferentes quantidades de serapilheira podem dificultar o forrageamento de determinadas espécies, pelos obstáculos (folhas, galhos, frutos) que necessitam ser transpostos (Farji-Brener et al. 2004). Assim, maiores quantidades de serapilheira podem favorecer espécies maiores e com comportamento solitário e dificultar o acesso das espécies menores e que exploram o recurso por recrutamento (Wilkinson e Feener Jr. 2007). Contudo, a taxa de remoção pode não ter sido influenciada em nossos resultados também pelas mudanças sutis na proporção de serapilheira cerrado *stricto sensu* que amostramos amostradas. Isso, porque áreas de vegetação semi-aberta, como as do cerrado, possuem pouca biomassa em relação as áreas de floresta, com menor volume de serapilheira (Silva et al. 2007).

Conclusões

Nosso estudo foi o primeiro a avaliar a remoção de sementes artificiais sob três perspectivas conjuntamente (comunidade de removedoras, identidade da espécie removedora) e isso permitiu demonstrar que uma variável pode influenciar a remoção de sementes por formigas dependendo da perspectiva avaliada. Isso reforça a importância de avaliar a remoção de sementes de forma holística, pois esta vai além da relação unidirecional formiga-diásporo. A investigação de variáveis, como a quantidade de ninhos, tempo de remoção das sementes e principalmente relacionadas ao ambiente, que até então não tinham sido relacionadas conjuntamente a mais de uma perspectiva, pode acrescentar informações ao conhecimento sobre a remoção e dispersão de sementes por formigas. Avaliações sobre as características funcionais e comportamentais das espécies de formigas e relacionadas ao ambiente como temperatura e heterogeneidade ambiental também podem contribuir para os conhecimentos sobre quais variáveis influenciam a taxa de remoção de formigas em diferentes perspectivas. As investigações em mais de uma perspectiva também podem contribuir no avanço e direcionamento de esforços para a utilização da remoção de sementes em projetos de conservação de ambientes naturais ou restauração de áreas degradadas e destacar o papel das formigas na dispersão de sementes.

Agradecimentos

Aos funcionários da Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros pelo suporte no trabalho de campo e na disponibilização do alojamento. Aos membros do Laboratório de Ecologia de Formigas (LEF), Universidade Federal de Lavras, pelas sugestões e discussões. Ao Rodrigo Feitosa, Alexandre Ferreira e Chaim Lasmar pela confirmação da identificação das espécies de formigas. A disciplina Publicação Científica em Ecologia, do Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada, da Universidade Federal de Lavras e as considerações a esse manuscrito de Tainá Mamede Cirne Silva ao longo da disciplina. Este trabalho foi financiado pelos projetos: APQ-03593-12 “Desenvolvimento de ferramenta para priorização de descomissionamento de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PHC) no estado de Minas Gerais e estudo de caso para a PCH Pandeiros”, convênio entre a FAPEMIG e CEMIG e por FAPEMIG CRA PPM 00243/14. Os autores receberam bolsas da FAPEMIG e CAPES.

Referências

- Andersen AN, Morrison SC (1998) Myrmecochory in Australia's seasonal tropics: effects of disturbance on distance dispersal. *Australian Journal of Ecology* 23:483-491.
- Baccaro FB. et al. (2015) Chaves para as subfamílias e gêneros de formigas do Brasil. (ed.) Guia par agêneros de formigas do Brasil. Editora INPA, Manaus.
- Baccaro FB, Ferraz G (2013) Estimating density of ant nests using distance sampling. *InsectesSouciaux* 60:103-110.
- Bas JM, Oliveras J, Gómez C (2009) Myrmecochory and short-term seed fate in *Rhamnus alaternus*: Ant species and seed characteristic. *Acta Oecologica* 35:380-384.
- Batisda F, Tavalera S (2002) Temporal and spatial patterns of seed dispersal in two *Cistus* species (Cistaceae). *Annals of Botany* 89:427-434.
- Beaumont KP, Mackay DA, Whalen MA (2009) Combining distances of ballistic and myrmecochorous seed dispersal in *Adriana quadripartita* (Euphorbiaceae). *Acta Oecologica* 35:429-436.
- Bieber AG, Silva PSD, Sendoya SF, Oliveira PS (2014) Assessing the impact of deforestation of the Atlantic Rainforest on ant-fruit interactions: a field experiment using synthetic fruits. *Plos One* 9:1-5.
- Cerdá X, Arnan X, Retana J (2013) Is competition a significant hallmark of ant (Hymenoptera: Formicidae) ecology? *Myrmecological News* 18:131-147.
- Christianini AV, Mayhé-Nunes A, Oliveira PS (2007) The role of ants in the removal of non-myrmecochorus diaspores and seed germination in a Neotropical Savana *Journal of Tropical Ecology* 23:343-351.
- Crawley MJ (2013) *The R book*. John Wiley & Sons.
- Delabie JHC et al. (2015) *As formigas poneromorfas do Brasil*. Editus, Ilhéus.
- Devigne C, Detrain C (2006) How does food distance influence foraging in the ant *Lasiusniger*: the importance of home-range marking. *Insectes Sociaux* 53:46-55.
- Farji-Brener AG, Barrantes G, Ruggiero A (2004) Environmental rugosity, body size and access to food: a test of the size-grain hypothesis in tropical litter ants. *Oikos* 104:165-171.
- Feener JR. DH et al (2008) Geographic variation in resource dominance discovery in Brazilian ant communities. *Ecology* 89:1824-1836.
- Gallegos SC, Hensen I, Schleuning M (2014) Secondary dispersal by ants promotes Forest regeneration after deforestation. *Journal of Ecology* 102: 659-666.

- Gibb H, Parr CL (2010) How does habitat complexity affect ant foraging success? A test using functional measures on three continents. *Oecologia* 164: 1061-1073.
- Giladi, I (2006) Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos* 112:481-492.
- Gómez C, Espadaler X, Bas JM (2005) Ant behaviour and seed morphology: a missing link of myrmecochory. *Oecologia* 146:244-246.
- Gorb EV, Filippov AE, Gorb SN (2013) Long-term ant-species-dependent dynamics of a myrmecochorous plant community. *Arthropod-Plant Interaction* 7: 277-286.
- Gordon DM, Kuling AW (1996) Founding, foraging and fighting: colony size and the spatial distribution of harvester ants nests. *Ecology* 77:2393-2409.
- Hughes L, Westoby M (1990) Removal of seeds adapted for dispersal by ants. *Ecology* 71:138-148.
- Karungi J et al (2015) Relating shading levels and distance from natural vegetation with hemipteran pests and predators occurrence on coffee. *Journal of Applied Entomology* 139:669-678.
- Leal IR, Leal LC, Andersen AN (2015) The benefits of myrmecochory: a matter of stature. *Biotropica* 47:281-285.
- Leal LC, Andersen AN, Leal IR (2013) Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian caatinga. *Oecologia* 174:173-181.
- Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2007) Seed dispersal by ants in the Semi-arid Caatinga of North-east Brazil. *Annals of Botany* 99:885-894.
- Levings SC, Franks NR (1982) Patterns of nest dispersion in a tropical groundantcommunity. *Ecology* 63:338-344.
- Lima LD, Antonialli-Junior WF (2013) Foraging strategies of the ant *Ectatomma vizottoi* (Hymenoptera, Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 57:392-396.
- Logan M. (2011) *Biostatistical design and analysis using R: a practical guide*. John Wiley & Sons.
- Martins VF et al (2006) Secondary dispersal by ants of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) in the Atlantic Forest in Southeastern Brazil: influence on seed germination. *Sociobiology* 47:1-10.

Menino GCO et al (2009) A regeneração natural da vegetação ciliar do rio Pandeiros como indicativo da futura composição da comunidade arbórea. *MG Biota* 2: 38-62.

Nunes YRF et al (2009) Pandeiros: O Pantanal Mineiro. *MG Biota* 2:4-17.

Palacio EE, Fernández F (2003) Clave para las subfamilias y géneros In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) *Introducción a las hormigas de La región Neotropical*. Bogotá: Instituto Humboldt, Colômbia, pp. 424.

Parr CL et al (2007) Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants. *Oecologia* 151:33-41.

Pearce-Duvet JM et al (2011) Fast food in ant communities: how competing species find resources. *Oecologia* 167:229-240.

Pizo MA, Oliveira OS (2001) Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain Forest of Brazil. *Plant Ecology* 157:37-52.

Rabello AM, Bernardi LFO, Ribas CR (2014) Testing an artificial aril as a new ant-attractant. *Revista Biociências* 20:77-81.

Raimundo RLG et al (2004) The influence of fruit morphology and habitat structure on ant-seed interactions: a study with artificial fruits. *Sociobiology* 44:1-10.

Rodrigues PM et al (2009) Riqueza florística da vegetação ciliar do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. *MG Biota* 2:18-35.

Santana FD, Cazetta E, Delabie JHC (2013) Interactions between ants and non-myrmecochorus diaspores in a tropical wet forest in southern Bahia, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 29:71-80.

Schupp EW (1993) Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107:15-29.

Servigne P, Detrain C (2010) Opening myrmecochory's black box: what happens inside the ant nest? *Ecological Research* 25:663-672.

Silva CJ, Sanches, L, Bleich, ME, Lobo FA, Nogueira, JS (2007) Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Acta Amazonia* 37:543-548.

Silvestre R (2000) Estrutura da comunidades de formigas do cerrado. Tese (Doutorado em Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências, Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Sorrells J, Warrens II RJ (2011) Ant-dispersed herb colonization lags behind forest reestablishment. *Journal of the Torrey Botanical Society* 138:77-84.

Tanner CJ, Keller L (2012) Nest distribution varies with dispersal method and familiarity-mediated aggression for two sympatric ants. *Animal Behaviour* 84:1151-1158.

Traniello JFA (1989) Foraging strategies of ants. *Annual Reviews Entomology* 34:191-210.

Zelikova T, Breed MD (2008) Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 24:309-316.

Wiescher PT, Pearce-Duvet JMC, Feener JR DH (2012) Assembling an ant community: species functional traits reflect environmental filtering. *Oecologia* 169:1063-1074.

Wilkinson EB, Feener DH JR (2007) Habitat complexity modifies ant-parasitoid interactions: implications for community dynamics and the role of disturbance. *Oecologia* 152:151-161.

Wittman SE et al (2010) Species interactions and thermal constraints on ant community structure. *Oikos* 119:551-559.

Whitney KD (2002) Dispersal for distance? *Acacia Ligulata* seeds and meat ants *Iridomyrmex viridiaeneus*. *Austral Ecology* 27:589-595.

Material Suplementar

Relação das taxas de remoção por área (TRa), número de sementes removidas por área (RemA), número de sementes removidas por espécie (Remsp), distância dos ninhos e a média do tempo de remoção.

Área	TRa (%)	RemA	Remsp	Espécie	Distância ninhos (m)	Tempo (s)
A1	71	9	1	<i>Ectatomma edentatum</i>	4,56	289,00
			8	<i>Pheidole jelskii</i>	0,35	262,87
A2	44	25	1	<i>Ectatomma opaciventre</i>	15,32	174,88
			10	<i>Ectatomma opaciventre</i>	6,71	247,40
			9	<i>Ectatomma opaciventre</i>	2,30	296,00
			2	<i>Pheidole jelskii</i>	5,42	960,50
			3	<i>Solenopsis tridens</i>	2,97	299,33
A3	66	59	59	<i>Ectatomma planidens</i>	1,09	113,50
A4	100	71	1	<i>Ectatomma edentatum</i>	3,80	246,00
			4	<i>Ectatomma edentatum</i>	3,08	32,80
			66	<i>Ectatomma edentatum</i>	0,44	233,25
A5	100	67	67	<i>Ectatomma edentatum</i>	1,86	107,08
A6	89	84	84	<i>Ectatomma edentatum</i>	1,08	70,40
A7	100	95	10	<i>Ectatomma opaciventre</i>	7,04	2242,00
			14	<i>Ectatomma edentatum</i>	2,52	134,35
			4	<i>Ectatomma edentatum</i>	2,24	133,25
			67	<i>Ectatomma edentatum</i>	1,23	58,19
A8	19	19	18	<i>Ectatomma edentatum</i>	1,45	81,83
			1	<i>Ectatomma opaciventre</i>	4,40	152,00
A9	95	48	2	<i>Ectatomma edentatum</i>	4,68	262,41
			28	<i>Ectatomma edentatum</i>	4,49	259,20
			12	<i>Ectatomma edentatum</i>	4,30	250,00
			5	<i>Pheidole fracticeps</i>	4,30	960,00
			1	<i>Pheidole jelskii</i>	2,13	258,66
A10	100	56	23	<i>Ectatomma edentatum</i>	2,12	112,81
			33	<i>Ectatomma edentatum</i>	2,92	203,73
A11	7	6	6	<i>Ectatomma opaciventre</i>	3,60	253,00
A12	80	46	2	<i>Ectatomma opaciventre</i>	12,10	209,40
			10	<i>Ectatomma opaciventre</i>	7,45	160,36
			11	<i>Ectatomma opaciventre</i>	5,42	330,00
			18	<i>Ectatomma opaciventre</i>	4,60	69,94
			1	<i>Ectatomma edentatum</i>	0,85	71,00
			1	<i>Odontomachus haematodus</i>	5,00	189,66
			3	<i>Odontomachus haematodus</i>	3,70	296,00
A13	100	55	54	<i>Ectatomma brunneum</i>	3,02	200,00
			1	<i>Odontomachus haematodus</i>	2,42	111,32
A14	100	12	1	<i>Forelius</i> sp. 1	1,04	1607,12
			8	<i>Pheidole capillata</i>	2,14	680,33
			3	<i>Pheidole jelskii</i>	1,94	375,00

Continuação Material Suplementar

Relação das taxas de remoção por área (TRa), número de sementes removidas por área (RemA), número de sementes removidas por espécie (Remsp), distância dos ninhos e a média do tempo de remoção.

Área	TRa (%)	RemA	RemSp	Espécie	Distância ninhos (m)	Tempo (s)
A15	12	5	1	<i>Blepharidatta conops</i>	0,34	493,00
			2	<i>Pheidole fracticeps</i>	1,22	1912,50
			2	<i>Solenopsis tridens</i>	0,67	3204,00

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dispersão de diásporos por formigas é uma importante função ecológica que contribui para a manutenção dos ecossistemas, por promover o estabelecimento das espécies vegetais em locais mais adequados e contribuir para a nutrição das colônias e consequentemente beneficiar outros grupos ecológicos e a integridade dos ecossistemas. A remoção de sementes por formigas é relacionada às características das sementes, das formigas removedoras, das interações com outros agentes dispersores e das condições do ambiente pela disponibilização de recursos. Porém, por se tratar de um processo complexo, são necessários esforços para investigar se uma mesma variável pode ser ou não relevante para a remoção quando comparamos as consequências para a comunidade de removedoras, espécies removedoras, ambiente ou outra perspectiva, como o estabelecimento das espécies vegetais. Os fatores que influenciam a dispersão de sementes são mais avaliados do ponto de vista das características dos próprios diásporos do que das formigas removedoras. E a investigação em mais de uma perspectiva pode contribuir para o avanço do conhecimento sobre quais fatores que direcionam a remoção de sementes pelas formigas.

A presente avaliação da remoção de sementes artificiais pelas formigas nas perspectivas da comunidade de removedoras, da identidade das espécies e do ambiente permitiu verificarmos em cada uma delas quais variáveis influenciaram a remoção. A distância dos ninhos influenciou a remoção na perspectiva das espécies removedoras, mas não a comunidade de formigas. Esse estudo contribui para a compreensão da remoção de sementes por formigas e poderá auxiliar de forma mais eficaz na conservação e restauração de áreas pela relação particular da composição e riqueza de formigas, interações intra e interespecíficas e das condições abióticas do habitat com a remoção de sementes.

A relevância da remoção de sementes por formigas em áreas fragmentadas, degradadas e em processo de restauração vem ganhando cada vez mais atenção por contribuírem no estabelecimento da vegetação e consequentemente nos processos de reestruturação dos habitats. Dessa forma, essas investigações podem contribuir para a realização de um diagnóstico da remoção de sementes verificando se relações formiga-diásporo estão

comprometidas e quais são relevantes para determinada perspectiva. Como no caso das avaliações de impacto do descomissionamento da Pequena Central Hidrelétrica do Rio Pandeiros, em que estudos como o nosso podem contribuir para a utilização de formigas como removedoras de sementes para a restauração de áreas adjacentes a barragem e ao longo do Rio Pandeiros contribuindo para o reestabelecimento da vegetação nativa e funcionamento dos ecossistemas da região.