



MODELO DE DISPERSÃO NO MUTUALISMO FICUS - VESPA DO FIGO: IMPLICAÇÕES À RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A. G. Nazareno¹, D. Carvalho², M. Z. Ferreira² & R. A. S. Pereira¹

1 Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia; 2 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais,

INTRODUÇÃO

Grandes áreas de florestas tropicais vêm sendo rapidamente fragmentadas e, ou perdidas como resultado do crescimento populacional humano e de suas atividades econômicas. No intuito de minimizar os efeitos da fragmentação e visando à conservação e manejo destas áreas, o entendimento da ecologia da paisagem e dos aspectos biológicos das espécies fazem-se necessários.

A resposta das espécies arbóreas tropicais à fragmentação é dependente de suas relações com outros organismos (e.g., polinizadores e dispersores) e de fatores (e.g., densidade populacional e a estrutura espacial dos indivíduos) que podem influenciar na viabilidade de suas populações (Nason & Hamrick 1997). Populações de plantas e animais que vivem em fragmentos isolados, freqüentemente, têm baixas taxas de fluxo gênico, com uma possível redução de seus tamanhos efetivos (Lande & Barrowclough 1987). Contudo, em algumas interações planta-animal (e.g., *Ficus* - vespas do figo), o comportamento e a capacidade de dispersão dos polinizadores e dispersores permitem que populações reduzidas possam permanecer viáveis (Nason et al. 1998, Nazareno 2006).

Na interação mutualista *Ficus* - vespas do figo, a alta capacidade de dispersão das vespas polinizadoras (Nason & Hamrick 1997; Zavodna et al. 2005) e sua inserção em um modelo de metapopulações (Nason et al. 1998) permitem que suas populações permaneçam viáveis, reprodutivamente e geneticamente, em habitats fragmentados (Nason et al. 1998).

Modelos empíricos de dispersão gênica em plantas foram estabelecidos baseados na estrutura espacial e na demografia de suas populações (Wright 1951). No entanto, estes não

consideraram o padrão fenológico das espécies arbóreas e os aspectos ecológicos de seus agentes polinizadores e dispersores. O presente trabalho estabelece um modelo de dispersão das vespas polinizadoras de *Ficus arpaçuza* Casaretto, baseando-se no padrão de florescimento e na densidade populacional desta espécie. A aplicação deste modelo em espécies de *Ficus*, bem como outras espécies que possuem características biológicas semelhantes, trará alternativas para o manejo de paisagens e à conservação de espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo

No sistema *Ficus* - vespas de figo, a distância de vôo da vespa polinizadora (R) foi estimada pela equação de dispersão circular, $R = (np/100 \cdot d \cdot p)^{1/2}$ proposta por Nason & Hamrick (1997) a partir da densidade populacional (d) das espécies de *Ficus*, de seus padrões fenológicos (p) e do número potencial de árvores doadoras de pólen (np). O modelo aqui proposto é uma simplificação deste modelo.

Para o estabelecimento do modelo, dados foram simulados a partir dos valores de densidade e fator fenológico de três espécies de *Ficus* estudadas por Nason & Hamrick (1997). O número de árvores doadoras de pólen foi fixado e o valor de p variou de 0,0274 a 0,1096 e, as densidades variaram, para um mesmo valor de p , de 0,002 a 0,048 ind.ha⁻¹ para *Ficus dugandii*, de 0,036 a 0,864 ind.ha⁻¹ para *Ficus obtusifolia* e, de 0,007 a 0,160 ind.ha⁻¹ para *Ficus popenoei*. Admitiu-se que, apesar de simulados, os valores de p e d podem ocorrer em condições naturais.

Para determinar a composição final do modelo, utilizou-se o método de deleção automática (*stepwise*) sobre as variáveis independentes d ,

p , $d \times p$, d/p , $1/d$, $1/p$, $1/d \times p$, d^2 , p^2 , $d^2 \times p$, $d^2 \times p^2$ e $1/d \times p^2$. Após a seleção das variáveis que compuseram a equação final, os dados foram logaritimizados (ln) na tentativa de aumentar as precisões das equações resultantes, bem como eliminar da equação final variáveis que, mesmo significativas, não alterassem substancialmente o valor do coeficiente de determinação R^2 . Para todas as análises estatísticas foi utilizado o programa Statgraphics Centurion XV, versão 15.0.10.

Validação do modelo

A acurácia do modelo foi avaliada comparando-se os valores das distâncias obtidos pela equação estabelecida por Nason & Hamrick (1997) e o valor estimado pela equação gerada pelo modelo proposto.

O valor de R , determinado pela equação de Nason & Hamrick (1997), foi calculado com os dados obtidos para *Ficus arapazusa*. Para determinar o fator fenológico de *F. arapazusa*, averigou-se o padrão de florescimento (p), durante o período de dezembro de 2004 a abril de 2006, em uma população da espécie localizada no município de Lavras (21°14'S; 44°58' W), Minas Gerais. A densidade (d) de *F. arapazusa* foi determinada a partir do censo realizado por Oliveira-Filho e Nazareno (dados não publicados). O número potencial de árvores doadoras de pólen (np) foi determinado utilizando marcador genético isoenzimático.

RESULTADOS & DISCUSSÃO

O modelo que melhor explicou a dispersão das vespas polinizadoras de *Ficus* spp. foi $R = \beta_0 + \beta_1 d.p + \beta_2 1/p$, $R^2 = 99,03\%$. O fator fenológico p , aplicado a espécies dicogâmicas, considera a frequência de frutificação anual e a duração das fases feminina e masculina destas espécies (Nason & Hamrick, 1997). Para as espécies de *Ficus*, a correlação entre a densidade d e o fator fenológico p ($r = -0,91$) indicou que quanto maior a densidade, menor o fator fenológico. Quando relacionados à distância de dispersão R , d e p se comportaram de maneira semelhante (i.e., quanto maior d e p , menor R). Desta forma, as variáveis $d.p$ e $1/p$, que compuseram o modelo, estão de acordo, além da robustez estatística, com pressuposições ecológicas já relatadas para espécies arbóreas (e.g., maior densidade, menor fluxo gênico; Boshier et al. 1995b).

O modelo proposto demonstrou-se aplicável às espécies monóicas de *Ficus*, visto que a diferença entre as distâncias estimadas por este (6,1 km, I.C. $_{0,95} = 6,075, \pm 0,255$) e pelo modelo proposto por Nason & Hamrick (5,6 km) para a vespa polinizadora de *Ficus arapazusa*, *Pegoscapus* sp., foi de 0,5 km.

Valores expressivos da capacidade de dispersão das vespas de figo foram encontrados por diversos autores. Shanahan et al. (2001) demonstraram que as vespas polinizadoras colonizaram uma ilha, na Papua Nova Guiné, distante de 55 Km do continente. Zavodna et al. (2005), estudando a polinização em *Ficus* nas ilhas da Indonésia (Krakatau), indicaram que a distância de 40 Km entre as ilhas e o continente não foi uma barreira ao fluxo gênico (dispersão das vespas) e à colonização das ilhas.

A alta capacidade de dispersão de seus polinizadores e, por serem consideradas espécies-chave em ecossistemas tropicais, faz das figueiras recurso essencial à manutenção e resiliência de fragmentos florestais. Neste contexto, a implantação das espécies de *Ficus* que funcionariam como trampolins ecológicos interligando habitats e, ou usando-as no enriquecimento de áreas degradadas, são alternativas que, potencialmente, permitiriam a conservação e continuidade destas e de outras espécies correlacionadas.

CONCLUSÃO

O estudo ilustrou a importância do conhecimento dos aspectos biológicos e ecológicos das espécies e, de como usá-los na predição de modelos e no delineamento de projetos de restauração ambientais.

(CNPq)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boshier, D.H., Chase, M.R. & Bawa, K.S. 1995b. Population genetics of *Cordia alliodora* (Boraginaceae), a neotropical tree: gene flow, neighborhood, and population structure. *Am J. Bot*, 82, 484-490.
- Lande, R. & Barrowclough, G.F. 1987. Effective population size, genetic variation, and their use in population management. In: *Viable populations for conservation* (ed. Soulé, M.L). Cambridge University Press, Cambridge.

- Nason, J.D., Hamrick, J.L. 1997. Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: two case studies of neotropical canopy trees. *Heredity*, 88, 264-276.
- Nason, J.D., Herre, E.A. & Hamrick, J.L. 1998. The breeding structure of a tropical keystone plant resource. *Nature*, 391, 685-687.
- Nazareno, A. G. 2006. Estrutura e diversidade genéticas como indicadores do sistema reprodutivo e do alcance de vôo do polinizador de *Ficus arpazusa* Casaretto (Moraceae). Lavras: UFLA, 84p.
- Shanahan, M.; So, S.; Compton, C.G.R. & Corlett, R. 2001. Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. *Biological Reviews*, 76, 529-572.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics*, 15, 323-354.
- Zavodna, M., Arens, P., Dijk, P.J.V., Partomihardjo, T., Vosman, B. & Damme, J.M.M.V. 2005. Pollinating fig wasps: genetic consequences of island recolonization. *Journal of Evolution and Biology*, 18, 1234-1243.