



Como galhas afetam a forma das folhas de *Laguncularia racemosa*: densidade ou localização?

Adrian David González Chaves

RESUMO: O parasitismo por galhadores induz mudanças morfológicas e pode alterar a forma das folhas em suas plantas hospedeiras. Testei se a densidade de galhas ou se a distância relativa média das galhas à nervura central afeta a forma da folha. Amostrei folhas com diversos graus de infestação e disposição variada de galhas. Avaliei o efeito sob a forma usando um índice de deformação em função da relação perímetro-área da folha. Encontrei que galhas mais próximas à nervura central aumentam o grau de deformidade das folhas, havendo também um efeito aditivo da densidade de galhas no grau de deformidade. As galhas possivelmente impedem que recursos cheguem da planta para as partes mais distantes da folha pela nervura central. Concluo que o parasitismo da galha afeta negativamente as plantas ao deformar folhas e possivelmente diminuir a área foliar ou dificultar a distribuição de nutrientes na folha.

PALAVRAS-CHAVE: Cecidomiidae, desenvolvimento foliar, interação inseto-planta, parasitismo.

INTRODUÇÃO

O parasitismo é uma interação ecológica em que um organismo, o parasita, obtém nutrientes de um ou poucos hospedeiros (Begon, 2009). Interações entre insetos galhadores e plantas são um tipo de parasitismo especializado que induz respostas morfológicas nas plantas (Daly et al., 1998). De forma geral, insetos galhadores ovipositam nas partes ventrais das folhas e tanto a fêmea quanto a larva que eclode podem estimular bioquimicamente a folha, ocasionando um crescimento anormal dos tecidos foliares que irá envolver a larva. A estrutura resultante do crescimento anormal dos tecidos da planta é denominada galha (Rohfritsch, 1992; Daly et al., 1998). Larvas dentro de galhas consomem recursos produzidos pela planta e podem reduzir a área foliar disponível para fotossíntese uma vez que levam a alterações nas células epidérmicas das folhas (Schick & Dahlsten, 2003).

A infestação pelos insetos galhadores parece ser bastante sincronizada e associada com períodos de crescimento ativo das plantas (Rohfritsch, 1992). Para os cecidomiídeos (Diptera), já foi registrada a preferência por órgãos e tecidos jovens, para os quais os efeitos morfológicos induzidos podem ser mais drásticos (Rohfritsch, 1992). Os insetos galhadores parecem exibir controle sob o movimento de assimilados do tecido (Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992), podendo sugar até 70% do carbono total produzido pela planta (Schooven et al., 2005).

Os manguezais são ambientes floristicamente simples, onde dominam espécies pertencentes a

três gêneros: *Rizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia* (Carter, 1988). Apenas indivíduos de *L. racemosa* apresentam parasitismo por insetos galhadores, mais especificamente por insetos da família Cecidomiidae. Figueiredo et al. (2015) encontraram uma grande variabilidade da disposição de galhas em folhas de *L. racemosa* como consequência da heterogeneidade ambiental típica em manguezais. Marin (2015) também encontrou variabilidade no padrão de agregação de galhas em manguezais, fazendo dessa espécie um bom modelo de estudos para avaliar a influência da localização da galha sobre o desempenho da planta hospedeira.

O objetivo do meu trabalho foi avaliar como as galhas afetam a forma da folha em *L. racemosa*. Dado que as galhas, ao induzirem o crescimento anormal do tecido foliar, afetam o desenvolvimento da folha, minha hipótese é que exista uma relação entre a forma da folha e a quantidade e localização das galhas na folha. Minha previsão é que esta relação seja positiva quanto maior a quantidade de galhas e quanto mais distante à nervura central as galhas estejam localizadas.

MATERIAL & METODOS

COLETA DE DADOS

Realizei o estudo em uma região de manguezal na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra de Una (24°32'S, 47°15'O), litoral sul do estado de

São Paulo. Coletei folhas de *L. racemosa* em duas áreas de 400 m². Em cada área, coletei todas as folhas galhadas de cinco indivíduos com altura entre 1,5 e 3 m, sempre que as folhas não apresentassem herbívora nas bordas. Para garantir que todo o gradiente de infestação fosse igualmente considerado, fiz uma sub-amostragem estratificada de todas as folhas coletadas. Separei as folhas em 10 grupos de acordo com a quantidade de galhas: grupos de 1 a 9 galhas por folha e um grupo com mais de 9 galhas por folha. Sorteie seis folhas em cada grupo, exceto para o grupo de mais de 9 galhas por folha, para o qual sorteie 24 folhas.

Para cada folha com galha, contei o número de galhas e determinei a área e o perímetro utilizando o programa Image J. Com isso, determinei a densidade de galhas dividindo o número de galhas pela área foliar. Determinei a distância relativa de cada galha na folha calculando a razão da distância da galha para a nervura central dividido pela distância da nervura central até a borda da folha. Depois determinei a média das distâncias relativas (DRM) para cada folha.

Para calcular o grau de deformação, coletei folhas sem galhas em cada indivíduo da seguinte forma: 1) sorteie cinco galhos com número similar de folhas; 2) sorteie uma folha de cada galho. Obtive um total de 50 folhas sem galhas. Criei um modelo de regressão linear entre o perímetro e a área dessas folhas usando as variáveis em escala logarítmica. Usando os coeficientes da regressão, calculei os perímetros esperados para as áreas de cada folha com galha, i.e., qual seria o perímetro da folha com galha dada sua área em função da relação área-perímetro das folhas sem galhas. A diferença entre o perímetro encontrado e o perímetro esperado de cada folha com galha foi usado como grau de deformidade das folhas com galhas.

ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar o que influencia a deformação das folhas, construí modelos lineares nos quais a variável resposta é o grau de deformidade e as variáveis preditoras são densidade de galhas e distância relativa das galhas em relação à nervura central (DRM). Usei todas as combinações de adição e interação das variáveis preditoras para construir o grupo de modelos candidatos. Selecionei os modelos baseados na máxima verossimilhança utilizando o critério de informação de Akaike corrigido para tamanhos amostrais pequenos (AICc; Burnham & Anderson, 2002 apud Leite et al., 2013). Para as análises, utilizei o ambiente de programação R (versão 2.14.0, R Development Core Team). Considerei como modelos igualmente plausíveis

todos aqueles cuja diferença em relação ao melhor modelo foi até 2.

RESULTADOS

No total, foram contabilizadas 1.101 galhas distribuídas nas 346 folhas. O mínimo de galhas por folhas foi 1 e o máximo 37 (média \pm DP = 5,7 \pm 4,3 galhas/folha). A área média das folhas foi de 27,71 mm² e a densidade média de galhas foi de 0,287 galhas/mm². Em média, a distância das galhas à nervura central foi de 0,5 mm.

Dois modelos foram considerados igualmente plausíveis (Tabela 1). Ambos os modelos incluem a variável distância relativa média da galha à nervura central (DRM). No entanto, a variável densidade de galhas também está presente no segundo melhor modelo (Tabela 1). O modelo que tem só a DRM foi responsável por 50,9% do peso de evidência. Nos dois modelos, o grau de deformação foi negativamente relacionado ao DRM, i.e., maior deformação quando as galhas estavam próximas à nervura central (Figura 1). No segundo melhor modelo, a relação entre o grau de deformação e a densidade de folhas foi positiva.

Tabela 1. Resultados da seleção de modelos candidatos para a relação entre o grau de deformação das folhas e a distância relativa à nervura central (DRM) e a densidade de galhas.

Δ AICc é o delta do critério de informação Akaike e w é o peso explicativo do modelo.

Modelos para deformação	AICc	Δ AICc	w
Deformação ~ DRM	-219,7	0,00	0,509
Deformação ~ Densidade + DRM	-217,9	1,74	0,213
Nulo	-217,0	2,21	0,134
Deformação ~ Densidade * DRM	-215,7	3,91	0,072
Deformação ~ Densidade	-215,7	3,92	0,072

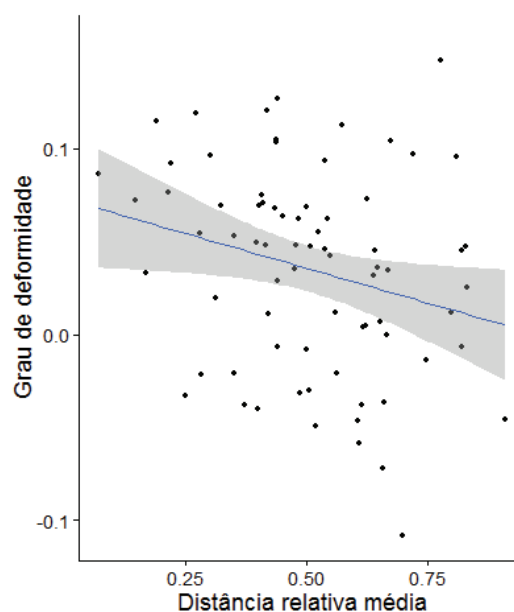


Figura 1. Relação entre a distância relativa da galha à nervura central (DRM) e o grau de deformidade das folhas com galhas. A linha azul representa a regressão linear e área cinza é o intervalo de confiança das estimativas do modelo.

DISCUSSÃO

Os modelos mais plausíveis que explicam a deformação das folhas galhadas incluem a variável distância relativa média das galhas à nervura central. Entretanto, essa relação foi inversa à minha predição, afetando mais a forma da folha quando mais perto à nervura central e não quanto mais perto à borda da folha. Esse resultado inesperado sugere que o efeito morfogênico da galha não é só na escala local. Possivelmente, galhas próximas à nervura central estariam restringindo o fluxo de recursos para a borda das folhas, afetando o desenvolvimento de uma porção maior de tecido foliar.

A pouca capacidade preditiva da densidade de galhas sobre a forma da folha pode ser uma consequência de que um maior grau de infestação não necessariamente implica em uma maior concentração das galhas perto da nervura central. Dessa forma, o efeito encontrado da proximidade da nervura central estaria diluído. Maiores níveis de infestação podem gerar respostas defensivas por parte da planta que podem resultar na formação de tecido foliar necrótico envolta do ovo e, portanto, levar à dessecação do ovo ou o desacoplamento do mesmo da folha (Hilker & Meiners, 2002). Esse processo impede o desenvolvimento das galhas sobre a morfogêneses (Rohfritsch, 1992) e, portanto, o efeito das mesmas sobre as folhas. Concluo que os efeitos do parasitismo da galha afetam negativamente as plantas ao deformar folhas e possivelmente diminuir a área foliar ou dificultando a distribuição de nutrientes na folha.

REFERÊNCIAS

- Begon, M. 2009. Ecological epidemiology, pp. 220-226. Em: *The Princeton guide to ecology* (S. Levin, ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- Cassano, C.R.; M.T. Cezerin.; R.S. Bovendorp & A.P. Aguiar. 2009. Seleção de locais de oviposição por insetos galhadores em folhas de marmeleiro *Dalbergia ecastophyllum* (Fabaceae). Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.A. Oliveira, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Carter, R.W.G. 1988. Coastal environments an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press, London.
- Cavalheri, H.B.; A.S. Lima, D. Zanelato; G. Oliveira & P. Condé. 2010. Assimetria foliar como resposta à infestação por galhas. Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Daly, H.V.; J.T. Doyen & A.H. Purcell. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford University Press, Oxford.
- Dreger-Jauffret, F. & J.D. Shorthouse. 1992. Diversity of Gall-Inducing Insects and their Galls, pp. 8-33. Em: *Biology of insect-induced galls* (J.D. Shorthouse & O. Rohfritsch, eds.). Oxford University Press, Oxford.
- González Chaves, A.D.; G.P. Murayama; L.P. de Medeiros & S. Plasier. 2015. A infestação por galhas tem um efeito na assimetria foliar de *Dalbergia ecastophyllum* (Fabaceae)? Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.M.Z. Martini, eds.) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Hilker, M. & T. Meiners. 2002. Induction of plant responses to oviposition and feeding by herbivorous arthropods: a comparison. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104: 181-192.
- Loiola, M.; A.M. Nievas; D.R. Nascimento; G. Oliveira & P.A. Bogiani. 2010. Oviposição preferencial de insetos galhadores em *Dalbergia ecastophyllum* (Fabaceae). Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Miranda, M.L. 2010. Modelos mecânicos de fluxo de nutrientes explicam a distribuição de galhas sobre a superfície foliar de *Dalbergia ecastophyllum* (Fabaceae)? Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica” (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rohfritsch, O. 1992. Patterns in gall development, pp. 60-86. Em: *Biology of insect-induced galls* (J.D. Shorthouse & O. Rohfritsch, eds.). Oxford University Press, Oxford.
- Schick, K.N. & D.L. Dahlsten. 2003. Gallmaking and insects, pp 464-466. Em: *Encyclopedia of insects* (V.H. Resh & R.T. Cardé, eds.). Academic Press, USA.
- Schoonhoven, L.M.; J.J.A. van Loon & M. Dick. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Oxford.