

Estar isolado pode afetar o sucesso de polinização?

Constanza Clara Maubecin¹
Rachel Anne Alencar Martins²
Elena Carrió³

Abstract

The spatial distribution of natural plant populations can have different effects on ecological processes and at different scales of operation. In sessile organisms such as plants, each individual in a population experiences a local density variance, which may vary in their influence according to the observed scale. At local scale, the spatial distribution of a population can influence the pollination success, through processes of facilitation or competition. In Parque Estadual Intervalas-SP, we assessed the effects of density and size of inflorescences of *Vriesea* sp. plants on its pollination success. The results showed that the size of the inflorescence had no significant relationship with the conspecific and heterospecific pollen load that reached the stigmas. However, the density of plants *Vriesea* sp. tends to be related to the conspecific pollen load on flower's stigmas, as pollination success declined as average distance to the ten nearest conspecifics increased.

Key Words: plants density, facilitation, competition, pollination success, tropical rainforest, *Vriesea* sp.

1 Universidad Nacional de Córdoba (cmaubecin@gmail.com)

2 Universidade Federal da Paraíba (rachel-alencar@hotmail.com)

3 Universidad de Valencia (elena.carrio@uv.es)

Em plantas polinizadas por animais, um dos fatores mais importantes para o sucesso da polinização é o tamanho da população, já que o número de plantas com flores em uma população afeta a atração de polinizadores (BRYN et al., 2008). Rathcke (1992) afirma que a maneira como o néctar é oferecido pela planta pode direcionar o comportamento de forrageamento do polinizador, de forma a otimizar a polinização e resultar em sucesso reprodutivo para a planta. Desta maneira, o agrupamento de inflorescências pode ser uma estratégia eficiente para atrair polinizadores, uma vez que concentra recurso alimentar em uma área pequena diminuindo o tempo e a energia gastos pelos polinizadores, favorecendo o seu forrageio ótimo (PROCTOR et al., 1996). Assim, polinizadores estão mais propensos a se mover entre os indivíduos em populações densas, onde as distâncias percorridas durante o voo são mais curtas que em populações esparsas, onde as visitas dentro de uma mesma planta podem aumentar, favorecendo a transferência de pólen da mesma planta. O modelo mais aceito atualmente prevê que maiores populações de plantas podem ser mais facilmente visualizadas por agentes polinizadores por serem mais atraentes (facilitação), resultando em maior visitação floral e aumento do sucesso reprodutivo (SIH; BALTUS, 1987). Contudo, a partir de certa densidade, o número de flores passaria a ser maior do que os polinizadores seriam capazes de visitar, resultando em competição entre plantas pelo serviço de polinização (RATHCKE, 1983), provocando a redução da deposição de pólen compatível nas flores (FEINSINGER et al., 1991).

Nas florestas tropicais, besouros, beija-flores e pequenas abelhas são os principais polinizadores das espécies de sub-bosque (PROCTOR et al., 1996). Em especial, a polinização por beija-flor ocorre preferencialmente nas espécies não-lenhosas, como as espécies da família Bromeliaceae (WIENS, 1992). Na floresta tropical de Mata Atlântica do Parque Estadual de Intervales em São Paulo (Brasil) observam-se áreas com grandes aglomerações de bromélias do gênero *Vriesea* sp. (Bromeliaceae), bem como áreas com indivíduos isolados. Nós testamos a hipótese de que existe uma relação entre a densidade de *Vriesea* sp. em uma escala local e seu sucesso de polinização. Nossa previsão é que plantas que estão em locais de baixa densidade terão menor deposição de pólen em seus estigmas que aquelas em locais de densidade maior. Especificamente, nosso objetivo foi avaliar o efeito da densidade de *Vriesea* sp. e do tamanho das inflorescências sobre o sucesso de polinização (pólen sobre estigmas) nas trilhas do Parque Estadual Intervales.

Material e Métodos

Área e espécie de estudo

O estudo foi realizado em dezembro 2014 no Parque Estadual Intervalos (PEI), localizado na Serra de Paranapiacaba, sul do Estado de São Paulo, Brasil. O PEI possui aproximadamente 48.000 ha e é circundado por outras três unidades de conservação (Parque Estadual Carlos Botelho, Estação Ecológica do Xitué e Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira) totalizando cerca de 200.000 ha (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2001). A área é coberta, principalmente por floresta atlântica primária com pouca intervenção antrópica, e situa-se nos domínios da Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 1991). Essa área faz parte da maior área contínua de Floresta Atlântica brasileira remanescente. O clima é tropical superúmido, sem períodos de déficit hídrico, com chuvas o ano todo e temperaturas variando entre 18°C e 28°C ao longo do ano.

No Parque Estadual Intervalos coexistem diversas espécies do gênero *Vriesea* (Bromeliaceae). As numerosas espécies de *Vriesea* são plantas herbáceas epífitas, acaulescentes, com folhas de um verde intenso sem espinhos (e.g. LEME, 1996; COSTA et al., 2009; GÓMES-DA-SILVA; COSTA, 2011). A espécie em estudo neste trabalho tem inflorescências densas e compactas, com poucas flores abertas simultaneamente (**FIG. 1**); brácteas vermelhas, flores nectaríferas com corola tubular amarela e habita preferencialmente espaços abertos e ensolarados, na parte baixa e média das árvores (obs. pers.).



FIGURA 1. (A) Indivíduo de *Vriesea* sp. no seu ambiente natural. **(B)** Inflorescência de *Vriesea* sp. com flores abertas.

Desenho amostral e obtenção de dados

Densidade: Trilhas dentro do PEI foram percorridas e os pontos de presença da espécie foram marcados com GPS registrando-se o número de indivíduos por ponto (quando mais de um indivíduo encontravam-se na mesma árvore, por exemplo) e a altura estimada de cada um. Ao total, foram marcados 414 pontos GPS, das quais 32 plantas focais acessíveis foram selecionadas aleatoriamente para tomar medidas de atrativo e sucesso de polinização (**FIG. 2**).

Para fazer a estimativa de densidade, a distância de cada um dos indivíduos de *Vriesea* sp. ao seu vizinho mais próximo (A) foi calculada por meio de uma equação do tipo $A = \sqrt{B^2 + C^2}$, onde B representa a distância entre pontos do GPS, calculada com o software QGIS, e C a diferença de alturas entre a planta focal e o seu vizinho mais próximo (**FIG. 3**). A partir destes dados, para cada um dos indivíduos focais de *Vriesea* sp., duas medidas de densidade local foram obtidas: a distância para o vizinho mais próximo e a média das distâncias dos dez vizinhos mais próximos.

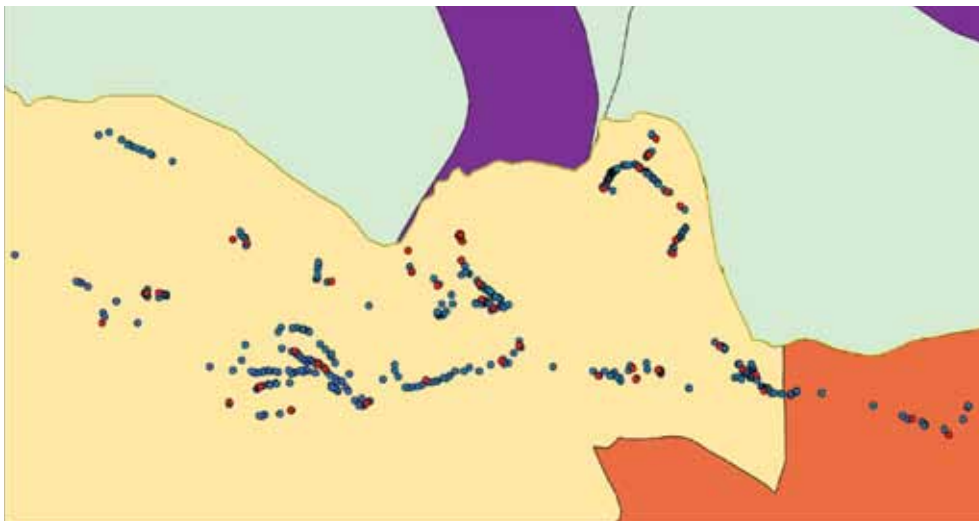


FIGURA 2. Mapa com o total pontos GPS marcados ($n = 414$, cor azul) e plantas focais ($n = 32$, cor vermelho).

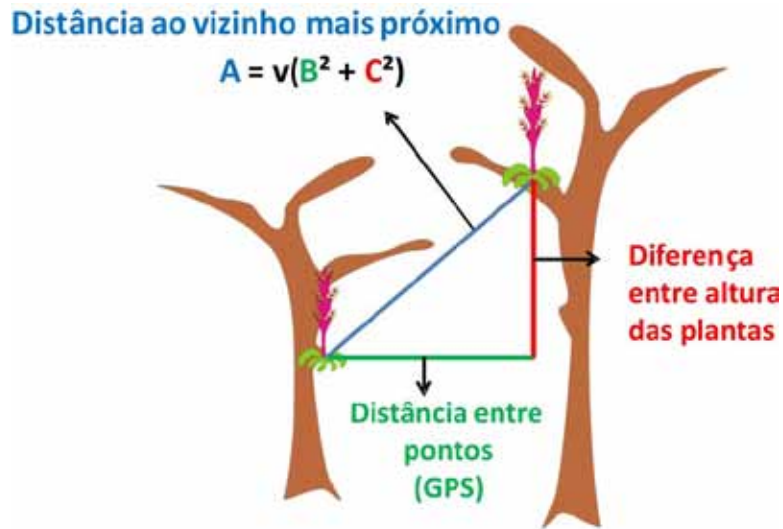


FIGURA 3. Cálculo da distância de cada indivíduo de *Vriesea* sp. ao seu vizinho mais próximo, por meio da equação $A = \sqrt{B^2 + C^2}$, onde B representa a distância entre pontos do GPS e C a diferença de alturas entre a planta focal e o seu vizinho mais próximo.

Atrativo reprodutivo e sucesso na polinização: Estudamos o atrativo reprodutivo tomando o comprimento das inflorescências de cada uma das plantas focais. Em seguida, para estimar o sucesso de polinização, o estigma de uma flor foi retirado das plantas focais e conservado para quantificar a carga polínica, com metodologia similar à de Metcalfe; Kunin (2006). Os estigmas foram montados em lâminas e observados ao microscópio para contagem dos grãos de pólen co-específico e heteroespecífico aderido.

Autogamia: Para garantir que o pólen quantificado nos estigmas das flores fora produto da deposição por polinização animal, ensaios para testar a possibilidade de autogamia foram realizados. Entre 2 e 5 botões maduros de 12 plantas foram ensacados, e dois dias depois, seus estigmas foram coletados para quantificar a carga polínica depositada por autopolinização ao final da antese, seguindo a mesma metodologia descrita na seção anterior.

Análise estatística

Para avaliar o efeito da densidade local (distância a seu vizinho mais próximo e média da distância a seus 10 vizinhos mais próximos) sobre o sucesso de polinização (carga estigmática de pólen co-específico e heteroespecífico) de *Vriesea* sp., modelos lineares generalizados de tipo quase *glm* foram aplicados aos dados, utilizando o software R 3.1.0 (R Development Core Team, 2014). A seleção do melhor modelo

foi realizada através da análise de deviance (test Chi), considerando-se a significância de cada um dos termos do modelo (valor p) e a quantidade de variância explicada por cada modelo.

Resultados

O resumo estatístico para as variáveis estudadas é apresentado na **TABELA 1**.

TABELA 1. Resumo estatístico das variáveis em estudo ($n=32$).

	Pólen conesp. (n° grãos)	Pólen heteroesp. (n° grãos)	Comprimento da inflorescência (cm)	Média da distância dos 10 vizinhos mais próximos (m)	Distância ao vizinho mais próximo (m)
Amplitude	0–108	0–27	25,0–90,0	3,19–44,53	0–25,00
Média (desvio padrão)	36,66 (33,67)	2,25 (5,80)	55,53 (14,29)	15,63 (12,78)	5,01 (5,51)
Coefficiente de variação	0,91	2,57	0,25	0,81	1,09

Densidade, atrativo reprodutivo e sucesso na polinização: Os resultados mostram que a densidade da população de *Vriesea* sp. tem um efeito sobre a carga de pólen co-específico nos estigmas das flores das plantas focais, indicando que em altas densidades o sucesso da polinização de *Vriesea* sp. é maior (**FIG. 4 e 5**).

O melhor modelo para a quantidade de pólen co-específico nos estigmas (variação dos dados explicada= 24,88%, **FIG. 4**) considera a densidade estimada como a média das distâncias dos dez vizinhos mais próximos como a variável mais importante, com uma significância de $p=0,001$, e o tamanho das inflorescências em segundo lugar ($p=0,384$).

Em quanto ao pólen heteroespecífico, o efeito da densidade mostra uma tendência quando se considera a distância ao vizinho mais próximo ($p=0,345$) e o tamanho das inflorescências ($p=0,133$), com um 20,57% da variação dos dados explicada pelo modelo.

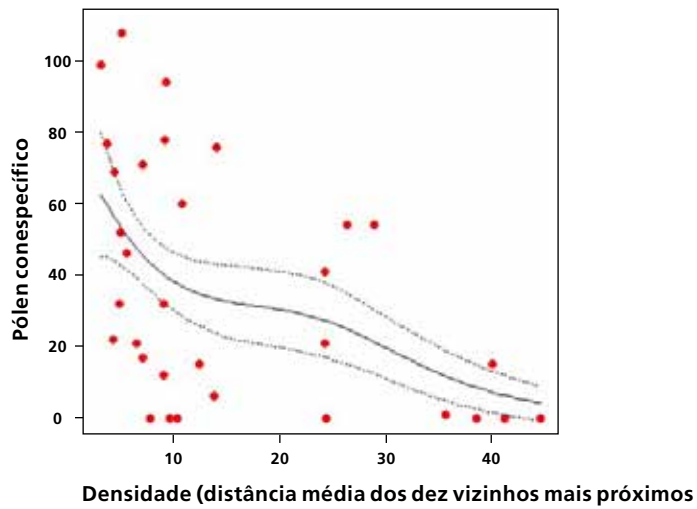


FIGURA 4. Efeito da densidade, estimada como a média da distância dos dez vizinhos mais próximos, sobre o número de grãos de pólen co-específico nos estigmas das plantas focais. *Deviance* do modelo: 24,88%.

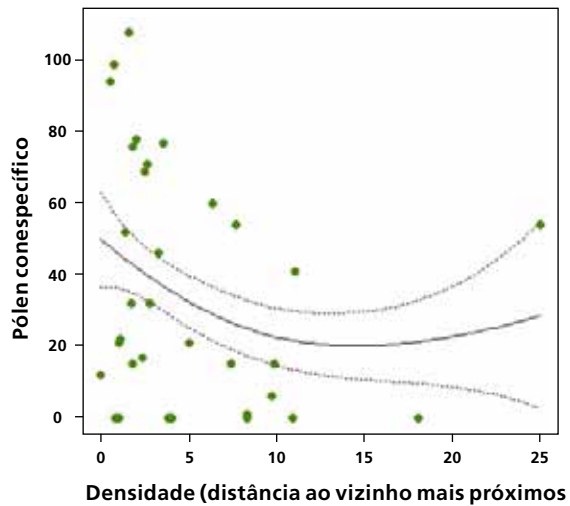


FIGURA 5. Efeito da densidade, estimada como a distância ao vizinho mais próximo, sobre o número de grãos de pólen co-específico nos estigmas das plantas focais. *Deviance* do modelo: 20,57%

Autogamia: A média de pólen depositado nos testes de autogamia foi de 3,58 grãos por estigma (n=12, rang: 0 a 12). Não foi observado o crescimento de tubos polínicos.

Discussão

Sistema de polinização

Nossos resultados sobre a carga estigmática de pólen nas flores ensacadas sugerem que a espécie estudada não apresenta considerável capacidade para autopolinização. A polinização natural provavelmente seja mediada por animais. *Vriesea* sp. apresenta caracteres típicos de polinização por aves como as brácteas vermelhas, flores nectaríferas com corola tubular amarela (ROCA DE ANDRADE, 2006; SILVA; PIRATELLI, 2014). Existem evidências de outras espécies congênicas com características reprodutivas similares que são polinizadas principalmente por espécies de beija-flores (SCHMID et al., 2011; ROCCA DE ANDRADE; SAZIMA, 2013). Durante o trabalho de campo, o beija-flor *Thalurania glaucopis* foi observado visitando as flores de *Vriesea* sp. em reiteradas oportunidades.

Densidade e sucesso de polinização

O efeito da densidade local de plantas ou a distância entre indivíduos sobre o sucesso de polinização foi estudado em um grande número de trabalhos por causa da sua possível influência sobre outros parâmetros reprodutivos como a taxa de visita dos polinizadores, o número potencial de cruzamentos entre indivíduos ou o nível de depressão por endogamia (KUNIN, 1991, 1997; BOSH; WASER, 1999; SHIBATA et al., 2009). Neste estudo, a análise das cargas de pólen nos estigmas das plantas focais de *Vriesea* sp. evidenciou o efeito da densidade de plantas sobre o sucesso de polinização. O padrão de sucesso de polinização observado coincide com resultados de vários estudos nos quais foi visto que este normalmente está positivamente afetado por um incremento na densidade local de plantas (METCALFE; KUNIN, 2006; BRYN et al., 2008; SHIBATA et al., 2009; MARTÉN-RODRÍGUEZ et al., 2012; HEGLAND, 2014). Em plantas polinizadas por animais, o sucesso de polinização, tanto quantitativo como qualitativo, pode ser incrementado com a densidade por causa de um incremento na taxa de visitas e da constância dos polinizadores em frente de recompensas florais superiores (KUNIN, 1997; MARTÉN-RODRÍGUEZ et al., 2012). Em outras palavras, um maior sucesso de polinização associado com a densidade poderia refletir uma maior transferência de pólen entre indivíduos co-específicos quando a disponibilidade de pólen é maior e as distâncias de voo dos polinizadores são pequenas. Contudo, se precisaria um estudo dos principais

polinizadores para contar com evidências de que o comportamento dos visitantes florais está limitando o sucesso de polinização das plantas. Apesar disso, nossos resultados poderiam estar refletindo indiretamente no comportamento de forrageio do polinizador quando visita as flores de *Vriesea* sp., já que parece existir uma relação de tipo exponencial entre a densidade e o sucesso de polinização. Nas figuras 4 e 5 pode-se observar que quando os indivíduos de *Vriesea* sp. estão agregados o efeito da densidade gera altas cargas estigmáticas de pólen, enquanto existe um limiar de densidade a partir do qual o sucesso de polinização diminui rapidamente, ou seja, em que a medida que as plantas se encontram mais dispersas no espaço o comportamento do sistema muda, e o efeito “ímã” das plantas agregadas é rapidamente diluído.

Finalmente, os resultados apresentados são também de importância desde o ponto de vista da conservação. Uma maior densidade de plantas pode aumentar a concorrência intra-específica para a polinização, resultando em sucesso reprodutivo inferior (WARD, et al., 2013). Alternativamente, uma relação positiva entre uma densidade e o sucesso de polinização (como foi encontrado neste estudo) pode ser traduzida a um incremento do sucesso reprodutivo. Por tanto, nossos resultados sugerem que ao diminuir a densidade local de plantas da espécie estudada por efeito da fragmentação ou alteração direta do habitat poderia causar uma perda da capacidade reprodutiva das plantas.

Referências

- BAWA, K; HADLEY, M. **Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants**. III. Unesco IV. Series. 1990.
- BOSCH, M.; WASER, N. M. Effects of local density on pollination and reproduction in *Delphinium nuttallianum* and *Aconitum columbianum*. **American Journal of Botany**, v. 86, n. 6, p. 871–879, 1999.
- BRYSON, R.; JACQUEMYN, H.; HERMY, M. Pollination efficiency and reproductive patterns in relation to local plant density, population size, and floral display in the rewarding *Listera ovata* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 157, p. 713–721, 2008.
- COSTA, A. F.; RODRIGUES, P. J. F. P.; WANDERLEY, M. G. L. Morphometric analysis of *Vriesea paraibica* Wawra complex (Bromeliaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 159, p. 163–181, 2009.
- FEINSINGER, P.; TIEBOUT III, H. M.; YOUNG, B. E. Do tropical bird-pollinated plants exhibit density-dependent interaction? **Ecology**, v. 72, p. 1953–1963, 1991.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Intervalos: fundação para a conservação e a produção florestal do estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 2001.

GOMES-DA-SILVA, J.; COSTA, A. F. A taxonomic revision of *Vrieseacorcovadensis* group (Bromeliaceae: Tillandsioideae) with description of two new species. **Systematic Botany**, v. 36, p. 291–309, 2011.

HEGLAND, S. Floral neighbourhood effects on pollination success in red clover are scale-dependent. **Functional Ecology**, v. 28, p. 561–568, 2014.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série manuais técnicos em geociências. DEDIT- CDDI, Rio de Janeiro. 1991.

KUNIN, W. E. Sex and the single mustard — population-density and pollinator behavior effects on seed-set. **Ecology**, v. 74, n. 7, p. 2145–2160, 1991.

KUNIN, W. E. Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. **Journal of Ecology**, v. 85, n. 2, p. 225–234, 1997.

LEME, E. M. C. Revision of the lithophytic *Vriesea* species from Minas Gerais State, Brazil — Part I. **Journal of Bromeliad Society**, v. 46, p. 244–246, 1996.

MARTÉN-RODRÍGUEZ, S.; QUESADA, M.; MOMEN, A. Effects of local plant density and incomplete dichogamy on the reproductive success of the rare neotropical palm *Geonoma epetiolata*. **Biotropica**, v. 44, p. 680–688, 2012.

METCALFE, D. B.; KUNIN, W. E. The effects of plant density upon pollination success, reproductive efforts and fruit parasitism in *Cistus ladanifer* L. (Cistaceae). **Plant Ecology**, v. 185, p. 41–47, 2006.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The Natural History of Pollination**. Timber Press, Oregon. 1996.

RATHCKE, B. Nectar distributions, pollinator behavior and plant reproductive success. In: HUNTER, M. D.; TAKAYUKI, O.; PRICE, P. W. **Effects of resource distribution of animal-plant interaction**. Academic Press, Londres. 1992.

RATHCKE, B. Competition and facilitation among plants for pollination. p. 305–329. In: REAL, L. (ed). **Pollination biology**. Academic Press, New York, 1983.