



Distribuição espacial e co-ocorrência de formigas mutualísticas em arbustos de *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae)

Paula Lemos

RESUMO: Defesas anti-herbivoria incluem defesas físicas, químicas e bióticas. *Hibiscus pernambucensis* é uma planta que apresenta defesa biótica contra herbivoria, que consiste na oferta de alimento em nectários extra-florais (NEFs) que são utilizados por espécies de formigas que a defendem contra herbívoros. O custo de produção de NEFs é alto, e portanto a planta deve investir sua defesa em regiões mais suscetíveis, como folhas novas. Testei a hipótese de que a ocupação das espécies de formigas se dá preferencialmente nas folhas novas, e que as espécies de formigas apresentam baixa co-ocorrência nas folhas ocupadas, devido a agregação do recurso. Para isso, observei a ocorrência e composição de espécies em ramos de *H. pernambucensis*. As espécies de formigas ocupam preferencialmente as folhas novas, e a co-ocorrência de espécies é baixa. O padrão observado pode ser explicado se o recurso fornecido pela planta (NEFs) tiver disponibilidade limitada ou se ele ocorrer agregado no espaço.

PALAVRAS-CHAVE: defesa biótica, interação formiga-planta, mecanismo de defesa indireto, mutualismo defensivo, nectários extra-florais

INTRODUÇÃO

Plantas possuem três tipos básicos de defesas contra herbivoria: física, química e biótica. Defesas físicas são barreiras que impedem ou dificultam o consumo da planta pelo herbívoro e incluem tricomas, espinhos e esclerificação foliar (Strauss & Zangerls, 2002). Defesas químicas são principalmente compostos do metabolismo secundário e incluem substâncias tóxicas que alteram o metabolismo ou comportamento do herbívoro reduzindo a herbivoria (Strauss & Zangerls, 2002). Defesas bióticas, por sua vez caracterizam-se pela associação da planta com outro organismo, geralmente formigas, que defende a planta atacando potenciais herbívoros.

Esse tipo de associação formiga-planta é uma interação mutualística na qual as formigas se beneficiam com abrigo e alimento e as plantas se beneficiam com defesa provida pelas formigas contra herbívoros (Beattie & Hughes, 2002). O grau de especificidade dessa interação pode variar entre dois extremos. Plantas mirmecófitas fornecem recompensas nutritivas e abrigo para as formigas no interior do seu caule e possuem alto grau de especificidade com a espécie de formiga interagente. Plantas mirmecofílicas fornecem recompensas nutritivas nas quais a interação é inespecífica e pode envolver diversas espécies de formigas (Rosumek *et al.*, 2009).

Em algumas espécies mirmecofílicas, a relação custo-benefício das recompensas nutritivas pode

variar de acordo com as espécies interagentes. Devido à inespecificidade da interação entre formiga e planta mirmecofílica, a combinação das espécies de formiga presentes na planta pode gerar respostas menos eficientes contra herbivoria (Nishimura, 2009). Mesmo em espécies mirmecófitas, como plantas do gênero *Cecropia* são colonizadas por espécies de formigas do gênero *Azteca*, que variam na eficiência de proteção contra herbivoria (Janzen, 1969). Portanto, a menor eficiência entre as espécies de formiga se dá pela menor eficácia em detectar danos, menor eficiência no recrutamento e menor remoção de herbívoros.

Além disso, a produção e a qualidade das recompensas nutritivas variam de acordo com a disponibilidade de recursos e fatores bióticos como abundância e composição de espécies de herbívoros e mutualistas interagentes (Kersch & Fonseca, 2005), podendo ser extremamente custosa em locais com baixa disponibilidade de recursos. Assim, uma estratégia para maximizar o benefício da proteção das formigas seria disponibilizar a recompensa nutritiva em locais mais suscetíveis da planta, como folhas novas (Edwards *et al.*, 2007). A maior disponibilidade da recompensa nutritiva nas folhas novas direciona o patrulhamento das formigas e pode influenciar o padrão de co-ocorrência entre as espécies de formigas. Esse padrão de co-ocorrência, por sua vez, pode influenciar o benefício líquido obtido pela

planta com a interação, pois recursos agregados diminuiriam a co-ocorrência das espécies de formigas, resultando em diferenças na eficácia de defesa anti-herbivoria. Assim, uma questão relevante para a compreensão do balanço entre custos e benefícios para as plantas nesse sistema é entender como as espécies mutualísticas de formigas utilizam a planta mirmecofílica de maneira heterogênea.

Hibiscus pernambucensis (Malvaceae) é uma espécie mirmecofílica arbóreo-arbustiva que ocorre em manchas em áreas de restinga e mangue. A defesa biótica de *H. pernambucensis* inclui diversas espécies de formigas (Cortinoz, 2008), que são atraídas pela substância açucarada liberada pelos nectários extra florais (NEFs) localizados na base do limbo das folhas dessa planta. A quantidade de NEFs por folha pode variar de 1 a 5, e o número de NEFs por folha não está relacionado com a ocorrência de formigas nas folhas (Nishimura, 2009).

O objetivo deste trabalho é entender o uso dos NEFs de *Hibiscus pernambucensis* pelas espécies de formigas que ocorrem nessa planta. Minhas hipóteses são: (1) formigas estarão preferencialmente nas folhas novas, que são mais suscetíveis e, portanto estruturas nas quais as plantas alocariam preferencialmente recursos para defesa anti-herbivoria, e (2) haverá baixa co-ocorrência entre as espécies de formigas em uma mesma folha, já que recursos agregados são mais fáceis de serem monopolizados. Minhas previsões são: (1) a proporção de folhas novas ocupadas será maior que a proporção de folhas velhas ocupadas e (2) o número de folhas nas quais mais de uma espécie de formiga está presente deve ser menor que o esperado pelo acaso.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudo

Realizei o estudo nas praias do Arpoador e do Guarauzinho da Estação Ecológica Juréia-Itatins (24°32'S; 47°15'W), no município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo. As duas praias apresentam gradiente de floresta de restinga e floresta ombrófila densa. Os arbustos de *H. pernambucensis* amostrados em cada praia estão em manchas de cerca de 50 x 1 m na borda da restinga.

Coleta de dados

Amostrei sistematicamente 104 ramos de indivíduos de *H. pernambucensis* localizados em manchas e 740 folhas no total. Para escolher os ramos, delimito um transecto ao longo da mancha

e a cada metro amostrarei o ramo mais próximo da linha. Contarei as folhas de cada ramo e observarei cada folha para o registro da presença ou ausência de formigas. No caso de presença de formigas nas folhas, identifiquei a espécie à qual a formiga pertencia. Considerei as três primeiras folhas de cada ramo como folhas novas, as demais folhas como velhas.

Análise de dados

Para testar a hipótese de que as formigas estão distribuídas de maneira heterogênea em *H. pernambucensis* e preferencialmente em folhas novas, calculei a proporção de folhas novas e velhas ocupadas por formigas. Posteriormente, calculei a diferença entre a proporção de folhas novas ocupadas e a proporção de folhas velhas ocupadas para todos os ramos amostrados e calculei a média dessas diferenças, que utilizei como estatística de interesse. Para simular um cenário nulo, no qual as espécies de formigas se distribuem ao acaso nos ramos, aleatorizei a ocorrência das formigas entre as folhas dos ramos (10.000 aleatorizações) e contei a frequência de valores maiores ou iguais à estatística de interesse.

Para testar a co-ocorrência das espécies de formigas nas folhas dos ramos amostrados, utilizei somente os ramos em que encontrei formigas, supondo que estes representam locais com disponibilidade de recursos alimentares, e somei os ramos em que encontrei co-ocorrências. Utilizei a soma das co-ocorrências como estatística de interesse. Para simular um cenário nulo no qual as espécies de formigas se distribuem independentemente pelos ramos ocupados, aleatorizei a presença das formigas nos ramos ocupados (10.000 aleatorizações) e contabilizei as co-ocorrências geradas pelo modelo nulo. Comparei o valor de co-ocorrência observado com os valores gerados pelo cenário nulo, estimando a probabilidade do valor observado em campo ter sido gerado ao acaso.

RESULTADOS

Em 64 das 740 folhas observadas encontrei formigas, que pertenciam a sete espécies distintas. A proporção média de folhas novas ocupadas foi de 0,153, ao passo que a proporção média de folhas velhas ocupadas foi de 0,068. Essa diferença entre as proporções de folhas ocupadas foi encontrada em 20 das 10.000 simulações sob a hipótese nula, indicando que o padrão de ocupação das espécies de formigas em *H. pernambucensis* é heterogêneo, com ocupação preferencial de folhas novas.

Nas folhas ocupadas, em duas ocasiões encontrei co-ocorrência entre duas espécies de formigas. Um número tão baixo de co-ocorrência não foi observado em nenhuma das 10.000 simulações do cenário nulo, portanto as espécies de formigas foram registradas no mesmo nectário menos que o esperado pela hipótese nula.

DISCUSSÃO

As sete espécies de formigas que encontrei sobre *H. pernambucensis* parecem não utilizar a planta inteira como recurso, ocupando preferencialmente os NEFs de folhas novas. A baixa disponibilidade de recursos da restinga, devido à salinidade e ao solo arenoso, associada ao alto custo de produção de néctar pode levar a planta a direcionar o patrulhamento das formigas para as regiões com tecidos mais suscetíveis, resultando em ocupação preferencial de folhas novas. Plantas mirmecofílicas localizadas em solos férteis aumentam a produção de recompensas nutritivas para as formigas e consequentemente diminuem significativamente a herbivoria em suas folhas (Kersch & Fonseca, 2007). Entretanto, em solos menos férteis, alocar recursos de forma conservativa, protegendo somente as estruturas da planta mais suscetíveis, deve ser uma estratégia vantajosa para a planta.

A baixa co-ocorrência entre as espécies de formigas pode ser explicada se a disponibilidade de NEFs for limitada e houver competição interespecífica por este recurso. Ainda, se os NEFs ativos estiverem distribuídos de forma agregada, a monopolização deste recurso pelas espécies de formigas é mais fácil de ocorrer. Recursos agregados são mais fáceis de serem monopolizados e protegidos, principalmente por espécies de formigas, pois uma vez encontrado o recurso, há recrutamento massivo de indivíduos e impedimento do acesso deste recurso à indivíduos de outras espécies (Condé *et al.*, 2010). O bloqueio ao recurso pode ocorrer por exploração competitiva ou competição por interferência, com o competidor superior suprimindo o acesso das outras espécies ao recurso (Dreisig, 2000). Dada a inespecificidade das formigas em relação às plantas e a extensa área dos arbustos de *H. pernambucensis*, as espécies de formigas devem monopolizar folhas próximas às suas colônias, o que explicaria a ocorrência de várias espécies de formigas em um mesmo arbusto, mesmo que essas espécies se evitem nos nectários.

Apesar da ocupação preferencial das folhas jovens e do número alto de formigas que ocorrem em *H. pernambucensis*, a proteção oferecida por estas formigas parece não ser eficiente (Mendonça, 2009). Espécies de formigas distintas diferem em sua

eficiência anti-herbivoria, com espécies consideradas boas defensoras e más defensoras (Nishimura, 2009). Algumas combinações de espécies de formigas pouco agressivas podem resultar na baixa remoção de herbívoros por essas formigas, como observado para os arbustos de *H. pernambucensis* estudados (Mendonça, 2009). Porém, se a pressão de herbivoria é alta, investir em NEFs é vantajoso, mesmo que a interação mutualística ocorra com formigas consideradas más defensoras (Bixenman *et al.*, 2011). De fato, folhas de *H. pernambucensis* com maior quantidade de NEFs apresentam menor porcentagem de herbivoria (Pires, 2010), sugerindo que apesar da baixa taxa de remoção de herbívoros há um benefício para a planta em investir em NEFs.

Em suma, concluo que o uso dos NEFs de *H. pernambucensis* pelas espécies de formigas mutualísticas ocorre de forma heterogênea, preferencialmente nas folhas mais suscetíveis da planta, e a partilha deste recurso entre as espécies de formigas resulta em baixa co-ocorrência. Estudos futuros poderiam investigar se a patrulha preferencial das formigas nas folhas novas de *H. pernambucensis* é resultado de uma resposta adaptativa das espécies de formigas, ou se a atração é resultado do uso de armadilhas sensoriais pelas plantas, que mimetizam odores já conhecidos pelas formigas (Edwards *et al.*, 2007).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os integrantes do Curso de Campo 2011, pelo mês intenso e divertido (difícil descrever em apenas duas palavras). Em especial, agradeço: ao Pipo (cavalo-manco) pela paciência, força, companhia noturna e risadas durante o curso e especialmente durante a execução e dissertação deste trabalho; à Mari Parteira, pelas dicas e outras coisitas e que durante esse curso se tornou uma grande amiga!; ao Treps, por ser uma figura tão única; aos meus revisores por terem me tornado um limão azedo e seco e mesmo assim não terem desistido; à presença Albina; ao Treta, também pela paciência, por ser lixto e profissional cada um na hora certa; à Babi por ser 'mãezona'; e à todos os professores, em especial Albino e PI.

REFERÊNCIAS

Beattie, A.J. & L. Hughes. 2002. Ant-plant interactions, pp. 211-235. Em: *Plant-animal interactions: an evolutionary approach* (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Padstow.

- Bixenman, R.J.; P.D. Coley & T.A. Kursar. 2011. Is extrafloral nectar production induced by herbivores or ants in a tropical facultative and-plant mutualism? *Oecologia*, 165:417-425.
- Condé, P.; B. Henning; D. Nascimento; J.R. de Luca & M. Loiola. 2010. Monopolização de recursos alimentares e distribuição espacial de formigas em dunas. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado, P.I.K.L. Prado & A.A. Oliveira, eds.). São Paulo: USP.
- Cortinoz, J.R. 2008. Associação entre *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae) e formigas: o ambiente afeta a proteção proporcionada por formigas contra a herbivoria? Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado, P.I.K.L. Prado & A.A. Oliveira, eds.). São Paulo: USP.
- Dreisig, H. 2000. Defense by exploitation in the Florida carpenter ant, *Camponotus floridanus*, at an extrafloral nectar resource. *Behavioral Ecology Sociobiology*, 47:274-279.
- Edwards, D.P.; R. Arauco; M. Hassal; W.J. Sutherland; K. Chamberlain; L.J. Wadhams & D.W. Yu. 2007. Protection in ant-plant mutualism: an adaptation or a sensory trap? *Animal Behavior*, 74:377-385.
- Janzen, D.H. 1969. Allelopathy by myrmecophytes: the ant *Azteca* as an allelopathic agent of *Cecropia*. *Ecology*, 50:147-153.
- Kersch, M.F. & C.R. Fonseca. 2007. Abiotic factors and the conditional outcome of an ant-plant mutualism. *Ecology*, 86:2117-2126.
- Mendonça, A.H. 2009. Efeito da diluição da herbivoria em agrupamentos de *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae). Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.A. Oliveira, eds.). USP, São Paulo.
- Nishimura, P.Y. 2009. Formigas ou esclerificação foliar: quem irá proteger *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae) do ataque de herbívoros? Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.A. Oliveira, eds.). USP, São Paulo.
- Pires, M.M. 2010. O papel dos nectários extra-florais na defesa de *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae) em três ambientes de restinga. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K. Prado & A.A. Oliveira, eds.). USP, São Paulo.
- Rosumek, F.B.; F.A.O. Silveira; F.S. Neves; N.P.U. Barbosa; L. Diniz; Y. Oki; F. Pezzini; G.W. Fernandes & T. Cornelissen. 2009. Ants on plants: a meta analysis of the role of ants as plant biotic defenses. *Oecologia*, 160:537-549.
- Strauss, S.Y. & A.R. Zangerl. 2002. Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems, pp.77-106. Em: *Plant-animal interactions: an evolutionary approach* (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Padstow.