

PLANTAS QUE OFERECEM MAIOR QUANTIDADE DE RECURSO PARA FORMIGAS SÃO MAIS PROTEGIDAS CONTRA HERBIVORIA?

Fernando Gonçalves

INTRODUÇÃO

Exemplos de mutualismos entre animais e plantas são extremamente diversos, envolvendo desde a polinização e a dispersão de sementes até a proteção das plantas contra seus inimigos naturais (Howe & Wetley, 1998). Em algumas interações mutualísticas entre formigas e plantas, por exemplo, os animais recebem alimento ou abrigo das plantas e as protegem contra herbívoros, predadores e parasitas, aumentando assim o sucesso reprodutivo das plantas hospedeiras (Janzen, 1966; Bentley, 1977). Assim, muitas espécies de plantas tropicais possuem estruturas que produzem substâncias atrativas, como os órgãos especializados na produção de açúcares conhecidos como nectários extra florais. Além disso, a eficiência da proteção conferida pelas formigas às plantas parece depender da quantidade de recurso disponibilizada pela planta hospedeira, pois densidades muito baixas de recursos

atraem apenas um número muito pequeno de formigas (Del-Claro & Oliveira, 1993).

A presença de insetos como larvas de lepidópteros e hemípteros na planta também serve como atrativo para formigas. Esses insetos podem analogamente atuar como nectários extra-florais (Carroll & Janzen, 1973), pois ao se alimentarem da seiva da planta, permitem que a água e açúcares excedentes sejam eliminados rapidamente e aproveitados pelas formigas (Pesson, 1944; Ammar, 1985). A interação entre hemípteros-formigas-plantas já foi bastante estudada, mais ainda não existem trabalhos que mostrem que uma maior quantidade de hemípteros resulta em mais defesa contra herbivoria foliar para as plantas. Assim, o primeiro objetivo deste trabalho foi estudar se plantas onde existem maiores quantidades de recursos para formigas são mais protegidas contra herbivoria. Minha previsão era que os herbívoros seriam removidos mais eficientemente pelas

formigas em plantas com maior quantidade de recursos disponível para as formigas.

A proteção da planta pela formiga deve ser muito mais eficaz quando a espécie de formiga possui o que chamamos de trofalaxia ou estômago social, que é o comportamento de armazenar e transportar alimento líquido para seu ninho através de um compartimento intra-corpóreo (Hölldobler & Wilson, 1990). A trofalaxia permite que formigas que já coletaram néctar de um néctario ou o exudato de um hemíptero, permaneçam com a mandíbula livre para uma possível retirada dos herbívoros presentes nas plantas (G. Machado, com. pess.). Dessa forma, o segundo objetivo deste trabalho foi verificar se de fato as formigas que possuem o comportamento de trofalaxia são mais eficazes na proteção da planta contra herbivoria. Minha previsão é que formigas que apresentam trofalaxia removerão herbívoros mais frequentemente que formigas que não apresentam trofalaxia.

MATERIAL & MÉTODOS

Realizei o estudo em indivíduos da planta *Vismia japurensis* (Clusiaceae) localizadas em uma borda de mata na estrada ZF 3, adjacente a uma área de floresta de terra firme localizada próximo ao acampamento da Reserva do Km 41, situada a 80 km ao norte de Manaus (02°24'S; 59°44'O). O clima da região é tropical úmido, com temperatura média de 26,7 °C e pluviosidade anual em torno de 2.186 mm.

Escolhi a espécie de planta *Vismia japurensis* (Clusiaceae) como modelo de estudo, porque essa planta faz parte de um sistema de interação formigas-hemípteros-planta. Algumas vezes essas plantas são colonizadas por membracídeos (Hemiptera) em diferentes quantidades, localizados no nó do caule, próximos ao pecíolo foliar. Esses insetos podem analogamente atuar como nectários extra-florais (Carroll & Janzen, 1973) e como existem indivíduos ocupados e não ocupados dentro da mesma população, *V. japurensis* é um modelo interessante para estudarmos a influência da quantidade de recurso disponível para as formigas sobre a defesa da planta contra herbívoros.

Para testar se plantas que oferecem maiores quantidades de recurso são mais protegidas contra herbívoros, realizei experimentos fixando cupins vivos nas plantas e registrando as remoções dos cupins pelas formigas em quatro diferentes grupos experimentais. Esse tipo de metodologia usando cupins como simuladores de herbívoros é bem comum em experimentos de herbivoria (Almeida e Figueiredo, 2003; Lordon-Djiéto *et al.*, 2004; Nazareth, 2006). O primeiro tratamento consistia em simular uma planta que oferece grande quantidade de recurso, e para isso foi utilizado 7 cm de algodão embebido com água e açúcar (estímulo grande). O segundo tratamento tinha o intuito de simular uma baixa quantidade de recurso oferecido pela planta, e para essa simulação foi utilizado 2 cm de algodão embebido com água e açúcar (estímulo pequeno). Para o terceiro tratamento, foi utilizado também 2 cm de algodão, mas embebido somente com água (estímulo água). Realizei também um controle sem nenhum estímulo mecânico nem químico. Utilizei 17 indivíduos por grupo experimental, totalizando 68 indivíduos de *V. japorensis*.

Para cada indivíduo de *V. japorensis* sem membracídeos que encontrei ao longo da borda da estrada, sortiei um dentre todos os ramos apicais. Em seguida, coloquei o algodão no ápice do ramo escolhido, abaixo das duas folhas (*V. japorensis* apresenta folhas opostas no ramo apical) e esperei 40 min para registrar se ocorria atração das formigas. Quando atraídas, as formigas foram coletadas, identificadas e classificadas de acordo com a presença de trofalaxia. Em seguida, realizei outro sorteio para escolher em qual das duas folhas seria fixado um cupim vivo (*Nasutitermes* sp.), utilizando cola branca para aderi-lo à folha. Fixei os cupins 40 minutos depois de colocar o algodão com algum estímulo. Depois da adesão, observei o cupim por 10 min para registrar se ele seria removido pelas formigas.

Para testar a hipótese de que plantas que oferecem maiores quantidades de recursos são mais protegidas por formigas, realizei regressões logísticas múltiplas em que a taxa de remoção de cupins foi modelada em função do tratamento realizado e da presença de trofalaxia nas formigas. Para

esta análise, usei apenas as plantas em que as formigas foram atraídas pelos algodões (N = 29). Para selecionar o modelo mais parcimonioso para a relação entre remoção, grupo experimental e trofalaxia, usei o critério de informação Akaike (AIC) e considerei como melhor candidato o modelo que apresentou o menor valor de AIC.

RESULTADOS

Dentre os 68 indivíduos de *Vismia japurensis* utilizados no experimento, as formigas foram atraídas em 29 (42%) indivíduos. A maior atração de formigas ocorreu no grupo com estímulo grande (45%), seguido do grupo com o estímulo pequeno (27%), depois do grupo com água (20%) e finalmente do grupo sem nenhum estímulo (7%, Tabela 1). Houve uma relação significativa entre os grupos experimentais e a frequência de atração de formigas ($\chi^2 = 15,09$, g.l. = 3, $p < 0,01$).

Tabela 1. Número de atrações de formigas e remoções de cupins relacionado com o tipo de estímulo, a presença de trofalaxia (estômago social) e o gênero de formiga presente em indivíduos da planta *V. japurensis* (Clusiaceae) em uma borda de floresta de terra firme, na Amazônia Central.

Tipo de estímulo	Número de atrações	Remoção	Gênero da formiga	Trofalaxia
Grande	6	5	<i>Crematogaster</i>	Sim
	5	2	<i>Ectatomma</i>	Não
	1	1	<i>Camponotus</i>	Sim
	1	1	<i>Pseudomyrmex</i>	Sim
Pequeno	4	1	<i>Crematogaster</i>	Sim
	3	1	<i>Ectatomma</i>	Não
	1	0	<i>Wasmannia</i>	Sim
Água	3	1	<i>Ectatomma</i>	Não
	2	0	<i>Crematogaster</i>	Sim
	1	0	<i>Camponotus</i>	Sim
Controle	1	1	<i>Pseudomyrmex</i>	Sim
	1	1	<i>Crematogaster</i>	Sim
Total	29	14		

Os cupins foram removidos em 14 indivíduos de planta, e nas plantas com o estímulo grande houve uma maior frequência de remoção, com total de nove (64%), seguido pelos tratamentos pequeno e controle, ambos com duas remoções (14%). O grupo experimental que obteve

menor remoção foi o tratamento com água, com uma remoção apenas (7%, Figura 1). O resultado das regressões logísticas múltiplas foi significativo (Tabela 2), havendo uma maior remoção de cupins no estímulo grande.

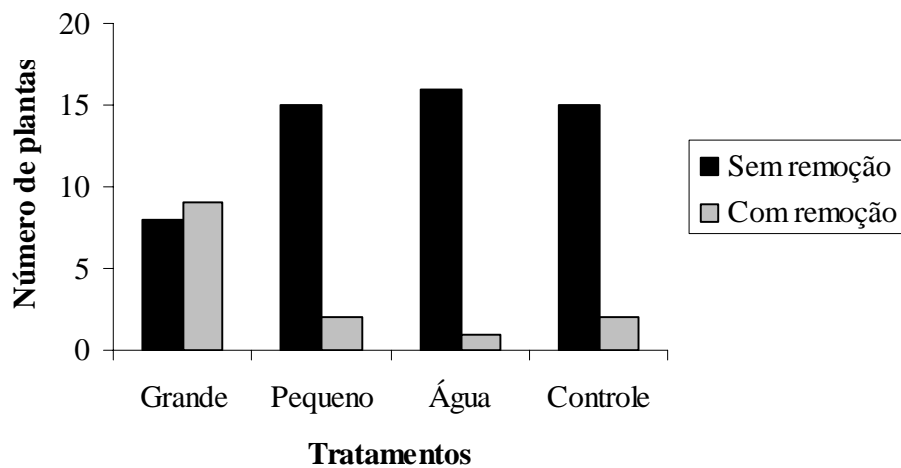


Figura 1. Número de remoções de cupins por formigas em indivíduos da planta *Vismia japurensis* por tipo de tratamento, numa borda de floresta de terra firme, na Amazônia Central. O tratamento grande consistiu em fixar 7 cm de algodão com açúcar na planta antes de colocar o cupim, o tratamento pequeno consistiu em usar 2 cm de algodão com açúcar, o tratamento água em usar 2 cm de algodão com água, e no controle não houve tratamento com algodão.

Tabela 2. Seleção de modelos para relacionar a remoção de cupins por formigas ao tipo de estímulo experimental e à presença de estômago social na formiga. As siglas indicam: AIC = Critério de Informação de Akaike, g. l. = graus de liberdade, χ^2 = o valor de qui-quadrado e p = valor de p do teste de regressão logística múltipla para cada modelo utilizado.

Variáveis	g.l.	AIC	χ^2	p
Tipo de estímulo	3	37,8	8,9	0,02
Tipo de estímulo + Estômago social	4	39,2	9,5	
Estômago social	1	41,4	1,3	

Neste estudo, oito espécies de formigas distribuídas em cinco gêneros foram atraídas pelos estímulos (Tabela 1). As espécies do gênero *Crematogaster* foram as mais freqüentemente atraídas pelos estímulos, e também foram as responsáveis pela maior frequência de remoção dos cupins, sete remoções (50%), seguido por *Ectatomma* com quatro remoções (28%), *Pseudomyrmex* com duas (14%) e *Camponotus* com uma remoção apenas (7%). Dentre os gêneros de formigas atraídas, apenas *Ectatomma* não apresenta trofalaxia (Tabela 1).

DISCUSSÃO

A maioria dos estudos sobre relações mutualísticas entre formigas e plantas demonstram efeitos positivos na proteção das plantas contra herbívoros (Bach, 1991; Queiroz & Oliveira, 2001). De fato, o resultado do presente estudo indica que formigas são atraídas mais freqüentemente para lugares da planta onde há maiores quantidades de recursos disponíveis, ou onde existe uma quantidade mínima de recurso que torne a planta interessante como recurso

defensável. Portanto plantas que oferecem maiores quantidades de recursos, ou que apresentam uma grande concentração de membracídeos, atraem mais formigas e conseqüentemente são mais protegidas contra herbívoros, assim como demonstrado por Vasconcelos & Davidson (2000).

Um estudo realizado com interação planta-formiga-membracídeo realizado no mesmo local (Nazareth, 2006) mostra que formigas removem potenciais herbívoros mais freqüentemente quando elas estão em ramos com agregações de membracídeos e que isto resulta em menor incidência de herbivoria nesses ramos. Portanto poderia ser vantajoso para a planta ter muitos membracídeos, pois a planta obteria maior proteção contra herbívoros. Entretanto, produzir uma grande quantidade de néctar em nectários extra florais ou manter muitas agregações de membracídeos provavelmente implicaria em um alto custo para as plantas (Oliveira *et al.*, 1987). Assim, deve haver um balanço entre o custo e o benefício do mutualismo com formigas para a planta, e esse balanço deve ser influenciado pela eficiência de

proteção das formigas que usam a planta como local de forrageamento.

Dentre os cinco gêneros de formigas atraídos nos quatro tratamentos, as do gênero *Crematogaster* foram as responsáveis pela maior remoção de herbívoros, assim como encontrado por Almeida & Figueiredo (2003) e Lordon-Djiéto *et al.* (2004). Essa alta taxa de remoção está fortemente ligada à presença do comportamento de trofalaxia por estas formigas, uma vez que formigas que não apresentam trofalaxia têm que levar o alimento para o ninho preso na mandíbula, e com isso elas podem ficar incapazes de remover herbívoros das plantas. No entanto, isso só é uma limitação para formigas que já estão carregando algum recurso para o ninho, uma vez que as que não estiverem carregando alimento poderiam remover o herbívoro com eficiência. Isso também explica porque formigas do gênero *Ectatomma*, mesmo sem possuir trofalaxia, foram responsáveis por uma grande frequência de remoção de herbívoros.

A proteção oferecida pelas formigas para a planta pode favorecer o

crescimento da mesma, pois com essa proteção a planta pode alocar mais recursos para a expansão de folhas novas e menos em compostos secundários de defesa contra herbívoros (Coley & Barone, 1996). Esses recursos poderiam ser usados para o crescimento, no caso da planta ser capaz de detectar o risco de herbivoria e se adequar às condições locais. Sugiro que em estudos futuros essa hipótese seja testada em um experimento de exclusão de formigas em plantas, onde se compararia a taxa de crescimento em plantas com exclusão de formigas e sem exclusão e se verificaria em qual tratamento a planta obteria maior sucesso de crescimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao Glauco e Zé pela oportunidade e aprendizado, vocês mais os professores foram os maiores responsáveis pela grande mudança na minha forma de pensar sobre como fazer Ciência. Aos meus familiares e amigos, que mesmo de longe, ficaram torcendo por mim. E por final, mas não menos importante, agradeço aos meus mais novos irmãos que conviveram comigo ao

longo desses 30 dias: Alex, Anacy, Andressa, Bethânia, Bruno, Camila, Carlos, Carol, Cassiano, Clarissa, Daniel, Dé, Dona Eduarda, Edgar, Geórgia, Glauco, Heloisa, Letícia, Léo, Lu, Marília, Sabrina, Thiago, Ursula, Paulina, Zé. Sem vocês esse curso não seria fácil. Espero encontrar vocês muitas vezes pela vida, porque como agente mesmo diz: o mundo das ciências biológicas é muito pequeno e nós estamos sempre muitos ligados uns aos outros. VALEU GALERA!!!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A.M. & R.A. Figueiredo. 2003. Ants visit nectaries of *Epidendrum denticulatum* (Orchidaceae) in a Brazilian rainforest: effects on herbivory and pollination. *Brazilian Journal of Biology*, 63(4): 551-558.
- Ammar, E.D. 1985. Internal morphology of leafhoppers and planthoppers, pp.127-162. Em: *The Leafhoppers and Planthoppers* (L.R. Nault & J.G. Rodríguez, eds.) John Wiley y Sons, New York.
- Bach, C.E. 1991. Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). *Oecologia*, 87: 233-239.
- Bentley, B.L. 1977a. Extra-floral nectaries and protection by pugnacious body guards. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8: 407-427.
- Carroll, C.R. & D.H. Janzen. 1973. Ecology of foraging by ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 231-257.
- Coley, P.D. & J.A. Barone. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 305- 335.
- Del-Claro, K. & P.S. Oliveira. 1993. Ant-Homoptera interaction: do alternative sugar sources distract tending ants? *Oikos*, 68: 202-206.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. *The Ants*. Springer-Verlag, Berlim.
- Howe, H.F. & I.C. Wesley. 1988. *Ecological Relationships of Plants and Animals*. Oxford University Press, Cambridge.
- Janzen, D.H. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. *Evolution*, 20: 249-275.
- Lordon-Djiéto, L.; A. Dejean; M. Gibernau; M. Hossaert-McKey & D. McKey, 2004. Symbiotic mutualism with a

- community of opportunistic ants: protection, competition, and ant occupancy of the myrmecophyte *Barteria nigritana* (Passifloraceae). *Acta Oecologica*, 26: 109–116.
- Nazareth, T.M. 2006. Formigas que interagem com membracídeos defendem também a planta hospedeira? Em: Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” (J.L.C. Camargo & G. Machado. eds). PDBFF/INPA, Manaus.
- Oliveira, P.S; A.F. Da Silva & A.B. Martins, 1987. Ant foraging on extrafloral nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation, ants as potential antiherbivore agents. *Oecologia*, 74: 228-230.
- Pesson, P. 1944. *Contribution à l'Étude Morphologique et Fonctionnelle de la Tête, de l'Appareil Buccal et du Tube Digestif des Femelles de Coccides*. Imprimerie Nationale, Paris.
- Queiroz, J.M. & P.S. Oliveira. 2001. Tending-ants protect honeydew-producing whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*, 30: 295–297.
- Schemske, D.W. 1980. The evolutionary significance of extrafloral nectar production by *Costus woodsonii* (Zingiberaceae), an experimental analysis of ant protection. *Journal of Ecology*, 68: 959-967.
- Vasconcelos, H.L. & D.W. Davidson, 2000. Relationships between plant size and ant associates in two Amazonian ant-plants. *Biotropica*, 32: 100–111.