



Estímulos químicos de folhas novas promovem recrutamento eficiente de formigas associadas à embaúba *Cecropia glaziovii* (Urticaceae)

Hebert Kondrat

RESUMO: Plantas do gênero *Cecropia* mantêm relações mutualísticas com formigas do gênero *Azteca*. Essas plantas fornecem recursos para as formigas, que constituem um sistema de defesa biótica induzido por sinais químicos liberados pela planta. Para testar a hipótese que compostos químicos de folhas novas são mais eficientes no recrutamento de formigas, realizei um experimento com 21 exemplares de *C. glaziovii* distribuídos em bordas de mata. Apliquei dois extratos, um de folhas novas e outro de folhas velhas, no par de folhas mais próximo do ápice das plantas. Analisei o tempo de resposta das formigas em cada tratamento e o número de operárias recrutadas após 7 min. As formigas apresentaram menor tempo de resposta e maior recrutamento nas folhas tratadas com extrato novo. Possivelmente, folhas novas possuem compostos químicos voláteis ausentes ou em menor concentração nas folhas mais velhas.

PALAVRAS-CHAVE: *Azteca*, compostos voláteis, defesas bióticas induzidas, mirmecófitas, mutualismo

INTRODUÇÃO

Muitas formigas vivem associadas a plantas mantendo relações mutualísticas facultativas ou obrigatórias (Schultz & McGlynn, 2000). Algumas plantas possuem estruturas como nectários extraflorais que produzem recursos alimentares usados por uma grande variedade de formigas. Outras espécies de plantas, conhecidas como mirmecófitas, possuem sítios de nidificação (domácias) e/ou produzem corpúsculos alimentares que são explorados apenas por um conjunto restrito de espécies de formigas, algumas das quais ocorrem exclusivamente associadas a plantas (Beattie & Hughes, 2002).

Existem evidências crescentes de que as mirmecófitas liberam uma variedade de sinais químicos que atraem formigas com as quais mantêm relações mutualísticas (Boland *et al.*, 1999). Compostos voláteis também são utilizados pelas mirmecófitas para atração de formigas associadas, que controlam a quantidade de herbívoros nas folhas (Pickett *et al.*, 1999). A rápida reposta de defesa das formigas após a sinalização química da planta hospedeira em resposta ao ataque de herbívoros constitui um importante mecanismo de defesa biótica induzida que já foi descrito para várias espécies de mirmecófitas (e.g. Agrawal, 1998; Christianini & Machado, 2004). Em algumas dessas espécies, a defesa biótica induzida é mais intensa em folhas novas, possivelmente porque a sinalização química é mais eficiente em comparação às folhas velhas (Azevedo *et al.*, 2011).

Plantas do gênero *Cecropia* (Urticaceae) são

pioneiras que ocorrem em matas pluviais e frequentemente mantêm relação mutualística com formigas do gênero *Azteca* (Lorenzi, 2002). Essas plantas, conhecidas como embaúba, possuem caules fistulosos (ocos entre os nós) habitados por formigas que reagem agressivamente contra ameaças à planta hospedeira. As formigas se alimentam de corpúsculos de Müller, compostos de glicogênico e lipídio produzidos por glândulas chamadas triquílias, localizadas na base do pecíolo das folhas (Shultz & McGlynn, 2000). Estudos na Mata Atlântica demonstraram maior número de triquílias ativas nas folhas novas (Barbosa *et al.*, 2008; Azevedo *et al.*, 2011) e maior recrutamento de formigas em folhas jovens submetidas a danos experimentais (Corte, 2008; Azevedo *et al.*, 2011). Dado que as formigas *Azteca* respondem a sinais químicos e recrutam com maior intensidade nas folhas novas de indivíduos de *Cecropia*, minha pergunta é se existe um recrutamento preferencial de formigas associado às substâncias produzidas por folhas novas nos indivíduos da espécie *C. glaziovii* Snethlag. Minha hipótese é que as formigas responderão mais prontamente e em maior número aos compostos de folhas novas do que aos compostos de folhas velhas.

MATERIAL & MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na Estação Ecológica Juréia-Itatins (EEJI), núcleo Arpoador (24°18' 24"32'S; 47°00'-47°15' W), no município de Peruíbe, São Paulo. O clima regional é subtropical úmido

(Tarifa, 2004) e a vegetação na EEJI é predominantemente composta por florestas úmidas de encosta e matas de restinga (Souza & Capellari, 2004). Estudei 21 exemplares de *C. glaziovi* colonizados por formigas e distribuídos em bordas da vegetação do bairro do Guaraú, da praia do Guarauzinho e do Arpoador.

Para testar a hipótese de que as formigas são atraídas predominantemente por compostos produzidos pelas folhas novas, realizei um experimento utilizando extratos foliares. Para o extrato chamado de novo (EN), utilizei 20 g de uma folha apical de *C. glaziovi* e, para o extrato velho (EV), 20 g de uma folha distante do ápice. Coletei as folhas de um indivíduo que não fez parte dos experimentos em campo. Moí as folhas separadamente, diluindo-as em 50 ml de água e armazenei os extratos em potes de vidro com fechamento hermético.

Escolhi em cada indivíduo de *C. glaziovi* o par de folhas mais próximas do ápice para a aplicação dos extratos. Selecionei as folhas novas para que ambas as folhas testadas possuíssem triquílias ativas e as mesmas condições morfológicas e fisiológicas. Apliquei os extratos simultaneamente em ambas as folhas utilizando hastes com algodão. Após a aplicação, quantifiquei o tempo de reposta das formigas em cada uma das folhas. Considerei como tempo de reposta o tempo decorrido entre a aplicação do extrato e o momento da chegada da primeira formiga ao local com extrato. Passados 7 min de acompanhamento, quantifiquei o número de formigas recrutadas em cada folha, considerando tanto a face abaxial quanto a adaxial.

Para a análise do tempo de resposta, calculei a média das diferenças entre o tempo de resposta em cada folha tratada com EV e o seu respectivo par tratado com EN, obtendo assim a estatística de interesse. Para análise do número de formigas recrutadas, calculei a média das diferenças entre o número de formigas em cada folha tratada com EN e seu respectivo par tratado com EV para obtenção da estatística de interesse. Com o aplicativo Resampling Stats, realizei 10.000 permutações entre os valores pareados em cada caso para obtenção do cenário nulo. Para obter a probabilidade (p) de encontrar as estatísticas de interesse ao acaso, calculei as razões entre os números de simulações cujos valores foram iguais ou maiores do que os valores das estatísticas de interesse e o número total de simulações. Minha predição foi a de que as formigas responderiam em menor tempo ao EN e recrutariam em maior número nas folhas deste grupo experimental em comparação às folhas tratadas com EV.

RESULTADOS

O tempo de resposta das formigas nas folhas tratadas com EN foi menor do que nas folhas tratadas com EV, sendo a média (\pm DP) das diferenças entre os pares $55,2 \pm 101,7$ s ($p < 0,005$; Figura 1).

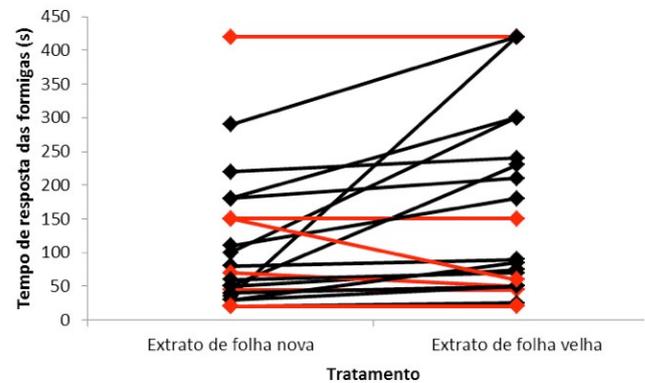


Figura 1. Tempo de resposta das formigas em folhas de *Cecropia glaziovi* tratadas com extrato de folha nova e extrato de folha velha. As linhas vermelhas representam os pares nos quais o tempo de resposta foi igual para os dois tratamentos ou maior para as folhas tratadas com extrato novo.

Em relação ao número de formigas recrutadas, o número de formigas nas folhas tratadas com EV foi menor do que nas folhas tratadas com EN, sendo a média (\pm DP) das diferenças entre os pares $7,3 \pm 12,4$ formigas ($p = 0,001$; Figura 2).

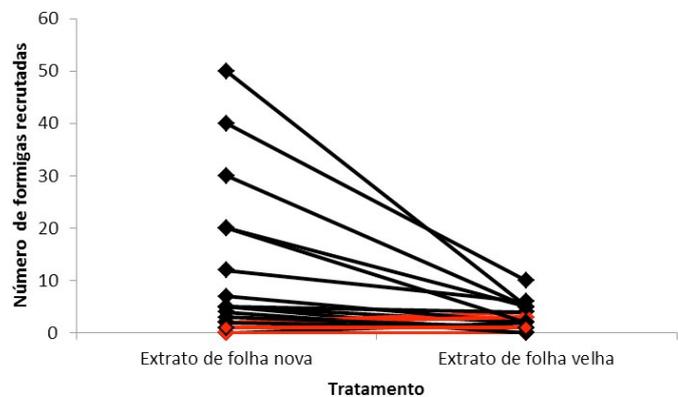


Figura 2. Número de formigas recrutadas em folhas novas de *Cecropia glaziovi* tratadas com extrato de folha nova e extrato de folha velha. As linhas vermelhas representam os pares nos quais o número de formigas recrutadas foi igual para os dois tratamentos ou menor para as folhas tratadas com extrato novo.

DISCUSSÃO

De acordo com as predições, os sinais presentes no extrato de folhas novas estimularam mais efetivamente a defesa induzida promovida pelas formigas, direcionando rapidamente um maior número de operárias às folhas. A presença de triquílias mais ativas nas folhas novas (Barbosa *et al.*, 2008; Azevedo *et al.*, 2011) não é o único atributo associ-

ado ao maior recrutamento de formigas nas folhas jovens. A rápida resposta das formigas a sinais de herbivoria pode ser explicada pelo reconhecimento de compostos voláteis (Agrawal, 1998) presentes nas folhas novas e ausentes, ou em menor quantidade, nas folhas velhas.

Em geral, as folhas de plantas pioneiras são atacadas mais intensamente por herbívoros do que as folhas de plantas tolerantes à sombra. Além disso, geralmente as folhas mais novas são mais nutritivas, menos fibrosas e, conseqüentemente, mais suscetíveis ao ataque de herbívoros (Coley, 1983). Da perspectiva da planta, a atração das formigas para as folhas novas de *C. glazioui* pode atuar como um importante mecanismo de proteção, diminuindo a probabilidade de danos extensos às folhas em desenvolvimento. Da perspectiva das formigas, o recrutamento mais eficiente para folhas jovens deve aumentar a probabilidade de capturar herbívoros e obter proteína de origem animal (Christianini & Machado, 2004). Portanto, tanto as plantas hospedeiras quanto as formigas se beneficiam mutuamente da comunicação química.

Possivelmente, durante o desenvolvimento das folhas novas de *C. glazioui*, exista um investimento da planta na produção de compostos químicos, provavelmente em concentrações mais efetivas para a sinalização de defesa do que as mantidas pelas folhas mais velhas. Compostos voláteis da planta *Leonardoxa africana* (Fabaceae), indutores da resposta de defesa da formiga *Petalomyrmex phylax*, são emitidos de folhas jovens, enquanto que em folhas maduras esses compostos ou não são emitidos ou estão presentes em concentrações muito baixas (Schatz *et al.*, 2009). Estudos futuros poderiam identificar e quantificar os compostos existentes tanto nas folhas novas como nas folhas velhas de indivíduos de *C. glazioui* e associá-los ao recrutamento diferenciado das formigas observado no presente estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores, monitores e alunos que contribuíram com o desenvolvimento das atividades durante o curso Ecologia da Mata Atlântica, especialmente ao Prof. Glauco Machado pela orientação e motivação durante a realização de todos os trabalhos.

REFERÊNCIAS

Agrawal, A.A. 1998. Leaf damage and associated cues induce aggressive ant recruitment in a neotropical ant-plant. *Ecology*, 79:2100-2112.

- Azevedo, T.; E. Santana; M. Moutinho & P. Lemos. 2011. Para onde eu vou? *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) direciona formigas mutualistas para folhas mais jovens. 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.
- Barbosa, C.; J. Cortinóz; M. Nascimento & M. Lapate. 2008. Formigas em embaúbas: onde fica a sala de jantar? 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.
- 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 Science, Cornwall.
- Boland, W.; T. Koch; T. Krumm; J. Piel & A. Jux. 1999. Induced biosynthesis of insect semiochemicals in plants, pp. 110-131. Em: *Insect-plant interactions and induced plant defence*. Wiley, Chichester.
- Christianini, A.V. & G. Machado. 2004. Induced biotic responses to herbivory and associated cues in the Amazonian ant-plant *Maieta poepigii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 112:81-88.
- Coley, P.D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological Monographs*, 53:209-234.
- Corte, G.N. 2008. Proteção contra herbivoria e respostas bióticas induzidas em *Cecropia pachystachya* (Urticaceae). 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.
- Lorenzi, H. 2002. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Editora Plantarum, Nova Odessa.
- Pickett, J.A.; K. Chamberlain; G.M. Poppy & C.M. Woodcock. 1999. Exploiting insect responses in identifying plant signals, pp. 253-265. Em: *Insect-plant interactions and induced plant defence*. Wiley, Chichester.
- Schatz, B.; C. Djieto-Lordon; L. Dormont; J.M. Bessière; D. McKey & R. Blatrix. 2009. A simple nonspecific chemical signal mediates defence behavior in a specialized ant-plant mutualism. *Current Biology*, 19:1-2.
- Schultz, T.R. & T.P. McGlynn. 2000. The interactions of ants with other organisms, pp. 35-44. Em: *Ants - Standard methods for measuring and*

monitoring biodiversity (D. Agosti; J.D. Maier; E.A. Leeanne & T.T. Schultz, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington.

Shoohoven, L.M.; J.J.A. Loon & M. Dicke. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, New York.