



# A agressividade das formigas influencia a ocorrência de lianas em sua planta hospedeira?

João Paulo Roma Fadil

**RESUMO:** Um exemplo de interação mutualística é a relação entre as formigas do gênero *Azteca* e plantas do gênero *Cecropia* (embaúbas). No sudeste brasileiro, as embaúbas ocorrem em dois morfotipos diferentes: as embaúbas vermelhas e as embaúbas brancas, ambas comumente ocupados por formigas. Sabendo que há uma menor ocorrência de lianas no morfotipo vermelho em relação ao morfotipo branco e que essa diferença pode se dar por causa da agressividade das formigas, o objetivo deste trabalho foi testar se a agressividade das formigas pode influenciar a ocorrência de lianas em sua planta hospedeira. Para isso, cortei um lobo de uma folha em embaúbas brancas e vermelhas e cronometrei o tempo necessário para que as formigas chegassem até o corte. Observei que as embaúbas vermelhas abrigam formigas mais agressivas. Isso pode estar relacionado com substâncias produzidas pela planta e oferecidas como alimento para as formigas e com comunicação química falha entre as formigas que ocupam o morfotipo branco.

**PALAVRAS CHAVE:** *Azteca*, *Cecropia*, interação formiga-plantas, mirmecofilia, mutualismo

## INTRODUÇÃO

Mutualismo é comumente definido como uma interação entre dois organismos que resulta em benefício para ambos os envolvidos (Begon *et al.*, 2004). Apesar dessa definição, entende-se mutualismo como uma interação com custos e benefícios, na qual o balanço final é positivo para os dois parceiros mutualistas (Bronstein, 2009). Uma grande parte da biomassa do planeta é dependente dessas interações mutualísticas, como por exemplo, plantas com flores que dependem de polinizadores para se reproduzir (Begon *et al.*, 2004). Outro exemplo importante de interação mutualística é a relação entre formigas e plantas, que podem apresentar graus variados de interdependência, até um grau em que a sobrevivência de ambas é extremamente reduzida na ausência de seu parceiro mutualista.

Em interações mutualísticas entre plantas e formigas, a planta pode oferecer para a formiga alimento, abrigo ou ambos (Holldobler & Wilson, 1990). Aos casos em que a planta fornece abrigo para formiga, dá-se o nome de mirmecofilia. A formiga, por sua vez, protege a planta contra a herbivoria, se alimentando dos herbívoros que tentam consumir a planta hospedeira. Outras espécies de formiga podem também remover plântulas que brotam ao redor da planta hospedeira (Davidson *et al.*, 1991). Ainda, as formigas defendem a planta contra possíveis competidoras, cortando as lianas que tentam infestá-las.

Um caso de mirmecofilia bastante comum em regi-

ões tropicais é a associação entre plantas do gênero *Cecropia* (Urticaceae), popularmente chamadas de embaúbas, e formigas do gênero *Azteca*. As embaúbas oferecem às formigas alimento na forma de corpúsculos müllerianos e abrigo na forma de domáceas. As formigas forrageiam na planta atrás de fontes de proteína, reduzindo a taxa de herbivoria da planta hospedeira. Outro benefício é o controle de infestações por lianas uma vez que as formigas cortam as lianas que tentam se estabelecer em sua planta hospedeira. Isso acontece porque formigas predadoras ou competidoras podem usar as lianas ligando embaúbas à vegetação circundante para invadir o território das formigas *Azteca* (Davidson *et al.*, 1991). O benefício dessa remoção para a planta é a eliminação de uma competidora por acesso a luz.

As embaúbas são árvores encontradas em clareiras, áreas perturbadas e em florestas secundárias em estágios iniciais de regeneração, onde a incidência de luz é maior (Lorenzi, 1992 *apud* Mello, 2012). Em regiões tropicais, esses locais com maior incidência de luz estão associados a uma maior proliferação de lianas (Lüttge, 1997). No sudeste brasileiro, as embaúbas ocorrem em dois morfotipos diferentes: as embaúbas vermelhas e as embaúbas brancas, ambas comumente ocupados por formigas (Mello, 2012). Estudos anteriores mostram que a ocupação dos dois morfotipos por lianas é diferente, sendo embaúbas brancas as mais infestadas (Mello, 2012). Foi demonstrado

também que as formigas que ocupam essas embaúbas removem lianas (Mello, 2012), mas a ocupação por formigas nas embaúbas não é diferente entre os morfotipos (Negri *et al.*, 2013), o que deixa em aberto a questão de por que a infestação ocorre de maneira diferente entre os morfotipos.

A agressividade das formigas é um fator que pode explicar a ocorrência de lianas em cada um dos morfotipos de embaúbas (Mello, 2012; Negri *et al.*, 2013). Fazer uma medida exata da agressividade de um indivíduo ou grupo é algo difícil, uma vez que a agressividade pode ser interpretada de inúmeras formas e as respostas dos organismos podem ser muito variáveis. Formigas apresentam comportamentos altamente estereotipados e guiados quimicamente. O ataque a um estímulo nocivo ou a defesa de seus ninhos se inicia com a liberação de compostos químicos no ar. Esses compostos têm a função de avisar as companheiras de ninho para se mobilizarem, gerando dois comportamentos estereotipados (Hölldobler & Wilson, 1990). Um é o comportamento de resposta agressiva, no qual as formigas se mobilizam e vão em direção ao estímulo. O outro comportamento é o comportamento de fuga, ou seja, a liberação de compostos no ar faz com que todas as formigas próximas se afastem.

Dado que as embaúbas brancas são mais infestadas e que não há diferença na ocupação de formigas entre os morfotipos, meu objetivo foi testar se a agressividade das formigas pode influenciar a ocorrência de lianas em cada um dos morfotipos de embaúba. Minha hipótese é de que as formigas presentes nas embaúbas vermelhas são mais agressivas se comparadas com as formigas presentes nas embaúbas brancas.

## **MATERIAL & MÉTODOS**

### **Área de estudo e coleta de dados**

Realizei o estudo em uma área de borda de Mata Atlântica, no município de Peruíbe, litoral sul do estado de São Paulo (24°30'S; 47°10'O). Percorri aproximadamente 10 km da estrada que liga a Barra do Una ao município de Peruíbe, amostrando todas as embaúbas próximas à estrada. Realizei uma amostragem inicial tomando nota da altura, morfotipo de cada planta e se havia ou não infestação por lianas. Balancei as embaúbas para agitar as formigas e observei a planta durante 2 min para constatar a presença ou ausência das formigas.

Para avaliar a agressividade das formigas em cada um dos morfotipos, utilizei as 20 primeiras embaúbas que encontrei na estrada, 10 de cada morfotipo. Três embaúbas brancas foram descar-

tadas, pois as colônias de *Azteca* foram atacadas por outras formigas durante a noite e uma embaúba vermelha foi descartada, pois estava ocupada por uma espécie diferente de formiga do gênero *Camponotus*. Ao todo, selecionei nove embaúbas vermelhas e sete embaúbas brancas para realizar minhas observações. A altura dos indivíduos dos dois morfotipos não foi diferente ( $p > 0,05$ ). Indivíduos com alturas entre 2 e 5 m foram curvados e amarrados para poder observar a resposta das formigas. Nesses casos, esperei 12 h para iniciar as observações para eliminar as chances de que a agitação causada pela manipulação das plantas não afetasse os resultados.

Cortei um lobo da folha mais próxima à gema apical das embaúbas e cronometrei o tempo necessário para que a primeira formiga chegasse até o corte. O corte simula um estímulo a ser percebido pelas formigas. Se formigas que respondem mais rapidamente a estímulos de herbivoria, provavelmente forrageiem mais eficientemente e encontrem as lianas infestando a planta com maior facilidade. Logo, o tempo de resposta seria uma boa medida do tempo de resposta geral das formigas, apesar de estar associado a um estímulo que possivelmente é reconhecido como herbivoria. Formigas que respondem mais rapidamente a estímulos de herbivoria, provavelmente forrageiam mais eficientemente e encontram mais facilmente as lianas que tentam se instalar na planta hospedeira. Se as formigas permanecem a maior parte do tempo próximas ou dentro das domáceas, é seguro afirmar que medir a distância entre o estímulo e a entrada da domácea é uma maneira eficiente de se descontar, posteriormente, o efeito da distância sobre o tempo de resposta. Em um piloto, permaneci durante 20 min em frente a uma embaúba ocupada por formigas e não observei resposta ao estímulo, mesmo tendo cortado a folha em três locais diferentes. Após esse piloto, estipulei que o tempo máximo de observação seria de 10 min.

### **Análise estatística**

Primeiramente, calculei a proporção de infestação por lianas entre as embaúbas que eram ocupadas por formigas em cada um dos morfotipos. Utilizei a diferença entre as proporções de infestação por embaúbas vermelhas e brancas como estatística de interesse. Aleatorizei a presença ou ausência de lianas 10.000 vezes para gerar um cenário nulo em que a ocorrência de lianas independe do morfotipo. Para obter a probabilidade de encontrar a minha estatística de interesse ao acaso, calculei a razão entre o número de simulações em que os valores foram iguais ou maiores que a minha estatística

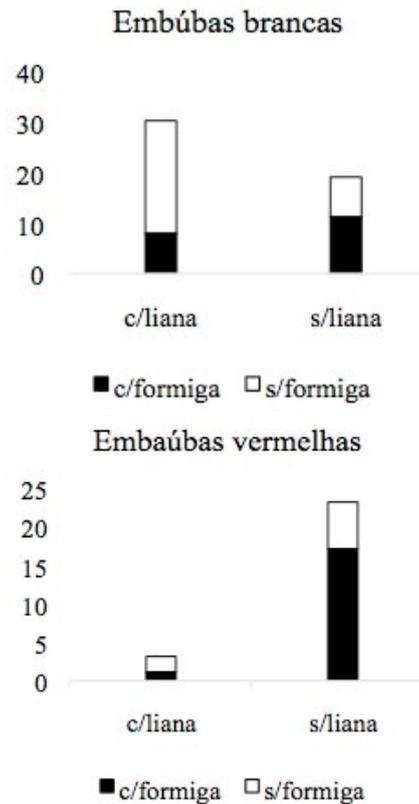
de interesse e o número total de simulações.

Dividi os valores obtidos de distância entre o corte da folha e a entrada da domácea pelo tempo de resposta das formigas para obter a velocidade de resposta das formigas. Fiz isso para tentar desconsiderar o efeito da distância entre o ponto em que eu esperava a formiga e a entrada da domácea, já que distâncias maiores poderiam acarretar em tempos maiores de resposta. Além disso, a altura da planta pode influenciar o tamanho das colônias de formigas presente em cada embaúba (Fonseca, 1999) e isso pode interferir no tempo de resposta, pois colônias maiores podem ter tempos de resposta relativamente menores simplesmente pela quantidade maior de formigas para receber o estímulo utilizado durante o teste. Para corrigir esse efeito, realizei uma regressão linear simples entre altura da planta e velocidade de resposta das formigas. Calculei a intercepto e a inclinação da reta, multipliquei o valor da inclinação da reta pelo valor da altura de cada planta e somei a isso o valor da interceptação da reta. O valor resultante é a velocidade esperada de resposta da formiga para cada valor de altura da planta. Calculei a diferença entre velocidade observada da formiga e velocidade esperada da formiga, obtendo a velocidade da formiga corrigida pela altura da planta. Como a velocidade esperada pode ser maior que a observada, os valores de velocidade corrigida pela altura podem ser negativos. Por fim, calculei a média da velocidade corrigida pela altura para cada morfotipo.

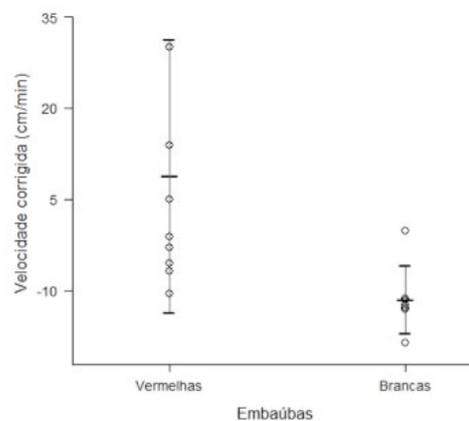
A minha estatística de interesse foi a diferença entre a média da velocidade corrigida pela altura para embaúbas vermelhas e embaúbas brancas. Aleatorizei 10.000 vezes as velocidades corrigidas pela altura, gerando meu cenário nulo, no qual a velocidade da formiga corrigida pela altura da planta não depende do morfotipo da planta. Para obter a probabilidade de encontrar a minha estatística de interesse ao acaso, calculei a razão entre o número de simulações em que os valores foram iguais ou maiores que a minha estatística de interesse e o número total de simulações. A minha predição é que formigas com tempo de resposta maior seriam menos agressivas e, portanto, as embaúbas ocupadas por elas teriam maior ocorrência de lianas. Dado que embaúbas brancas têm mais lianas que embaúbas vermelhas, então embaúbas brancas seriam ocupadas por formigas com tempo de resposta maior e, conseqüentemente, maior ocorrência de infestação por lianas.

## RESULTADOS

Amostrei um total de 75 embaúbas, sendo 49 brancas e 26 vermelhas. A proporção de embaúbas brancas com formigas e infestadas por lianas (42%) foi maior que a de embaúbas vermelhas com formigas e infestadas por lianas (5%) ( $p = 0,010$ ; Figura 1). As embaúbas vermelhas são colonizadas por formigas que apresentaram uma média de velocidades maior que as formigas que colonizam embaúbas brancas ( $p = 0,020$ ; Figura 2).



**Figura 1.** Número de indivíduos de embaúba vermelha e branca amostrados com ou sem liana e com ou sem formiga para cada morfotipo.



**Figura 2.** Médias das velocidades das formigas corrigidas pela altura da planta hospedeira, com o desvio padrão. Cada ponto representa a velocidade de resposta corrigida de uma das embaúbas amostradas.

## DISCUSSÃO

As formigas que colonizam as embaúbas vermelhas respondem mais rapidamente ao estímulo proporcionado durante os testes. Se considerarmos que o tempo de resposta é uma boa maneira de estimar a velocidade geral da formiga, podemos concluir que o tempo que a formiga precisa patrulhar a embaúba para encontrar as lianas também é menor. A agressividade das formigas nas embaúbas vermelhas é maior do que as formigas nas embaúbas brancas e essa maior agressividade pode explicar a menor ocupação por cipós em embaúbas vermelhas. A resposta rápida e a maior agressividade são importantes para iniciar a remoção da liana antes que ele se estabeleça na planta, impedindo que a liana alcance um tamanho no qual as formigas não consigam mais manejá-la.

A resposta rápida a um estímulo nocivo pode ser associada a uma maior agressividade das formigas. Logo, pode ser mais interessante para a planta manter colônias mais agressivas que a defendam mais eficientemente. De fato, Janzen (1969, *apud* Mello 2012) propôs que os corpúsculos müllerianos oferecidos como alimento por certas embaúbas podem aumentar a irritabilidade e a agressividade das formigas. A maior agressividade das formigas pode também estar ligada a uma maior capacidade de proteger a planta contra herbívoros (Davidson *et al.*, 1988). A proteção contra herbívoros e contra lianas aumenta a produtividade da planta e, consequentemente, aumenta a produção de corpúsculos müllerianos, aumentando assim o ganho líquido da colônia de formigas.

O tempo de resposta pode também estar associado ao sinal que a planta emite como estímulo para as formigas. Durante as observações, quatro das sete embaúbas testadas tiveram tempos de respostas que ultrapassaram o máximo estipulado. Se considerarmos que essas colônias não iriam chegar até o corte feito nas folhas, isso pode significar que, em algum nível, a comunicação entre a planta e a formiga se perde. As folhas das embaúbas emitem um sinal químico no momento em que há herbivoria (Azevedo *et al.*, 2011; Kondrat, 2012). Se nas embaúbas brancas esse sinal químico é perdido por algum motivo, as formigas não recebem o estímulo e, consequentemente, não preparam uma resposta. O sinal químico emitido pelas embaúbas brancas pode ser muito fraco e não alcançar as formigas ou ele pode se degradar rápido demais e não alcançar as formigas. Além disso, as formigas ocupando as embaúbas brancas podem não reconhecer o sinal emitido por suas plantas hospedeiras. Já que as relações entre embaúbas e formigas *Azteca*

são comumente interpretadas como não espécie-específica, o sinal químico emitido pela planta não necessariamente é reconhecido pelas formigas.

Novos estudos sobre a sinalização química em embaúbas podem ajudar a entender a maior ocorrência de lianas em embaúbas brancas do que em vermelhas. Testar a eficiência das embaúbas brancas em comunicar os sinais químicos relacionados à herbivoria pode ser um caminho promissor. Outro ponto interessante é saber como a formiga reconhece a presença da liana, se isso se dá de forma química, tátil ou visual.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos coordenadores do curso, Glauco, Paulo e Adriana, pela oportunidade, aos orientadores e colegas de grupo pela ajuda e paciência, a todos os novos amigos que fiz e ao Tankinho pela companhia durante a caminhada. Agradeço a todos que propiciaram uma experiência gratificante de crescimento pessoal e profissional.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Victoria.
- Bronstein, J.L. 2009. Mutualism and symbiosis. pp. 233-238. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Levin, ed.). Princeton University Press, Princeton.
- Davidson, D.W.; R.B. Foster; R.R. Snelling & P.W. Lozada. 1991. Variable composition of some tropical ant-plant symbioses, pp. 154-162. Em: *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. (P.W. Price; T.M. Lewinsohn; G.W. Fernandes & W.W. Benson, eds.). Wiley-Interscience Publication, New York.
- Fonseca, C.R. 1999. Amazonian ant-plant interactions and the nesting space limitation hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, 15:807-825.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. *The ants*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.