



# A exposição solar das folhas influencia a mortalidade de larvas de insetos galhadores?

Camila de Rezende Barreto

**RESUMO:** Fêmeas de insetos galhadores escolhem seu sítio de oviposição sobre a folha. A sobrevivência das larvas depende, dentre outros fatores, da temperatura a que estão submetidas. Analisei como a escolha do sítio de oviposição influencia o sucesso reprodutivo de insetos galhadores. Esperei encontrar um menor sucesso reprodutivo nas folhas mais expostas ao sol. Adotei como sistema de estudo larvas de insetos galhadores em folhas de *Avicennia schaueriana*. Avaliei as larvas das galhas localizadas na região próxima à nervura da folha (região foliar mais quente) e comparei as taxas de mortalidade entre folhas mais e menos expostas à radiação solar. A mortalidade das larvas nas folhas não é influenciada pelo estrato no qual as folhas se encontram. A estação do ano pode estar interferindo nas taxas de mortalidade e, nas folhas mais expostas ao sol, pode haver maior mortalidade das larvas nos estágios iniciais do desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diptera, interação antagonísticas, mangue, oviposição, seleção de habitat, sucesso reprodutivo

## INTRODUÇÃO

Plantas e insetos se relacionam por interações complexas (Schoonhoven, *et.al.*, 2005). As interações inseto-planta podem ocorrer de forma que ambos os organismos envolvidos se beneficiem da interação, ou ocorrer resultando algum tipo de prejuízo a pelo menos um dos envolvidos, dependendo da interação estabelecida e do organismo (Bronstein, 1994). Nas interações de mutualismo, os organismos envolvidos exploram um ao outro e o ganho líquido para ambas as partes no final é positivo. Já nas interações antagonísticas, pelo menos um dos organismos envolvidos obtém um resultado líquido negativo.. Um mesmo tipo de interação (mutualística ou antagonística) pode ser de baixa intimidade, na qual os organismos são de vida livre e não apresentam interações biológicas efetivas, ou de alta intimidade, na qual os organismos apresentam estreita associação morfológica, fisiológica e/ou comportamental. Em interações de antagonismo de alta intimidade, os insetos podem obter, além da alimentação, benefícios como proteção contra predadores e contra condições ambientais adversas (*e.g.*, altas temperaturas que podem causar dessecação).

A interação entre larvas de insetos galhadores e folhas de plantas é um exemplo de interação antagonística de alta intimidade. As fêmeas de insetos galhadores ovipõem sobre a folha da planta, e a

larva, ao se alimentar do tecido da folha, induz a proliferação do tecido vegetal, formando uma estrutura chamada galha (Shorthouse & Rohfritsch, 1992). Dentro da galha, a larva se alimenta, obtém proteção contra predadores (Schoonhoven *et. al.*, 2005) e se protege também de condições ambientais adversas de temperatura e umidade. A fêmea de espécies galhadoras escolhe seu sítio de oviposição sobre a folha, selecionando o micro-habitat mais adequado para o desenvolvimento e sucesso de sua prole (Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992; Figueiredo *et al.* 2015).

Em geral, os insetos galhadores são sensíveis a variações de temperatura (Chapman, 1998) e, por isso, a condição térmica pode ser determinante na escolha do seu sítio de oviposição. Próximo à nervura central da folha, a disponibilidade de recurso alimentar e a temperatura são mais altas, e diminuem conforme se aproximam da borda da folha (Bernays & Chapman, 1994). A temperatura também aumenta à medida que as folhas ficam mais expostas à radiação solar, ou seja, a temperatura é maior no estrato vertical superior da planta e menor no estrato vertical inferior (região sombreada). Segundo Rojas *et. al.* (2016), no estrato superior as galhas ficam mais afastadas da nervura central que no estrato inferior devido à maior temperatura alcançada pela radiação solar.

Neste trabalho busquei entender como a escolha do sítio de oviposição influencia o sucesso reprodutivo de insetos galhadores. Dado que as fêmeas de insetos galhadores escolhem seu sítio de oviposição, que insetos galhadores são sensíveis à variação de temperatura e que no estrato vertical superior das árvores, a formação das galhas tende a se afastar da nervura central, espero encontrar um menor sucesso reprodutivo de insetos galhadores nas folhas do estrato mais exposto ao sol.

## MATERIAL & MÉTODOS

### Área de estudo e coleta de dados

Realizei este estudo em uma área de manguezal dentro da Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA-CIP), no litoral sul do estado de São Paulo, em Julho de 2016. Adotei como sistema de estudo galhas formadas por insetos da família Cecidomyiidae (Diptera: Nematocera) em folhas de *Avicennia schaueriana* (mangue-preto).

Andei ao longo de um transecto de 50 m e incluí na minha população estatística todos os indivíduos de *A. schaueriana* que se encontravam a 10 m de cada lado do transecto. Para cada indivíduo, coletei todas as folhas que apresentavam galhas perto da nervura central. Optei por não coletar folhas que estivessem com seis ou mais galhas em toda a área foliar, porque assumi que as larvas poderiam competir por recurso e influenciar na mortalidade umas das outras (Hess *et. al.*, 1996). Para avaliar a mortalidade diferencial entre folhas mais ou menos expostas à radiação solar, coletei folhas no estrato vertical superior (com maior incidência de luz) e no estrato vertical inferior (com menor incidência de luz), em cada árvore.

Após a coleta, selecionei apenas as folhas que apresentassem até duas galhas dentro e até três galhas fora de uma área que denominei quadrante central. Para delimitar o quadrante central na folha, dividi o comprimento da folha ( $l$ ) em quatro e considerei os dois quartos centrais para o comprimento do quadrante central ( $h/2$ ). Para delimitar a largura do quadrante central, considerei apenas a metade da largura próxima à nervura central ( $l_1/2 + l_2/2$ ) de cada lado do limbo da folha ( $e$ ). (Figura 1). Quando havia mais de uma galha dentro do quadrante central, sorteei apenas uma. Para avaliar a taxa de mortalidade de larvas, considerei apenas galhas num estágio de desenvolvimento avançado (Figura 2). Utilizei esse critério para aumentar a detecção da larva, viva ou morta, dentro da galha.

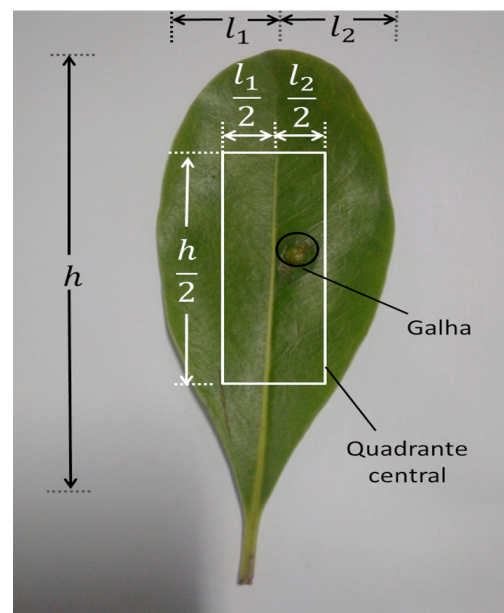


Figura 1. Delimitação do quadrante central na folha de *Avicennia schaueriana*.  $l$  = comprimento da folha;  $h$  = largura do lado esquerdo do limbo da folha;  $e$  = largura do lado direito do limbo da folha. O círculo evidencia uma galha dentro do quadrante central.

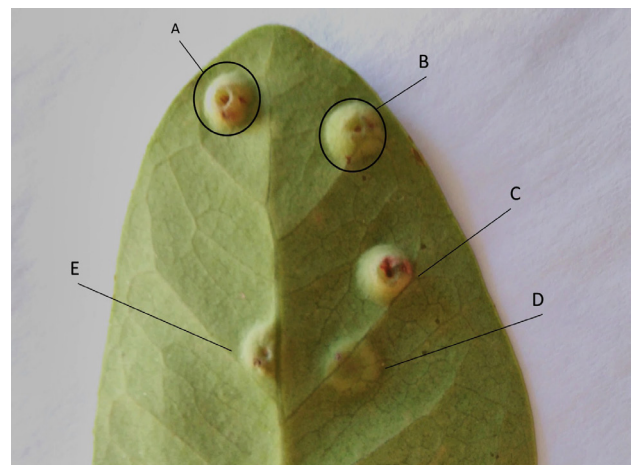


Figura 2. Diferentes estágios de desenvolvimento de galhas em folhas de *Avicennia schaueriana*. Galhas A, B e C representam estágios avançados de desenvolvimento da larva. Galhas D e E representam estágios iniciais de desenvolvimento. Foram analisadas apenas larvas nos estágios avançados A, B e C.

Abri cada uma das galhas e verifiquei se havia larva viva ou morta para calcular a taxa de mortalidade do quadrante central para cada estrato. Observei quatro tipos morfológicos de galha para classificar a larva como viva ou morta. Considerei como evidências de sobrevivência as galhas que apresentavam evidência de eclosão (abertura da galha, geralmente na superfície adaxial da folha, de cor amarronzada) e as galhas fechadas nas quais

encontrei a larva viva. Considerei como evidência de mortalidade as galhas fechadas nas quais não encontrei larva e as galhas fechadas nas quais constatei a presença da larva morta.

### Análise dos dados

Para testar minha hipótese, elaborei uma tabela com os dados da condição da larva (mortalidade ou sobrevivência) e os dados do estrato (superior ou inferior) para cada uma das folhas. Calculei a taxa de mortalidade por estrato. Adotei como minha variável preditora os estratos verticais e como minha variável resposta a taxa de mortalidade de cada estrato. A estatística de interesse foi a diferença entre as taxas de mortalidade do estrato superior e do estrato inferior.

Realizei um teste de significância considerando o cenário nulo, em que a taxa de mortalidade no estrato superior não seria diferente da taxa de mortalidade do estrato inferior (10.000 permutações,  $\alpha = 0,05$ ). Para isso, aleatorizei os dados da coluna referente ao estrato da árvore. Utilizei o ambiente de programação R.3.1.3 (R Development Core Team, 2015) para realizar as análises estatísticas. Minha previsão era encontrar uma taxa de mortalidade de larvas maior no quadrante central das folhas do estrato superior.

## RESULTADOS

A diferença entre a taxa de mortalidade no estrato superior e a taxa de mortalidade do estrato inferior foi de -0,115 (Tabela 1). Logo, a taxa de mortalidade no estrato superior foi maior que no estrato inferior. A probabilidade de ocorrência do cenário nulo foi maior que 5% ( $p = 0,89$ ). Assim, o resultado da minha análise não fornece evidências que me façam refutar o cenário nulo de que a taxa de mortalidade nas folhas de *A. schuaeriana* não é influenciada pelas condições de maior ou menor exposição solar.

Tabela 1. Frequência de galhas vivas e mortas observadas para cada estrato

Estrato	Nº de larvas vivas	Nº de larvas mortas	Taxa de mortalidade
Superior	20	6	0,230
Inferior	17	9	0,346

## DISCUSSÃO

Neste estudo avaliei se no estrato superior há maior taxa de mortalidade das larvas de galhadores localizadas no quadrante central de folhas de *Avicennia schaueriana*. Encontrei que a exposição solar à qual as folhas estão submetidas não influencia a taxa de mortalidade das larvas das galhas localizadas na região central da folha. Dessa forma, refuto minha hipótese de que a mortalidade das larvas é maior no estrato superior. Pelo menos três explicações não mutuamente exclusivas existem para esses resultados.

Primeiro, este resultado pode estar relacionado às baixas temperaturas no inverno na área de estudo. Lima *et. al.* (2009) relataram morte de pupas de Diptera a partir de 32°C. Realizei a coleta no mês de julho, quando a média da temperatura na região de Peruíbe cai para valores entre 14 e 16°C (Tarifa, 2004) e dificilmente atinge os 32°C. Portanto, apesar da temperatura na região central das folhas do estrato superior ser maior do que daquelas do estrato inferior, é possível que no inverno a temperatura não seja alta o suficiente para levar as larvas a óbito. Em contrapartida, a temperatura na área de estudo nos meses mais quentes do ano chega a atingir 40°C. Portanto, no verão, é possível que a taxa de mortalidade das larvas no estrato superior seja maior que no estrato inferior.

Outra possível explicação é que, mesmo que picos de temperatura no inverno superem os 32°C, a mortalidade pela temperatura nas folhas do estrato superior pode estar ocorrendo antes mesmo da larva eclodir do ovo ou nos estágios iniciais de desenvolvimento da larva. Portanto, a pressão de seleção da temperatura seria maior nos estágios iniciais de desenvolvimento. Nesse caso, a população amostrada deve apresentar indivíduos com maior resistência a altas temperaturas. Como amostréi galhas em estágios de desenvolvimento mais avançados, e que seriam mais resistentes a temperaturas mais elevadas, não pude detectar diferença de mortalidade entre os estratos.

Por fim, a hipótese de crescimento-lento-mortalidade-alta prevê que insetos herbívoros que gastam mais tempo no desenvolvimento do estágio juvenil estão mais susceptíveis ao ataque de inimigos naturais nessa fase da vida (Haggstrom & Larsson, 1995). Lima *et. al.* (2009) observaram um aumento da velocidade de desenvolvimento e crescimento de larvas de uma espécie de Diptera com o aumento da temperatura. Quando a temperatura aumentou



de 15° C para 32°C, o tempo de desenvolvimento ovo-adulto diminuiu de 41 para 13 dias. A temperatura das folhas de *A. schaueriana* no estrato superior da árvore é maior, podendo acelerar o desenvolvimento das larvas e fazendo com que elas fiquem menos susceptíveis a parasitoides quando comparadas às larvas do estrato inferior. Dessa forma, a mortalidade causada por parasitoides no estrato inferior estaria compensando a mortalidade causada pela temperatura no estrato superior, o que poderia explicar a não detecção de diferenças no sucesso reprodutivo de insetos galhadores que colocam seus ovos nesses diferentes estratos.

Neste estudo, mostrei que a mortalidade das larvas nas folhas de *A. schaueriana* não é influenciada pelo estrato no qual as folhas se encontram. Sugerir que esse resultado pode ser consequência de (i) limitações climática, com o limiar crítico de temperatura que causa mortalidade não sendo atingido na época em que o estudo foi realizado, (ii) de limitações do experimento, que pode ter sido incapaz de detectar a mortalidade diferencial caso ela ocorra no período anterior à formação da galha e (iii) da existência de fatores de mortalidade prevalentes nos estratos inferiores, tais como ataques por parasitoides. Adicionalmente, uma outra possibilidade que não pode ser excluída é a baixa incidência de mortalidade, com altas temperaturas apenas influenciando negativamente o desenvolvimento larval sem matar o indivíduo. Futuros estudos podem verificar a diferença de mortalidade entre os estratos no verão, quando a temperatura ultrapassa os 32°C e avaliar a diferença entre os estratos quanto à presença de parasitoides.

## REFERÊNCIAS

- Bernays, E. A. & R. F. Chapman. 1994. *Host-plant selection by phytophagous insects*. Chapman & Hall, New York.
- Bronstein, J.L. 1994. Conditional outcomes in mutualistic interactions. *Tree*, 9:215-217.
- Chapman, R. F. 1998. *The insects: structure and function*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Drager-Jauffret, F. & J.D. Shorthouse. 1992. Diversity of gall-inducing insects and their galls. Em: *Biology of insect-induced galls* (J.D. Shorthouse & O. Rohfritsch, eds.). Oxford University Press, Oxford.
- Figueiredo, A.; Mori, D.; Marin, G. & L. Novara. 2015. Seleção de sítios de oviposição por insetos galhadores em folhas de plantas halófitas de manguezal. *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.
- Håggstrom, H. & S. Larsson. 1995. Slow larval growth on a suboptimal willow results in high predation mortality in the leaf beetle *Galerucella lineola*. *Oecologia*, 104:308-315.
- Hess, M.D.; W.G. Abrahamson & J.M. Brown. 1996. Intraspecific competition in the goldenrod ball-gallmaker (Eurostasolidaginis): larval mortality, adult fitness, ovipositional and host-plant response. *The American Midland Naturalist*, 136:121-133.
- Lima, T.C.C.; L.D. Geremias & J.R.P. Parra. 2009. Efeito da temperatura e umidade relativa de *Liriomyza sativae* Vlachard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*. *Neotropical Entomology*, 38:727-733.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna.
- Rojas, A.; C.R. Barreto; K.C.T. Dufner & M.F. Rodrigues. 2016. Exposição solar altera a escolha de sítio de oviposição por galhadores. *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.
- Schoonhoven, L.M.; J.J.A. van Loon & M. Dick. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Shorthouse, J.D. & O. Rohfritsch. 1992. *Biology of insect-induced galls*. Oxford University Press, Princeton.
- Tarifa, J.R. 2004. Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatins, pp. 42-50. Em: *Estação ecológica Juréia-Itatins* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds). Holos, Ribeirão Preto.