



O tamanho das árvores e a proximidade a coespecíficos altera a probabilidade de fecundação dos óvulos de uma planta polinizada por insetos?

Luísa Novara

RESUMO: Uma estratégia que eleva a taxa de encontro entre polinizadores e plantas é o aumento da abundância de flores. Considerando que copas grandes e densidades elevadas de árvores aumentam o número de flores atrativas aos polinizadores, testei a hipótese de que quanto maior a copa de *Clitoria fairchildiana* e sua proximidade com coespecíficos, maior seria a probabilidade de fecundação dos óvulos. Foram calculados a proporção de óvulos fecundados, o volume da copa e a distância em relação a vizinhos coespecíficos para 23 árvores. Os resultados indicam que a probabilidade de fecundação dos óvulos não é influenciada de forma positiva pelas variáveis medidas. Uma explicação é que a abundância do polinizador é elevada e não constitui um fator limitante à eficiência da polinização. Outra explicação é que a maior atratividade de manchas grandes é contrabalanceada por um efeito de diluição ocasionado pelo alto número de flores a serem polinizadas.

PALAVRAS-CHAVE: abundância, densidade, distribuição espacial, efeito de diluição, mutualismo.

INTRODUÇÃO

A ausência de mobilidade das plantas cria um obstáculo para a sua reprodução, pois as probabilidades de encontro entre gametas de indivíduos distintos são baixas. Em muitos grupos de plantas, este obstáculo foi superado com o estabelecimento de interações mutualistas com polinizadores, que transportam os grãos de pólen entre flores e realizam a dispersão das sementes (Pellmyr, 2002). Em interações polinizador-planta, os animais se beneficiam pelo acesso a néctar, pólen e outros recursos oferecidos pelas plantas como fonte alimentar. Ao mesmo tempo, a ocorrência de polinização por animais aumenta a probabilidade de que um grão de pólen coletado em uma flor alcance o estigma de outra flor e de que a troca de pólen ocorra entre indivíduos distintos, dado que animais geralmente percorrem longas distâncias (Pellmyr, 2002).

Para que a polinização ocorra, os polinizadores devem localizar algumas plantas em meio a diversos organismos que não são fontes de recurso. Há diversas pistas que facilitam a localização das plantas pelos polinizadores, como diferentes colorações, odores, formatos e tamanhos de flores (Chittka & Thomson, 2004). Nesses casos, a atração ocorre no nível da flor e a eficiência das pistas está relacionada à forma de percepção dos polinizadores. O sinal de atratividade entre as plantas e os polinizadores, mediado pelas flores, pode ser amplificado para o nível do indivíduo ou da agregação em que a planta ocorre por meio do aumento da abundância das flores na região

(Chittka & Thomson, 2004). Nesses casos, além da identificação da planta ou da agregação pelos polinizadores ser facilitada porque há reforço do sinal de atratividade (Pellmyr, 2002), a probabilidade de encontro das plantas pelos polinizadores e de permanência dos polinizadores no local de ocorrência da planta aumenta (hipótese de concentração do recurso; Strauss & Zangerl, 2002). Esse aumento ocorre porque os polinizadores tendem a se agregar em manchas de maior concentração de recurso (Chittka & Thomson, 2004). A abundância de flores em uma mancha pode ser elevada em função do aumento do número de flores em cada indivíduo ou do aumento na densidade de plantas. Assim, tanto o tamanho da planta quanto a sua distribuição espacial podem influenciar a eficiência da polinização.

O objetivo deste estudo foi avaliar como o tamanho e o adensamento dos indivíduos de uma planta influenciam a probabilidade de fecundação dos óvulos para cada indivíduo. O modelo de estudo utilizado foi *Clitoria fairchildiana* (Fabaceae), uma árvore polinizada por abelhas. Dado que as abelhas polinizadoras são atraídas por elevada abundância de flores (Pellmyr, 2002) e que árvores com copas maiores possuem maior número de flores, testei a hipótese de que quanto maior a copa da árvore e quanto maior a proximidade a coespecíficos, maior é a probabilidade de fecundação dos óvulos para cada indivíduo de *C. fairchildiana*.

MATERIAL & MÉTODOS

COLETA DE DADOS

O estudo foi realizado na Praia do Una, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Barra do Una, localizada no município de Peruíbe, no litoral sul do estado de São Paulo. Foram amostrados 23 indivíduos de *C. fairchildiana* de diferentes tamanhos e distâncias a coespecíficos. Para cada indivíduo, foram feitas as medições do maior comprimento da base da copa, da largura da base da copa e da altura da copa. Além disso, para cada indivíduo, foi medida a menor distância da borda da copa do indivíduo focal à borda da copa dos três indivíduos coespecíficos mais próximos (D1, D2 e D3) dentro de um raio máximo de 40 m. Para cada indivíduo, a copa das árvores foi dividida em quatro partes de volume semelhante. Em cada parte, foram coletados aleatoriamente dois frutos, totalizando oito frutos por árvore. Para cada indivíduo, foi feita a contagem do número total de óvulos fecundados (OF) e do número total de óvulos não fecundados (ON). A diferenciação visual de óvulos fecundados e não fecundados em *C. fairchildiana* foi possível após a abertura dos frutos, uma vez que óvulos fecundados formam sementes e óvulos não fecundados são identificados por meio de lóculos vazios no mesocarpo da vagem (sensu da Silva et al., 2015). Frutos em que a predação de sementes impossibilitou a contagem dos óvulos foram descartados e não contabilizados na amostragem.

O cálculo da probabilidade de fecundação dos óvulos de cada indivíduo (PF) foi realizado a partir da proporção de óvulos fecundados ($PF=OF/(OF+ON)$). O volume da copa de cada indivíduo (V) foi estimado a partir da multiplicação do comprimento da base da copa, da largura da base da copa e da altura da copa, considerando o formato da copa como um paralelepípedo. O cálculo da proximidade a coespecíficos foi feito para cada indivíduo e realizado por meio de um índice (IP) composto pela soma das razões entre o volume de copa do vizinho e a distância ao vizinho, para três vizinhos ($IP=(V1/D1)+(V2/D2)+(V3/D3)$).

ANÁLISE DE DADOS

Foram construídos dois modelos lineares para avaliar como a proporção de óvulos fecundados pode ser influenciada pelo volume da copa da árvore ou pelo índice de proximidade a coespecíficos. Para descontar o efeito do índice de proximidade sobre a proporção de óvulos fecundados, foram utilizados os resíduos da regressão entre eles como variável resposta em um modelo linear com o volume da copa da árvore como variável preditora. Da mesma maneira, para descontar o efeito do volume da copa da árvore sobre a proporção de óvulos fecundados, foram utilizados os resíduos da regressão entre eles

como variável resposta em um modelo linear com índice de proximidade a coespecíficos como variável preditora. As previsões foram que a proporção de óvulos fecundados seria influenciada positivamente tanto pelo volume da copa da árvore quanto pelo índice de proximidade a coespecíficos.

RESULTADOS

O volume médio ($\pm EP$) da copa das árvores foi de $225,8 \pm 45,8 m^3$; o valor mínimo observado foi de $10,15 m^3$ e o máximo foi de $797,8 m^3$. O índice médio de proximidade das árvores a coespecíficos foi de $1.326,5 \pm 477,6 m^2$; o valor mínimo observado foi de 0 e o máximo foi de $7.999,3 m^2$. A probabilidade média de fecundação dos óvulos foi de $0,860 \pm 0,009$ e variou de 0,762 a 0,942. A dispersão dos dados originais relacionando o volume da copa à probabilidade de fecundação dos óvulos pode ser observada na Figura 1a, enquanto a relação entre o índice de proximidade e a probabilidade de fecundação dos óvulos pode ser observada na Figura 1c. As figuras 1b e 1d apresentam as regressões lineares que utilizaram os resíduos das regressões entre as variáveis originais, a fim de avaliar o efeito isolado do volume da copa e do índice de proximidade na probabilidade de fecundação dos óvulos. Em nenhum caso o padrão observado nas regressões foi positivo e significativo ($p = 0,994$ para o efeito isolado do volume da copa da árvore; $p = 0,085$ para o efeito isolado do índice de proximidade).

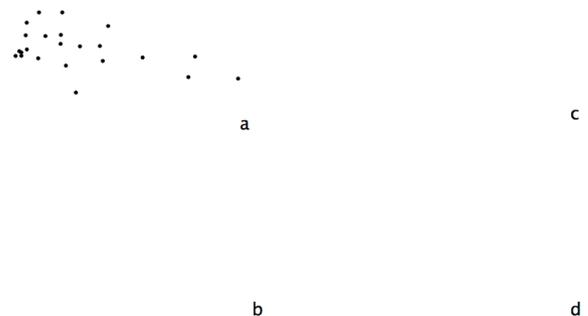


Figura 1. (a) Relação entre o volume da copa (m^3) e a probabilidade de fecundação dos óvulos obtida a partir dos dados originais. (b) Regressão linear entre o volume da copa (m^3) e os resíduos da regressão entre o índice de proximidade (m^2) e a probabilidade de fecundação dos óvulos. (c) Relação entre o índice de proximidade (m^2) e a probabilidade de fecundação dos óvulos obtida a partir dos dados originais. (d) Regressão linear entre o índice de proximidade (m^2) e os resíduos da regressão entre o volume da copa (m^3) e a probabilidade de fecundação dos óvulos.

DISCUSSÃO

Os resultados observados indicam que o tamanho das árvores de *C. fairchildiana* e a proximidade das árvores em relação a coespecíficos não influenciam

de forma positiva a probabilidade de fecundação dos óvulos para cada indivíduo. Isso significa que a maior atratividade do polinizador à elevada abundância de flores não promoveu um sucesso maior na polinização das flores. Dessa forma, ambas as hipóteses formuladas foram refutadas.

Uma explicação para os resultados obtidos é que a abundância do polinizador no local de estudo deve ser elevada e não constituir um fator limitante à eficiência da polinização. De fato, a floração em *C. fairchildiana* ocorre de forma assíncrona (G. Machado, com. pess.), o que acarreta na disponibilização gradual das fontes de recurso para os polinizadores. Nesse caso, a taxa de encontro entre os polinizadores e as plantas deve ser elevada o suficiente e independente do tamanho e do adensamento das árvores, promovendo altas taxas de fecundação para todos os indivíduos da população estudada. Entretanto, a abundância das populações envolvidas na interação pode ser um fator limitante em outros sistemas mutualistas. Em interações entre formigas e plantas, por exemplo, a proteção contra a herbivoria conferida pelas formigas só é efetiva quando a taxa de visitação é elevada, o que depende diretamente da abundância de formigas no local em que a interação ocorre (Cogni et al., 2003). Dessa forma, em sistemas mutualistas, a abundância das populações envolvidas é um fator que pode alterar a taxa de encontro entre os indivíduos e, assim, o resultado da interação (Quental et al., 2005).

Outra explicação possível para o padrão observado é que a diferença na atratividade entre manchas de tamanhos distintos é contrabalanceada pelo número de flores a serem polinizadas. Uma vez que a probabilidade do polinizador visitar uma flor em particular é menor quando há um grande número de flores potenciais a serem visitadas, deve ocorrer um efeito de diluição em manchas grandes (Turner & Pitcher, 1986). Como a eficiência da polinização para cada flor é dada pela relação entre o número de polinizadores que chegam à mancha e o número de flores presentes na mancha, ainda que manchas maiores atraiam um maior número de polinizadores, a chance de cada flor ser polinizada é menor. Assim, é possível que, na população de *C. fairchildiana* estudada, a relação entre as abundâncias de polinizadores e de flores a serem polinizadas sejam equivalentes entre manchas de diferentes tamanhos, independentemente da atratividade de cada uma delas. O efeito de diluição é observado em diversos cultivos extensivos, nos quais, apesar da alta densidade de recursos atrair grande número de polinizadores, o aumento no número de flores não é revertido em maior eficiência de polinização

(Klein et al., 2006). Este efeito também é bem documentado em outros tipos de interações inseto-planta, como herbivoria, em que a distribuição espacial das plantas de forma agregada reduz a probabilidade de cada planta individualmente ser consumida (Begon et al., 2006). Dessa forma, assim como a eficiência da polinização depende da agregação das flores, o resultado de interações ecológicas em geral depende da distribuição espacial dos indivíduos que interagem.

A probabilidade de fecundação dos óvulos de plantas polinizadas por animais está diretamente relacionada à taxa de visitação de cada flor pelos polinizadores, que pode ser facilitada por meio de vários tipos de estratégias (Chittka & Thomson, 2004). Essas estratégias dependem da estrutura populacional das espécies que interagem, uma vez que a abundância e a distribuição de plantas e polinizadores alteram as taxas de encontro entre os indivíduos e, conseqüentemente, a eficiência da polinização. Dessa forma, a ocorrência e a intensidade de interações entre espécies deve ser contingente a fatores bióticos do local em que ocorrem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Billy, a quem admiro, pela orientação atenciosa temperada com bom humor! Agradeço à Orgi e ao Pinguim por me ajudarem na fase de pensarmos em perguntas interessantes para estudarmos, ao Adrian e ao Sérgio por me darem várias dicas quando o modelo de estudo seria a *Heliconia* sp. (polinizada por beija-flores não waterproof), ao Tiago, Gallo, Ogro, Billy, Dri, Diana, Puh e Carol, a quem devo várias cataias pela enorme ajuda na coleta de dados, ao Billy, Dri, Paulo Inácio e Glauco pelas discussões em relação à metodologia e ao contexto teórico em que se insere o estudo, ao Billy de novo, por orientar projetos de forma incrível, ao Ogro, por me acompanhar na análise de dados da forma mais didática e bonitinha possível sem que eu me sentisse estatisticamente retardada, à Carol e Gabi, por me fazerem sentir feliz, querida, tranquila e amada no Amor de Muquifo (o quarto mais amor e mais muquifo da Barra do Una), à Carol, por ser a maior fofa sempre, à Gabi, minha nova velha amiga que fez deste curso de campo um momento especialmente emocionante para mim, à Puh, que se tornou minha namorada (amada demais) durante o desenvolvimento deste trabalho, ao Bilinha, meu amigo querido, em quem dei muitos abraços ao longo dos três últimos dias, à Orgi, que veio me visitar no QG da minha sofrência pra me dar um beijo, à Orgi e à Gabi de novo, que acabaram de me trazer comida porque perdi

o horário do jantar escrevendo este manuscrito (fofinhas), ao Adrian, para não perder o costume, a todos os colegas de curso e novos amigos, pelas risadas e desesperos coletivos, à Silvia, por nos encher de comida gostosa (inclusive bolinho de chuva), e, por fim, à falta de sal, ou efeito-do-dia-20, que tem rendido a mim e a todos os colegas de curso várias risadas. <3

REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Malden
- Chittka, L. & .D. Thomson. 2004. Cognitive ecology of pollination. Animal behaviour and floral evolution. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cogni, R., A.V.L. Freitas & P.S. Oliveira. 2003. Interhabitat differences in ant activity on plant foliage: ants at extrafloral nectaries of *Hibiscus pernambucensis* in sandy and mangrove forests. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 107:125-131.
- Klein, A.M.; B.E. Vaissière; J.H. Cane; I. Steffan-Dewenter; S.A. Cunningham; C. Kremen & T. Tscharntke. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, doi:10.1098/rspb.2006.3721.
- Pellmyr, O. 2002. Pollination by animals, pp. 157-184. Em: Plant-animal interactions. An evolutionary approach (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Malden.
- Proctor, M.; P. Yeo & A. Lack. 1996. The natural history of pollination. Timber Press, Portland.
- Quental, T.B., J.R. Trigo & P.S. Oliveira. 2005. Host-plant flowering status and the concentration of sugar in phloem sap: effects on an ant-treehopper interaction. *European Journal of Entomology*, 102:201-208.
- Strauss, S.Y. & A.R. Zangerl. 2002. Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems, pp. 77-107. Em: Plant-animal interactions. An evolutionary approach (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Malden.
- Turner, G.F. & T.J. Pitcher. 1986. Attack abatement: a model for group protection by combined avoidance and dilution. *The American Naturalist*, 128:228-240.