

Iniciação Científica

Rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil

Ingrid Samile Monte Santos¹, Jardeson Kennedy Moraes de Souza¹, Janaira Pereira da Rocha²,
Izaías Brasil da Silva², Patricia Nakayama Miranda¹ & Charle Ferreira Crisóstomo¹

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Rio Branco, AC, Brasil. 2. Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE, Belém, PA, Brasil.

Entomology Beginners, vol. 3: e026 (2022)

Resumo. Algumas espécies de formigas atuam como controladoras de insetos herbívoros em plantas que em contrapartida, oferecem alimento produzido em glândulas denominadas nectários extraflorais. Este trabalho teve como objetivo levantar a riqueza e a composição de formigas e plantas que interagem através destas glândulas em um fragmento florestal localizado na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil. Também objetivou avaliar estas associações a partir de uma abordagem de redes, na qual diferentes espécies de plantas e formigas são retratadas como nós e suas interações como ligações. Na região central do fragmento, foram realizadas amostragens destas interações em uma parcela de 6.250 m². Posteriormente, para análise de rede, os dados foram sistematizados em uma matriz quantitativa (plantas × formigas), cujos elementos representam a frequência de associação de uma espécie de planta com uma espécie de formiga. No total, foram registradas 16 espécies de formigas, distribuídas em quatro subfamílias e nove gêneros, interagindo com 23 espécies de plantas, distribuídas em cinco famílias e oito gêneros. A rede de interação apresentou 77 interações, um padrão significativamente aninhado, e valores de tamanho de rede, especialização de rede e diversidade de interações muito similares a valores obtidos em estudos realizados em outras regiões de floresta tropical no Brasil. O resultado encontrado reforça um padrão característico destas interações, quando analisadas a partir de uma abordagem de redes.

Palavras-chave: Formicidae; interações ecológicas; estrutura de rede; floresta tropical.

Ant-plant interaction network mediated by extrafloral nectaries in APA Lago do Amapá, Acre, Brazil

Abstract. Some ant species act as controllers of herbivorous insects in plants which, as a counterpart, offer food produced in glands called extrafloral nectaries. This work aimed to survey the richness and composition of ant and plant species that interact through these glands in a forest fragment located in APA Lago do Amapá, Acre, Brazil. It also aimed to evaluate these associations through a network approach, in which different ant and plant species are represented as nodes and their interactions as links. In the central region of the fragment, sampling was carried out in a plot of 6,250 m². Subsequently, to analyze the network, the data were systematized in a quantitative matrix (plants × ants), whose elements represent the frequency of association between a plant species and an ant species. In total, 16 ant species were recorded, distributed in four subfamilies and nine genera, interacting with 23 plant species, distributed in five families and eight genera. The interaction network presented 77 interactions, a significantly nested pattern, and values of network size, network specialization and diversity of interactions very similar to values obtained in studies carried out in other tropical forest regions in Brazil. The results reinforce a characteristic pattern of these interactions, when analyzed from a network approach.

Keywords: Formicidae; ecological interactions; network structure; tropical forest.

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são frequentemente estudadas devido às interações que estabelecem com as plantas. Algumas espécies de plantas apresentam em folhas, pecíolos, caules jovens e estípulas, glândulas denominadas nectários extraflorais, que secretam uma substância rica em carboidratos e aminoácidos (RICO-GRAY, 1993). Esta substância é utilizada como alimento por algumas espécies de formigas, que para defenderem este recurso, afastam outros organismos presentes na planta, tais como insetos herbívoros (Rico-Gray e Oliveira, 2007).

Em nível de comunidade, estas interações são usualmente avaliadas através de uma abordagem de redes de interações, nas quais diferentes espécies de plantas e formigas são retratadas como nós e suas interações como ligações (DÁTILLO et al., 2014). Os padrões das interações são avaliados com base em descritores, tais como tamanho de rede, número de interações, especialização de rede (BLÜTHGEN et al., 2006), diversidade de interações (BERSIER et al., 2002), e aninhamento (ALMEIDA-NETO et al., 2008), que abrangem uma ampla gama de estruturas com significados biológicos complementares (DÍAZ-CASTELAZO et al., 2013).

Editado por:

William Costa Rodrigues

Histórico Editorial:

Recebido em: 25.01.2022

Aceito em: 17.03.2022

Publicado em: 08.04.2022

✉ Autora Correspondente:

Patricia Nakayama Miranda
patricia.miranda@ifac.edu.br

Agência(s) de Fomentos:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Estudos indicam uma elevada riqueza de formigas e plantas interagindo através de nectários extraflorais em florestas tropicais (DÁTILLO et al., 2014; FALCÃO et al., 2015). Possivelmente, este padrão se aplique também para o estado do Acre, considerando a elevada riqueza de formigas (MIRANDA et al., 2012) e de plantas com nectários extraflorais (DALY e SILVEIRA, 2008) registradas na região. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi levantar a riqueza e a composição de formigas e plantas que interagem a partir de nectários extraflorais em um fragmento florestal localizado na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil. Bem como avaliar estas associações a partir de uma abordagem de redes de interações.

O fragmento estudado apresenta uma área com 72 hectares (10°03'07.15" S; 67°51'06.46" S) e quase todo o seu perímetro encontra-se em contato direto com o Lago do Amapá. A tipologia florestal predominante na área é floresta tropical densa, e o clima da região caracteriza-se por quente e úmido, com temperatura mínima anual de 24°C e índice pluviométrico médio de 1.450 mm (MACÊDO et al., 2013).

No centro do fragmento, foi estabelecida uma parcela de 6.250 m² (250 x 25 m), sentido norte - sul. Nesta parcela, todas as plantas com nectários extraflorais e com altura acessível ao coletor (0,5 a 3 m) foram observadas durante cinco minutos (DÁTILLO et al., 2014). Uma banqueta dobrável foi utilizada na observação das plantas mais altas. As interações eram confirmadas quando as formigas se encontravam imóveis, com o aparelho bucal em contato com os nectários extraflorais durante o período de observação (MIRANDA, 2019). Em cada avaliação de interação, uma amostra da planta (ramos e flores para amostras férteis) e todas as formigas presentes nos nectários extraflorais foram coletadas para posterior identificação. As formigas foram coletadas manualmente com o auxílio de um guarda-chuva entomológico. Devido à variação temporal (fenológica) destas redes (MIRANDA, 2019), foram realizadas duas amostragens na parcela, uma no período de seca (agosto de 2021) e outra no período de chuva (dezembro de 2021). Cada amostragem foi realizada em dois dias, sempre das 09h00min às 15h00min.

A identificação dos espécimes de formigas em nível de espécie e morfoespécie foi realizada em um estereoscópio binocular (Marca Opton; Modelo TIM-2B), utilizando-se de chaves de identificação descritas por BOLTON et al. (2006) e BACCARO

et al. (2015). Os exemplares de plantas foram identificados através de guia de identificação de RIBEIRO et al. (1999) e por comparações com espécimes depositados no Herbário do Parque Zoobotânico (HPZ) da Universidade Federal do Acre, Brasil.

A estrutura da rede de interação amostrada foi descrita a partir de cinco descritores: número de interações (total de interações); tamanho da rede (número de espécies de plantas × número de espécies de formigas); especialização da rede; diversidade de interações e aninhamento. A especialização da rede foi estimada a partir do índice H_2' , que descreve como as espécies restringem suas interações daquelas esperadas aleatoriamente com base na disponibilidade de seus parceiros de interação (BLÜTHGEN et al., 2006). A diversidade de interações (DI) foi calculada através de um índice baseado no índice de diversidade de Shannon-Weiner (BERSIER et al., 2002). Para calcular estes descritores, os dados foram sistematizados em uma matriz quantitativa (plantas × formigas), cujos elementos representam a frequência (número de vezes) de associação de uma espécie de planta com uma espécie de formiga. Esta matriz foi construída com os dados acumulados das amostragens realizadas nos períodos de seca e de chuva. Para o cálculo da especialização de rede e da diversidade de interações foi utilizado o pacote 'bipartite' (DORMANN et al., 2017) no software R, versão 4.1.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021).

O aninhamento, que avalia se espécies de formigas seletivas visitam apenas um subconjunto de indivíduos de plantas visitados pelas espécies de formigas generalistas (DÁTILLO et al., 2014), foi calculado através da métrica NODF para aninhamento binário (ALMEIDA-NETO et al., 2008). Para esta métrica foi utilizado o software ANINHADO (GUIMARÃES e GUIMARÃES, 2006) com matriz binária, gerada a partir da matriz quantitativa acima descrita. A significância do NODF foi estimada a partir de valores de p baseados no Modelo Nulo II (1.000 randomizações), para o qual a probabilidade de uma interação ocorrer é proporcional ao número observado de interações de ambas as espécies de planta e formiga (BASCOMPTE et al., 2003).

No total foram registradas 16 espécies de formigas, distribuídas em quatro subfamílias e nove gêneros (Tabela 1), interagindo com um total de 23 espécies de plantas, distribuídas em cinco

Tabela 1. Lista das espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) presentes na rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais amostrada na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil.

Subfamília	Espécie de formiga	Frequência	Abundância
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.1	4	5
	<i>Dolichoderus</i> sp.2	3	3
	<i>Dolichoderus</i> sp.3	1	1
Formicinae	<i>Camponotus latangulus</i> Roger, 1863	1	3
	<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870	7	9
	<i>Camponotus</i> sp.1	2	3
	<i>Tapinoma</i> sp.1	1	1
	<i>Cephalotes</i> sp.1	3	3
Myrmicinae	<i>Crematogaster brasiliensis</i> Mayr, 1878	39	263
	<i>Crematogaster flavosensitiva</i> Longino, 2003	4	22
	<i>Crematogaster</i> sp.1	2	18
	<i>Pheidole</i> sp.1	1	17
	<i>Solenopsis</i> sp.1	1	14
	<i>Wasmania auropuctata</i> (Roger, 1863)	1	3
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	4	4
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	3	3
Total		77	372

famílias e oito gêneros (Tabela 2). As subfamílias com maior riqueza de espécies de formigas foram Myrmicinae (43,8% do total de espécies, n = 7 espécies) e Formicinae (25,0% do total de espécies, n = 4 espécies), e as famílias com a maior riqueza de espécies de plantas foram Fabaceae (43,4% do total de espécies, n = 10 espécies) e Bignoniaceae (34,8% do total de espécies, n = 8 espécies). *Crematogaster brasiliensis* Mayr, 1878 (Hymenoptera: Formicidae) foi a espécie de formiga mais frequente na rede de interação (50,6% do número total de interações, n = 39 interações), e dentre as espécies de plantas, *Fridericia* sp.1 (Lamiales: Bignoniaceae) foi a mais frequente (31,2% do número total de interações, n = 24 interações).

Tabela 2. Lista das espécies de plantas presentes na rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais amostrada na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil.

Família	Espécie de planta	Frequência
Bignoniaceae	<i>Fridericia</i> sp.1	24
	<i>Fridericia</i> sp.2	2
	<i>Fridericia</i> sp.3	3
	<i>Fridericia</i> sp.4	2
	<i>Fridericia</i> sp.5	3
	<i>Fridericia</i> sp.6	4
	<i>Fridericia</i> sp.7	5
	<i>Fridericia</i> sp.8	1
Costaceae	<i>Costus scaber</i> Ruiz & Pav.	1
Euphorbiaceae	<i>Omphalea diandra</i> L.	3
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.1	3
	<i>Acacia</i> sp.2	1
	<i>Acacia</i> sp.3	2
	<i>Bauhinia</i> sp.1	1
	<i>Inga</i> sp.1	1
	<i>Inga</i> sp.2	1
	<i>Inga</i> sp.3	2
	<i>Inga</i> sp.4	1
	<i>Inga</i> sp.5	5
	<i>Parkia</i> sp.1	3
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.1	5
	<i>Passiflora</i> sp.2	3
	<i>Passiflora</i> sp.3	1
Total		77

A rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais amostrada no presente estudo apresentou uma estrutura constituída por 77 interações (Figura 1), sendo que 63 destas foram registradas no período de seca e somente 14 no período de chuva. Miranda (2019) em estudo realizado no estado do Acre, também observou um maior número de interações no período de seca (seca: 50.4 ± 19.5 interações) quando comparado com o período de chuva (42.5 ± 9.9 interações). Há evidências de que o néctar produzido em condições de baixa disponibilidade hídrica no solo seja mais concentrado em açúcares e aminoácidos, e, portanto mais atrativo para as formigas (BLÜTHGEN e FIEDLER, 2004).

Em relação aos demais descritores utilizados para avaliar a estrutura da rede de interação amostrada (Figura 1), foram obtidos os seguintes valores: tamanho da rede = 368; especialização da rede = 0,23; diversidade de interações = 3,64 e aninhamento significativo = $31,09^*$ ($p = 0,01$). Estes resultados são bastante similares a resultados obtidos em outras regiões de floresta tropical no Brasil (FALCÃO et al., 2015; MIRANDA et al. 2019). Sobre o aninhamento, por exemplo, Dáttilo et al. (2013) em estudo realizado no Mato Grosso do Sul, e Miranda et al. (2019) em estudo realizado no Acre, detectaram uma média de $34,71 \pm 10,21$ e $26,84 \pm 7,27$, respectivamente. Este padrão aninhado, no qual espécies especialistas tendem a interagir com espécies generalistas, é característico destas interações formiga-planta mediadas por nectários extraflorais (DÍAZ-CASTELAZO et al., 2013), e resulta em valores intermediários de especialização de redes e diversidade de interações (DÁTILLO

et al., 2014).

Duas espécies de formigas, *C. brasiliensis* e *Camponotus trapezoideus* Mayr, 1870 (Hymenoptera: Formicidae), e três espécies de plantas, *Fridericia* sp.1 (Lamiales: Bignoniaceae), *Inga* sp.5 (Fabales: Fabaceae) e *Fridericia* sp.7 (Lamiales: Bignoniaceae) estiveram presentes no núcleo generalista da rede (Figura 1). Das espécies de formigas de núcleo, *C. brasiliensis* foi também a que apresentou a maior frequência de interações, como mencionado anteriormente, e também a maior abundância. As espécies pertencentes a este gênero apresentam recrutamento massivo, dominando a fonte de alimento e excluindo outras espécies, sendo, portanto, competitivamente superiores (SILVESTRE et al., 2003).

Conclui-se que, a rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais na APA Lago do Amapá apresenta uma estrutura semelhante a redes amostradas em outras áreas de floresta tropical no Brasil, reforçando assim um padrão característico destas interações na região.

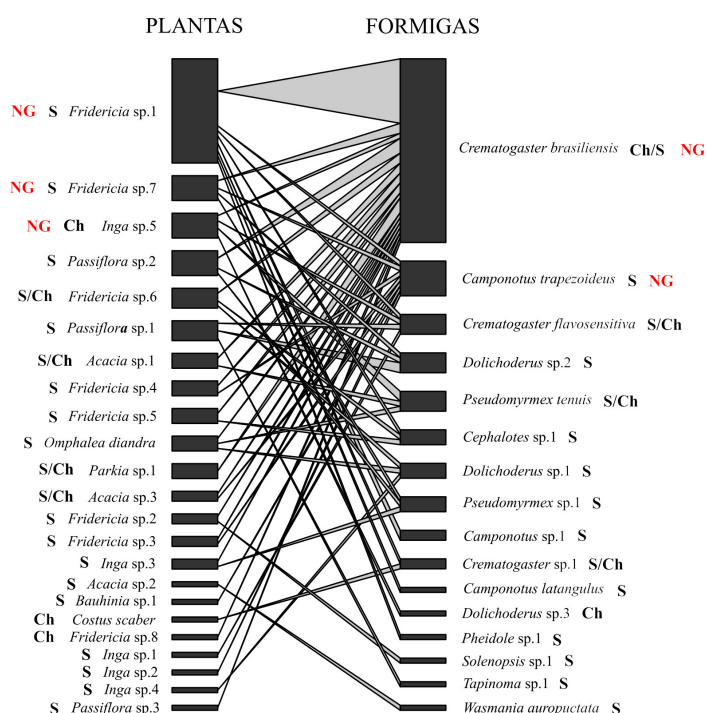


Figura 1. Rede de interação formiga-planta mediada por nectários extraflorais amostrada na APA Lago do Amapá, Acre, Brasil. NG = espécie de núcleo generalista; S = espécie coletada somente no período de seca; Ch = espécie coletada somente no período de chuva; S/Ch = espécie coletada no período de seca e de chuva. As ligações indicam interações entre formigas e plantas, e os tamanhos dos retângulos representam as frequências de interações entre as diferentes espécies.

Agradecimentos

À Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Acre, pela autorização de coleta e ao Instituto Federal do Acre, pelo apoio financeiro e logístico. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica ofertada a autora SANTOS, I. S. M.

Referências

- ALMEIDA-NETO, M.; GUIMARÃES, P., GUIMARÃES, P. R., LOYOLA, R. D., ULRICH, W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, v. 117, p. 1227-1239, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16644.x>
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I.

- O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015, 388 p.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIÁN, C. J.; OLESEN, J. M. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 100, p. 9383-9387, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1633576100>
- BERSIER, L. F.; BANASEK-RICHTER, C.; CATTIN, M. F. Quantitative descriptors of food-web matrices. *Ecology*, v. 83, p. 2394-2407, 2002, DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2394:QDOFWM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2394:QDOFWM]2.0.CO;2)
- BLÜTHGEN, N.; FIEDLER, K. Preferences for sugars and amino acids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. *Journal of Animal Ecology*, v. 73, p. 155-166, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2004.00789.x>
- BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; BLÜTHGEN, N. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, v. 6, p. 1-12, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>
- BOLTON, B.; ALPERT, G. D.; WARD, P. S.; NASKRECKI, P. (Eds.). **Bolton's catalogue of ants of the world, 1758 - 2005**. Edição em CD. Cambridge: Harvard University Press, 2006.
- DALY, D.; SILVEIRA, M. (Eds.). **Primeiro catálogo da flora do Acre**. 1ª Ed. Rio Branco, AC: EDUFAC, 2008. 555p.
- DÁTILLO, W.; RICO-GRAY, V.; RODRIGUES, D. J.; IZZO, T. J. Soil and vegetation features determine the nested pattern of ant-plant networks in a tropical rainforest. *Ecological Entomology*, v. 38, p. 374-380, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12029>
- DÁTILLO, W.; MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARÃES, P. R.; IZZO, T. J. The structure of ant-plant ecological networks: is abundance enough? *Ecology*, v. 95, p. 475-485, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1890/12-1647.1>
- DÍAZ-CASTELAZO, C.; SÁNCHEZ-GALVA, I. R.; GUIMARÃES, Jr. P. R.; GALDINI, R. L.; RICO-GRAY, V. Long-term temporal variation in the organization of an ant-plant network. *Annals of Botany*, v. 111, p. 1285-1293, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct071>
- DORMANN, C. F.; FRUEND, J.; GRUBER, B. 2017. Package bipartite: Visualising bipartite networks and calculating some (ecological) indices. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/bipartite/bipartite.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2021.
- FALCÃO, J. C. F.; DÁTILLO, W.; IZZO, T.J. Efficiency of different planted forests in recovering biodiversity and ecological interactions in Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 339, p. 105-111, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.12.007>
- GUIMARÃES, P. R.; GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling & Software*, v. 21, p. 1512-1513, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.04.002>
- MACÊDO, M. N. C.; DIAS, H. C. T.; COELHO, F. M. G.; ARAÚJO, E. A.; SOUZA, M. L. H.; SILVA, E. Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. *Revista Ambiente & Água*, v. 8, p. 206-221, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.809>
- MIRANDA, P. N.; OLIVEIRA, M. A.; BACCARO, E. F.; MORATO, E.F.; DELABIE, J. Check list of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the eastern Acre, Amazon, Brazil. *Check List (São Paulo. Online)*, v. 8, p. 722-730, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15560/8.4.722>
- MIRANDA, P. N. **Ant-plant interactions mediated by extrafloral nectaries in the Brazilian Amazon: a network approach**. 2019. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Londrina.
- MIRANDA, P. N.; RIBEIRO, J. E. L. da S.; LUNA, P.; BRASIL, I.; DELABIE, J. H. C.; DÁTILLO, W. The dilemma of binary or weighted data in interaction networks. *Ecological Complexity*, v. 38, p. 1-10, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2018.12.006>
- RIBEIRO, J. E. L. da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S.; BRITO, J. M. de, SOUZA, M. A. D. de; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. da C.; SILVA CF DA, MESQUITA, M. R.; PROCOPIO, L.C. (Eds.). **Flora da reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazonia Central**. Manaus: INPA, 1999. 800p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. 2020. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/> Acesso em: 28 dez. 2021.
- RICO-GRAY, V. Use of plant-derived food resources by ants in the dry tropical lowlands of coastal Veracruz, Mexico. *Biotropica*, v. 25, p. 301-135, 1993. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388788>
- RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. (Eds.). **The ecology and evolution of ant-plant interactions**. 1ª ed. Chicago: University of Chicago Press, 2007. 320p.
- SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: El caso de los gremios del Cerrado, Brasil. pp 113-143. In: Fernández, F. (Org.). **Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical**. Bogotá: Instituto Humboldt, 2003. 424p.