



POLINIZAÇÃO POR ESFINGÍDEOS (LEPIDOPTERA, SPHINGIDAE) EM ÁREA DE FLORESTA MONTANA NA MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE BRASILEIRO

F.W. Amorim^{1,2}

M. Sazima¹

1-Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Vegetal, Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal. 2-Autor para correspondência: amorimfelipe@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

As relações entre plantas e seus polinizadores geralmente organizam - se em guildas ou grupos funcionais, nos quais determinada espécie vegetal pode ser polinizada por um conjunto de espécies de polinizadores, enquanto um mesmo agente polinizador pode contribuir efetivamente para os processos reprodutivos de várias espécies vegetais (Waser *et al.*, ., 1996). De fato, sistemas de polinização generalistas são mais comuns e amplamente distribuídos que sistemas que envolvem estrita especialização entre uma determinada planta e um único agente polinizador (Nilsson *et al.*, ., 1987; Johnson & Steiner, 2000).

A polinização por mariposas (Lepidoptera, Heterocera) provavelmente é um dos sistemas mais comuns e menos estudados nos trópicos (Bawa, 1990). Os esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) estão entre os principais polinizadores em comunidades tropicais (Harber & Frankie, 1989; Darrault & Schlindwein, 2002). A família possui distribuição ampla pelo globo, porém a maior concentração de espécies ocorre nas regiões tropicais (D'Abrera, 1986; Kitching & Cadiou, 2000). Os esfingídeos geralmente possuem probóscides longas, adaptadas à sucção de néctar em flores, o que os torna visitantes florais obrigatórios (Harber & Frankie, 1989; Moré *et al.*, ., 2005; mas veja Kitching & Cadiou, 2000 para a ocorrência e distribuição de espécies com aparato bucal não funcional). Seu hábito alimentar aliado a morfologia do aparelho bucal (na maioria das espécies) e ao comportamento de visita nas flores, possibilita o contato com as partes reprodutivas das plantas, viabilizando a polinização e reprodução de espécies vegetais xenógamas (Nilsson, 1988).

Plantas esfingófilas possuem um conjunto de características que são importantes para atração dos visitantes e a adequação morfológica às visitas por mariposas de longas probóscides (Baker, 1961). Estas espécies geralmente apresentam antese crepuscular a noturna, cores brancas ou pálidas, flores tubulares e geralmente longas (do tipo hipocrateriformes ou infundibuliformes), flores do tipo pincel (predominantemente estaminadas), produção de odores

adocicados e néctar com predominância de sacarose (Baker, 196; Faegri & Pijl 1980; Bawa, 1990). Embora em muitos casos haja elevado grau de especialização de algumas espécies para polinização por esfingídeos (Nilsson, 1988), estas mariposas apresentam alta flexibilidade na escolha das flores exploradas. Neste sentido, nota - se que uma única espécie de esfingídeo pode atuar como polinizadora de várias espécies vegetais numa mesma comunidade, sendo a única restrição, o comprimento das estruturas florais e a capacidade de acesso ao néctar pelas mariposas (Harber & Frankie, 1989; Darrault & Schlindwein, 2002).

Pouco se conhece sobre polinização por mariposas nos biomas tropicais, em especial por esfingídeos (Bawa, 1990). Mas quando esse sistema de polinização é considerado mais cautelosamente, percebe - se sua grande importância para a estruturação e a manutenção das comunidades vegetais (Agosta & Janzen, 2005). Na América Neotropical análises ao nível de comunidade, relacionando esfingídeos e plantas esfingófilas, estão restritas a poucos estudos (Haber & Frankie, 1989 para comunidade de Floresta seca na Costa Rica; Darrault & Schlindwein, 2002 para comunidade do "Tabuleiro Paraibano", área disjunta de Cerrado no litoral nordeste do Brasil, Agosta & Janzen, 2005, Amorim, 2008). Para a Mata Atlântica, um dos ecossistemas mais ricos, diversos e ameaçados do planeta (Myers *et al.*, ., 2000), os conhecimentos sobre esfingofilia limitam - se a poucos estudos de caso (Silva & Sazima, 1995; Rocca & Sazima, 2006). Neste contexto, torna - se urgente e necessária a ampliação do que se conhece sobre este sistema de polinização ou grupo funcional, e sua importância na organização das interações entre a flora esfingófila e a fauna de esfingídeos em áreas de Mata Atlântica.

OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivos levantar a flora esfingófila e a fauna de esfingídeos em uma área de Floresta Ombrófila Densa Montana, além de estudar as interações entre esfingídeos e plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em área de Floresta Ombrófila Densa Montana no núcleo Santa Virgínia (23°17'-23°24' S / 45°03'-45°11' W), Parque Estadual da Serra do Mar (PESM). A área total possui uma extensão de cerca de 5.000 ha e está situada entre os municípios de São Luís do Paraitinga, Cunha e Ubatuba (Veloso *et al.*, ., 1991). A altitude varia de 850 m a 1.100 m do nível do mar e o clima é tipo Tropical Temperado (Cwa segundo a classificação de Köppen, 1948), com precipitação média anual superior a 2.000 mm, sendo que mesmo nos meses mais secos a precipitação nunca é inferior a 60 mm (Setzer, 1966).

Amostragem da flora esfingófila e fenologia

As espécies potencialmente esfingófilas foram definidas seguindo as características da síndrome da esfingofilia e critérios básicos estabelecidos por Baker (1961), Faegri & van der Pijl (1980) e Haber & Frankie (1989). Este grupo de espécies foi então levantado através de buscas contínuas e intensivas por transectos pré - estabelecidos na área de estudos a partir do método de avistamento, no qual todas as espécies cujas características florais se adequavam as da síndrome da esfingofilia, foram observadas em maior detalhe. As espécies que ocupavam o dossel, como epífitas e árvores de grande porte foram localizadas a partir da observação de flores caídas no solo sob sua copa e com auxílio de binóculos. Foram então coletados ramos destas espécies para produção de exsicatas e identificação.

Os estudos de fenologia de floração foram realizados mensalmente a partir da localização das espécies potencialmente esfingófilas. Os dados fenológicos foram tomados qualitativamente e a intensidade de floração foi separada em duas classes categóricas, sendo elas: 1-Pico de floração (quando a maioria dos indivíduos da população estava florida ou o indivíduo apresentava mais de 50% dos ramos em flor) e, 2-Floração moderada (quando poucos indivíduos da população estavam floridos em eventos de pequenos pulsos de floração ou o indivíduo apresentava menos de 50% dos ramos com flores).

Biologia floral, sistema sexual e reprodutivo

Na medida em que foram sendo encontradas as espécies esfingófilas/potencialmente esfingófilas, flores e botões florais foram marcados para o acompanhamento e definição do período de antese e longevidade floral. Também foram coletadas flores e inflorescências e fixadas em álcool 70% para análises detalhadas de morfologia e morfometria floral. Botões florais em pré - antese foram coletados para futuras análises polínicas que caracterizarão a rede de interações mutualísticas entre plantas e esfingídeos.

Foram realizadas observações diurnas e noturnas de visitantes florais em muitas das espécies encontradas até o momento. As observações noturnas foram feitas com auxílio de lanternas com filtro de luz vermelha de forma a minimizar a perturbação para os visitantes. Porém, como as visitas de esfingídeos geralmente são muito raras e fortuitas, para evitar qualquer tipo de fonte de perturbação externa (mesmo de lanterna com filtro vermelho), foi utilizada uma máscara de visão noturna do tipo *Eyeclops® Night Vision*.

O sistema sexual das espécies esfingófilas foi determinado através da morfologia (verificação de flores hermafroditas, heterostílicas, dióicas ou variações destes tipos) e do comportamento da flor (ocorrência de dicogamia, ou seja, maturação diferencial entre estames e pistilos).

Fauna de esfingídeos

O levantamento da fauna de esfingídeos foi realizado mensalmente em noites de lua nova com auxílio de armadilha luminosa, composta por dois tecidos brancos de dimensões de 2,0 x 1,4 m, dispostos num ângulo de 180° graus e iluminados por duas lâmpadas de luz mista de 250 W. As coletas foram realizadas entre março de 2008 e maio de 2009 em dois pontos distintos. Sendo o primeiro numa área aberta e mais elevada circundada por um vale e serras com floresta primária, mas em sua maioria por floresta secundária, e o segundo foi numa clareira no interior da floresta circundado por floresta num raio de apenas 10 m. No segundo ponto as coletas foram realizadas com auxílio de um gerador elétrico a gasolina modelo *Tekna® 840 W*.

As mariposas foram capturadas manualmente uma a uma e sacrificadas com solução de NH₄OH a 30%, injetada na porção ventral do tórax entre os segmentos torácicos. Após captura e sacrifício, cada indivíduo teve a probóscide mensurada com auxílio de paquímetro e pinças. As mariposas foram acondicionadas individualmente em envelopes de papel para posterior montagem e identificação. As identificações foram realizadas com auxílio de ilustrações e chaves de identificações da literatura especializada (D'Abreu, 1986; Moré *et al.*, ., 2005), além do auxílio de especialistas (Dr. I. Kitching-Museu de História Natural de Londres). A nomenclatura e a classificação seguiram Kitching & Cadiou (2000). Os espécimes capturados foram depositados no Museu de Zoologia da UNICAMP.

RESULTADOS

Flora esfingófila

Ao todo foram encontradas 18 espécies, distribuídas em nove famílias, que a partir dos caracteres e atributos florais puderam ser consideradas como esfingófilas ou potencialmente esfingófilas. Entre estas, duas são exóticas: *Lonicera japonica* (Caprifoliaceae) e *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae). Assim como observado em outras áreas na América tropical (Haber & Frankie, 1989; Darrault & Schindwein, 2002) a família Rubiaceae foi a mais representativa em número de espécies esfingófilas, com quatro espécies ocorrendo na área de estudo.

De forma geral as espécies apresentaram colorações brancas ou tons pálidos de verde e creme, e morfologia dos tipos tubular, pincel e calcarada. O hábito variou desde plantas herbáceas com pouco mais de 50 cm de altura a árvores podendo alcançar até de 20 m, como no caso de *Posoqueria latifolia* cf. (Rubiaceae), *Tabernaemontana* sp (Apocynaceae) e *Pseudobombax grandiflorum* (Malvaceae). A maioria das espécies, com exceção de *Inga sessilis* e *Hedychium coronarium*, ocorreram em densidades muito baixas, sendo que muitas destas foram representadas por apenas um indivíduo.

Flora esfingófila: fenologia e biologia floral

Durante quase todos os meses do ano foram encontradas espécies em floração, porém durante os meses mais frios, entre fevereiro e junho, a ocorrência e a intensidade de floração foram menores. A maior parte das espécies apresentou comportamento de floração do tipo anual, sendo a minoria com floração do tipo subanual ou contínua (sensu Newstrom *et al.*, ., 1994). Este padrão contrasta com o de áreas de terras baixas na Mata Atlântica (Ávila Jr., 2009) onde a maioria das espécies apresentou floração dos tipos subanual e contínua. A sazonalidade marcada em área de floresta Montana, causada pela ocorrência de meses muito frios certamente interferiu diretamente neste padrão.

A flora esfingófila observada em sua maioria foi constituída por espécies hermafroditas e com tubos florais muito curtos (até 35,0 mm). Estas espécies com tubos florais curtos também são muito atrativas durante o dia para outros grupos de polinizadores como abelhas e beija - flores. Este fato caracteriza um sistema de polinização generalista, apesar das flores se adequarem a um tipo de síndrome de polinização específica, como é o caso da falenofilia. Sistemas generalistas de polinização são muito comuns em comunidades tropicais mesmo em grupos vegetais com síndromes de polinização específicas (Waser *et al.*, ., 1996). Por outro lado, este grupo de plantas também apresentou elementos muito especializados, que incluem as espécies com tubos florais muito longos com comprimento de até 15 cm. Estas obrigatoriamente necessitam de um serviço de polinização realizado por esfingídeos com probóscides muito longas.

Fauna de esfingídeos

Ao todo foram coletadas 415 esfingídeos pertencentes a cerca de 46 espécies, distribuídas em 19 gêneros. Assim como observado para outras áreas nas regiões tropicais (Laroca & Mielke, 1975; Harber & Frankie, 1989; Darrault & Schlindwein, 2002) a tribo Dilophonotini foi a mais representativa (16 spp.), assim como o gênero *Xylophanes* (11 spp.). A sazonalidade da fauna de esfingídeos provavelmente está relacionada a temperatura, sendo que a ocorrência de maior abundância e riqueza de esfingídeos na área esteve associada aos meses mais quentes do ano (entre outubro e janeiro). Os meses de setembro e outubro se destacaram entre os meses mais ricos, com 28 e 26 espécies capturadas, respectivamente. As probóscides das mariposas variaram de 10,5 mm a 207,46 mm. A maioria das espécies apresentou probóscides curtas com cerca de 30,0 a 40,0 mm.

CONCLUSÃO

Os comprimentos dos tubos florais das espécies esfingófilas e das probóscides dos esfingídeos observados na área de estudo, possuem uma distribuição semelhante. Neste sentido, assim como observado por Agosta & Janzen (2005) em área de Floresta Seca na Costa Rica, provavelmente há uma correspondência morfológica ao nível de comunidade entre os comprimentos das probóscides dos esfingídeos e dos tubos florais das plantas esfingófilas da região. Estas observações também foram recentemente reportadas para outras áreas tropicais (Amorim, 2008), incluído outras regiões de Mata Atlântica no sudeste do Brasil (Ávila Jr., 2009). Estas observações corroboram a idéia de ajustamento ecológico en-

tre plantas e polinizadores, pouco estudado ainda para o sistema esfingídeos - plantas esfingófilas.

Agradecimentos: a diretoria do Núcleo de Santa Virgínia (NSV) inclusive pelo suporte logístico, ao Instituto Florestal e IBAMA, por permissão e autorização para a realização deste estudo no Parque Estadual da Serra do Mar. A FAPESP pela concessão de bolsa (proc. 07/58666 - 3), ao Projeto Temático Gradiente Funcional (proc. 03/12595 - 7) do programa BIOTA/FAPESP e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- Agosta, S.J. & Janzen D.H. (2005) Body size distributions of large Costa Rican dry forest moths and the underlying relationship between plant and pollinator morphology. *Oikos*, 108: 183 - 193.
- Amorim, F.W. (2008). A comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e plantas esfingófilas numa área de Cerrado no sudeste do Brasil: biogeografia e associações mutualísticas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG.
- Amorim, F.W., Ávila Jr., R.S.; Camargo, A.J.A, Vieira, A.L. & Oliveira, P.E. 2009. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. *Journal of Biogeography*, 36:662 - 674.
- Ávila Jr. 2009. A guilda de plantas esfingófilas e a comunidade de Sphingidae em uma área de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.
- Baker, H.G. 1961. The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollinators. *Quarterly Review of Biology*, 36:64 - 73.
- Bawa, K.S. 1990. Plant - pollinator interactions in Tropical Rain Forests. *American Journal of Botany*, 72: 346 - 456.
- D'abrera, B. 1986. Sphingidae mundi. hawkmoths of the World. Farindon. Uk: E. W. Classey Ltd.
- Darrault, O. R. & Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no tabuleiro paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19:429 - 443.
- Faegri, K. & Van Der Pijl, L. 1980. The principles of pollination ecology. New York: Pergamon Press.
- Haber, W. A. & Frankie, G. W. 1989. A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest Sphingidae. *Biotropica*, 21:155 - 172.
- Johnson, S.D. & Steiner, E. 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution*, 15:140 - 143.
- Kitching, I. J. & Cadiou, J. M. 2000. Hawkmoth of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae). Cornell University Press, Ithaca.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia*. México: Fondo de Cultura Económica. 213 p.
- Laroca, S. & Mielke, O. H. 1975. Ensaios sobre a ecologia de comunidade em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). *Revista Brasileira de Biologia*, 35:1 - 19.

- Moré, M.; Kitching, I. J. & Cocucci, A. A. 2005. Hawkmoths of Argentina. LOLA, Buenos Aires.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853 - 858.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W. & Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 26: 141 - 159.
- Nilsson, L. A.; Jonsson, L.; Ralison, L. & Randrianjohany, E. 1987. Angraecoid orchid and hawkmoths in central Madagascar: Specialized pollination systems and generalist foragers. *Biotropica*, 19: 310-318.
- Nilsson, L.A. 1988. Evolution of flowers with deep corolla tubes. *Nature*, 334: 147 - 149.
- Rocca, M. A. & Sazima, M. 2006. The dioecious, sphingophilous species *Citharexylum myrianthum* (Verbenaceae): Pollination and visitor diversity. *Flora*, 201: 440-450.
- Setzer, J. 1966. Atlas climatológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná - Paraguai. CESP, São Paulo
- Silva, W. & M., Sazima 1995. Hawkmoth pollination in *Cereus peruvianus*, a columnar cactus from Southeastern Brazil. *Flora*, 190: 362 - 376.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. 1991. Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M. & Ollerton, J. (1996) Generalization in pollinations systems, and why it matters. *Ecology*, 77: 1043 - 1060.
- Wasserthal, L.T. 1997. The pollinators of the malagasy star orchids *Angraecum sesquipedale*, *A. sororium* and *A. compactum* and the evolution of extremely long spurs by pollinator shift. *Botanica Acta*, 110: 343 - 359.
- Whittall, J.B. & Hodges, S.A. 2007. Pollinator shifts drive increasingly long nectar spurs in columbine flowers. *Nature*, 447: 706 - 709.