



Influência da salinidade na seleção de sítios de oviposição por um inseto galhador em uma planta de manguezal

Gabriela de Lima Marin

RESUMO: Insetos galhadores devem selecionar sítios para oviposição de acordo com a qualidade da folha. Essa qualidade varia dentro da folha, entre folhas da planta e entre ambientes com diferentes condições ambientais. Considerando que maior salinidade diminui a qualidade da folha, o objetivo deste trabalho foi avaliar se, em ambientes com maior salinidade, as fêmeas ovipõem somente na região central da folha e procuram a próxima folha para ovipor. Foi medida a distância relativa das galhas à nervura central das folhas e a variância no número de galhas por folha de *Laguncularia racemosa* em dois ambientes, com maior e menor salinidade. No ambiente mais salino, as galhas estavam agrupadas na borda da folha e a variação no número de galhas por folha foi maior. A salinidade da folha pode determinar o melhor sítio de oviposição e impor uma vantagem da oviposição em folhas que já tenham galhas.

PALAVRAS-CHAVE: concentração de sal, galhas, *Laguncularia*, seleção de habitat.

INTRODUÇÃO

A qualidade do local onde o indivíduo vive logo após o nascimento pode ser determinante para seu desenvolvimento (Stamps, 2009). Em diversos grupos animais há uma seleção de habitat específico para reprodução e cuidado à prole. Algumas espécies não têm uma preferência tão definida de local para reprodução, mas outras espécies têm sítios muito específicos e a seleção desses locais é muito importante. A seleção de sítio de oviposição pelos indivíduos parentais, que é um tipo de seleção de habitat para reprodução, é, portanto, um fator importante para a sobrevivência da prole (Stamps, 2009). Para insetos galhadores, a seleção de sítio de oviposição é especialmente importante. Os indivíduos de espécies de insetos galhadores geralmente colocam ovos em uma espécie de planta específica e os ovos ou larvas após a eclosão estimulam a produção de tecido vegetal no entorno. Esse tecido produzido pela planta em resposta à presença do organismo é a galha, que servirá de recurso para a larva após o nascimento (Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992). Insetos que ovipõem nas folhas, devem preferir folhas de alta qualidade e, dentro dessas folhas, regiões próximas à nervura central, pois nestas regiões a qualidade do tecido vegetal deve ser mais alta ou então pode haver um maior fluxo de nutrientes (Schoonhoven et al., 2005; Cassano et al., 2009; Miranda, 2010; Figueiredo et al., 2015). Após a ocupação da região próxima à nervura central em folhas de alta qualidade, as fêmeas devem continuar na mesma folha e ovipor na região distante da nervura, pois a qualidade da

folha é alta. Em ambientes de baixa qualidade, as fêmeas também devem ovipor primeiro próximo à nervura central, no entanto, não devem continuar ovipondo na mesma folha, mas sim voar para a próxima folha (Figueiredo et al., 2015).

Diferentes condições ambientais afetam o estado fisiológico das plantas nas quais os galhadores ovipõem. Essas condições ambientais podem, portanto, alterar a qualidade do recurso disponível na folha para os insetos galhadores. Um exemplo de condição ambiental que pode alterar a qualidade do recurso disponível é a concentração de sal no solo (Schulze et al., 2002). Um ambiente com alta concentração e variação na concentração de sal é o manguezal (Lüttge, 1997), onde vivem plantas capazes de lidar com altas concentrações de sal, as halófitas. Uma estratégia de plantas de manguezal para tolerar sal envolve a produção de compostos carbônicos, que podem chegar até 10% do peso total da planta (Taiz & Zeiger, 2006). Essa produção pode ter um alto custo e refletir em menor investimento no tecido foliar como um todo.

Laguncularia racemosa é uma espécie halófito, típica de manguezal (Lüttge, 1997). Essa planta é hospedeira de um inseto galhador que pertence à família Cecidomyiidae, que é composta geralmente de organismos diminutos e delicados (Borror, 1988). Assim, o custo da busca (e.g. risco de predação, possibilidade de encontrar uma folha de pior qualidade) por uma nova folha é provavelmente muito alto para os organismos desse grupo.

Considerando as características do grupo ao qual o inseto galhador associado a *L. racemosa* pertence e as consequências da adaptação ao ambiente salino desta planta, os objetivos do trabalho foram (1) avaliar se há a preferência pela região próxima da nervura central da folha, (2) avaliar se esta preferência é mais acentuada em ambientes mais salinos e (3) avaliar se as fêmeas distribuem seus ovos de forma mais dispersa entre as folhas no ambiente de baixa qualidade e de forma mais concentrada no ambiente de alta qualidade.

MATERIAL & MÉTODOS

COLETA DE DADOS

O estudo foi realizado em uma área de manguezal na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una, Peruíbe, estado de São Paulo. Essa área está localizada na desembocadura do rio Una com o mar e possui um gradiente de salinidade, no qual o ambiente é mais salino próximo à desembocadura. Foram escolhidas duas áreas para representar esse gradiente, sendo uma mais próxima e outra mais distante do mar. Em cada área, foram coletadas todas as folhas galhadas de cinco indivíduos de *L. racemosa*. Foram sorteadas 89 folhas que contemplassem a variação do número de galhas por folha. A menor distância de cada galha até a nervura central da folha e a largura da folha na altura de cada galha foram medidas para todas as galhas dessas folhas. Foi calculada a distância relativa (distância da galha até a nervura/metade da largura da folha na altura da galha) de cada galha até a nervura central da folha.

Em uma segunda coleta, foi realizada uma busca por indivíduos de *L. racemosa* em áreas contínuas às da primeira coleta e, para cada indivíduo encontrado (sete na área próxima ao mar e quatro na área distante), foram sorteados dois ramos e contabilizado o número de folhas galhadas e número total de folhas no ramo. Este procedimento foi realizado para poder estimar a porcentagem de folhas sem galhas nos dois ambientes.

ANÁLISE DE DADOS

Preferência dentro da folha

Para testar em qual região da folha os insetos galhadores da planta *L. racemosa* preferem ovipor, a análise foi realizada para cada ambiente (próximo e distante do mar) em separado. A curva de acúmulo do número de galhas para cada distância relativa desde a nervura até a borda da folha foi calculada e comparada com uma curva de acúmulo proveniente de uma distribuição uniforme,

i.e., um cenário no qual o acúmulo é diretamente proporcional à distância da nervura central. Para a realização da comparação entre os dois padrões de acúmulo, foi calculada a distância máxima entre os padrões de acúmulo. Essa distância foi considerada a estatística de interesse. O cenário de acúmulo uniforme foi gerado associando valores aleatórios entre 0 e 1 para cada galha 1.000 vezes e recalculando a máxima distância. Espera-se que, para os dois ambientes, a distância máxima entre as curvas seja maior do que zero, ou seja, que o acúmulo de galhas seja mais rápido nas menores distâncias relativas e se aproxime de zero nas maiores distâncias relativas. No entanto, é esperado também que esse padrão de acumulação seja mais acentuado no ambiente próximo ao mar, no qual as folhas têm baixa qualidade.

PREFERÊNCIA ENTRE FOLHAS

Considerando que no ambiente próximo ao mar as fêmeas devem ovipor próximo à nervura central e sair em busca de uma nova folha, foi calculada a variância do número de galhas por folhas para cada ambiente, incluindo o número estimado de folhas sem galhas. A diferença entre essas variâncias foi a estatística de interesse. Foi gerado um cenário nulo a partir de 1.000 permutações do número de galhas por folha entre os dois ambientes seguidas do cálculo da diferença das variâncias. A proporção (p) de vezes que a diferença das variâncias foi maior do que a diferença observada foi calculada. Se $p < 0,05$, o cenário nulo foi rejeitado. A partir do mecanismo descrito, espera-se que, no ambiente distante do mar, com folhas de alta qualidade, sejam observadas algumas folhas com muitas galhas e outras com pouca ou nenhuma galha, ou seja, maior variância do número de galhas entre folhas. No ambiente próximo ao mar, com folhas de baixa qualidade, espera-se encontrar muitas folhas com algumas galhas, ou seja, menor variância do número de galhas entre as folhas.

RESULTADOS

A distância relativa média das galhas foi 0,46 no ambiente próximo ao mar e 0,49 no ambiente distante do mar. A acumulação do número de galhas no ambiente próximo ao mar foi mais rápida do que o esperado a partir de uma distribuição uniforme (distância máxima = 25,65; $p = 0,002$). Na Figura 1, observa-se que o acúmulo maior do que o esperado ocorre a partir da distância relativa 0,6, com um pico em 0,8. Para o ambiente distante do mar, o acúmulo do número de galhas ao longo da distância relativa não foi mais rápido do que o esperado a partir de uma distribuição uniforme (13,91; $p =$

0,109; Figura 1).

Para a análise de variação do número de galhas entre folhas em cada ambiente, não foi encontrado que a variância do número de galhas no ambiente distante do mar (máx = 17, mín = 0, média = 0,12, desvio padrão = 1,04) é maior do que no ambiente próximo ao mar (máx = 29, mín = 0, média = 0,32, desvio padrão = 1,85) ($p = 1$). A porcentagem de folhas com galhas foi 4,9% no ambiente distante do mar e 13,1% no ambiente próximo ao mar.

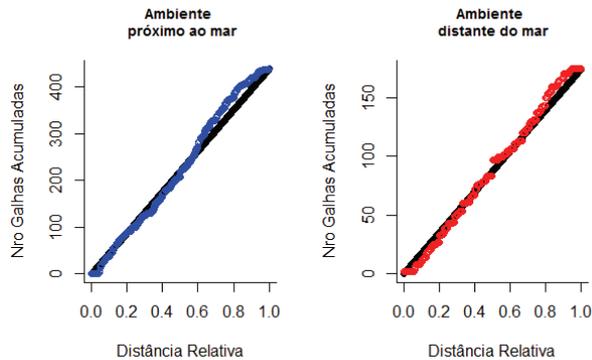


Figura 1. Acúmulo do número de galhas em relação à distância relativa da nervura central até a borda da folha encontrada (a) no ambiente próximo ao mar e (b) no ambiente distante do mar para *Laguncularia racemosa* em manguezal. Em preto, estão os pontos esperados caso a distribuição ao longo da distância relativa da nervura central fosse uniforme e, em azul e vermelho, os valores observados para cada ambiente.

DISCUSSÃO

O resultado da seleção de sítio de oviposição dentro das folhas não corrobora a hipótese de que a oviposição é feita preferencialmente próxima à nervura central. Ao contrário do esperado para o ambiente próximo ao mar, cujas folhas possivelmente têm baixa qualidade para o inseto galhador, foi encontrada oviposição preferencial nas porções mais distantes da folha. Em relação à seleção entre folhas para oviposição, a concentração de galhas em poucas folhas não foi maior no ambiente distante do mar, com alta qualidade. Ao contrário do esperado, existe evidência de que a concentração do número de galhas entre folhas é maior no ambiente próximo ao mar.

A distribuição das galhas dentro da folha no ambiente mais salino é contrária à distribuição encontrada em outras espécies (Cassano et al., 2009), sendo que a concentração de sal pode ser o fator determinante dessa diferença, alterando a região preferida da folha. Além de compostos carbônicos típicos, *L. racemosa* possui glândulas excretoras de sal para lidar com o excesso de sal (Kozłowski, 1997). Para chegar até os vacúolos das células excretoras da folha, o sal passa pela nervura cen-

tral e possivelmente se espalha pelas regiões mais próximas à nervura central. Essa característica pode, portanto, criar um gradiente de salinidade dentro da folha, com as porções mais distantes da nervura apresentando menos sal. Assim, nessas plantas, a região mais distante da nervura central seria a região com menor quantidade de sal e de melhor qualidade para a larva do inseto galhador.

Larvas de galhas geralmente induzem o desvio do fluxo de nutrientes e o tecido das galhas funciona como uma bomba de sucção (Schoonhoven et al., 2005). Considerando que a concentração do número de galhas por folhas é maior no ambiente de baixa qualidade e que a disposição das galhas é distante da nervura central, a oviposição agrupada de galhas na periferia de poucas folhas poderia ser uma estratégia para aumentar a quantidade de nutrientes desviada para a região, superando a barreira osmótica imposta pelo sal. O agrupamento de indivíduos aumentaria o poder do dreno e uma maior quantidade de nutrientes chegaria para cada galha. Assim, os benefícios de ovipor em locais que já têm outras galhas superariam eventuais custos relacionados, por exemplo, à maior competição por recursos ou aumento no ataque de possíveis inimigos naturais que poderiam ser atraídos por agregações de galhas. No ambiente de melhor qualidade, o gradiente de salinidade na folha não seria tão acentuado e, portanto, os benefícios de ovipor próximo a outras galhas não superaria os riscos de parasitoides ou predadores.

Portanto, no ambiente em que as folhas são de baixa qualidade por possuírem alta concentração de sal, as fêmeas preferem ovipor de forma concentrada em poucas folhas e distantes da nervura central. No ambiente de alta qualidade, onde a concentração de sal na folha não é um fator limitante, elas ovipõem de forma mais dispersa entre folhas e ao longo de toda a folha. Assim, a salinidade e possivelmente outros fatores estressantes podem afetar a escolha de sítios de oviposição tanto dentro de folhas quanto entre folhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente ao Diogo, Paulo e Glauco por todas as orientações, à Paula Giroldo, ao Thiago e duplamente ao Adrian, que coletaram parte dos dados deste trabalho, à Adriana por todas as sugestões durante a revisão, e também, aos meus amigos e companheiros de grupos que me ensinaram muitas coisas ao longo do curso.

REFERÊNCIAS

- Borror, D.J. & M.D. DeLong. 1988. Introdução ao estudo dos insetos. Editora Edgar Blücher, São Paulo.
- Cassano, R.C.; M.T. Cerezin; 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.
- Dreger-Jauffret, F. & J.D. Shorthouse. 1992. Diversity of gall-inducing insects and their galls. Biology of insect-induced galls. Oxford University Press, Oxford.
- Figueiredo, A.; D. Mori; G. Marin & L. Novara. 2015. Seleção de sítios de oviposição por insetos galhadores em folhas de plantas halófitas de manguezal. 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.
- Kozłowski, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph*, 1:1-29.
- Lüttge, U. 1997. Physiological ecology of tropical plants. Springer, Berlin.
- 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.M.Z. Martini, eds.) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Schoonhoven, L.M.; J.J.A. van Loon & M. Dicke. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Schulze, E.D.; E. Beck, & K. Müller-Hohenstein. 2002. *Plant ecology*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Stamps, J. 2009. *The Princeton guide to ecology*. Princeton University Press, Princeton.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2006. *Fisiologia vegetal*. Editora Artmed, Porto Alegre.