

Mirmecofilia em *Passiflora coccinea* (Passifloraceae): relação entre a distribuição de nectários extraflorais e o tamanho das formigas

Oswaldo Cruz Neto

Introdução

O mutualismo ocorre quando os organismos envolvidos numa interação beneficiam uns aos outros (Howe & Wetley 1988). Os benefícios podem ser alimento, abrigo ou até mesmo serviços ecológicos, como proteção contra herbívoros (Davidson & McKey 1993). Um exemplo de mutualismo é a interação entre insetos e plantas que pode compreender uma série de processos ecológicos como a polinização, dispersão de sementes e proteção das plantas contra herbívoros (Howe & Wetley 1988). Nas regiões tropicais uma das interações mutualísticas mais ocorrentes envolvem plantas e formigas (Howe & Wetley 1988). Embora restrita aos trópicos, interações entre esses organismos ocorrem em mais de 100 espécies de angiospermas e 40 espécies de formigas (Davidson & McKey 1993).

Embora sejam consideradas essencialmente predadoras, muitas espécies de formigas podem obter uma

parcela considerável de seu suprimento energético a partir de relações mirmecofílicas com plantas (Hölldobler & Wilson 1990; Oliveira *et al.* 1987). Nessa relação as formigas adquirem seu alimento nas glândulas secretoras de néctar chamadas nectários extraflorais (NEFs) e ao mesmo tempo protegem a planta contra potenciais herbívoros (Bentley 1977; Hölldobler & Wilson 1990).

A família Formicidae abriga espécies com comportamentos totalmente distintos (Hölldobler & Wilson 1990) que certamente se relacionam a capacidade dessas formigas em localizar e defender seus recursos. A subfamília Ectatomminae, por exemplo, é representada por espécies de formigas relativamente grandes e agressivas, como *Ectatomma* sp., que costumam forragear sozinhas ou em pequenos grupos (Hölldobler & Wilson 1990). Por outro lado, espécies da subfamília Myrmicinae, como *Crematogaster* sp., apresentam

indivíduos menores e alta capacidade de recrutar outras operárias para mobilizar algum recurso (Hölldobler & Wilson 1990).

Na família Passifloraceae a ocorrência de interações mirmecofílicas é muito recorrente, devido à presença de nectários extraflorais em muitas de suas espécies (Ribeiro *et al.* 1999). A distribuição dos nectários dentro de Passifloraceae pode ser homogênea ou heterogênea. A distribuição homogênea, como a encontrada em *Passiflora edulis* (Ribeiro *et al.* 1999), ocorre quando os nectários são localizados sempre num mesmo órgão. Na distribuição heterogênea, como a encontrada em *P. coccinea* (Ribeiro *et al.* 1999), os nectários se distribuem de forma diferenciada entre os órgãos da planta, em que as brácteas florais apresentam maior quantidade de nectários que pecíolos e gemas apicais (Ribeiro *et al.* 1999). Os nectários das gemas apicais são ativos durante a vida da planta, enquanto os nectários das brácteas são ativos apenas durante o período que compreende a formação do botão floral até o amadurecimento dos frutos (Apple & Feener 2001). A grande quantidade de nectários encontrados nas brácteas florais indica um elevado investimento

energético de *P. coccinea* para a atração de formigas e proteção das suas estruturas reprodutivas (Apple & Feener 2001).

A espécie de *Passiflora* que se associa com maior número de espécies de formigas é *P. coccinea*, sendo registradas 22 espécies de formigas envolvidas nesta interação (Apple & Feener 2001; Leal *et al.* 2006). A associação mutualística com um grande número de espécies de formiga confere um alto grau de proteção contra herbivoria (Leal *et al.* 2006) e até mesmo contra pilhadores de néctar (Fischer & Leal 2006). Apesar da grande riqueza de espécies de formigas associadas a *P. coccinea*, apenas três espécies conferem proteção efetiva contra os herbívoros, sendo duas espécies de *Crematogaster* sp. e uma de *Ectatomma* sp. (Leal *et al.* 2006). A associação entre a quantidade de nectários e as estratégias de forrageamento de *Crematogaster* sp. e de *Ectatomma* sp. devem conferir proteção diferencial aos órgãos de *P. coccinea*. O objetivo deste trabalho é entender como a eficiência de remoção de herbívoros pelas formigas mais abundantes em *P. coccinea* varia com a quantidade de nectários extraflorais

ativos em seus órgãos. Minha hipótese é que formigas maiores (*Ectatomma* sp.) removem mais eficientemente os herbívoros que formigas menores (*Crematogaster* sp.) e que esta eficiência de remoção é maior nas brácteas em relação às gemas apicais.

Métodos

Área de estudo

Desenvolvi este estudo na estrada que dá acesso à sede da Reserva do km 41, localizada à 80 km ao norte de Manaus (2°24'S; 59°44'O), na Área de Relevante Interesse Ecológico do Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais. A reserva possui uma área de 800 ha, sendo composta por uma matriz de floresta primária de terra firme.

Coleta de dados

Selecionei indivíduos de *P. coccinea* que apresentavam botões, flores ou frutos. Como estes indivíduos são dificilmente distinguíveis, amostréi apenas ramos de indivíduos em estágio reprodutivo. Considerando que as formigas são muito abundantes em indivíduos de *P. coccinea* (Fischer & Leal 2006; Leal *et al.* 2006), provavelmente a presença de um

herbívoro em um ramo não exerça influência no comportamento das formigas localizadas em outro ramo. Para garantir essa independência amostréi na mesma planta ramos distante no mínimo 80 cm um do outro. Desta forma o estímulo em um ramo não provocou resposta por parte das formigas em outro ramo. Em cada ramo selecionei o botão mais antigo, em pré-antese, e a gema apical para realizar o experimento. Para evitar o efeito que um táxon de formiga poderia ter sobre o comportamento do outro selecionei ramos com apenas um gênero de formiga presente. Colei com cola branca uma isca viva de um operário do cupim *Nasutitermes* sp. na extremidade de uma das brácteas florais e outro no último par de nectários ativos do ramo e cronometrei o tempo de resposta da formiga em segundos.

Considereei como tempo de resposta da formiga o tempo gasto entre a fixação do cupim e o ataque da primeira formiga a ele. Para *Ectatomma* sp. considereei como ataque a primeira mordida no cupim, e para *Crematogaster* sp. o recrutamento de outras operárias. Classifiquei como recrutamento o comportamento onde as formigas tocavam suas antenas em

outras operárias co-específicas e se locomoviam para a isca utilizada no experimento. Minha primeira predição é que o tempo de resposta das formigas seja menor nas brácteas que nas gemas apicais. Minha segunda predição é que formigas grandes, *Ectatomma* sp., reconheçam os herbívoros em menor tempo que formigas pequenas, *Crematogaster* sp..

Análise dos dados

Utilizei uma ANOVA de dois fatores para testar a predição que a quantidade de nectários ativos e o tamanho da formiga podem influenciar no tempo de resposta dos herbívoros. As variáveis explanatórias foram os órgãos da planta e as espécies de formiga. Categorizei os órgãos da planta de acordo com o número de nectários ativos presentes: gema apical (com um par de nectários) e brácteas (com oito a 12 nectários). Criei duas categorias para as espécies de formigas de acordo com seus tamanhos corporais, sendo *Ectatomma* sp. a espécie de formiga

grande e *Crematogaster* sp. a pequena. A variável dependente foi o tempo de resposta das duas espécies de formigas, em segundos, à presença da isca viva.

Resultados

Encontrei 43 ramos reprodutivos ocupados por apenas uma espécie de formiga. No total foram 24 ramos ocupados por *Crematogaster* sp. e 19 por *Ectatomma* sp.. Os cupins fixados nas brácteas foram reconhecidos em menor tempo pelas duas espécies de formigas que aqueles fixados nas gemas apicais ($F=10,641$; $p=0,001$; Figura 1). O tempo de resposta aos cupins fixados nas gemas apicais foi aproximadamente duas vezes menor para *Crematogaster* sp. ($104,8 \pm 161,95$) em relação à *Ectatomma* sp. ($213,32 \pm 86,06$). Nas brácteas as duas espécies de formigas apresentaram tempos de respostas similares ($40,21 \pm 1,63$). A diferença no tempo de resposta para cada espécie de formiga entre as brácteas e as gemas apicais foi maior para *Ectatomma* sp.

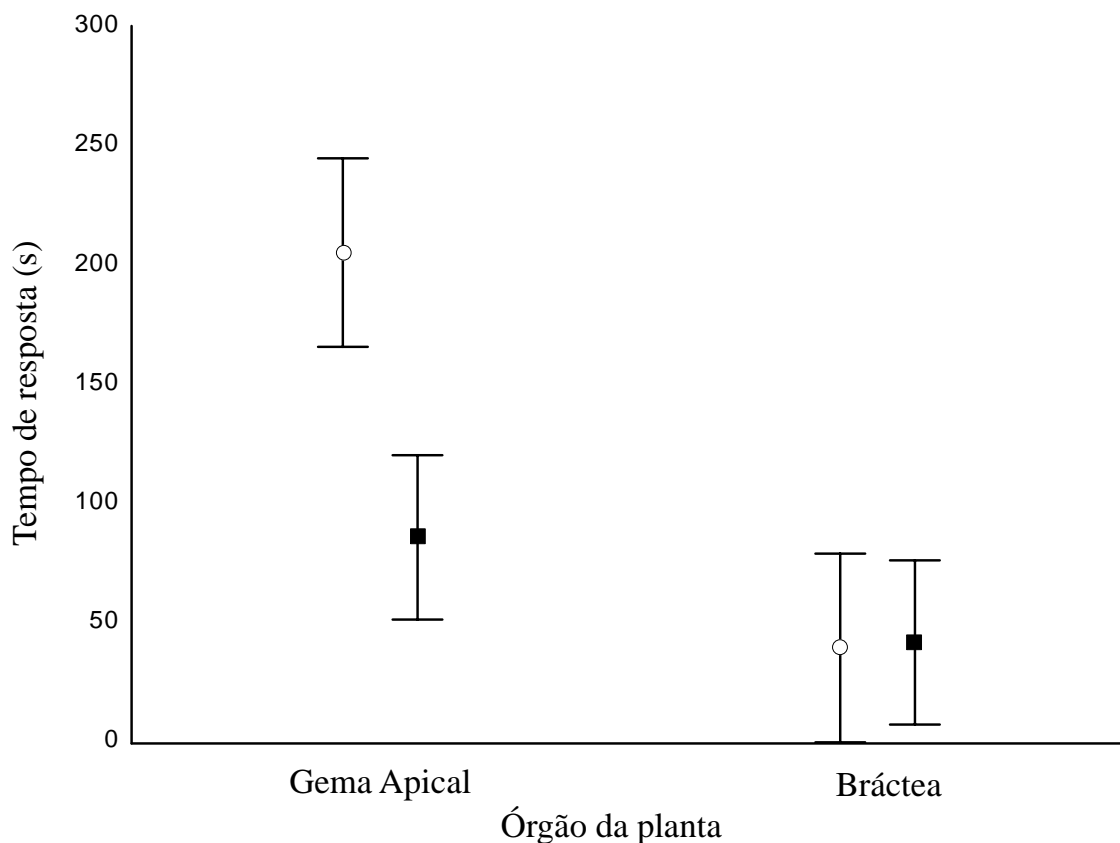


Figura 1. Tempo de resposta de *Crematogaster* sp. (quadrado cheio) e *Ectatomma* sp. (bola vazia) a uma isca viva fixada na gema apical ou na bráctea floral de *Passiflora coccinea*. Os pontos representam o tempo médio de resposta e as barras os intervalos de confiança (95%).

Discussão

A proteção de *P. coccinea* contra herbívoros é mais eficiente quando se trata das brácteas em relação às gemas apicais. A proteção diferencial dos órgãos de *P. coccinea* indica que o investimento em uma grande quantidade de nectários extraflorais nas brácteas, torna estes órgãos mais atrativos para as formigas que assim, conferem maior proteção contra herbívoros. A eficiência na proteção dos

órgãos variou de acordo com o tamanho das formigas, sendo que a espécie grande, *Ectatomma* sp., foi mais eficiente que a espécie pequena, *Crematogaster* sp.. O tamanho das formigas associado aos seus respectivos comportamentos de forrageio parecem indicativos de suas eficiências na proteção contra herbívoros de *P. coccinea*. Formigas grandes apresentam maior capacidade de retirar algum invasor e não possuem comportamento

de recrutamento, o que as torna mais eficientes.

O investimento de recursos de *P. coccinea* em uma maior quantidade de nectários nas brácteas reforça a idéia de que danos às estruturas reprodutivas implicam em maior redução da aptidão da planta que danos em estruturas vegetativas (Strauss *et al.* 2002). Em espécies de *Passiflora* a menor proteção das gemas pelas formigas, pode ser compensada pelas grandes quantidades de compostos secundários metabolizados por essas plantas (Smiley 1987). Dessa maneira, o reconhecimento e a remoção dos herbívoros pelas formigas nas brácteas de *P. coccinea* representam uma forma mais importante de proteção contra herbívoros em estruturas reprodutivas, do que em estruturas vegetativas.

As diferenças nas eficiências de detecção dos herbívoros entre as gemas e as brácteas podem ser explicadas por padrões comportamentais das formigas. Espécies grandes, como *Ectatomma* sp., não apresentam comportamento de recrutamento de co-específicos, mas podem defender mais recursos por unidade de tempo que formigas pequenas, como *Crematogaster* sp. (Hölldobler & Wilson 1990). A maior

capacidade de defesa de recursos por formigas grandes pode compensar a menor eficiência de *Ectatomma* sp. no reconhecimento dos herbívoros (Hölldobler & Wilson 1990). Por outro lado indivíduos de *Crematogaster* sp., geralmente se locomovem intensamente entre os órgãos de *P. coccinea*, indicando que a área de forrageio por unidade de tempo para essa espécie deve ser maior que para *Ectatomma* sp. Portanto, maior capacidade de forrageio explica o fato de *Crematogaster* sp. encontrar os herbívoros em menor tempo nas gemas apicais.

Apesar das estratégias de forrageamento divergentes adotadas por *Ectatomma* sp. e *Crematogaster* sp. este estudo mostrou uma proteção diferencial das brácteas em detrimento das gemas apicais nas duas espécies de formigas, que protegeram mais eficientemente locais onde havia maior quantidade de recursos, no caso, as brácteas. Considerando que as brácteas são mais eficientemente protegidas pelas formigas e que estas estruturas estão ativas durante todo o período reprodutivo de *P. coccinea*, sugiro que estudos futuros avaliem qual estrutura reprodutiva (botão, flores ou frutos) é mais eficientemente protegida pelas

formigas.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Paulinho (Rainbow Master), Flávia Costa, Glauco Machado, José Luís Camargo por me proporcionarem a incrível experiência de participar do curso Ecologia da Floresta Amazônica. À todos os professores e aos monitores, Fabrício e Lelê, pelo grande auxílio durante todo o curso. Mais uma vez agradeço à Flávia Costa e a Lelê pelas sugestões e revisão deste relatório. Agradeço também a Dona Eduarda, Dudú e Júnior (“MERRMO”), pelo apoio. Finalmente agradeço a todos os alunos (Claudinha, Musgo, Tico, Zezin, Toshiro Jolie, Diogo “Take on me”, Marie, Mari, Carine, Passivo, Ridícula, Carol, Doda, Bonitão, Lua, Marcel “Bernardete”, Paulinha, Caio “Odonataman”, Carol, Pati Wild) pelos momentos inesquecíveis.

Referências

Apple, J.L. & D.H. Feener Jr. 2001. Ant visitation of extrafloral nectaries of *Passiflora*: The effects of nectary attributes and ant behavior on patterns in

facultative ant-plant mutualisms. *Oecologia*, 127: 409-416.

Bentley, B.L. 1977. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8:407-428.

Davidson, D.W. & D. McKey. 1993. The evolutionary ecology of symbiotic ant-plant relationships. *Journal of Hymenopteran Resouce*, 2:13-83.

Fischer, E.A. & I.R. Leal. 2006. The role of nectar secretion rate for pollination of *Passiflora coccinea* (Passifloraceae) in Central Amazon. *Brazilian Journal of Biology*, 66:747-754.

Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. The ants. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Howe H.F. & I.C. Wesley. 1988. Ecological Relationships of Plants and Animals. Oxford University Press, Cambridge.

Leal, I.R., E. Fischer, C. Kost, M. Tabarelli & R. Wirth. 2006. Ant protection against herbivores and nectar thieves in *Passiflora coccinea* flowers. *Ecoscience*, 13:432-438.

- Oliveira, P. S., A.F. 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.
- Ribeiro, J.S.L, M.J.G. Hopkins, A. Vicentini, C.A. Sothers, M.A.S. Costa, J.M. Brito, M.A.D. Souza, L.H.P. Martins, L.G. Lohmann, P.A.C.L. Assunção, E.C. Pereira, C.F. Silva, M.R. Mesquita & L.C. Procopio. 1999. Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme da Amazônia Central. Manaus: INPA-DFID.
- Strauss, S.Y., J.A. Rudgers, J.A. Lau & R.E. Irwin. 2002. Directed and ecological costs of resistance to herbivory. *Trends in Ecology and Evolution*, 17:278-285.
- Smiley, J. 1987. Ant constancy at *Passiflora* extrafloral nectaries: Effects on caterpillar survival. *Ecology*, 67:516-521.