



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



PROJETO DE PESQUISA DE MESTRADO

PADRÕES ESPACIAIS DE VARIABILIDADE FENOTÍPICA AO LONGO DE UM GRADIENTE
LATITUDINAL EM *ZEYHERIA MONTANA* (BIGNONIACEAE) CONSIDERANDO O MODELO CENTRAL-
MARGINAL E A TEORIA DO MOSAICO GEOGRÁFICO DE COEVOLUÇÃO

Mestranda: Catarina Gonçalves Dias Netto

Instituição: Dpto. de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu – SP

Orientadora: Dra. Elza Maria Guimarães Santos

Padrões espaciais de variabilidade fenotípica ao longo de um gradiente latitudinal em *Zeyheria montana* (Bignoniaceae) considerando o modelo central-marginal e a teoria do mosaico geográfico de coevolução

RESUMO

As espécies vegetais são compostas por populações com certa diferenciação genética e fenotípica dentro de sua área distribuição geográfica. Ou seja, a área geográfica em que uma espécie vegetal vive está relacionada a diversos fatores bióticos, como o elenco de polinizadores, e abióticos, como o clima e o solo. Esta heterogeneidade ambiental pode gerar diferenças na variabilidade morfológica e fisiológica e, assim, determinar maior ou menor capacidade de adaptação aos fatores bióticos e abióticos que afetam as diferentes populações dentro da área distribuição da espécie. As populações de uma espécie têm diferentes ajustes com relação à amplitude de variação fenotípica dos caracteres reprodutivos entre o centro e as margens da sua área de distribuição. Isto poderia ser evidenciado comparando-se a variação morfológica nos caracteres reprodutivos com a variação funcional na eficiência de polinização, frequência de visitas e oferta de recursos. Essa análise será feita por meio de morfometria de caracteres florais na espécie *Zeyheria montana* Martius (Bignoniaceae), uma espécie que pode funcionar como um bom modelo de estudo dentro das bases teóricas apresentadas, em parte em função de sua ampla distribuição geográfica e, em parte, devido à sua especificidade de polinizadores. Popularmente conhecida como “bolsa-de-pastor” é uma das espécies mais características do cerrado brasileiro e se encontra amplamente distribuída na América do Sul. Esse conhecimento contribuirá para entender as relações ecológicas e/ou os cenários evolutivos que explicam a adaptação desta espécie ao longo de sua distribuição geográfica e que determinam seus limites.

I. Introdução

Espécies vegetais são compostas por populações com certa diferenciação genética e fenotípica ao longo da sua área de distribuição geográfica (Thompson, 2005). As interações bióticas e abióticas que essas espécies mantêm com seu entorno variam espacialmente (Rey *et al.*, 2009). Dentro da área de distribuição de uma espécie, diferentes padrões de variação de caracteres fenotípicos podem ser encontrados, apresentando: (1) um gradiente clinal contínuo, relacionado a mudanças unidirecionais nos fatores climáticos dentro de sua área de distribuição (Antonovics & Bradshaw, 1970; Endler, 1973; Weber & Schimid, 1998; Monty & Mahy, 2009), (2) uma diferenciação marcante entre populações periféricas e populações situadas no centro de distribuição da espécie (Soulé, 1973; Rey *et al.*, 2009) ou (3) uma estrutura de mosaicos geográficos, variável entre comunidades (Thompson, 1994, 2005).

A variação clinal pode fornecer fortes evidências de adaptação a diferentes ambientes e, embora existam vários exemplos de clines em caracteres fenotípicos (Endler, 1977; Hedrick, 2006; Schemske and Bierzychudek 2007), há poucos estudos em que esses clines têm sido avaliados em um contexto ecológico (Mullen & Hoeskstra 2008).

Por outro lado, as populações centrais e as marginais podem encontrar condições bastante distintas em sua área de ocorrência, principalmente no caso de espécies com ampla distribuição (Futuyma, 1986). Essas diferenças poderiam determinar menor desempenho ou sucesso reprodutivo nas populações marginais, o que poderia estar relacionado tanto com condições abióticas menos favoráveis, quanto com mudanças nas condições bióticas, como polinização mais eficiente em populações centrais do que em marginais (Busch, 2005). A redução da atividade ou eficiência dos polinizadores e da densidade populacional nesses ambientes pode causar limitação de pólen para a produção de sementes em espécies autoincompatíveis; nesse caso, a presença de alelos determinando autocompatibilidade na

população asseguraria o sucesso reprodutivo (Jain, 1976; Lloyd, 1979, 1992). Portanto, populações marginais ou isoladas são normalmente associadas a sistemas reprodutivos de autocompatibilidade (Baker, 1955; Barrett & Shore, 1987; Schueller, 2004; Busch, 2005).

Nos últimos anos a teoria do mosaico geográfico de coevolução (Thompson 1994, 2005) tornou explícita a utilização do componente geográfico a fim de entender os padrões de variação das interações entre populações. Essa teoria apresenta como um de seus pilares a variação geográfica das interações e propõe que a coevolução seja um processo tripartido, considerando: o fato de que a seleção atua de forma diferente sobre interações interespecíficas em distintas comunidades gerando um mosaico de seleção, que é função de diferenças geográficas no desempenho das espécies envolvidas; que a seleção em certas interações é recíproca em algumas comunidades e não é em outras e que há constante mistura de caracteres devido às mudanças na estrutura genética das populações locais por mutações, fluxo gênico, deriva genética e extinções que alteram a distribuição espacial de alelos e caracteres (Thompson, 2005).

Quando os fatores abióticos forem os principais determinantes na variação dos caracteres nas plantas, espera-se encontrar uma relação uniforme tanto para os caracteres vegetativos quanto para os reprodutivos. Entretanto, caracteres fenotípicos expressam adaptações a interações tanto com o ambiente abiótico quanto com o biótico. Assim, determinadas partes de um mesmo organismo podem apresentar distintas respostas adaptativas em função de diferentes pressões seletivas exercidas por agentes bióticos, como os polinizadores (Berg, 1960; Gómez & Zamora, 1999).

Para avaliar separadamente o efeito dos fatores bióticos dos abióticos sobre o fenótipo das plantas, pode-se comparar o padrão de variação de caracteres vegetativos e florais, se

houver uma correlação entre os dois padrões, a variabilidade observada se deve a fatores ambientais, que estariam operando em ambos os tipos de caracteres (Herrera, 2005).

Plantas com polinizadores específicos devem apresentar caracteres florais fortemente correlacionados entre si, associados à manutenção do ajuste flor-polinizador (Morgan, 2006). Para avaliar as causas das variações fenotípicas em diferentes populações é preciso considerar as condições climáticas das áreas em que se distribuem e a localização em relação ao centro de distribuição e a atuação dos fatores bióticos. Essa abordagem interdisciplinar é essencial na compreensão da função ecológica dos traços florais (Mitchell *et al.* 2009).

II. Justificativas

Zeyheria montana Martius (Bignoniaceae), é uma espécie que pode funcionar como um bom modelo de estudo dentro das bases teóricas apresentadas, em parte em função de sua ampla distribuição geográfica e em parte devido às diferenças observadas na especificidade de polinizadores entre algumas populações amostradas.

A espécie ocorre em todas as regiões do Brasil, tendo como limites de sua distribuição geográfica o estado do Paraná ao sul, o estado do Pará ao norte, a Bolívia a leste e o estado da Bahia a oeste (Gentry, 1992; The International Plant Names Index, 2008). Suas populações se distribuem desde o Equador até o Trópico de Capricórnio, ocupando uma região de cerca de 20°, em que predominam áreas de clima tropical e áreas de clima equatorial (Mendonça e Danni-Oliveira, 2009). Embora essa zona seja bem mais quente e úmida do que a zona de clima temperado, que corresponde ao limite sul da distribuição de *Z. montana*, existem grandes variações de temperatura e umidade ao longo das latitudes em que a espécie ocorre. Desse modo, as populações de *Z. montana*, amplamente distribuídas nos cerrados e

formações adjacentes, em altitudes que variam de 350 a 1000 m de altitude (Gentry, 1992), estão submetidas a diferentes regimes climáticos.

III. Objetivos

Geral

Avaliar as características vegetativas e reprodutivas de *Z. montana* ao longo de sua distribuição geográfica enfocando as relações climáticas e ecológicas e os cenários evolutivos que determinam sua interação com os polinizadores.

Específicos

- 1) Determinar os padrões de variação geográfica de características fenotípicas (florais e vegetativas) em populações de *Zeyheria montana* dentro de sua área de distribuição e identificar os fatores bióticos e/ou abióticos que se relacionam com os padrões evidenciados.
- 2) Avaliar a importância da variação populacional de caracteres reprodutivos.

IV. Cronograma de execução

Cronograma de execução por trimestre

ANO	2010				2011				2012
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º
1. Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Morfometria, análise do néctar, dos eventos da antese	X	X			X	X			
4. Observação dos visitantes florais	X	X			X	X			
5. Marcação das flores para análise do sucesso	X	X			X	X			
6. Testes de autoincompatibilidade	X	X			X	X			
7. Análise do sucesso reprodutivo			X			X			
8. Verificação dos testes de autoincompatibilidade			X			X			
9. Teste de germinação das sementes						X	X	X	
11. Análise preliminar dos resultados			X	X				X	
12. Exame geral de qualificação						X			
14. Redação da dissertação								X	X
15. Defesa									X

V. Materiais e métodos

Área de estudo: Serão amostradas populações localizadas desde o limite sul até o limite norte da distribuição geográfica de *Zeyheria montana*. Em todas as populações analisadas, serão coletadas amostras reprodutivas da espécie para confecção de exsicatas que serão incluídas como documento taxonômico no Herbário “Irina Delanova Gemtchujnicov” (BOTU), do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências, Unesp, Campus de Botucatu.

Descrição da espécie: *Zeyheria montana* apresenta ramos recobertos por tricomas estrelados; folhas 5-folioladas; inflorescência do tipo panícula terminal, com ramificação dicotômica; flores castanhas externamente e amarelas internamente, corola tubular cilíndrica, de 2,5-5 cm de comprimento e 0,7-1,5 cm de diâmetro; inserção dos estames densamente pilosa, anteras pêndulas com cerca de 3 mm de comprimento; ovário elipsóide acima de um estipe basal de 2-3 mm, densamente pubérulo, unido a um disco anular de 1 mm de comprimento e 3 mm de diâmetro; fruto do tipo cápsula, com estipe basal bem desenvolvido de 1-1,5 cm de comprimento, castanho, densamente tomentoso e superfície muricada; sementes delgadas, circundadas por ala membranácea hialina, com 3,5 cm de diâmetro (Gentry, 1992; Lohman, 2008).

Visitantes florais: O levantamento das espécies de visitantes florais, bem como a análise do comportamento, o horário e a frequência de visitas às flores de *Z. montana* serão efetuados por meio de observações visuais diretas e da análise de fotografias e filmes.

Características do néctar: avaliaremos a ocorrência de mudanças no padrão de secreção de néctar ao longo do gradiente latitudinal, utilizando medidas de volume, concentração e composição de açúcares do néctar de flores no final do primeiro dia da antese. Para isso, serão isolados de 20 a 30 botões em fase de pré-antese, os quais terão o volume, a concentração e a composição de açúcares do néctar avaliados individualmente 12 horas após a abertura da flor.

Morfometria: Para analisar a variação na estrutura floral de *Z. montana* ao longo de sua distribuição geográfica, serão amostradas flores de diferentes indivíduos em cada população, considerando as medidas de caracteres florais relacionados à adaptação aos polinizadores.

Biologia floral: alguns aspectos relacionados à biologia floral de *Z. montana*, como horário de abertura das flores, viabilidade do pólen e sucesso reprodutivo, também serão analisados a fim de compará-los nas diferentes populações.

VII. Referências bibliográficas

Antonovics J and Bradshaw D. 1970. Evolution in closely adjacent plant populations VIII. Clinal patterns at a mine boundary. *Heredity*, **25**: 349-362.

Baker HG. 1955. Self-compatibility and establishment after “long-distance” dispersal. *Evolution*, **9**: 347–348.

Barrett SCH & Shore JS. 1987. Variation and evolution of breeding systems in the *Turnera ulmifolia* L. complex (Turneraceae). *Evolution*, **41**: 340–354.;

Berg RL. 1960. The ecological significance of correlation pleiades, *Evolution*, **14**: 171-180.

Busch JW. 2005. The evolution of self-compatibility in geographically peripheral populations of *Leavenworthia alabamica* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, **92**(9): 1503-1512.

Endler JA. 1973. Gene flow and population differentiation. *Science*, **179**: 243-250.

Endler JA. 1977. *Geographic variation and clines*. Princeton University Press, Princeton, NJ

Futuyma DJ. 1986. *Evolutionary Biology*. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. USA.

Gentry AH. 1992. A synopsis of Bignoniaceae ethnobotany and economic botany. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **79**, n.1, p.53-64.

Gómez JM & Zamora R. 1999. Generalization vs. specialization in the pollination system of *Hormathophylla spinosa* (Cruciferae). *Ecology*, **80**(3): 796–805.

Hedrick PW. 2006. Genetic polymorphism in heterogeneous environments: the age of genomics. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **37**: 67-93.

- Herrera CM. 2005.** Plant generalization on pollinators: species property or local phenomenon? *American Journal of Botany*, **92**(1): 13-20.
- Jain SK. 1976.** The evolution of inbreeding in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **7**: 469–495.
- Lohmann LG, Alcântara SF e Silva FG. 2010.** Bignoniaceae in Flora brasiliensis revisitada. <http://flora.cria.org.br> (acessado em 22.08.2010).
- Lloyd DG. 1979.** Some reproductive factors affecting the selection of self-fertilization in plants. *American Naturalist*, **113**: 67–79.
- Lloyd DG. 1992.** Self- and cross-fertilization in plants. II. The selection of self-fertilization. *International Journal of Plant Science*, **153**: 370–380.
- Mendonça R & Danni-Oliveira IM. 2009.** *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos.
- Mitchell RJ, Irwin RE, Flanagan RJ and Karron JD. 2009.** Ecology and evolution of plant-pollinator interactions. *Annals of Botany*, **103**: 1355-1363.
- Monty A & Mahy G. 2009.** Clinal differentiation during invasion: *Senecio inaequidens* (Asteraceae) along altitudinal gradients in Europe. *Oecologia*, **159**:305-315.
- Morgan MT. 2006.** Selection on reproductive characters: conceptual foundations and their extension to pollinator interaction. In LD Harder, SCH Barrett *Ecology and evolution of flowers*. Oxford University Press, New York.
- Mullen LM, Hoekstra, HE. 2008.** Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. *Evolution*, **62**(7): 1555–1570.
- Rey PJ, Alcántara JM, Manzaneda AJ, Garrido JL and Ramírez JM. 2009.** Variación geográfica y mosaicos de selección em las interacciones planta-animal. In R Medel, MA Aizen & R Zamora *Ecología y evolución de interacciones planta-animal: conceptos y aplicaciones*. Editora Universitaria, Santiago de Chile.
- Schemske DW & Bierzychudek P3. 2007.** Spatial differentiation for flower color in the desert annual *Linanthus parryae*: was wright right? *Evolution*, **61**(11): 2528-2543.

- Schueller SK. 2004.** Self-pollination in island and mainland populations of the introduced hummingbird-pollinated plant, *Nicotiana glauca* (Solanaceae). *American Journal of Botany*, **91**: 672–681.
- Soulé ME. 1973.** The epistasis cycle: a theory of marginal populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **4**: 165-187.
- The International Plant Names Index. 2008.** Published on the Internet <http://www.ipni.org> [acessado: 20 de fevereiro de 2010].
- Thompson JN. 1994.** *The coevolutionary process*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Thompson J. N. 2005.** *The geographic mosaic of coevolution*. The University of Chicago Press: Chicago, IL, USA.
- Weber E & Schmid B. 1998.** Latitudinal population differentiation in two species of *Solidago* (Asteraceae) introduced into Europe. *American Journal of Botany*, **85**(9): 1110-1121.