

VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DA COMUNIDADE DE PLANTAS COM NECTÁRIOS EXTRAFLORAIS AO LONGO DE UM GRADIENTE LATITUDINAL DE CERRADO

Palavras-Chave: Interações formiga-planta, gradiente latitudinal, mutualismo.

Autores(as):

CAROLINA B S C VARELA, DBA – IB UNICAMP

Dr^a. MARIANNE AZEVEDO-SILVA (coorientadora), Department of Ecology and
Evolutionary Biology – University of Michigan

Prof. Dr. PAULO SERGIO OLIVEIRA (orientador), DBA – IB UNICAMP

INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa aproximadamente 26% do território brasileiro, sendo o segundo maior bioma em área de cobertura (Vieira *et al.*, 2022). O domínio dos *cerrados* compreende diversas formações vegetais, incluindo fitofisionomias campestres (campo limpo), savânicas (campo sujo, cerrado *sensu stricto*), e florestais (cerradão). A flora arbórea do Cerrado é estimada entre 900 e 1000 espécies (Castro 1999) e o bioma é reconhecido atualmente como um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers *et al* 2000).

Tal riqueza é também encontrada nas interações ecológicas do Cerrado, como aquelas entre formigas e plantas. Estudos recentes têm mostrado a existência de um gradiente latitudinal inverso de diversidade de formigas e de interações formiga-planta no Cerrado: o número de espécies de formigas, bem como o número de plantas interagindo com formigas tendem a ser maiores quanto maior a latitude (Vasconcelos *et al.*, 2018; Azevedo-Silva, 2023). No entanto, pouco se sabe da distribuição latitudinal de um dos principais recursos utilizados pelas formigas do Cerrado: as plantas com nectários extraflorais (NEFs) — glândulas secretoras de néctar que não estão relacionadas à polinização (Bentley, 1977). Os NEFs podem se localizar em partes vegetativas e reprodutivas da planta, mas se diferenciam dos nectários florais pela sua função: o néctar floral serve como recompensa para polinizadores, enquanto o néctar extrafloral está relacionado a outras formas de associação com insetos (Bentley, 1977). Os NEFs podem ter variados formatos e níveis de complexidade estrutural e estão amplamente distribuídos entre as angiospermas e alguns grupos de pteridófitas (Oliveira & Leitão-Filho, 1987; Koptur, 1992; Rico-Gray & Oliveira, 2007).

A composição do néctar extrafloral pode variar conforme a espécie da planta, mas, em geral, possui alto valor nutricional, incluindo carboidratos, lipídeos e aminoácidos (Koptur, 1992). Em decorrência disso, uma grande diversidade de formigas é atraída para plantas que portam NEFs, visitando-as tanto de dia como à noite (Bentley, 1977; Oliveira, 1997). Sabe-se que muitas espécies de formigas utilizam secreções da planta como complemento da dieta, alimentando-se também de outros artrópodes (Davidson *et al*, 2003). Sendo assim, as formigas podem predar os herbívoros que se alimentam de folhas e flores, podendo desenvolver uma relação mutualística com as plantas (Rico-Gray & Oliveira, 2007 e citações incluídas).

Muitas angiospermas possuem NEFs. No Cerrado, essas plantas representam até 30% da flora arbórea do bioma (Oliveira & Freitas, 2004). Levantamentos prévios indicam que, no Cerrado, plantas com NEFs são principalmente encontradas nas famílias Mimosaceae, Bignoniaceae e Vochysiaceae (Oliveira & Leitão-Filho 1987; Oliveira & Oliveira-Filho 1991). Dada a importância das plantas com NEFs para as interações formiga-planta no Cerrado, o presente estudo tem como objetivo descrever a comunidade de plantas que possui NEFs em diferentes localidades ao longo de um gradiente latitudinal do Cerrado. Especificamente, avaliamos (1) a proporção de plantas com NEFs em relação ao total de plantas, (2) a distribuição taxonômica das plantas com NEFs nas floras locais, (3) o tipo morfológico e a posição dos NEFs

no corpo das diferentes espécies de plantas e (4) a riqueza de espécies com NEFs nas diferentes localidades.

METODOLOGIA

1. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em 7 localidades do Cerrado, sendo elas: Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, Parque Nacional de Brasília, Parque Estadual Serra Azul, Parque Nacional das Emas, Parque Nacional Serra do Cipó, Parque Nacional Serra da Canastra e Estação Ecológica de Itirapina. Em todos os locais, as coletas foram feitas em áreas de Cerrado *sensu stricto*. Essa fitofisionomia é caracterizada por vegetação predominantemente herbácea, com árvores e arbustos de altura entre 3 e 8 metros, e com 30% de cobertura arbórea (Oliveira-Filho e Ratter, 2002).

A coleta ocorreu na estação úmida, entre novembro de 2012 e abril de 2013, época do ano de maior atividade de NEFs e de maior crescimento vegetativo nas plantas (Rico-Gray e Oliveira, 2007).

Em cada localidade, foram estabelecidos 5 transectos de 200m de extensão, distantes em, no mínimo, 1 km. Cada transecto foi dividido em 20 piquetes, cada um com 10 m de comprimento. A coleta foi realizada em piquetes alternados, totalizando 10 piquetes por transecto e 50 piquetes por localidade. As coordenadas exatas de cada transecto foram obtidas pelo GPS. Todas as plantas localizadas a até 2m da linha central do transecto foram coletadas. Os indivíduos foram identificados, sempre que possível, no nível de espécie. Além disso, foi feita vasta pesquisa em literatura para confirmar a presença ou ausência de NEFs nas plantas coletadas. Com a pesquisa bibliográfica, também se determinou o tipo morfológico e a posição dos NEFs no corpo da planta. As categorias de tipo e posição foram definidas conforme Koptur, 1992 (baseada na classificação original de Zimmerman, 1932 e Elias, 1983).

2. Análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas com o programa R (R Core Team).

Para investigar se a proporção de plantas com NEFs varia geograficamente em resposta à latitude, foi estimada a proporção de indivíduos de plantas com NEFs (em relação a todos os indivíduos de plantas amostrados) e a proporção de espécies de plantas com NEFs (em relação a todas as espécies de plantas amostradas). Por se tratar de um dado de proporção, utilizamos modelos lineares generalizados mistos (GLM) com distribuição binomial, implementado na função *glmer* no pacote *lme4* (Bates, *et al.* 2015). As localidades foram incluídas como efeitos aleatórios. Análise similar foi feita para avaliar se a riqueza de espécies com NEFs varia com a latitude. Nesse caso, por se tratar de uma distribuição normal, foram utilizados modelos lineares mistos (LMM), com a função *lmer* do pacote *lme4*.

Para avaliar a composição da comunidade de plantas, foi calculado o número de plantas com NEFs correspondente a cada família em cada localidade. Análise similar também foi conduzida para o número de indivíduos com cada categoria de tipo e posição de NEFs em cada localidade.

RESULTADOS

Proporção e riqueza de plantas com NEFs em resposta à latitude

Observou-se que a proporção de plantas com NEFs e de espécies de plantas com NEFs é diferente entre as localidades, mas não houve correlação significativa com a latitude (coeficiente = -0.038, $P = 0.0168$; coeficiente = -0.027, $P = 0.4109$, respectivamente) (Figura 2). Padrão similar foi encontrado para a riqueza de plantas com NEFs (coeficiente = 0.0359, $P = 0.211$), sugerindo, portanto, a não existência de um gradiente latitudinal de diversidade e abundância de plantas com NEFs nas comunidades amostradas.

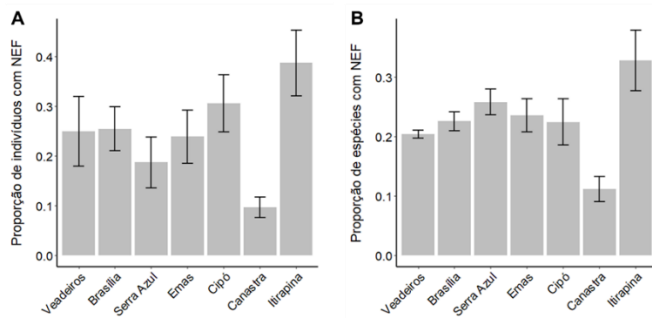


Figura 2. Proporção de indivíduos (A) e de espécies (B) de plantas com NEFs em cada localidade amostrada no domínio dos Cerrados. As barras representam a média nos transectos; e as linhas designam o erro padrão. As localidades estão organizadas, da esquerda para a direita, da menor para a maior latitude.

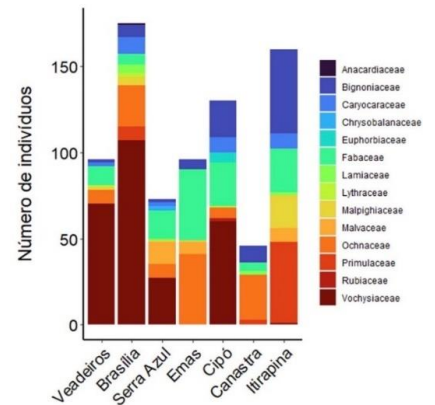


Figura 1. Distribuição do número de indivíduos com NEF entre as famílias de plantas com espécies com NEF. Cada cor representa uma família, conforme a legenda.

Composição das comunidades e tipo e posição de NEFs em cada localidade

Dentre as plantas amostradas, 14 famílias apresentaram espécies com NEFs. A distribuição de indivíduos de cada uma dessas famílias variou entre as localidades (Figura 3), mostrando que existe uma diferença de composição das comunidades ao longo do gradiente latitudinal estudado. Por exemplo, espécies com NEFs pertencem principalmente à família Vochysiaceae em Veadeiros, Brasília e Cipó, enquanto Ochnaceae tem maior representação em Emas e Canastra, e Bignoniaceae e Primulaceae são mais abundantes em Itirapina (Figura 3).

Para tipo e posição de NEFs, obtivemos resultados similares (Figura 4), os quais mostraram variação entre as localidades. NEFs do tipo *elevado* são os mais abundantes, seguidos pelo tipo *achatado*. NEFs do tipo *afundado* foram encontrados em apenas uma planta em Itirapina. No que se refere às posições dos NEFs nas plantas, as mais frequentemente observadas foram folhas e caule (Figura 4).

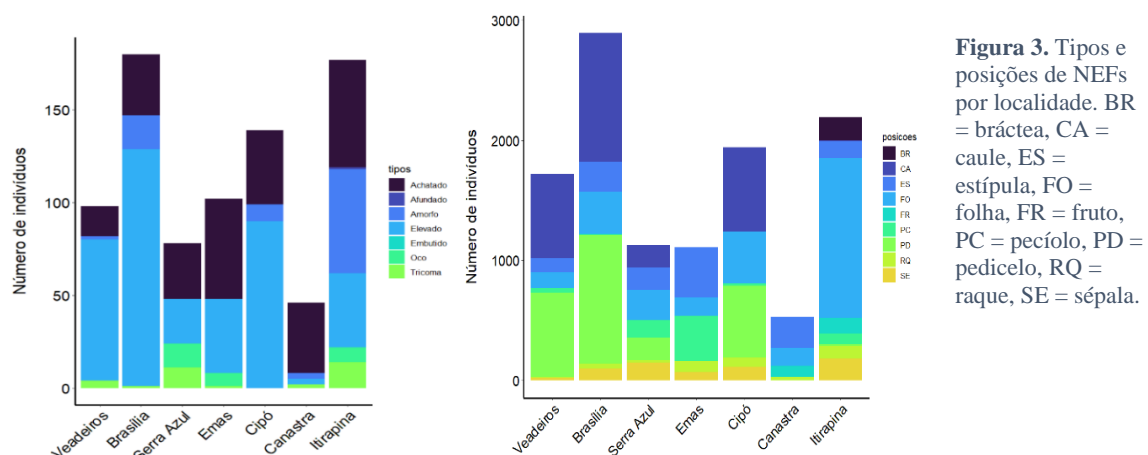


Figura 3. Tipos e posições de NEFs por localidade. BR = bráctea, CA = caule, ES = estípula, FO = folha, FR = fruto, PC = pecíolo, PD = pedicelo, RQ = raque, SE = sépala.

DISCUSSÃO

Neste trabalho descrevemos a composição da comunidade e a variação geográfica de plantas com NEFs ao longo de um gradiente latitudinal de Cerrado. Segundo o Gradiente Latitudinal de Diversidade (GLD), há uma maior riqueza de espécies nos trópicos, diminuindo conforme a latitude aumenta. No entanto, neste trabalho, não encontramos um padrão de distribuição latitudinal nem para a abundância (proporção de indivíduos), nem para a diversidade (proporção de espécies e riqueza) de plantas com NEF. Como a presença de NEFs muitas vezes está associada à presença de formigas, este trabalho é um passo importante na elucidação dos

fatores que influenciam na distribuição de formigas no Cerrado. A abundância e a diversidade de formigas no Cerrado aumentam conforme o aumento da latitude (Vasconcelos *et al*, 2018; Azevedo-Silva, 2023), mas aqui demonstramos que a frequência de NEFs não tem relação com a latitude. Sendo assim, é mais provável que a distribuição de formigas esteja sendo influenciada por outros fatores abióticos e bióticos.

Este trabalho ajuda ainda a elucidar a distribuição de espécies com NEFs nas distintas famílias de plantas. Nosso trabalho adiciona conhecimento a achados anteriores, pois além de encontrarmos as Bignoniaceae e Vochysiaceae como as famílias com maior número de indivíduos com NEF, também incluímos as famílias Ochnaceae e Primulaceae como bem representadas. Mais importante, nosso trabalho mostra que a distribuição das famílias com NEFs muda geograficamente, o que pode ser um aspecto relevante para ser estudado acerca das interações formiga-planta no Cerrado.

Por fim, nossos dados mostram que a prevalência dos tipos e posições dos NEFs também mudam geograficamente. Há evidências de que o tipo de NEF e sua localização afetam a interação das plantas com as formigas no Cerrado (Leal *et al*, 2022). Assim, nossos resultados representam um primeiro passo para o entendimento sobre a distribuição dos diferentes tipos e localizações de NEFs, e sobre seu efeito na visitação por formigas em vegetação do Cerrado.

Os próximos passos dessa pesquisa envolvem compreender a distribuição filogenética das plantas com NEFs no Cerrado e entender se o tipo e posição dessas glândulas possuem um sinal filogenético. Pretendemos ainda avaliar como os diferentes tipos de NEFs afetam a visitação das formigas. Assim, os resultados obtidos até agora e os que estão por vir, tornam essa pesquisa um passo importante para o entendimento da ecologia e evolução das interações entre formigas e plantas do Cerrado.

BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO-SILVA, M. 2023. **Ants, biodiversity and latitudinal gradient: investigating interactions with plants, functional variation and genetic diversity in the cerrado savanna.** Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas UNICAMP.
- BATES, D. *et al.* 2015. **Fitting Linear Mixed-Effect Models Using lme4.** Journal of Statistical Software, 67:1-48.
- BENTLEY, B. L. 1977. **Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards.** Annual Review of Ecology and Systematics 8:407-428.
- CASTRO, A.A.J.F. e colab. 1999. **How rich is the flora of Brazilian cerrados?** Ann. Miss. Bot. Gard. 86:192-224.
- DAVIDSON, D. W. e colab. 2003. **Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies.** Science, 300:969-972.
- ELIAS, T. S. 1983. **Extrafloral nectaries: their structure and distribution.** In: Bentley, B. L. and Elias, T.S., eds. The Biology of Nectaries, Columbia University Press, New York, 174-203.
- GONZALEZ, A. M. 2013. **Indumento, nectários extraflorales y anatomia foliar en bignoniáceas de la Argentina.** Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 48:221-245.
- KOPTUR, S. 1992. **Interactions between insects and plants mediated by extrafloral nectaries.** Insect-plant Interactions. BERNAYS, E. Boca Raton: CRC Press, 4:81-129.
- LEAL, L. C. e colab. 2022. **Which traits optimize plant benefits? Meta-analysis on the effect of partner traits on the outcome of an ant-plant protective mutualism.** Journal of Ecology, 111:263-275.
- LOHMANN, L. G; TAYLOR, C.M. 2014. **A New Generic Classification of Tribe Bignoniaceae (Bignoniaceae).** Annals of the Missouri Botanical Garden. 99.
- MACHADO, S. R. e colab. 2008. **Morphological patterns of extrafloral nectaries in woody plant species of the Brazilian cerrado.** Plant Biology, 10:660-673.
- MARAZZI, B. e colab. 2019. **Extrafloral nectaries in Leguminosae: phylogenetic distribution, morphological diversity and evolution.** Australian Systematics Botany, 32:409-458.

- MYERS, N. e colab. 2000. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature, 403:853-858.
- OLIVEIRA, P.S. 1997. **The ecological function of extrafloral nectaries: herbivore deterrence by visiting ants and reproductive output in *Caryocar Brasiliense* (Caryocaraceae).** Functional Ecology, 11:323-330.
- OLIVEIRA, P.S; FREITAS, A. V. L. 2004. **Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna.** Naturwissenschaften, 91:557-570.
- OLIVEIRA, P.S; LEITAO-FILHO, H.F. 1987. **Extrafloral nectaries: their taxonomic distribution and abundance in the woody flora of cerrado vegetation in southeast Brazil.** Biotropica, 19:140-148.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T; RATTER, J.A. 2002. **Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome.** In: *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (eds. OLIVEIRA, P.S; MARQUIS, R.J). Columbia University Press, New York, pp. 91-120.
- PIANKA, E. R. 1996. **Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts.** The American Naturalist, 100:33-46.
- PIRES, M.S. 2015. **A comunidade de plantas com nectários extraflorais em uma savana brasileira: morfologia, fenologia e fauna associada.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- RICO-GRAY, V; OLIVEIRA, P.S. 2007. **The ecology and evolution of ant-plant interactions.** University of Chicago Press.
- SENNA, L.M. 1984. ***Maprounea* Aubl. (Euphorbiaceae). Considerações taxonômicas e anatômicas das espécies sul-americanas.** Rodriguesia, Rio de Janeiro. 36:51-78.
- VASCONCELOS, H. L. e colab. 2018. **Neotropical savana ants show a reversed latitudinal gradient of species richness, with climatic drivers reflecting the forest origin of the fauna.** Journal of Biogeography, 45:248-258.
- VIEIRA, L. T. A. e colab. 2022. **Reviewing the Cerrado's limits, flora distribution patterns and conservation status for policy decisions.** Lan Use Policy, 115:106038.
- WUNNACHIT, W. e colab. 1992. **Floral and extrafloral nectar production in *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae): an andromonoecious species.** International Journal of Plant Sciences, 153:413-420.
- ZIMMERMANN, J.G. 1932. **Über die extrafloralen Nektarien der Angiospermen.** Heinrich.