

Observação Científica

Efeito de borda sobre interações formiga-planta mediadas por nectários extraflorais (NEFs) em fragmento florestal localizado no Sudoeste da Amazônia Brasileira

Lázaro Vinicius da Silva Pinheiro, Josiane Vieira dos Santos, Jeovana Crystina Rodrigues de Souza, Paulo Henrique de Aragão da Cruz, Celeste Magalí Caruso & Patricia Nakayama Miranda 

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Rio Branco, AC, Brasil.

Entomology Beginners, vol. 4: e063 (2023)

Resumo. 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. Neste contexto, será que os efeitos de borda podem ser percebidos também em nível de interação? Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de borda sobre estas interações formiga-planta mediadas por NEFs, a partir da simulação de glândulas artificiais. Foram instalados NEFs artificiais em 10 arbustos localizados na borda de um fragmento de floresta tropical e em 10 arbustos localizados no interior do mesmo fragmento. Todas as formigas visitantes dos NEFs artificiais foram coletadas. Foi amostrado maior número de formigas em NEFs artificiais na borda (362 indivíduos) do que no interior (250 indivíduos) do fragmento. No entanto, em termos de valores médios, não foram encontradas diferenças significativas da abundância de formigas entre a borda e o interior do fragmento, assim como também não foi encontrada diferenças significativas da riqueza e composição de espécies de formigas entre estas duas áreas. Considerando que este foi um estudo rápido, com pequena amostragem, concluímos que o maior número total de formigas em NEFs artificiais na borda é uma evidência da importância desta interação em áreas perturbadas, principalmente devido ao aumento de herbívoros nestas regiões decorrentes do aumento de folhas jovens.

Palavras-chave: formigas; fragmentação florestal; interações ecológicas; nectários extraflorais.

Edge effect on ant-plant interactions mediated by extrafloral nectaries (EFNs) in a forest fragment located in the Southwestern Brazilian Amazon

Abstract. Among the mutualistic interactions, associations between ants and plants carrying extrafloral nectaries (EFNs) are well known. In these interactions, when ants feed on extrafloral nectar, they provide protection to plants against herbivorous insects. Plant and ant communities tend to change in disturbed areas, such as forest edges. In this context, can edge effects also be perceived at the interaction level? Based on the above, this work aimed to evaluate the edge effect on these ant-plant interactions mediated by EFNs, from the simulation of artificial glands. Artificial EFNs were installed in 10 shrubs located at the edge of a tropical forest fragment and in 10 shrubs located in the interior of the same forest fragment. All ants visiting the artificial EFNs were collected. A highest total number of ants was sampled in artificial EFNs at the edge (362 individuals) than in the interior of the forest fragment (250 individuals). However, in terms of average values, no significant differences of ant abundance were found between the edge and the interior of the forest fragment, as well as no significant differences of species richness and species composition of ant were found between these two areas. Since this was a quick study, with a small sample, we conclude that the greater total number of ants in artificial EFNs at the forest edge is an evidence of the importance of this ant-plant interaction in disturbed areas, mainly due to the increase of herbivores in these regions resulting from the increase of young leaves.

Keywords: ants; ecological interactions; extrafloral nectaries; forest fragmentation.

As associações entre formigas e plantas mediada por nectários extraflorais (NEFs) vem sendo cada vez mais estudadas (DÁTILLO et al., 2014; FALCÃO et al., 2015; MIRANDA et al., 2022). Nestas interações, as formigas recebem o benefício do néctar extrafloral como recurso alimentar e as plantas recebem o benefício da proteção das formigas contra outros insetos herbívoros (RICO-GRAY e OLIVEIRA, 2007).

O néctar extrafloral é uma substância constituída por

açúcares, aminoácidos e proteínas, que é secretado por glândulas denominadas nectários extraflorais (NEFs) (ELIAS, 1983; GONZÁLEZ-TEUBER e HEIL, 2009), uma vez que ocorrem principalmente em estruturas vegetativas de espécies de angiospermas (MARAZZI et al., 2019). Em menor frequência, os NEFs também podem ocorrer em estruturas reprodutivas, porém nunca estão envolvidas no processo de polinização (ELIAS, 1983; MARAZZI et al., 2019).

Editado por:

William Costa Rodrigues

Histórico Editorial:

Recebido em: 08.09.2023

Aceito em: 10.11.2023

Publicado em: 07.12.2023

✉ Autor Correspondente:

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

Agência(s) de Fomentos:

Nenhum fomento declarado

Diferentes estudos têm registrado uma elevada riqueza de formigas e plantas que interagem através de NEFs, principalmente em florestas tropicais (DÁTILLO et al., 2014; FALCÃO et al., 2015; MIRANDA et al., 2022). De forma geral, as formigas que forrageiam nos NEFs são espécies generalistas, sendo estas interações consideradas facultativas (LANGE et al., 2013; DÁTILLO et al., 2014), e a proteção oferecida por elas às plantas pode se dar pelo afugentamento ou predação de outros insetos herbívoros (RAUPP et al., 2020).

Nas últimas décadas tem aumentado as taxas de desmatamento na Amazônia (LAURANCE et al., 2011), sendo o efeito de borda um dos grandes impactos do processo da fragmentação florestal sobre a biodiversidade (LAURANCE et al., 2011). O efeito de borda envolve mudanças nas condições abióticas no limite da floresta, tais como aumento da intensidade luminosa e temperatura e redução na umidade do ar, o que por sua vez pode impactar diferentes grupos de organismos (LAURANCE et al., 2011). Estudos têm detectado, por exemplo, impactos negativos da formação de bordas sobre a comunidade de formigas (BRANDÃO et al., 2011) e também de plantas (LAURANCE et al., 1998).

Neste contexto, é possível que as interações formiga-planta mediadas por NEFs também sejam afetadas pela formação de bordas florestais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de borda sobre interações formigas-planta mediadas por NEFs artificiais na Fazenda Experimental Catuaba (FEC) (10°04'48.90"S, 67°37'8.60"O), Senador Guimard, Acre, Brasil (Figura 1). Mais especificamente, este estudo testou duas hipóteses: (1) NEFs artificiais instalados em plantas na borda do fragmento florestal atraem maior abundância que NEFs artificiais instalados em plantas no interior do fragmento e (2) a riqueza e a composição de formigas nos NEFs artificiais diferem entre borda e interior do fragmento.

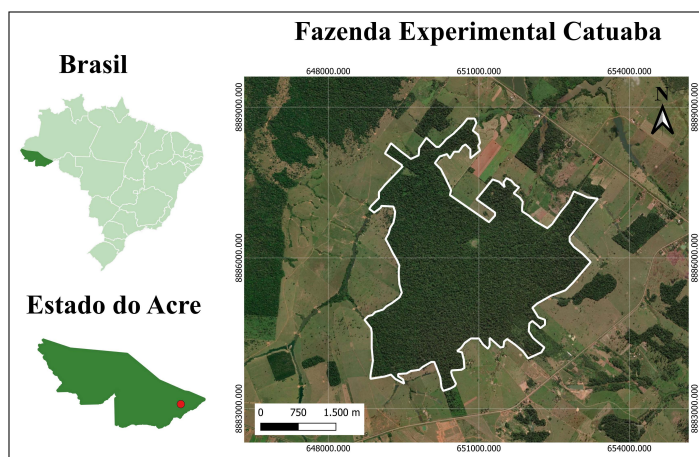


Figura 1. Fragmento florestal no qual foram realizadas as amostragens de formigas atraídas por nectários extraflorais (NEFs) artificiais, localizado na Fazenda Experimental Catuaba (FEC), Senador Guimard, Acre, Brasil.

O estudo foi realizado em um fragmento florestal de aproximadamente 900 ha localizado na Fazenda Experimental Catuaba (FEC), pertencente à Universidade Federal do Acre (UFAC) (Figura 1). A tipologia florestal predominante na área é floresta aberta com bambu e floresta aberta com palmeiras (SILVEIRA, 2005). A matriz do entorno do fragmento florestal é constituída quase totalmente por pastagens (Figura 1). O clima da região caracteriza-se por quente e úmido, com temperatura média anual de 24,5 °C e índice pluviométrico anual variando entre 1.877 e 1.982 mm (DUARTE, 2006).

Neste fragmento florestal foram selecionados 10 arbustos no limite da floresta (área de borda), todos com até dois metros de altura e com distanciamento de no mínimo 20 metros entre plantas. Este distanciamento foi adotado para minimizar a chance de coleta de formigas de uma mesma colônia em plantas distintas. Da mesma forma, foram selecionados 10

arbustos de até dois metros de altura no interior do fragmento florestal. Para controlar o efeito do conhecimento das formigas em relação às plantas portadoras de NEFs localizadas próximas a seus ninhos, tanto na borda quanto no interior do fragmento, só foram selecionados arbustos não portadores de NEFs naturais. Em cada um dos arbustos foram instalados quatro NEFs artificiais, os quais foram confeccionados com microtubos (tipo eppendorf) de 1,5 mL contendo uma solução constituída por açúcar 20% e aminoácidos 1% (creatina e glutamina) dissolvidos em água (Figura 2A). Os NEFs artificiais foram perfurados em sua extremidade inferior por um alfinete, para permitir o gotejamento da substância, possibilitando assim a simulação de uma glândula.



Figura 2. Nectários extraflorais (NEFs) artificiais instaladas em arbustos localizados na borda e interior do fragmento (A) e uso de pano de batida para coleta das formigas presentes nos arbustos com nectários extraflorais (NEFs) artificiais (B).

Para o reconhecimento desta solução pelas formigas na área, os NEFs artificiais foram instalados quatro dias antes da amostragem deste trabalho, conforme sugerido por Ramos (2021). No dia da amostragem, uma hora antes do início das coletas, todos os NEFs artificiais foram reabastecidos, a fim de atrair as formigas presentes na localidade. Após este período, todas as formigas presentes em cada arbusto foram coletadas com o auxílio de um pano de batida (Figura 2B), para posterior identificação das espécies. No laboratório, as formigas foram identificadas em nível de espécie e morfoespécie com uso de estereoscópio binocular (Marca Opton; Modelo TIM-2B), utilizando-se de chaves de identificação propostas por Bolton et al. (2006) e Baccaro et al. (2015). Os espécimes foram depositados no Laboratório de Ecologia de Formigas da Universidade Federal do Acre (UFAC), e os número de depósito encontram-se na Tabela 1S.

Para determinação da abundância de formigas nas unidades amostrais, foi realizada a contagem de formigas presentes em cada um dos arbustos estudados. O número total de formigas em cada área de coleta (borda e interior do fragmento florestal) foi determinado através da soma das abundâncias de formigas nos dez arbustos de cada ambiente. Após a identificação das formigas, foi determinada a riqueza de espécies em cada arbusto e também a frequência de cada espécie na borda e no interior do fragmento (isto é, número de arbustos que determinada espécie de formiga foi coletada, variando de 0 a 10 em cada região).

Para a realização das análises estatísticas, as unidades amostrais foram os arbustos, sendo 10 unidades localizadas na borda e 10 no interior do fragmento. As comparações da abundância e riqueza de formigas entre borda e interior foram realizadas através do teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste de Wilcoxon) (SIEGEL e CASTELLAN, 1988). Possíveis diferenças na composição das espécies de formigas entre borda e interior foram avaliadas através de teste de permutação ADÔNIS-PERMANOVA (análise de variância

usando matrizes de distância de Bray-Curtis) (ANDERSON, 2001).

No total foram coletadas 612 formigas atraídas por NEFs artificiais, distribuídas em 35 espécies/morfoespécies, 15 gêneros e seis subfamílias (Tabela 1S). Nos NEFs artificiais instalados na borda foram coletadas 23 espécies/morfoespécies de formigas, distribuídas em 13 gêneros e seis subfamílias, e nos NEFs artificiais instalados no interior do fragmento foram coletadas 21 espécies/morfoespécies de formigas, distribuídas em 11 gêneros e seis subfamílias (Tabela 1S). Na borda, a subfamília com maior riqueza foi Myrmicinae (nove espécies/morfoespécies), seguido de Dolichoderinae e Formicinae (ambas com quatro espécies/morfoespécies), e as espécies mais frequentes neste ambiente foram *Brachymyrmex* sp.1 e *Ectatomma tuberculatum* Oliver, coletadas em quatro e três dos dez arbustos localizadas na borda, respectivamente (Tabela 1S). No interior do fragmento, as subfamílias Dolichoderinae, Myrmicinae e Pseudomyrmecinae apresentaram as maiores riquezas (cinco espécies por subfamília), e as espécies/morfoespécies mais frequentes foram *Camponotus latangulus* Roger e *Camponotus* sp.1, coletadas em quatro e três dos dez arbustos localizadas no interior do fragmento, respectivamente (Tabela 1S).

Os NEFs instalados em arbustos localizados na borda atraíram um maior número de formigas (borda = 362 indivíduos; interior = 250 indivíduos) (Figura 3), o que pode ser um indicativo de maior uso deste recurso nesta área. Na borda há uma maior intensidade luminosa (LAURANCE et al., 2011), o que resulta em um aumento na capacidade fotossintética (HUETE et al., 2006), e consequentemente na produção de néctar extrafloral (JONES e KOPTUR, 2015). Além disso, a criação de bordas florestais tende a apresentar um efeito positivo sobre o número de herbívoros, devido ao aumento de folhas jovens palatáveis em regiões de maior intensidade luminosa (LEAL et al., 2007; FLOR et al., 2015), o que por sua vez pode resultar em um aumento na produção de néctar extrafloral, como uma resposta fisiológica das plantas aos danos foliares decorrentes da herbivoria (CALIXTO et al., 2023). Desta forma, as formigas estabelecidas em áreas de borda, possivelmente já estejam mais acostumadas a utilizarem este recurso em suas dietas, quando comparadas às formigas presentes no interior do fragmento, e por isso foram mais atraídas pela solução utilizada nos NEFs artificiais.

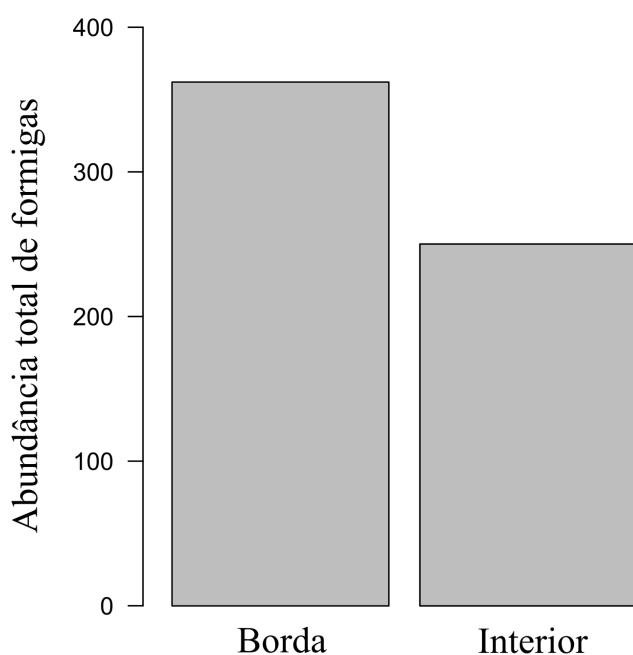


Figura 3. Abundância total de formigas atraídas por nectários extraflorais (NEFs) artificiais instalados em arbustos na borda e no interior do fragmento florestal localizado na Fazenda Experimental Catuaba (FEC), Senador Guimard, Acre, Brasil.

Em termos de valores médios, não foram encontradas diferenças significativas da abundância de formigas entre a borda e o interior do fragmento (Mann-Whitney; $W = 58$; $p = 0,57$). Também não foram encontradas diferenças significativas da riqueza de espécies de formigas em NEFs artificiais entre borda e interior do fragmento (Mann-Whitney; $W = 66,5$; $p = 0,22$), assim como também não foram encontradas diferenças significativas da composição de espécies de formigas entre os ambientes (PERMANOVA; pseudo $F = 1,37$; $P = 0,12$).

De acordo com as hipóteses testadas neste trabalho, era esperado uma maior abundância média de formigas em NEFs artificiais em áreas de borda. Além disso, também era esperado diferenças significativas na riqueza e na composição de formigas entre as duas regiões estudadas. Isto porque, estudos têm demonstrado mudanças significativas na riqueza (CARVALHO e VASCONCELOS, 1999) e na composição de espécies de formigas em áreas de borda (BRANDÃO et al., 2011) em relação a regiões de interior da floresta. A ausência de efeitos de borda sobre os parâmetros analisados, possivelmente esteja relacionada ao pequeno tamanho amostral adotado, considerando que este foi um estudo rápido executado durante uma disciplina de Ecologia de Campo. Além disso, também é importante mencionar que no fragmento florestal estudado as fitofisionomias predominantes são floresta aberta com bambu e floresta aberta com palmeiras (SILVEIRA, 2005), ambas caracterizadas por considerável entrada de luz no sub-bosque. Assim, maiores efeitos de borda sobre interações formiga-planta mediadas por NEFs podem ser detectadas em fitofisionomias de vegetação mais fechada, tais como as florestas densas.

Considerando que este foi um estudo rápido, com pequena amostragem, concluímos que o maior número de formigas em NEFs artificiais instalados na borda é uma evidência da importância destas interações formiga-planta nestas áreas, principalmente devido a um possível aumento no número de herbívoros decorrente do aumento de folhas jovens.

Referências

- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p. 32-46, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.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.
- 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.
- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; FEITOSA, R. M. Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. **Zoologia**, v. 28, p. 379-387, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000300012>
- CALIXTO, E. S.; DEL-CLARO, K.; LANGE, D.; BRONSTEIN, J. Time course of inducibility of indirect responses in an ant-defended plant. **Ecology (Ecological Society of America)**, v. 104, e4029, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.4029>
- CARVALHO, K. S.; VASCONCELOS, H. L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation**, v. 91, p. 151-157, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00079-8)

- 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>
- DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 308-317, 2006.
- ELIAS, T. S. Extrafloral nectaries: Their structure and distribution. In: BENTLEY, B.; ELIAS, T. S. (Org.). **The biology of nectaries**. New York: Columbia University Press, 1983. 259 p.
- FLOR, I. C.; SILVA, G. T.; HARTE-MARQUES, B. Ambientes de borda são mais susceptíveis a ataques de insetos herbívoros em áreas de floresta ombrófila densa? **Natureza on line**, v. 13, p. 98-100, 2015.
- 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>
- GONZÁLEZ-TEUBER, M.; HEIL, M. The role of extrafloral nectar amino acids for the preferences of facultative and obligate ant mutualists. **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, p. 459-468, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9618-4>
- HUETE, A. R.; DIDAN, K.; SHIMABUKURU, Y. E.; RATANA, P.; SALESKA, S. R.; HUTYRA, L. R.; YANG, W.; NEMANI, R. R.; MYNENI, R. Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season. **Geophysical Research Letters**, v. 33, p. 1-4, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL025583>
- JONES, I. M.; KOPTUR, S. Quantity over quality: light intensity, but not red/far-red ratio, affects extrafloral nectar production in *Senna mexicana* var. *chapmanii*. **Ecology and Evolution**, v. 5, p. 4108-4114, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.1644>
- LEAL, I. R.; WIRT, R.; MEYER, S. T.; TABARELLI, M. Proliferação de Herbívoros em Bordas de Florestas. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8. **Anais...**, Caxambu, MG, Brasil: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007.
- LANGE, D.; DÁTILLO, W.; DEL-CLARO, K. Influence of extrafloral nectary phenology on ant-plant mutualistic networks in a neotropical savana. **Ecological Entomology**, v. 38, p. 463-469, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12036>
- LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; RANKIN-DE MERONA, J. M.; LAURANCE, S. G. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology**, v. 79, p. 2032-2040, 1998. DOI: <https://doi.org/10.2307/176707>
- LAURANCE, W. F.; CAMARGO, J. L. C.; LUIZÃO, R. C. R.; LAURANCE, S. G.; PIMM, S. L.; BRUNA, E. M.; STOUFFER, P. C.; WILLIAMSON, G. B.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; VASCONCELOS, H.; HOUTAN, K. S.; ZARTMAN, C. E.; BOYLE, S. A.; DIDHAN, R. K.; ANDRADE, A.; LOVEJOY, T. E. The fate of Amazon forest fragments: A 32-years investigation. **Biological Conservation**, v. 144, p. 56-67, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>
- MARAZZI, B.; GONZALES, A. M.; DELGADO-SALINAS, A.; LUCKOW, M. A.; RINGELBERG, J. J.; HUGHES, C. E. Extrafloral nectaries in Leguminosae: phylogenetic distribution, morphological diversity and evolution. **Australian Systematic Botany**, v. 32, p. 409-458, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1071/SB19012>
- MIRANDA, P. N.; RIBEIRO, J. E. L. S.; CORRO, E. J.; DELABIE, J. H. C.; DÁTILLO, W. Structural Stability of Ant-plant Mutualistic Networks Mediated by Extrafloral Nectaries: Looking at the Effects of Forest Fragmentation in the Brazilian Amazon. **Sociobiology**, v. 69, p. e8261, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v69i3.8261>
- RAMOS, M. P. **Efeito da qualidade de recursos líquidos energéticos sobre a atratividade e agressividade das formigas do Cerrado**. 2021. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.
- RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. **The ecology and evolution of ant-plant interactions**. Chicago: University of Chicago Press, 2007.
- RAUPP, P. P.; GONÇALVES, R. V.; CALIXTO, E. S.; ANJOS, D. V. Contrasting effects of herbivore damage type on extrafloral nectar production and ant attendance. **Acta Oecologica**, v. 108, p. 103638, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103638>
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, Jr N. J. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. 2.ed. New York: McGraw Hill, 1988. 399p.
- SILVEIRA, M. **A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia. Padrões e processos em múltiplas escalas**. Rio Branco: EDUFAC, 2005.

Este artigo possui material suplementar disponível em:

<https://doi.org/10.12741/2675-9276.v4.e063>