



Há relação entre a qualidade do sítio das galhas e sua distância à nervura central de folhas?

Paula Zaterka Giroldo

RESUMO: Galhas são alterações no padrão de crescimento normal de uma planta em resposta ao ataque de um parasita. A sobrevivência do parasita depende da qualidade de seu sítio, que varia em função da quantidade de recurso disponível. Analisei a relação entre a qualidade do sítio da galha e sua distância à nervura central em 60 folhas de *Laguncularia racemosa* em duas regiões de mangue, mais e menos salina. Não encontrei relação entre a qualidade do sítio da galha e sua proximidade à nervura central em nenhum ambiente. É possível que a nervura central, além de transportar nutrientes à galha, também transporte compostos prejudiciais ao inseto galhador, diminuindo a qualidade de seu sítio. Concluo que a qualidade do sítio da galha não depende da distância à nervura central, mas sim de uma localização na folha que garanta a maior relação custo-benefício ao parasita.

PALAVRAS-CHAVE: Cecidomyiidae, *Laguncularia racemosa*, mangue, relação custo-benefício.

INTRODUÇÃO

Interações entre organismos galhadores e plantas são um tipo de parasitismo especializado (Daly et al., 1998), no qual há uma alteração no padrão de crescimento normal do vegetal, induzido pela presença ou atividade do parasita (Blosch, 1965 apud Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992). O consumo de tecido vegetal pelo parasita ativa o processo de formação da galha (cecidogênese) com alterações fisiológicas, citológicas e bioquímicas na planta parasitada (Shorthouse & Rohfritsch, 1992). A localização de uma galha no tecido vegetal é oriunda da seleção do sítio de oviposição pela fêmea ou pela larva recém eclodida (Dreger-Jauffret & Shorthouse, 1992). Regiões da folha com abundância de recursos viabilizam o crescimento e diferenciação das células da planta e, conseqüentemente, o desenvolvimento da galha (Bronner, 1992; Jolivet, 1998; Schoonhoven et al., 2005). Nesse sentido, é esperado que a escolha de sítios pelo galhador esteja associada a regiões da folha com maior fluxo de nutrientes como, por exemplo, as porções adjacentes à nervura central. A qualidade do sítio da galha depende do aporte dos nutrientes à folha, que por sua vez depende diretamente da alocação de recursos dentro do indivíduo. Assim sendo, a qualidade do sítio da galha está relacionada a dois níveis diferentes de aporte de nutrientes, para a folha e para a planta. O manguezal é um ambiente cuja heterogeneidade pode resultar em alocação diferencial de recursos dentro da planta. O manguezal apresenta um gradiente de salini-

dade em relação à distância do mar e as espécies que ocorrem neste ambiente possuem estratégias para lidar com a salinidade (Lüttge, 1997). Essas estratégias geralmente demandam alto gasto energético, de modo que plantas em ambientes mais salinos gastam mais energia do que plantas em ambientes menos salinos. A alocação de recursos para suprir o custo energético proveniente da resistência ao sal pode resultar em diminuição da disponibilidade de nutrientes nas folhas da planta.

Utilizei como modelo de estudo galhas induzidas por um inseto da família Cecidomyiidae (Diptera: Nematocera) presentes em folhas de uma espécie de mangue, *Laguncularia racemosa*. Busquei compreender qual a relação entre a qualidade do sítio da galha e sua distância à nervura central das folhas em duas regiões de mangue com condições distintas, uma mais salina e outra menos salina. Pressupondo que plantas de ambientes mais salinos têm menor disponibilidade de recursos nas folhas e, considerando que a qualidade do sítio da galha é determinada pelo recurso disponível em uma folha, minha hipótese é que a relação entre qualidade do sítio da galha e distância à nervura será decrescente no ambiente mais salino. Adicionalmente, minha hipótese para o ambiente menos salino é que não existirá relação entre as duas variáveis ou que esta relação também será decrescente, porém menos acentuada do que o esperado no ambiente mais salino.

MATERIAL & MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE DADOS

Conduzi o presente estudo na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una (24°32'S; 47°15'O), localizada no município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo. As áreas de coleta estão situadas em um estuário e, com base no gradiente de salinidade, selecionei duas áreas de coleta de aproximadamente 400 m², uma próxima ao mar e uma distante do mar. Coletei todas as folhas galhadas dos primeiros cinco indivíduos de *L. racemosa* encontrados em cada área. Sorteiei 30 folhas de cada ambiente para avaliar a qualidade do sítio da galha em relação à distância da nervura central, garantindo que todos os indivíduos fossem contemplados neste sorteio. Utilizei como critério de inclusão no sorteio apenas folhas que tinham de 1 a 3 galhas, para isolar possíveis efeitos de competição por recurso entre galhas de uma mesma folha.

Realizei uma análise prévia da morfologia de aproximadamente 150 galhas para obter um indicador da qualidade do sítio. Observei quatro tipos morfológicos de galhas e os associei à qualidade de seu sítio (Tabela 1). Os tipos A e D são constatações diretas da morte ou sobrevivência da larva, respectivamente. Os tipos B e C são incertos quanto à sobrevivência da larva. Optei por adotar uma postura conservadora e considerei que galhas sem evidência de larva eram inviáveis. Dada a constatação de galhas com larvas saudáveis (C), optei por associá-las ao grupo relacionado à sobrevivência da larva.

Tabela 1. Associação entre tipos morfológicos de galha e categorias de qualidade do sítio da galha de cecidomídeos encontrados em folhas de *Laguncularia racemosa*.

Tipo morfológico	Descrição	Qualidade do sítio
A	Galhas com aborto	Baixa
B	Galhas sem evidência de larva	Baixa
C	Galhas com larva saudável	Alta
D	Galhas com evidência de emergência do adulto	Alta

Medi com um paquímetro eletrônico a largura máxima de cada folha e a distância de cada galha até a nervura central para todas as folhas sorteadas. Calculei para cada galha a distância relativa à nervura central (DRNC), obtida pela razão entre a distância à nervura central e a largura máxima da folha. Categorizei os valores de DRNC das galhas de acordo com a mediana das distâncias em cada

ambiente. Valores de DRNC abaixo da mediana foram considerados próximos da nervura central e valores acima da mediana foram considerados distantes da nervura central.

ANÁLISE DE DADOS

De acordo com minha hipótese, previ um padrão entre a qualidade do sítio da galha e distância à nervura central diferente para cada ambiente. Assim sendo, analisei a relação entre a qualidade do sítio da galha e suas distâncias da nervura central em cada ambiente separadamente. Considerei como variável preditora as categorias de DRNC e como variável resposta as categorias de qualidade do sítio da galha. Como as duas variáveis em questão são categóricas, elaborei uma tabela de contingência para cada ambiente com as frequências de galhas em cada combinação de categorias de qualidade e de distância por ambiente. A estatística de interesse foi a razão entre a proporção de sítios de baixa qualidade próximos à nervura e a proporção sítios de baixa qualidade distantes da nervura.

Fiz um teste de significância por aleatorização a partir do cenário nulo (1.000 permutações, $\alpha = 0,05$) em que não haveria diferença entre a qualidade do sítio da galha e sua distância relativa à nervura central. Para construir o cenário nulo, aleatorei o conjunto de dados de categorias de DRNC para cada folha nos dois ambientes. Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente de programação R 3.1.3 (R Development Core Team, 2015).

RESULTADOS

A razão entre a proporção de sítios de baixa qualidade próximos à nervura e a proporção sítios de baixa qualidade distantes da nervura para o ambiente mais salino foi de 2,28 (Tabela 2). Isso significa que a proporção de sítios de baixa qualidade foi 2,28 vezes maior próxima à nervura do que distante da nervura. No ambiente menos salino, a proporção de sítios de baixa qualidade é 1,4 vezes maior próxima à nervura do que distante da nervura. A probabilidade de razões de risco iguais ou maiores do que as observadas foram maiores que 5% sob o modelo nulo. Dessa maneira, os dados observados não fornecem evidência para refutar a hipótese nula de que não haveria diferença entre a qualidade do sítio da galha e sua distância relativa à nervura central.

Tabela 2. Frequências observadas de galhas em cada combinação de categorias de qualidade do sítio da galha e de distância relativa à nervura central por ambiente.

Ambiente	Qualidade do sítio	Próximo da nervura	Distante da
		central	nervura central
Mais salino	Baixa	8	5
	Alta	24	23
Menos salino	Baixa	10	5
	Alta	18	27

DISCUSSÃO

Não observei diferença significativa entre a qualidade do sítio da galha e sua distância relativa à nervura central para nenhum dos dois ambientes, o que remete à ausência de relação entre ambientes. Portanto, não obtive evidências de que a qualidade do sítio da galha esteja relacionada à proximidade da nervura central em ambientes mais e menos salinos. Uma explicação para esse resultado é que a nervura central, além de distribuir recurso, também pode distribuir compostos prejudiciais à larva. Em espécies de *Laguncularia*, a estratégia para lidar com alta salinidade é absorver o sal pelas raízes e armazená-lo em vacúolos que aumentam a osmolaridade das células (Lutge, 1997). Considerando que *L. racemosa* acumula sal em vacúolos nas folhas, o transporte do sal através das nervuras pode afetar negativamente a qualidade de sítios mais próximos à nervura central. Da mesma forma, um sítio distante da nervura central apresentaria o benefício de estar distante de altas concentrações de sal, porém distante também da fonte de nutrientes. Dessa maneira, a qualidade de um sítio não estaria relacionada à menor distância da fonte de recursos, mas sim a um local onde o balanço entre benefícios e custos resultaria em vantagens para o parasita. Marin (2015) observou que ocorre distribuição agregada de galhas de *L. racemosa* a uma distância intermediária entre a nervura central e a borda das folhas em ambientes mais salinos. Esse é um indicativo de que a qualidade dos sítios está relacionada ao saldo resultante entre custos e benefícios dos sítios próximos à nervura central da folha.

É possível ainda que a qualidade dos sítios para o parasita seja afetada negativamente por mecanismos de defesa da planta. Plantas apresentam dois tipos principais de defesa, diretas e indiretas (Dicke, 1999). A formação da galha é um exemplo de defesa direta. Já defesas indiretas são aquelas em que a planta fornece alimento, abrigo e proteção aos inimigos naturais do parasita (Dicke, 1999). Respostas indiretas incluem a emissão de compostos voláteis que atraem parasitoides da

larva galhadora (Hilker & Menezes, 2002) ou até mesmo predadores (Kessler & Baldwin, 2001 apud Hilker & Menezes, 2002), afetando a mortalidade de larvas e a qualidade da folha como um todo. Estudos que investiguem a emissão de compostos voláteis em folhas de *L. racemosa* podem elucidar a relação entre a qualidade de sítios, sua distribuição na folha e o uso dos sítios por insetos galhadores.

A qualidade do sítio da galha não depende de sua distância à nervura central da folha. É possível que a nervura central, além de transportar nutrientes à galha, também transporte compostos prejudiciais ao inseto galhador, diminuindo a qualidade de seu sítio. Dessa maneira, concluo que a qualidade do sítio depende provavelmente de uma localização na folha que garanta a maior relação custo-benefício ao parasita, dado os custos que este sítio impõe.

AGRADECIMENTOS

Muito obrigada ao Paulo Inácio pela orientação e paciência, ao Diog(r)o por tudo a todo momento; ao Tiago Ribeiro, ao Adrian e ao Paulo Inácio (de novo) pela ajuda com a coleta no mangue (e para sair de lá também), à Soly por toda a ajuda no entendimento da morfologia de galhas, à Diana, paqué querida, pelo companheirismo e presença, à Luísa pela parceria no desespero e fora dele e ao Glauco, à Dri, ao Billy, à Melina e ao Zé pelas discussões e sugestões sempre valiosas!

REFERÊNCIAS

- Bronner, R. 1992. The role of nutritive cells in the nutrition of Cynipids and Cecidomyiids. Em: *Biology of insect-induced galls* (J.D. Shorthouse & O. Rohfritsch). Oxford University Press, Oxford.
- Daly, H.V.; J.T. Doyen & A.H. Purcell. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford University Press, Oxford.
- Dicke, M. 1999. Specificity of herbivore-induced plant defenses. Em: *Insect plant interactions ad induced plant defense* (D.J. Chadwick & J.A. Goode). Novartis foundation, Chichester.
- Dreger-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.
- 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.

- Jolivet, P. 1998. Interrelationship between insects and plants. CRC Press, Washington.
- Luttge, U. 1997. Physiological ecology of tropical plants. Springer, Berlin.
- Marin, G.L. 2015. Influência da salinidade na seleção de sítios de oviposição por um inseto galhador em uma planta 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.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Schoonhoven, L.M.; J.J.A. van Loon & M. Dicke. 2005. Insect-plant biology. Oxford University Press, Oxford.
- Shorthouse, J.D. & O. Rohfritsch. 1992. Biology of insect-induced galls. Oxford University Press, Princeton.