



O efeito indireto dos pilhadores nas plantas: positivo ou negativo?

Irina Birskis Barros

RESUMO: O mutualismo é uma interação positiva entre duas espécies. Nessa interação, há efeito direto de uma espécie sobre outra. Em redes de interações, o resultado da interação entre duas espécies pode depender do efeito indireto de outras interações. Neste trabalho, testei o efeito indireto de pilhadores em plantas. Minha hipótese é que o néctar exposto pelos pilhadores atrai formigas, que protegem a planta. Para testar essa proteção, realizei um experimento colando cupins em folhas de ramos com flores pilhadas e fechadas. Verifiquei a frequência de formiga e a remoção dos cupins em cada ramo. A proporção de cupins removidos foi de 0,38 em flores pilhadas e 0,18 em fechadas. Ao forragearem por néctar, as formigas oferecem proteção para a planta, porém essa proteção afeta a taxa de polinização. O saldo final do efeito indireto do pilhador sobre a planta depende da eficiência da formiga em afugentar herbívoros e polinizadores.

PALAVRAS-CHAVE: defesa contra herbivoria, interação formiga-planta, polinização, néctar, rede de interação.

INTRODUÇÃO

O mutualismo é uma interação positiva na qual indivíduos de duas espécies interagem, resultando no aumento da aptidão de ambos os indivíduos (Begon et al., 2006). Interações mutualísticas são bastante diversas e são especialmente bem documentadas para interações animal-planta. O sistema de polinizador-planta é uma interação mutualística na qual o animal visita a flor para obter recurso, normalmente alimento em forma de néctar, e beneficia a planta transportando pólen para as plantas que visita (Bronstein, 2009). A interação formiga-planta também é mutualística e um exemplo bem estudado são as plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs), que são glândulas especializadas em secretar recurso açucarado. O néctar produzido pelos NEFs atrai as formigas que, ao forragearem sobre a planta, diminuem o impacto da herbivoria (McKey et al., 2005; Schoonhoven et al., 2005; Dornhaus & Powell, 2010). Essas interações são definidas como positivas apenas pelas perspectivas dos indivíduos das duas espécies que interagem diretamente. Porém, poderíamos analisar os mesmos sistemas como uma rede de interação, na qual haveria mais de duas espécies interagindo.

Em uma rede de interação, o resultado da interação entre duas espécies pode depender do efeito indireto de outras interações. Esse efeito indireto pode reforçar ou alterar o efeito da interação direta

(Schmitz, 2009). Podemos observar isso no sistema formiga, inseto sugadores de floema e planta, por exemplo. Nesse sistema, o inseto sugador retira seiva elaborada da planta e, neste caso, a interação é negativa. Porém, o inseto sugador excreta uma substância açucarada que atrai formigas e essas formigas oferecem proteção contra herbívoros para a planta. Dessa maneira, se observarmos só a interação entre inseto sugador e planta, a interação é negativa para a planta, mas se observarmos a interação tritrófica, ela é positiva para a planta (Quental et al., 2005; Offenberg, 2000).

No sistema polinizador-planta, o néctar produzido pela planta para atrair polinizadores atrai também outras espécies que prejudicam a planta. Espécies pilhadoras fazem um furo na base da flor para pegar néctar, danificando a flor sem auxiliar no transporte de pólen. Ao fazerem o furo na base da flor, os pilhadores facilitam o acesso de néctar para outras espécies como, por exemplo, formigas. As formigas, ao forragearem por néctar, podem expulsar outros insetos, o que protege a planta de herbívoros. O objetivo deste trabalho foi avaliar qual o efeito indireto dos pilhadores sobre as plantas. Se as formigas protegem a planta contra herbivoria, o efeito indireto dos pilhadores sobre as plantas é positivo. Dado que (i) os pilhadores deixam o néctar acessível ao pilharem as flores, (ii) um recurso açucarado atrai as formigas e (iii)

formigas podem proteger a planta contra herbívoros, minha hipótese é que as formigas atraídas pelo néctar exposto pelos pilhadores protegem a planta contra herbívoros.

MATERIAL & MÉTODOS

Modelo de estudo A espécie *Hibiscus* sp. foi introduzida no Brasil para ornamentação. De acordo com relatos de moradores da vila da Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una, município de Peruíbe, São Paulo, essa espécie produz flores ao longo de todo ano e em grande quantidade. A densidade média que calculei em manchas da vila foi de aproximadamente 50 flores/m² de mancha (Figura 1).



Figura 1. Alta densidade de flores em uma mancha de *Hibiscus* sp. com 120 m de comprimento.

No Brasil, abelhas das espécies *Trigona spinipes* e *Partamona* sp. e o pássaro cebinho (*Coereba flaveola*) fazem um furo na base da flor de *Hibiscus* sp., roubando o néctar (Figura 2). No local de estudo, a frequência de furos na base da flor é alta, pois não encontrei nenhuma flor madura sem furo durante os dias de experimento. Observei a presença de formigas nos ramos e também nos furos feitos pelos pilhadores nas flores.



Figura 2. Flores de *Hibiscus* sp. com abelhas (*Trigona spinipes*) consumindo néctar pelo furo feito na base da flor (foto: Diogo Melo).

LOCAL DE ESTUDO

Realizei o estudo na estrada de acesso à praia Barra do Una e na rua principal da vila da Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una. Tanto a estrada como a rua principal da vila

não são pavimentadas e a planta *Hibiscus* sp. é abundante ao longo da margem dessas duas vias, pois é utilizada como ornamentação em casas de muitos moradores.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em três dias. No primeiro dia, selecionei arbitrariamente as quatro primeiras manchas da espécie *Hibiscus* sp. que estavam na rua principal da vila, após a estrada de acesso à praia. No segundo dia, selecionei as próximas duas manchas na rua principal da vila. No terceiro dia, selecionei as três primeiras manchas do lado direito da estrada de acesso à praia, no sentido da saída da reserva. No total, utilizei nove manchas para o experimento. Cada mancha tinha cerca de 2 m de altura e comprimento variando de 5 a 120 m, aproximadamente.

Em cada mancha, busquei por cinco flores que estavam sendo pilhadas por abelhas naquele momento. Para cada uma dessas flores, busquei o ramo mais próximo, de mesma altura, que continha uma flor madura e envolvi a base da flor com fita adesiva. Dessa maneira, se a flor já possuía furo, ele ficou tampado, impedindo o acesso de formigas ao néctar e impedindo também uma nova perfuração por pilhadores. Um par de ramos continha então duas flores, uma com o néctar acessível e outra com o néctar inacessível. As flores com o néctar acessível foram o meu grupo tratamento e as flores com néctar inacessível o meu grupo controle. Cada mancha teve cinco pares de ramos e como utilizei nove manchas, totalizei 45 pares de ramos no experimento.

Para testar se as formigas atacam ou removem potenciais insetos herbívoros nas folhas, coleí com cola branca um cupim na primeira folha abaixo de cada uma das flores do par, simulando assim a presença de um inseto herbívoro. Durante uma hora e meia, em cada dia do experimento, observei os cinco pares de ramos de cada mancha. Essa observação foi feita de forma sistemática, observando uma mancha por vez. A cada inspeção em cada par de ramo, observei se havia formiga e se o cupim havia sido removido. Depois de observar os cinco pares de ramos daquela mancha, fiz o mesmo com a próxima mancha e assim sistematicamente. Quando detectei formigas no ramo tirei uma foto e posteriormente identifiquei as morfoespécies.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Minha estatística de interesse foi a diferença na proporção de cupins removidos entre o grupo tratamento e o grupo controle. No meu cenário nulo, a proteção oferecida pela formiga independe do

acesso ao néctar causado pelo pilhador. Minha hipótese estatística nula foi que a proporção de cupins removidos no meu grupo tratamento seria a mesma que no meu grupo controle. Assim, minha previsão, ou hipótese alternativa, era que a proporção de cupins removidos no grupo tratamento seria maior do que a proporção de cupins removidos no grupo controle.

Testei minha hipótese estatística nula permutando 10.000 vezes a presença ou ausência de cupim dentro de um par de ramo e recalculando a estatística de interesse para cada permutação. A hipótese nula seria rejeitada caso a proporção de permutações com estatísticas de interesse maiores ou iguais à estatística observada fosse menor que 0,05. Realizei a análise dos dados no programa R 3.1.3 (R Development Core Team, 2015).

RESULTADOS

Não registrei formigas em 20 pares de ramos do total de 45 (Tabela 1). O número de ramos com formiga foi de 24 no grupo tratamento e nove no grupo controle. Identifiquei cinco morfoespécies de formigas durante o experimento, duas do gênero *Camponotus*, duas do gênero *Crematogaster* e uma do gênero *Pseudomyrmex*. Observei a remoção do cupim pelas formigas em quase todos os ramos em que o cupim foi removido. Registrei em sete ramos do grupo tratamento a presença de formiga e a não remoção do cupim. Nesses sete ramos, as formigas presentes foram do gênero *Camponotus* e estavam consumindo néctar do furo na base da flor.

Tabela 1. Frequência de pares de ramos com e sem formiga em cada dia do experimento. Considerei par de ramo “com formiga” quando formiga estavam presentes em pelo menos um dos ramos.

Dias do experimento	Número de pares de ramos com formiga	Número de pares de ramos sem formiga
1º Dia	14	6
2º Dia	4	6
3º Dia	7	8
Total	25	20

Observei a remoção de cupim em 17 ramos no grupo tratamento e oito ramos no grupo controle. Porém, houve cupins sendo removidos em ambos os grupos experimentais de um par de ramo (Tabela 2). A proporção de cupins removidos no grupo tratamento foi mais de duas vezes maior do que no grupo controle (0,38 e 0,18). No cenário nulo, a chance de encontrar esse resultado foi menor que 5%. Dessa maneira, tive evidência para refutar minha hipótese estatística nula.

Tabela 2. Número de pares de ramos com cada resultado possível de remoção de cupim em cada dia do experimento.

Dias do experimento	Remoção do cupim em ambos grupos experimentais	Remoção do cupim apenas no grupo controle	Remoção do cupim apenas no grupo tratamento	Não remoção do cupim em ambos os grupos experimentais	Total de ramos
1º dia	4	1	6	9	20
2º dia	1	0	0	9	10
3º dia	2	0	4	9	15

DISCUSSÃO

Neste estudo, observei que a ocorrência de formigas em plantas pilhadas é maior do que em plantas não pilhadas. Observei também que as formigas atraídas pelo néctar exposto são capazes de remover insetos da planta e, assim, proteger as plantas de herbívoros. Minha hipótese de que as formigas atraídas pelo néctar exposto pelos pilhadores protegem a planta contra herbívoros foi corroborada. Portanto, há um efeito indireto positivo causado pelos pilhadores em plantas, uma vez que as formigas, ao forragearem em busca de néctar das flores pilhadas, protegem a planta de herbívoros, trazendo um benefício. No entanto, a presença de formigas pode promover também prejuízos para a planta. Ao forragear buscando néctar, as formigas diminuem a taxa de visitantes na planta, seja alterando o comportamento dos visitantes, predando, ou apenas os espantando (Rudgers et al., 2003). Porém, os visitantes podem ser tanto herbívoros, como polinizadores. Como o sucesso reprodutivo da planta é frequentemente limitado pela atividade dos polinizadores (Howe & Westley, 1988; Schoonhoven et al., 2005), a diminuição de polinizadores pode acarretar em um prejuízo para planta. Portanto, na interação entre formiga e planta há um componente negativo, pois a formiga pode diminuir o sucesso reprodutivo da planta.

Considerando o benefício e o prejuízo causado pela formiga, o resultado líquido da interação planta-formiga deve depender da eficiência com que as formigas afugentam herbívoros e polinizadores (Figura 3). O ganho de aptidão pela planta é proporcional ao número de herbívoros afugentados por formigas e a perda da aptidão é proporcional ao número de polinizadores afugentados por formigas. Dessa maneira, uma planta que atraísse formigas mais eficientes em afugentar mais polinizadores do que herbívoros teria uma aptidão baixa. Um cenário possível na natureza para essa situação seria em que os principais herbívoros fossem vertebrados e os polinizadores insetos. Já uma planta que atraísse formigas muito eficientes em afugentar mais herbívoros do que polinizadores teria uma aptidão alta. Um cenário possível na

natureza para essa situação seria se os principais herbívoros da planta fossem insetos, enquanto que os polinizadores fossem vertebrados. Por fim, uma mesma eficiência na remoção de herbívoros e polinizadores pelas formigas não resultaria em ganhos ou perdas na aptidão da planta.

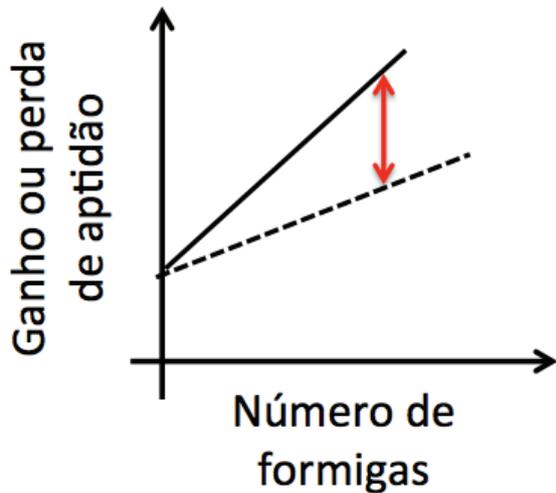


Figura 3. Modelo gráfico de ganho ou perda de aptidão da planta em função do número de formigas, quando a quantidade de herbívoros afugentados é maior do que a de polinizadores. Reta contínua representa a relação entre o ganho de aptidão por herbívoro afugentados. Reta tracejada representa a relação entre a perda de aptidão por polinizadores afugentados. Seta vermelha indica ao saldo líquido em aptidão.

Neste estudo, observei que o efeito indireto dos pilhadores nas plantas pode ser positivo, pois os furos que os pilhadores fazem na base da flor deixa o néctar exposto, atraindo formigas que oferecem proteção para a planta. Porém, as formigas ao forragearem por néctar podem espantar polinizadores, diminuindo o sucesso reprodutivo da planta. Dessa maneira, somado ao efeito direto negativo do pilhador na planta, há um efeito indireto na planta que pode ser positivo ou negativo. O resultado final líquido desse efeito indireto depende da eficiência com que as formigas afugentam herbívoros e polinizadores. Futuros estudos poderiam estimar o ganho ou a perda de aptidão de uma planta comparando a eficiência de remoção de herbívoros e polinizadores. Esse estudo poderia ser feito quantificando o número de polinizadores e herbívoros afugentados em uma planta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Glauco pela oportunidade e pelo esforço de organizar um curso tão bem estruturado e também por ter ajudado na identificação das formigas, ao Paulo Inácio pelas ótimas discussões e ao Billy pelos “brainstorms” durante o curso, à Paula Puh e Diana Garcia por ouvirem meus inúmeros desabafos, aos monitores Antonio Gallo e Diog(r)o

Melo por todas as ajudas e abraços reconfortantes, ao Mathias pela dura crítica e “puxão de orelha” feito na metade do curso que me fizeram tentar mudar para chegar um pouco mais perto do que quero ser, a todos que participaram do curso de campo desse ano, obrigada pela sugestões, ajudas e companhia!

REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Malden.
- Bronstein, J.L. 2009. Mutualism and symbiosis. Em: *The Princeton guide to ecology*. (S.A. Levin, ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- Dornhaus, A. & S. Powell. 2010. Foraging and Defense strategies, pp. 210-230. Em: *Ant ecology* (L. Lach, C.L. Parr & K.L. Abbott, eds.). Oxford University Press, Oxford.
- Howe, H.F. & L.C. Westley. 1988. *Ecological relationships of plants and animals*. Oxford University Press, New York, USA.
- McKey, D.; L. Gaume; C. Brouat; B. Di Giusto; L. Pascal; G. Debout; A. Dalecky & M. Heil. 2005. The trophic structure of tropical ant-plant-herbivore interactions: community consequences and coevolutionary dynamics, pp. 386-413. Em: *Biotic interactions in the tropics: their role in the maintenance of species diversity* (D.F.R.P. Burslem, M.A. Pinard & S.E. Hartley, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Offenberg, J. 2000. Correlated evolution of the association between aphids and ants and the association between aphids and plants with extrafloral nectaries. *Oikos*, 91:146-152.
- Quental, T.B.; J.R. Trigo & P.S. Oliveira, 2005. Host-plant flowering status and the concentration of sugar in phloem sap: effects on an ant-treehopper interaction. *European Journal of Entomology*, 102:201-208.
- R Development Core Team. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rudgers, J.A.; J.G. Hodgen & J.W. White. 2003. Behavioral mechanisms underlie an ant-plant mutualism. *Oecologia*, 135:51-59.
- Schmitz, O.J. 2009. Indirect effects in communities and ecosystems: the role of trophic and nontrophic interactions, pp. 289-295. Em: *The Princeton guide to Ecology* (S.A. Levin, eds).

Princeton University Press, New Jersey

Schoonhoven, L.M.; J.J.A. van Loon & M. Dicke.
2005. Insect-plant biology. Oxford University
Press, Oxford.