



As formigas e suas relações com espécies arbóreas de savana, Pará, Brasil

Rosinaira Gonzaga de Souza¹, Carlos Alberto Lira dos Santos Neto², Rogério R Silva³,
Mário Augusto Gonçalves Jardim⁴

¹Bióloga. Mestre em Biodiversidade e Evolução (PPGEBE). Museu Paraense Emílio Goeldi. Av. Magalhães Barata, nº 376, Nazaré, 66040170, Belém, Pará, Brasil. rosigonzagas@gmail.com. ²Biólogo. Mestre em Biodiversidade e Evolução (PPGEBE). Museu Paraense Emílio Goeldi. Av. Magalhães Barata, nº 376, Nazaré, 66040170, Belém, Pará, Brasil. carloslirasn@gmail.com. ³Biólogo. Doutor em Ciências Biológicas. Pesquisador Titular. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Museu Paraense Emílio Goeldi. Av. Magalhães Barata, nº 376, Nazaré, 66040170, Belém, Pará, Brasil. rogeriosilva@museu-goeldi.br. ⁴Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências Biológicas. Pesquisador Titular. Coordenação de Botânica. Museu Paraense Emílio Goeldi. Av. Magalhães Barata, nº 376, Nazaré, 66040170, Belém, Pará, Brasil. jardim@museu-goeldi.br.

Artigo recebido em 03/06/2023 e aceito em 27/12/2023

RESUMO

As interações entre formigas e plantas ocorrem em redes ecológicas dinâmicas e complexas. A riqueza presente nessas relações atrai a comunidade científica na tentativa de compreender a estrutura dessas redes. Essa pesquisa teve como objetivo identificar as espécies de formigas em inflorescências de espécies arbóreas em uma área de savana no município de Vigia, estado do Pará. Foram selecionadas seis espécies arbóreas e para cada espécie 10 indivíduos em fase de floração. Os dados foram coletados quinzenalmente durante o período diurno de outubro/2021 a setembro/2022. O material coletado foi transportado para o Laboratório de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi para posterior identificação das espécies. As formigas registradas nas seis espécies arbóreas totalizaram 1.010 indivíduos em onze espécies, destacando-se *Camponotus crassus* em todas as espécies arbóreas; *Camponotus blandus*, *Camponotus leydigi*, *Crematogaster crinosa*, *Nesomyrmex spininodis*, *Pseudomyrmex* sp. e *Solenopsis* cf. *saevissima* exclusivas de uma espécie. A composição de formigas dominantes visitando flores em uma savana na Amazônia Oriental foi similar as espécies mais comuns de formigas que visitam plantas na área central de distribuição do Cerrado.

Palavras-chave: Visitantes florais, Angiospermas, Interação, Amazônia Oriental.

Ants and their relationships with tree species in savannah, Pará, Brazil

ABSTRACT

Ant-plant interactions are dynamic and complexes in ecological networks. The richness of relationships in these networks has attracted the attention of researchers to understand the structure of these networks. Our study was aimed to identify ant species using arboreal trees in a savanna area in the municipality of Vigia, in the State of Pará. We selected six species of arboreal trees and ten flowering plants of each species. Plant individuals were collected at each fifteen days from October 2021 to September 2022. We recorded 1,010 ants representing eleven ants species. *Camponotus crassus* were recorded in all tree species; *Camponotus blandus*, *Camponotus leydigi*, *Crematogaster crinosa*, *Nesomyrmex spininodis*, *Pseudomyrmex* sp., and *Solenopsis* cf. *saevissima* were exclusive to a tree species. The composition of dominant ants visiting flowers in a savannah in the Eastern Amazon was similar to the most common species of ants that visit plants in the central distribution area of the Cerrado.

Keywords: Floral visitors, Angiosperms, Interaction, Western Amazon.

Introdução

As interações entre as plantas e os animais ocorrem em um contexto comunitário de redes ecológicas dinâmicas e complexas. A compreensão de interação é uma informação importante e os resultados fundamentais para obter conclusões

válidas sobre a estrutura funcional da rede (Lange e Del Claro, 2014). As pesquisas sobre as interações entre as flores e visitantes são necessárias para o melhor entendimento das relações interespecíficas e dos sistemas reprodutivos das plantas (Calixto et al., 2018).

Os insetos são os visitantes florais mais conhecidos e considerados indicadores ecológicos, por apresentarem capacidade perceptiva às alterações do meio ambiente, que lhes permite qualificar condições ambientais em determinadas situações, possuindo significado ecológico relacionado a fatores ambientais, disponibilidade de alimento e abrigo, alto grau de sensibilidade a mudanças ambientais, além de bioindicadores de regeneração de ambientes antropizados e degradados (Guedes e Zanella, 2020; Oliveira et al., 2014 e Azevedo et al., 2011).

Os formicídeos constituem um dos grupos de insetos sociais que exercem diversas funções e serviços ecológicos (Del-Toro et al., 2015, 2012), incluindo participação na estruturação do solo e nos padrões de sucessão vegetal (Crepaldi et al., 2014) em ecossistemas abertos, como as savanas (Nelsen et al., 2023). São amplamente utilizados em manipulações experimentais para explorar os resultados das interações inseto-planta (Lange e Del Claro, 2014). As atividades de predação e proteção desempenhada pelas formigas ajudam no desenvolvimento de atividades agrícolas em diferentes sistemas de plantio, o que as tornam agentes de controle biológico de insetos-praga, como um dos grupos que mais contribui para as taxas de predação (Amaral et al., 2021). A eficácia das defesas por formigas, pode variar devido as atividades humanas, a exemplo, o pastejo intensivo (Pareja e Resende, 2022 e Frizzo et al., 2020).

As formigas por serem sensíveis às mudanças no ambiente, de fácil captura, com alta abundância local, diversidade e ampla distribuição geográfica têm sido apontadas como excelentes indicadores biológicos da degradação ambiental e de regeneração (Ribas et al., 2012). As áreas com maior riqueza florística, diversidade de recursos e heterogeneidade ambiental são propícias para a manutenção da fauna de formigas (Pereira e Almeida, 2023). Trabalhos anteriores demonstraram que a diversificação das formigas coincidiu com a ascensão das angiospermas e que várias características das plantas evoluíram à medida que as formigas começaram a expandir os seus hábitos de nidificação e forrageamento (Nelsen et al., 2023). As formigas podem integrar informações sobre a disponibilidade de espaço em uma fonte de alimento, e a suposta fonte de retorno de companheiras de ninho, para inferir se uma fonte de alimento está superexplorada. Essa capacidade pode permitir que as formigas forrageadoras reduzam os custos de filas e melhorem a eficiência de forrageamento das colônias (Poissonnier et al., 2023).

As espécies atraídas pelo néctar estão ligadas as defesas bióticas das plantas contra herbívoros (González-Teuber e Heil, 2009). As formigas atraídas podem fornecer as plantas proteção eficaz contra inimigos naturais e em contrapartida aumentam a probabilidade de sobrevivência, crescimento e reprodução da colônia (Byk e Del-Claro, 2011). Os carboidratos produzidos pelos nectários têm sido sugeridos como uma chave dos recursos para as formigas arbóreas (Davidson et al., 2003). Essas interações mutualísticas entre formigas e plantas variam entre as condições ambientais, principalmente dependendo das espécies de formigas, densidade, estratégias defensivas, bem como as espécies de plantas e sua fenologia (Byk e Del-Claro, 2011; 2010 e Lange et al., 2013). Entender as relações das espécies desse grupo pode fornecer informações para planos de manejo e conservação (Vale Junior et al., 2017).

Os ecossistemas savânicos como o Cerrado Brasileiro representam a principal extensão de savanas na América do Sul, com quase 2 milhões de km², cobrindo quase 20% do território nacional (Bottega et al., 2013). Neste ecossistema ocorrem algumas espécies dominantes de formigas do gênero *Camponotus* (Ronque et al., 2018); do gênero *Cephalotes* (Teixeira et al., 2022); *Crematogaster* e *Solenopsis* (Vale Junior et al., 2017); *Ectatomma* (Poteaux et al., 2015); *Nesomyrmex* (Souza et al., 2022) e *Nesomyrmex* e *Pseudomyrmex* (Gallego-Roperio e Feitosa, 2014). Neste contexto foi elaborada a seguinte questão: quais as espécies de formigas são visitantes das inflorescências? A hipótese é que diferentes espécies são atraídas pelos nectários florais. Este estudo teve como objetivo identificar as espécies de formigas nas inflorescências de seis espécies arbóreas em uma área de savana amazônica.

Material e métodos

O estudo foi realizado em uma área de savana na localidade de Itapuá no município de Vigia de Nazaré, estado do Pará, sob as coordenadas geográficas (0° 48' 59,6"; S 48° 5' 6,8" W) na microrregião do Salgado a 93 km de Belém, a capital do estado. O solo é arenoso e bem drenado, de acidez elevada com altas concentrações de alumínio, matéria orgânica escassa e elevados teores de silte que é o indicador da baixa permeabilidade do solo (Campos e Jardim, 2020). Foram selecionadas seis espécies arbóreas com base no maior número de indivíduos adultos disponíveis, demonstrado no levantamento

florístico na savana Itapuá em Vigia de Nazaré (Pará) por Costa-Coutinho et al. (2021) a saber: *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Malpighiaceae), *Curatella americana* L. (Dilleniaceae), *Himatantus articulatus* (Vahl) Woodson (Apocynaceae), *Myrcia sylvatica* (G.Mey) DC. (Myrtaceae), *Myrcia cuprea* (O.Berg) Kiaersk. (Myrtaceae) e *Ouratea microdonta* (Dalzell) Engl. (Ochnaceae).

Para cada espécie foram selecionados 10 indivíduos em fase de floração (de botão floral fechado até flores abertas), marcados com placas de alumínio e registradas as coordenadas geográficas. Os dados foram coletados quinzenalmente durante o período diurno (de 7h as 17h) de outubro/2021 a setembro/2022. Em cada campanha de campo, cada indivíduo arbóreo em florescimento foi avaliado durante 30 minutos com a observação visual das flores e inflorescências para verificar a presença de visitantes florais. Cada visitante floral foi quantificado e coletado até três exemplares com auxílio de rede entomológica e inseridos em recipiente de vidro ou frasco plástico adicionando-se álcool 70% seguindo a metodologia adotada por Souza et al. (2018) e Takehana et al. (2013). O material coletado foi

transportado para o Laboratório de Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi para acondicionamento e catalogação dos recipientes de vidro. Em seguida transportado para a Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia para posterior identificação das formigas. A análise da fauna entomológica para cada espécie arbórea foi feita de acordo com a metodologia utilizada por Silveira Neto et al. (1976).

Resultados

As espécies de formigas registradas nas seis espécies arbóreas totalizaram 1.010 indivíduos, pertencentes a onze espécies. A Tabela 1 mostra o nível de similaridade e dissimilaridade em relação à presença das formigas nas espécies arbóreas. *Camponotus crassus* Mayr, 1862 visitou todas as espécies arbóreas; *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824), *Ectatoma tuberculatum* (Olivier, 1792) e *Ectatoma brunneum* Smith, 1858 visitaram quatro espécies arbóreas. A dissimilaridade abrangeu os visitantes em uma espécie arbórea: *Camponotus blandus* (Smith, 1858), *Camponotus leydigi* Forel 1886, *Crematogaster crinosa* Mayr, 1862, *Nesomyrmex spininodis* (Mayr, 1887), *Pseudomyrmex* sp. e *Solenopsis* cf. *saevissima*.

Tabela 1. Formigas registradas e número de indivíduos em seis espécies arbóreas de setembro/2021 a outubro/2022 na savana da Vila de Itapuá, município de Vigia de Nazaré, Pará, Brasil. BC - *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth.; CA - *Curatella americana* L.; HA - *Himatantus articulatus* (Vahl) Woodson; MS - *Myrcia sylvatica* (G.Mey) DC.; MC - *Myrcia cuprea* (O. Berg) Kiaersk. e OM - *Ouratea microdonta* (Dalzell) Engl.

Espécie	BC	CA	HA	MS	MC	OM
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)				15		
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	224	50	54	102	15	55
<i>Camponotus leydigi</i> Forel 1886					15	
<i>Camponotus</i> sp.	2			1		
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	143	1		36		25
<i>Crematogaster crinosa</i> Mayr, 1862	50					
<i>Ectatoma brunneum</i> Smith, 1858	35	22		1	33	
<i>Ectatoma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	15			13	30	10
<i>Nesomyrmex spininodis</i> (Mayr, 1887)		5				
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	23					
<i>Solenopsis</i> cf. <i>saevissima</i>					35	

Discussão

As formigas são usadas para descrever a complexidade estrutural de habitats e como bioindicadoras do estado de conservação e mudanças ambientais (Lutinski et al., 2021, 2014; Queiroz et al., 2020). São fundamentais na

manutenção e funcionamento dos ecossistemas naturais, na regeneração de áreas impactadas, na proteção de plantas contra herbívoros e na remoção e dispersão de sementes (Aranda et al., 2022; Queiroz et al., 2022; Silva et al., 2020 e Lange et al., 2019). Em geral, a riqueza e a abundância de

formigas apresentam tendência de redução de acordo com a intensificação do nível de perturbação antrópica e aumento na dominância de espécies à medida que as ações antrópicas se intensificam (Andersen, 2019).

As formigas têm uma extraordinária capacidade de adaptação a qualquer ambiente, com estratégias de sobrevivência baseadas numa divisão de trabalho dentro da colônia, que atrai atenção para diversas pesquisas e descobertas científicas (Barbosa et al., 2023). Para Byk e Del-Claro (2011), o recurso mais comum das plantas para as formigas é o néctar extrafloral. Dentre as interações mutualísticas, as associações entre formigas e plantas portadoras de nectários extraflorais (NEFs) são bastante conhecidas. Nestas interações, as formigas ao se alimentarem do néctar extrafloral, fornecem proteção às plantas contra insetos herbívoros. As comunidades de plantas e de formigas tendem a sofrer modificações em áreas perturbadas, como bordas de fragmentos florestais (Perfecto e Philpott, 2023 e Pinheiro et al., 2023).

As formigas que interagem com plantas portadoras de nectário extraflorais (NEFs) desenvolvem colônias populosas com operárias e rainhas. A rede mutualística formiga-planta é baseada no fornecimento de néctar extrafloral em troca da defesa das formigas contra herbívoros (Raupp et al., 2020). Neste estudo, *Byrsonima crassifolia* recebeu o maior número de visitantes. As flores de *Byrsonima crassifolia* são fonte de pólen e néctar, nectários extraflorais e glândulas que secretam óleo, que é o principal recurso oferecido aos polinizadores (Santos et al., 2020 e Pinto et al., 2014). As formigas visitantes de nectários extraflorais são parceiras defensivas nas interações (Pereira e Trigo, 2013).

O gênero *Camponotus* foi o mais representativo neste estudo. Espécies deste gênero são frequentemente encontradas em ambientes de clima sazonal, podendo ser observadas forrageando desde o solo até a copa das árvores, sendo comuns em ambientes antropizados e menos equilibrados, por vezes apresentando comportamento mutualístico nas relações com outros organismos (Souza et al., 2023; Lutinski et al., 2021 e Freire et al., 2012). As espécies do gênero são consideradas oportunistas pelo alto grau de adaptação aos variados ambientes (De Sousa Martins et al., 2022).

Camponotus leydigi foi observada apenas em *Myrcia cuprea*. Essa espécie já foi constatada em plantas do cerrado, onde possivelmente exerça um papel protetor nas plantas contra insetos

herbívoros (Ribas et al., 2010). Soares Jr. e Oliveira (2021) descreveram que *C. leydigi* alimenta-se intensamente de exsudatos de plantas e insetos no cerrado aberto. *Camponotus blandus* foi citada por Alves-Silva et al. (2013) como abundante em *Banisteriopsis malifolia* (Nees & Mart.) B. Gates, e agressiva com outros artrópodes invasores.

Camponotus crassus foi registrada em todas as espécies arbóreas e apresentou o maior número de indivíduos coletados. Conhecida como um dos principais agentes de defesa biótica vegetal no cerrado, é considerada agressiva, territorialista, ativa, protetora e abundante em plantas com nectários extraflorais (Calixto et al., 2021; Lange et al., 2019 e Alves-Silva e Del-claro, 2014). Del-Claro et al. (2019) descreveram *C. crassus* como o visitante floral mais frequente e polinizador mais eficaz em *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae).

Cephalotes pusillus, segunda espécie em número de indivíduos foi registrada em quatro espécies arbóreas. Estas formigas são visitantes de plantas portadoras de nectários extraflorais (Lange et al., 2013; Alves-Silva, 2011 e Ribas et al., 2010), e associada a regeneração em áreas degradadas (Tibcherani et al., 2018). Byk e Del-Claro (2011) descreveram como uma espécie oportunista que não apresenta benefícios as plantas.

A maioria das espécies do gênero *Ectatomma* são predadoras generalistas, e vistas com frequência coletando líquidos açucarados secretados por hemípteros em nectários extraflorais, exsudatos de flores e polpa de frutas (Pereira et al., 2020; Baccaro et al., 2015 e Poteaux et al., 2015). *Ectatomma tuberculatum* é uma espécie de hábito arborícola, com registros de alimentação frequente de néctar de espécies arbóreas no cerrado mineiro (Lange et al., 2013). *Ectatomma brunneum* foi observada no cerrado brasileiro exercendo comportamento defensivo nas flores de *Declieuxia fruticosa* onde sua presença reduziu o tempo em que os polinizadores permanecem na flor, fazendo com que compareçam em mais flores ao longo do dia (Sousa-Lopes et al., 2020).

Crematogaster é um gênero amplamente distribuído em todos os ecossistemas terrestres, com a maior parte das espécies arborícolas, tornando um dos gêneros mais diversos em número de espécies, com capacidade elevada de adaptação, grande distribuição geográfica, além de possuir uma abundância local e por esses fatores é um dos gêneros mais prevalentes em escala global (De Sousa Martins et al., 2022 e Correa et al., 2006). Neste estudo foi registrada uma única espécie deste

gênero (*Crematogaster crinosa*) e apenas em *Byrsonima crassifolia*. Essas formigas são predominantemente forrageadoras onívoras e agressivas (Longino, 2003) que também se alimentam de nectários extraflorais e soluções excretadas por hemípteros. Algumas espécies do gênero *Crematogaster* e *Camponotus* visitando *Malvaviscus penduliflorus* DC. (Malvaceae) em áreas de ambientes urbanos foram descritas como espécies generalistas, adaptadas a heterogeneidade do ambiente urbano decorrente de intervenções antrópicas (Siqueira et al., 2022).

As formigas do gênero *Camponotus*, *Crematogaster*, *Solenopsis* são relatadas como visitantes florais de pitaias, sem causar danos aparentes às flores (Moreira et al., 2022). As espécies do gênero *Solenopsis* são bem adaptadas aos ambientes perturbados com comportamento alimentar generalista, onívoro, e frequentemente explorando nectários extraflorais e predadoras de outros insetos (Santos et al., 2022; Amaral et al., 2021; Pereira et al., 2020 e Baccaro et al., 2015).

Conclusão

O estudo revelou que a composição de espécies de formigas visitando nectários extraflorais em seis espécies arbóreas em um enclave de savana na Amazônia Oriental é concordante com o que tem sido registrado como espécies comuns em outras áreas centrais do Cerrado. Apesar da vasta literatura sobre a interação formiga-planta em áreas de cerrados, ressalta-se a importância de novos estudos nas savanas amazônicas considerando que essas interações são importantes para compreender a formação de comunidades e a estruturação do funcionamento do ecossistema. Ainda, compreender se a fauna de formigas em savanas amazônicas é dominada por uma fauna de origem da floresta (fitofisionomia predominante), de áreas abertas ou generalistas de habitat, pode ajudar a prever efeitos antrópicos em savanas locais na Amazônia.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001/Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas - FAPESPA pela concessão da bolsa de mestrado a primeira autora e pelo auxílio 805/2020 (PDPG – Amazônia Legal/Processo Nº 88887.510254/2020-00) pela concessão de bolsa de mestrado ao segundo autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela concessão de

Bolsa de Produtividade em Pesquisa para o quarto autor (Processo 306672/2021-9).

Referências

- Alves-silva, E., 2011. Post fire resprouting of *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae) and the role of extrafloral nectaries on the associated ant fauna in a Brazilian Savanna. *Sociobiology* 58, 327-340. DOI: 10.6084/m9.figshare.155660.
- Alves-Silva, E., Del-Claro, K., 2014. Fire triggers the activity of extrafloral nectaries, but ants fail to protect the plant against herbivores in a neotropical savanna. *Arthropod-Plant Interactions* 8, 233-240. DOI: 10.1007/s11829-014-9301-8.
- Alves-Silva, E., Bächtold, A., Barônio, G.J., Del-Claro, K., 2013. Influence of *Camponotus blandus* (Formicinae) and flower buds on the occurrence of *Parrhasius polibetes* (Lepidoptera: Lycaenidae) in *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae). *Sociobiology* 60, 30-34. DOI: 10.13102/sociobiology.v60i1.30-34.
- Amaral, G.C., Vargas, A.B., Almeida, F.S., 2021. Avaliação das interações da fauna de formigas em diferentes usos do solo. *Biodiversidade Brasileira* 11, 1-10. DOI: 10.37002/biobrasil.v11i1.1693.
- Andersen, A.N., 2019. Responses of ant communities to disturbance: five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. *Journal Animal Ecology*. 88, 350-362. DOI: 10.1111/1365-2656.12907
- Aranda, R., Tibcherani, M., Nacagava, V.A.F., Carvalho, S.S., Souza, P.R.S., 2022. The role of urban savannah fragments and their characteristics for the conservation of ants (Hymenoptera: Formicidae) in central Brazil. *Community Ecology* 23, 115-127. DOI: 10.1007/s42974-022-00078-7.
- Azevedo, F.R., Moura, M.A.R., Arrais, M.S.B., Nere, D.R., 2011. Composição da entomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. *Revista Ceres* 58, 740-748. DOI: 10.1590/S0034-737X2011000600010.
- Baccaro, F. B., Feitosa, R.M., Fernandez, F., Fernandes, I.O., Izzo, T.J., Souza, J.L.P., Solar, R., 2015. Guia para gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Ed. INPA, 338 p. DOI 10.5281/zenodo.32912.
- Barbosa, J.E.C., Barros, R.P., Costa, M.D., Araújo, S.F.M., 2023. Observação do comportamento

- alimentar de formigas em ambiente doméstico. *Diversitas Journal* 8, 0114-0122.
- Bottega, E.L., Queiroz, D.M., Pinto, F.A.C., Souza, C.M.A., 2013. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica* 44, 1-9. DOI: 10.1590/S1806-66902013000100001.
- Byk, J., Del-Claro, K., 2011. Ant-plant interaction in the neotropical savanna: direct beneficial effects of extrafloral nectar on ant colony fitness. *Population Ecology* 53, 327-332. DOI: 10.1007/s10144-010-0240-7.
- Byk, J., Del-Claro, K., 2010. Nectar- and pollen-gathering *Cephalotes* ants provide no protection against herbivory: a new manipulative experiment to test ant protective capabilities. *Acta Ethologica* 13, 33-38. DOI: 10.1007/s10211-010-0071-8.
- Calixto, E.S., Lange, D., Moreira, X., Del-Claro, K., 2021. Plant species specificity of ant-plant mutualistic interactions: Differential predation of termites by *Camponotus crassus* on five species of extrafloral nectaries plants. *Biotropica* 53, 1406-1414. DOI: 10.1111/btp.12991.
- Calixto, E.S., Lange, D., Del-Claro, K., 2018. Protection mutualism: an overview of ant-plant interaction mediated by extrafloral nectaries. *Oecologia Australis* 22, 410-425. DOI: 10.4257/oeco.2018.2204.05
- Campos, A.C.S., Jardim, M.A.G., 2020. Composição florística da regeneração de um trecho de savana na Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 2777-2787.
- Correa, M.M., Fernandes, W.D., Leal, I.R., 2006. Diversidades de formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: Relações entre riqueza de Espécies e Complexidade Estrutural da Área. *Neotropical Entomology* 35, 724-730. DOI: 10.1590/S1519-566X2006000600002.
- Costa-Coutinho, J.M., Costa-Neto, S.V., Jardim, M.A.G., 2021. Florística e estrutura do estrato arbóreo em cinco savanas no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14, 215-228. DOI: 10.26848/rbgf.v14.1.p215-228.
- Crepaldi R.A., Portilho, I.I.R., Silvestre, R., Mercante, F.M., 2014. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. *Ciência Rural* 44, 781-787. DOI: 10.1590/S0103-84782014000500004.
- Davidson, D.W., Cook, S.C., Snelling, R.R., 2003. Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science* 300, 969-972. DOI: 10.1126/science.1082074.
- Del-Claro, K., Rodriguez-Morales, D., Calixto, E. S., Martins, A.S., Torezan-Silingardi, H.M., 2019. Ant pollination of *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae) in Brazilian savanna. *Annals of Botany* 123, 1159-1165. DOI:10.1093/aob/mcz021.
- Del Toro, I., Ribbons, R.R., Ellison, A.M., 2015. Ant-mediated ecosystem functions on a warmer planet: effects on soil movement, decomposition and nutrient cycling. *Journal of Animal Ecology* 84, 1233-1241. DOI:10.1111/1365-2656.12367
- Del Toro, I., Ribbons, R.R., Pelini, S.L., 2012. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News* 17, 133-146.
- De Sousa Martins, A.E., Silva, M.J.R., Rodrigues, J.C., Silva, M.R.D.A.C., Gonçalves, M.V.P., Silva Formiga, L.D.A., 2022. Levantamento da Mirmecofauna em Fragmentos de uma Área de Proteção Ambiental em Caxias, Maranhão-Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste* 8, 187-197. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n1ID28100.
- Freire, C.B., Oliveira, G.V., Martins, F.R.S., Souza, L.E.C., Ramos-Lacau, L.S., Corrêa, M.M., 2012. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. *Revista brasileira de Biociências* 10, 131-136.
- Frizzo, T.L., Souza, L.M., Sujii, E.R., Togni, P.H., 2020. Ants provide biological control on tropical organic farms influenced by local and landscape factors. *Biological Control* 151, 104378, DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104378.
- Gallego-Roper, M.C., Feitosa, R.M., 2014. Evidences of *Batesian* mimicry and *Parabiosis* in ants of the Brazilian Savanna. *Sociobiology* 61, 281-285. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i3.281-285.
- Guedes, R., Zanella, F., 2020. Visitantes florais em caatinga arbustivo-arbórea: diversidade, abundância e variação sazonal. *Agropecuária científica no semiárido* 16, 161-172. DOI: 10.30969/acsa.v16i4.1305.
- González-Teuber, M., Heil, M., 2009. Nectar chemistry is tailored for both attraction of

- mutualists and protection from exploiters. *Plant Signal & Behavior* 4, 809-813. DOI: 10.4161/psb.4.9.9393.
- Lange, D., Calixto, E.S., Rosa, B.B., Sales, T.A., Del-Claro, K., 2019. Natural history and ecology of foraging of the *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History* 53, 1737-1749. DOI: 10.1080/00222933.2019.1660430.
- Lange, D., Del-Claro, K., 2014. Ant-plant interaction in a tropical savanna: may the network structure vary over Time and Influence on the Outcomes of Associations? *Plos one* 9, e105574. DOI: 10.1371/journal.pone.0105574.
- Lange, D., Dáttilo, W., Del-Claro, K., 2013. Influence of extrafloral nectary phenology on ant-plant mutualistic networks in a Neotropical Savanna. *Ecological Entomology* 38, 463-469. DOI: 10.1111/een.12036.
- Longino, J.T., 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. *Zootaxa* 151, 1-150. DOI: 10.11646/zootaxa.151.1.1.
- Lutinski, J.A., Lutinski, C.J., Guarda, C., Busato, M.A., 2021. Potencial bioindicador de formigas em áreas de preservação permanente. *Silvicultura e manejo florestal: técnicas de utilização e conservação da natureza* 2, 192-206. DOI: 10.37885/210203019.
- Lutinski, J.A., Lutinski, C.J., Lopes, B.C., Morais, A.B.B., 2014. Estructura de la comunidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en cuatro ambientes con diferentes niveles de perturbación antropogénica. *Ecología Austral* 24, 229-237. DOI: 10.25260/EA.15.24.2.0.26.
- Moreira, R.A., Souza, L.A., Suárez, N.F., Rodrigues, M.A., Souza, R.C., Abreu, R.A.A., Lima, C.G., 2022. Insetos visitantes florais associados a pitáia de polpa branca Flower-visiting insects associated with white-fleshed dragon fruit. *Brazilian Journal of Development* 8, 876-892. DOI: 10.34117/bjdv8n1-057.
- Nelsen, M.P., Moreau, C.S., Boyce, C.K., Ree, R.H., 2023. Macroecological diversification of ants is linked to angiosperm evolution. *Evolution Letters* 7, 79-87. DOI:10.1093/evlett/grad008.
- Oliveira, M.A., Gomes, C.F.F., Pires, E.M., Marinho, C.G.S., Della Lucia, T.M.C., 2014. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Revista Ceres* 61, 800-807, 2014. DOI: 10.1590/0034-737x201461000005.
- Pareja, M., Rezende, L., 2022. Direct and indirect plant defenses reduce damage by a generalist but not by a specialist pod borer. *Biotropica*, 54, 1042-1051. DOI: 10.1111/btp.13128.
- Perfecto, I., Philpott, S.M., 2023. Ants (Hymenoptera: Formicidae) and ecosystem functions and services in urban areas: a reflection on a diverse literature. *Myrmecological News* 33,103-122. DOI: 10.25849/myrmecol.news_033:103.
- Pereira, M.F., Trigo, J.R., 2013. Ants have a negative rather than a positive effect on extrafloral nectaried *Crotalaria pallida* performance. *Acta Oecologica* 51, 49-53. DOI: 10.1016/j.actao.2013.05.012.
- Pereira, M.C., Dall'Oglio, O.T., Dambroz, J., 2020. Assembleia de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em fragmento florestal na Amazônia Mato-grossense. *Scientific Electronic Archives* 13, 65-72. DOI: 10.36560/131220201242.
- Pereira, J.R., Almeida, F.S., 2023. Influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmecofauna em diferentes usos do solo no município de Bom Despacho, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal* 33, e64534, 1-25. DOI 10.5902/1980509864534.
- Pinheiro, L.V.S., Santos, J.V., Souza, J.C.R., Cruz, P.H.A., Caruso, C.M., Miranda, P.N., 2023. Efeito de borda sobre interações formiga-planta mediadas por nectários extraflorais (NEFs) em fragmento florestal localizado no Sudoeste da Amazônia Brasileira. *Entomology Beginners* 4, 1-4. DOI: 10.12741/2675-9276.v4.e063.
- Pinto, R.S., Albuquerque, P.M.C., Rêgo, M.M.C., 2014. Pollen analysis of food pots stored by *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) in a restinga area. *Sociobiology* 61, 461-469. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i4.461-469.
- Poissonnier, L.A., Hartmann, Y., Czaczkes, T.J., 2023. Ants combine object affordance with latent learning to make efficient foraging decisions. *Psychological and Cognitive Sciences* 120, e2302654120. DOI:10.1073/pnas.2302654120
- Poteaux, C., Prada-Achiardi, F.C., Fernández, F., Lachaud, J.P., 2015. Diversidade genética e fenotípica no gênero *Ectatomma*. In: Delabie,

- J.H.C. et al. (orgs). As formigas poneromorfas do Brasil. Ilhéus, BA: Editus, pg. 127-144.
- Queiroz, A.C.M., Prado, L.P., Cesarino, R.A., Santiago, G.S., Oliveira, C.V., Rabelo, M.A., Ribas, C.R., 2022. Ants (Hymenoptera, Formicidae) of APA Pandeiros: a perspective from a decade of Research in an Environmental Protection Area in the Cerrado-Caatinga Transition. *Sociobiology* 69, e7878. DOI: 10.13102/sociobiology.v69i3.7878.
- Queiroz, A.C.M., Rabello, A.M., Braga, D.L., Santiago, G.S., Zurlo, L.F., Philpott, S.M., Ribas, C.R., 2020. Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 29, 2017-2034. DOI: 10.1007/s10531-017-1379-8.
- Raupp, P.P., Gonçalves, R.V., Calixto, E.S., Anjos, D.V. 2020. Contrasting effects of herbivore damage type on extrafloral nectar production and ant attendance. *Acta Oecologica* 108, 103638. DOI: 10.1016/j.actao.2020.103638.
- Ribas, C.R., Campos, R.B.F., Schmidt, F.A., Solar, R.R.C., 2012. Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. *Psyche: a journal of entomology* 12, 1-23. DOI: 10.1155/2012/636749.
- Ribas, C., Oliveira, P., Sobrinho, T., Schoederer, J., Madureira, M., 2010. The arboreal ant community visiting extrafloral nectaries in the Neotropical cerrado savanna. *Terrestrial Arthropod Reviews* 3, 3-27. DOI: 10.1163/187498310X487785.
- Ronque, M.U., Fourcassié, V., Oliveira, P.S., 2018. Ecology and field biology of two dominant *Camponotus* ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Brazilian savannah. *Journal of natural History* 52, 237-252. DOI: 10.1080/00222933.2017.1420833.
- Santos, J.F.L., Rossi, A.A.B., Pena, G.F., Tiago, A.V., Zortea, K.E.M., Cardoso, E.S., Pedri, E.C.M., Santos, I.C.B., Santos, D.B., Santos, I.R.B., 2020. Morfologia, viabilidade polínica e índice meiótico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. *Brazilian Journal of Development* 6, 37514-37536. DOI: 10.34117/bjdv6n6-328.
- Santos, I.S.M., Souza, J.K.M., Rocha, J.P., Silva, I.B., Miranda, P.N., Crisóstomo, C.F., 2022. Rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil. *Entomology Beginners* 3, e026-e026. DOI: 10.12741/2675-9276.v3.e026.
- Silva, G.S., Rabelo, M.A., Canedo-Junior, E.O., Ribas, C.R., 2020. Formigas removedoras de sementes apresentam potencial para auxiliar na regeneração de áreas impactadas. *MG. Biota* 12, 44-54.
- Siqueira, J.S., Duarte, M.C., Yoshikawa, V.N., 2022. Polinização de *Malvaviscus penduliflorus* DC.(Malvaceae) em área de preservação e em área urbana em Mogi das Cruzes-SP, BRASIL. *Biodiversidade* 21,68-82.
- Silveira Neto, S., Nakano, O., Vila Nova, N.A., 1976. Manual de ecologia de insetos. Piracicaba-SP: Ceres, 419p.
- Soares Jr, H., Oliveira, P. S., 2021. Foraging and spatial ecology of a *Polydomous carpenter* ant, *Camponotus leydigi* (Hymenoptera: Formicidae), in tropical Cerrado savanna: a natural history account. *Environmental Entomology* 50, 19-27. DOI: 10.1093/ee/nvaa164.
- Sousa-Lopes, B., Calixto, E. S., Torezan-Silingardi, H. M., Del-Claro, K., 2020. Effects of ants on pollinator performance in a distylous pericarpial nectary-bearing Rubiaceae in Brazilian Cerrado. *Sociobiology* 67, 173-185. DOI: 10.13102/sociobiology.v67i2.4846.
- Souza, J.D.S., Fleck, M.D., Delabie, J.H.C., Boscardin, J., 2023. Mirmecofauna em duas fitofisionomias do Bioma Cerrado e plantio de eucalipto em Minas Gerais, Brasil. *Ciência Florestal* 32, 1894-1909. DOI: 10.5902/1980509848351.
- Souza, A.A.F., Pujol-Luz, J.R., Pinheiro, C.P.M., Miranda, H.S., 2022. First report on the use of *Stryphnodendron adstringens* (Fabaceae) live fruits as nests by *Camponotus* sp. and *Nesomyrmex spininodis* (Hymenoptera: Formicidae) in a Neotropical savanna. *Insectes Sociaux* 69, 375-381. DOI: 10.1007/s00040-022-00883-3.
- Souza, A.P.S., Santos Júnior, H.B., Pereira, R.N., Jardim, M.A.G., 2018. Visitantes florais de palmeiras em Floresta Ombrófila Densa Aluvial na Amazônia Oriental. *Biota Amazônia* 8, 1-4. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n3p1-4.
- Takehana, C.L.I., Ohashi, S.T., Jardim, M.A.G., Santos, J.U.M., 2013. Biologia floral e visitantes florais de *Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engl. (Anacardiaceae) no município de Bragança, Pará. *Revista de Ciências Agrárias* 56, 202-211. DOI: 10.4322/rca.2013.030.

- Teixeira, D.L., Leite, G.L.D., Silva, L.F., Veloso, R.V.S., Silva, R.S., Guanabens, P.F.S., Silva, W.M., Junior, A.S.P., Munhoz, E.J.M.M., Gomes, J.B., Zunancio, J.C., 2022. Positive relationships between insects and negative with spiders on *Acacia auriculiformis* (Fabaceae) plants in the savannah biome and their distribution pattern. *Brazilian Journal of Biology* 84, e260721. DOI: 10.1590/1519-6984.260721.
- Tibcherani, M., Nacagava, V.A.F., Aranda, R., Mello, R.L., 2018. Review of ants (Hymenoptera: Formicidae) as bioindicators in the Brazilian Savanna. *Sociobiology* 65, 112-129. DOI: 10.13102/sociobiology.v65i2.2048.
- Vale Junior, J.F., Lima, A.C.S., Cidade, M.P.N., Bandeira, H.F.S., Cruz, D.L.S., 2017. Composição da assembleia de formigas em área de savana no norte da Amazônia. *Revista Agroambiente* 11, 153-162. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3813.