

FABIANO RODRIGO DA MAIA

Influência dos fatores individuais e espaciais no sucesso reprodutivo de *Tibouchina trichopoda* em áreas de regeneração natural de Mata Atlântica

CURITIBA

2010

FABIANO RODRIGO DA MAIA

Influência dos fatores individuais e espaciais no sucesso reprodutivo de *Tibouchina trichopoda* em áreas de regeneração natural de Mata Atlântica

Monografia apresentada ao Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná como requisito à obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Isabela Galarda Varassin

CURITIBA

2010

“Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se
não houver flores, valeu a sombra das folhas;
se não houver folhas, valeu a intenção da
semente.”

Maurício Francisco Ceolin.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo fortalecimento da minha fé a cada dificuldade imposta pela vida.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, participaram deste trabalho.

A meus pais, por todo apoio e carinho. Pela criação, valores e princípios, desde o início. A minha irmã, pela “parceria” de sempre.

À Universidade Federal do Paraná, pela formação profissional.

Agradeço a Isabela Galarda Varassin, orientadora e amiga que me acompanhou desde o segundo ano de faculdade. Pelo exemplo de carinho e profissionalismo. Pelas risadas que demos e daremos juntos ainda. Pela paciência e sabedoria em me ensinar, pela oportunidade de fazer este trabalho, pela ajuda nas análises estatísticas e, principalmente, pela disposição que sempre ofereceu.

Ao professor Renato Goldenberg, pela ajuda na identificação da espécie do estudo.

À professora e as doutorandas da PPGECO que participaram da banca examinadora Prof. Dra. Valéria C. Muschner, MSc Aline Danieli da Silva e MSc Jana Magaly T. de Souza, por aceitarem o convite em apreciar meu trabalho, pelas sugestões e contribuições.

À Jana Magaly e Tiago Malucelli, agradeço imensamente a amizade e os momentos divertidos que compartilhamos em campo, momentos inesquecíveis; pelas risadas e discussões, pelos sacrifícios que passamos com as escadas, pelas idas intermináveis ao “Ivo Almeida”, pelos “delírios” sob a escada nos dias escaldantes do verão, pelas aventuras e aprendizado na cozinha, enfim, pelo convívio saudável, produtivo e amistoso.

Aos amigos que temporariamente se tornaram ajudantes de campo: Anderson, Aline, Carine, Devânia, Laércio e Lincoln.

A uma ajudante especial, minha namorada, que quando eu mais precisei, superou seus limites e se “embrenhou no mato” junto comigo, alguém que sempre me apoiou, mesmo sendo amante de cuidados com prevenção e reabilitação, sempre teve, lá no “fundo”, uma alma de bióloga. Ela que estará ao meu lado me apoiando ao longo da minha carreira, por ser meu “porto – seguro” e por dar ainda mais sentido a minha vida.

A todos da Reserva Natural do Rio Cachoeira e Morro da Mina, pela ajuda incansável em campo oferecida pelos guardas - parque: Davi, Tônico e Vando.

Ao Carlinhos, “meu mestre”, pela ajuda em campo, nas escolhas das áreas de estudo. Pelas experiências em campo, pela ajuda com as escadas e com as imagens do Arcview. Mas principalmente por ter me ensinado as “manhas” do mato, toda a experiência que tenho hoje, e que com certeza eu ainda utilizarei muito, eu devo a você.

E aos amigos que participaram do meu cotidiano universitário, não vou citar, pois não quero correr o erro de esquecer alguém.

ÍNDICE

Resumo.....	05
1. Introdução.....	06
2. Materiais e métodos.....	09
2.1. Caracterização da área de estudo.....	09
2.2. Procedimentos metodológicos.....	10
3. Resultados.....	11
4. Discussão.....	12
5. Lista de Figuras.....	14
6. Referências Bibliográficas.....	15

RESUMO

O sucesso reprodutivo de uma espécie está ligado à sua dinâmica populacional. Várias podem ser as causas da variação individual e espacial no sucesso reprodutivo de espécies vegetais, sendo os efeitos abióticos e da polinização, freqüentemente considerados. As variações de recursos abióticos podem determinar diferenças na produção de flores e frutos, e por sua vez podem influenciar a interação planta – polinizador, modulando a dinâmica reprodutiva de uma espécie. Este trabalho teve como objetivo avaliar o sucesso reprodutivo, através da formação de frutos, em *Tibouchina trichopoda* (Melastomataceae) em função de variações ecológicas populacionais, em áreas de regeneração natural de Mata Atlântica. É uma espécie pioneira, arbustiva que ocorre nas regiões mais baixas do litoral, em áreas brejosas da planície quaternária, nas Formações Pioneiras de Influência Marinha e em áreas abertas na região de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. Os fatores experimentais estudados foram o efeito individual da paisagem, da disponibilidade de flores e cardinal. Durante o período de observações, esta espécie floresceu duas vezes, uma na estação fria e seca – florada estendida e uma na estação quente – chuvosa – florada breve. A florada estendida foi caracterizada por uma baixa produção de frutos, quando comparada com a florada breve. Em ambas as floradas o DAB dos indivíduos não variou significativamente, ou seja, existiram indivíduos que alocam muito em reprodução e indivíduos que alocam pouco em reprodução. A distância média entre os indivíduos não apresentou influência sob o sucesso reprodutivo da espécie. A Densidade floral afetou positivamente o sucesso reprodutivo desta espécie, provavelmente porque que indivíduos que apresentam altas densidades de flores seriam facilmente percebidos por seus agentes polinizadores. Interessante notar que o efeito da densidade floral sobre o sucesso reprodutivo é maior em baixas densidades, havendo uma estabilização do sucesso em altas densidades florais. Houve variação na disponibilidade de flores, comparando as duas floradas, ou seja, a florada estendida apresentou maior disponibilidade de flores e maior taxa de produção de frutos, fato que deve estar relacionado à maior disponibilidade de abelhas visitantes nesta florada. Face exposta à posição norte, parece produzir mais flores e, por conseqüência, maior sucesso reprodutivo. Contudo, excluindo-se o efeito da maior disponibilidade floral sobre o sucesso reprodutivo, ambas as faces produziram o mesmo número de frutos.

Palavras – chave: Reprodução, variações ecológicas, biologia reprodutiva.

1. INTRODUÇÃO

Muitos pesquisadores têm buscado compreender como a ação humana influencia os ambientes naturais, as populações de plantas, as interações entre estes e também a genética das populações, principalmente no que diz respeito aos efeitos da fragmentação florestal (Rambaldi & Oliveira, 2003). Em particular, alguns estudos também têm demonstrado que a fragmentação do hábitat pode ocasionar mudanças no tamanho e na estrutura espacial de plantas, podendo causar efeitos profundos sobre as interações ecológicas e dinâmicas da população, por exemplo, afetando o sucesso reprodutivo de espécies vegetais (Cunningham, 2000; Wolf & Harrison, 2001). Existe uma grande destruição de habitats observadas nos ecossistemas de modo geral, fruto majoritariamente da ação antrópica, como na Floresta Atlântica, por exemplo (Jansen, 1997). Em função da grande destruição desse bioma e devido à alta riqueza de espécies e endemismo, a Floresta Atlântica é atualmente um dos *hot spots* para a conservação da biodiversidade (Myers *et al.*, 2000).

Alguns fatores ecológicos que afetam a relação entre plantas e polinizadores podem influenciar as estratégias reprodutivas das espécies. Fatores abióticos do meio, a distribuição espacial, o tamanho populacional e a história de vida das plantas podem modificar a abundância e a distribuição dos recursos para os polinizadores, alterando padrões de transporte de pólen, fluxo gênico e pressões seletivas responsáveis pela evolução floral (Silveira & Sazima, 2007).

O sucesso reprodutivo de uma espécie está ligado diretamente à sua dinâmica populacional, pois quantidade e qualidade de sua prole permitirão a esta espécie permanecer estável em seu ambiente (Wiens, 1984; Wiens *et al.*, 1987). Os fatores que determinam o sucesso reprodutivo são diversos, tais como eficiência de polinização e da fertilização, alocação de recursos energéticos para produção de sementes e predação de flores, frutos e sementes (Stephenson, 1981; Charlesworth, 1989; Horvitz & Schemske, 2002). O efeito de cada um desses fatores pode ser observado pela variação na formação de frutos e sementes (Stephenson, 1981; Susko & Lovett – Doust, 1999). Devido à falta de recursos abióticos no início da reprodução pode ocorrer diminuição na produção de frutos e sementes devido à baixa emissão de botões e flores, já que tais estruturas são relacionadas ontogeneticamente (Allphins *et al.*, 2002). Portanto, determinar a influência desses fatores sobre o sucesso reprodutivo da planta, é ponto chave em questões que envolvem a reprodução de espécies vegetais (Niesenbaun, 1993).

A quantidade de energia disponível varia conforme a disponibilidade de recursos, deste modo quantidades diferentes desta energia podem ser alocadas para a manutenção das necessidades vitais, para o crescimento e para a reprodução (Roff, 2002), logo a alocação de energia para reprodução pode ser considerado um importante fator ecológico que medeia o sucesso reprodutivo em plantas. A proporção de energia alocada para a reprodução é denominada de esforço reprodutivo que, no caso das plantas, é inicialmente direcionado para a produção de flores. As plantas investem energia na coloração, formato, no tamanho e na quantidade de flores como forma de atrair os polinizadores (Howe & Wettley, 1997). Porém, flores são estruturas custosas para a planta. Os gastos podem ser agrupados em custo de

construção (Primack, 1985; Schoen & Ashman, 1995), produção de recursos (e.g., néctar Schemske, 1978; Harder & Barrett, 1992; Ashman & Schoen, 1997) e manutenção floral, que inclui respiração (Ashman & Schoen, 1994) e transpiração (Nobell, 1977). Portanto, apenas maior investimento na produção de flores não garante maior taxa de fertilização. Porém existem outros fatores que podem influenciar a quantidade de frutos na planta.

As plantas podem realizar abortos de frutos e estes abortos podem ser ocasionados devido a danos nos frutos ou falta de recursos para prosseguir o desenvolvimento do fruto (Howe & Wettley, 1997). Existem também, algumas plantas que fazem abortos seletivos para controlar o número de frutos e alocar mais nutrientes para produzir frutos com maior biomassa e com sementes de melhor qualidade (Howe & Wettley, 1997).

Existem variações na disponibilidade de flores entre indivíduos coespecíficos, assim como variações na disponibilidade de flores ao redor das plantas, que podem ser ocasionadas por variações de densidade (Grindeland *et al.* 2005). Sendo assim, a distribuição espacial das populações de plantas representa uma importante estratégia que pode influenciar seu sucesso reprodutivo através da resposta dos polinizadores a esses fatores (Feinsinger *et al.*, 1991; Kunin, 1993; Mustajärvi *et al.* 2001).

A densidade da população é um dos fatores espaciais que podem afetar o sucesso reprodutivo de espécies vegetais (Sih & Baltus, 1987; Feinsinger *et al.*, 1991; Kunin, 1993; Bosch & Waser, 1999), provavelmente por afetar o comportamento dos polinizadores que são mais propensos a se mover entre os indivíduos em populações densas, onde as distâncias percorridas durante o vôo são mais curtas, que em populações esparsas onde as visitas dentro de uma mesma planta pode aumentar, favorecendo a transferência de pólen dentro da mesma (de Jong *et al.*, 1993). Portanto, a variação espacial das populações de plantas representa uma importante estratégia que pode influenciar seu sucesso reprodutivo através das respostas dos polinizadores à densidade e a disponibilidade de flores de indivíduos coespecíficos (Feinsinger *et al.*, 1991; Kunin, 1993; Mustajärvi *et al.*, 2001). O modelo mais aceito atualmente prevê que maiores populações de plantas podem ser mais facilmente visualizados por agentes polinizadores por serem mais atraentes (facilitação), resultando em maior visitação floral e aumento do sucesso reprodutivo (Sih & Baltus, 1987; Ågren, 1996). 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 pelos serviços de polinização (Rathcke, 1983), provocando redução na deposição de pólen compatível nas flores (Feinsinger *et al.*, 1991). Existem também, populações pequenas que podem ter uma transferência de pólen insuficiente, diminuindo a probabilidade de sucesso, via produção de sementes (Jennersten, 1988, Lamont *et al.*, 1993, Ågren, 1996, Fischer & Matthies, 1998).

A disponibilidade de luz também afeta o sucesso reprodutivo uma vez que em ambientes com pouca luminosidade há maior alocação de recursos em estruturas para aumentar a captação de luz como folhas e caules em detrimento de reprodução (Kilkenny & Galloway, 2008). Além disto, a disponibilidade de luz pode afetar o sucesso reprodutivo por influenciar diretamente o comportamento dos polinizadores

(Kilkenny & Galloway, 2008). Em função da posição subtropical da área de estudo, toda fonte luz solar vem do norte, e por isto espera-se uma diferença na alocação de estruturas reprodutiva em relação às posições cardinais.

Melastomataceae é constituída por 166 gêneros e aproximadamente 4.500 espécies, concentradas principalmente nas Américas, onde são conhecidas cerca de 2.950 espécies (Renner, 1993). *Tibouchina*, gênero pertencente a família Melastomataceae, apresenta 350 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais das Américas (Wurdack, 1962; Souza, 1986). *Tibouchina trichopoda* é uma espécie pioneira que ocorre nas regiões mais baixas do litoral, em áreas brejosas da planície quaternária, nas Formações Pioneiras de Influência Marinha e em áreas abertas na região de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. (Meyer, 2008).

Muitos trabalhos realizados sobre a biologia reprodutiva de espécies de Melastomataceae têm constatado a ocorrência de casos de apomixia (Renner 1989; Goldenberg & Shepherd 1998). Os mecanismos de auto-incompatibilidade e de apomixia são comuns na família, mas geralmente não ocorrem em Melastomeae (Goldenberg & Shepherd 1998).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a variação do sucesso reprodutivo (formação de frutos) em *Tibouchina trichopoda* em função de variações ecológicas populacionais, em áreas de regeneração natural. Para tanto, os objetivos específicos foram: 1) Testar se a produção de frutos de *Tibouchina trichopoda* é afetada pelo tamanho dos indivíduos; 2) Testar se a produção de frutos de *Tibouchina trichopoda* é afetada pelo número de flores produzidas; 3) Medir a influência da variação da distância entre os indivíduos de *Tibouchina trichopoda* no sucesso reprodutivo; 4) Medir o efeito da orientação cardinal sobre a densidade floral e produção de frutos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido entre os meses de julho de 2009 a fevereiro de 2010, nas Reserva Natural Rio Cachoeira e do Morro da Mina localizam-se no município de Antonina, litoral norte do estado do Paraná, 25°19'15" S e 45°42'24" W (IPARDES, 2001). As reservas estão situadas dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, Antonina, no domínio da Floresta Atlântica Brasileira.

A Reserva Natural Rio Cachoeira possui 8.600 ha e a reserva do Morro da Mina, apresenta uma área menor, com cerca de 3.300 ha. Ambas, são propriedades privadas pertencente à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental - SPVS. O clima da região, definido por Köppen, é o subtropical úmido mesotérmico (Cfa) nas porções serranas (com temperaturas médias superiores a 18°C nos meses mais frios e 22°C nos meses mais quentes) e chuvoso tropical sempre úmido mesotérmico Af(t) na planície (com temperatura média de 21,1°C). As geadas são pouco frequentes nas áreas desde o nível do mar até a altitude de 700 m (IPARDES, 2001).

A precipitação anual para a região mostra certa oscilação, variando de 2.000 a 3.000 mm (Roderjan; Kunyoshi, 1988), sendo que a média anual registrada na Estação de Antonina é de 2517 mm, com 205 dias de chuva por ano (IPARDES, 2001). As menores precipitações ocorrem no final do outono e inverno, nos meses de abril a agosto, enquanto que os maiores volume de chuva ocorrem no verão, nos meses de dezembro a março (IPARDES, 2001). A umidade relativa média do ar é de 85%, com pouca variação ao longo do ano.

As áreas amostrais em estudo apresentam principalmente pastagens com criação de búfalos e áreas de uso agrícola entre os remanescentes de floresta, porém com o aumento da criação de áreas de preservação na região, alguns desses locais de uso intenso foram abandonados e encontra-se em um processo de regeneração natural entre 2 a 10 anos (SPVS/TNC, 2000).

2.2. Procedimentos metodológicos

Para avaliar os efeitos individuais e da paisagem na produção de frutos (parâmetro considerado como sucesso reprodutivo da planta), foram selecionados 21 indivíduos de *Tibouchina trichopoda*.

Foram marcadas 20 flores posicionadas em cada orientação cardinal – Norte, Sul, Leste e Oeste, totalizando 80 flores por indivíduo. Foi considerado sucesso o fruto maduro, ou seja, o que permaneceu um mês na planta mãe. Frutos que foram perdidos antes disto foram considerados abortados. Os indivíduos de *Tibouchina trichopoda* foram observados durante duas floradas, sendo 11 indivíduos na primeira florada, que ocorreu a partir de meados de agosto até próximo ao final de setembro, e 10 indivíduos na segunda florada, com início no final de novembro até meados de fevereiro. Os indivíduos de ambas as floradas, foram selecionados aleatoriamente dentro das mesmas áreas de estudos, esses apresentaram o mesmo tamanho, DAB ($F = 0,0037$; $GL = 1,20$; $P > 0,05$) e mesma distância média ($F = 0,4018$; $GL = 1,20$; $P > 0,05$) entre os indivíduos.

Para avaliar o efeito da distância dos indivíduos de *T. trichopoda* sobre o sucesso reprodutivo, cada indivíduo foi marcado como o centro de um ponto quadrante. Em cada quadrante foi medido a distância até o indivíduo da mesma espécie mais próximo, com o auxílio de um aparelho ultrasônico para medir distâncias, com laser – DME, utilizado para evitar eventuais erros de amostragem na utilização de uma trena. A partir destas medidas, para cada indivíduo, foi estimada a distância média entre os quatro indivíduos mais próximos.

Para avaliar um possível efeito da biomassa individual na produção de frutos, cada planta teve seu diâmetro à altura da base (DAB) medido. A medida da circunferência do caule foi realizada com o auxílio de uma trena, e os valores obtidos, transformados em diâmetro. Quando o indivíduo apresentava vários perfilhos, todos os valores dos diâmetros foram somados, obtendo-se um valor total de DAB.

A influência da distância média e do DAB dos indivíduos no sucesso reprodutivo foi testada por análise de regressão.

Para verificar se a maior produção de flores produzidas por indivíduos afeta a produção de frutos, foi avaliada a relação entre o número de flores disponíveis, durante o acompanhamento da formação de frutos, e o número de frutos controle produzidos através de análise de regressão.

O efeito cardinal na alocação de estruturas reprodutivas foi avaliado tanto pela formação de frutos nas flores marcadas, como descrito acima, como também na produção de flores em cada orientação cardinal, contudo utilizando outro método. Nesse método, para quantificar a produção de flores em cada posição cardinal, foi padronizado um extrato da planta (terço inferior da copa) e, nesse extrato, foram contabilizadas todas as flores encontradas.

Utilizando o resíduo da regressão entre a produção de flores e frutos citada, ou seja, eliminando o efeito da densidade floral sobre o sucesso reprodutivo, foi testada a existência de diferença significativa entre as duas faces avaliadas. Para verificar se a disponibilidade floral e o sucesso reprodutivo variam entre as orientações cardinais, as respectivas médias foram comparadas por teste-t.

3. RESULTADOS

Durante as observações de campo, esta espécie apresentou dois períodos de floração. Um dos períodos ocorreu na estação fria e seca, entre o mês de agosto e meados de setembro, sendo que a florada ao nível individual pode ser considerada do tipo estendida. O outro período de floração ocorreu na estação quente e chuvosa, de novembro até meados de fevereiro, e os indivíduos apresentaram uma florada do tipo breve. Durante a florada estendida, os indivíduos floridos, não apresentaram agregação espacial. Foi comum encontrar apenas um indivíduo florido no meio da floresta, com uma quantidade relativamente baixa de flores. A florada estendida foi caracterizada por uma baixa produção de flores ($F = 9,8698$; $GL = 1,20$; $P = 0,0051$) quando comparada à florada breve (Fig. 1A). No mês de setembro, esta florada, praticamente se encerrou. Contudo, muitos indivíduos já haviam começado a produzir botões, de modo que no começo de novembro foi possível perceber o início de uma nova floração, a florada breve.

O padrão fenológico observado durante a florada estendida foi caracterizado por uma intensa atividade de floração e ainda pela simultaneidade na produção e no amadurecimento de quase todas as inflorescências de uma mesma planta. A interação entre esses eventos resultou na produção de flores em massa, de modo que as copas das árvores ficavam inteiramente roxas, devido à alta disponibilidade de flores nos indivíduos. Nesse período, como muitos indivíduos da população floresceram ao mesmo tempo, em algumas regiões da floresta era possível visualizar uma “mancha roxa”, representando a população florida naquele local.

Durante a floração estendida, cada planta floresceu por um período aproximado de 20 dias. Antes de florescer os indivíduos apresentaram uma grande quantidade de botões, de modo que desde o início da florada, houve uma produção em massa de flores, em quantidades superiores a 130 flores por indivíduo. Passado alguns dias do início da florada, alguns indivíduos começaram a diminuir o número de flores, entrando em fase de frutificação.

Em meados de janeiro, a quantidade total de flores na população diminuiu, de modo que, no início de fevereiro, ocorreu o término da florada breve, agora com a totalidade de plantas em fase de frutificação ou em fase de dispersão de sementes. Ainda ao fim desta florada ocorreu a queda das folhas da grande totalidade dos indivíduos, permanecendo apenas os ramos com poucas folhas e os frutos.

A florada breve foi uma fase marcada por uma intensa disponibilidade floral, resultando em um alto sucesso reprodutivo ($r^2 = 0,28$; $F = 9,0548$; $GL = 1,20$; $P = 0,0069$) (Fig. 1B). A taxa de frutificação também foi maior nesta florada ($F = 35,230$; $GL = 1,20$; $P = 0,00001$), quando comparada com a florada estendida (Fig. 1C).

O sucesso reprodutivo não variou significativamente de acordo com o DAB ($F = 0,0229$; $GL = 1,20$; $P > 0,05$), sendo que existiram tanto indivíduos que alocam mais em reprodução como indivíduos que alocam pouco em reprodução, independentemente do tamanho.

O sucesso reprodutivo não foi influenciado significativamente pela distância média ($F = 0,0327$; $GL = 1,20$; $P > 0,05$) entre os indivíduos.

O sucesso reprodutivo aumentou com a densidade floral. O efeito da densidade floral sobre o sucesso reprodutivo é maior em baixas densidades, havendo uma tendência à estabilização do sucesso em altas densidades florais ($r^2 = 0,28$; $F = 9,0548$; $GL = 1,20$; $P = 0,0069$).

Houve maior produção de flores ($t = 2,070$; $GL = 42$; $P = 0,0446$) (Fig. 1D) e frutos ($F = 4,9902$; $GL = 1,40$; $P = 0,03115$) (Fig. 1E) e na posição norte. Porém, excluindo-se o efeito da maior disponibilidade floral sobre o sucesso reprodutivo, ambas as faces produziram o mesmo número de frutos ($t = -0,813$; $GL = 40$; $P > 0,05$) (Fig. 1F).

4. DISCUSSÃO

Tibouchina trichopoda possui floração sub-anual (*sensu* Newstrom *et al.* 1994). Esta distribuição de recursos em mais de um período no ano pode facilitar a manutenção de polinizadores e, ainda, reduzir a competição por estes (Bullock & Solís-Magallanes, 1990). Isto porque as duas floradas aumentam a possibilidade de visitação e, se em uma das floradas ocorrerem outras espécies floridas que atraem os mesmos visitantes (por exemplo, *T. pulchra*, durante a florada breve de *T. trichopoda* – obs. pessoal), a planta terá outra florada que aumente a chance de eventos reprodutivos viáveis. A época de floração e frutificação pode ser modulada de maneira a otimizar a reprodução e, conseqüentemente, promover o aumento do sucesso reprodutivo de espécies de plantas (Widén 1991; Thies & Kalko, 2004).

Ao final da florada tipo anual breve, os indivíduos floridos apresentaram pouca ou nenhuma folha, sugerindo que ocorreu defoliação durante a florada, o que permite ao indivíduo alocar mais em produção de frutos (Obeso, 2002; Checchia da Inês, 2006). Assumindo que há um “pool” de recursos disponível para cada planta, e que este é alocado tanto para estruturas reprodutivas quanto para estruturas vegetativas (Obeso, 2002), uma menor quantidade de folhas propiciaria maior destinação de recursos para os frutos. Outros fatores como a qualidade do pólen depositado nos estigmas das flores, nutrientes no solo ou

radiação podem afetar a produção de frutos e sementes, fazendo com que o sucesso reprodutivo dos indivíduos não seja explicado unicamente pela frequência de visitas de seus polinizadores.

Em *T. trichopoda*, o sucesso reprodutivo foi maior em alta disponibilidade de flores, ocorrida na florada tipo breve. O fato de o sucesso reprodutivo aumentar com o aumento da disponibilidade de flores, mas em taxas superiores nas baixas densidades, mostra que a relação não é linear. Montenegro e Cavieres (2006) também sugerem uma relação não linear entre densidade e sucesso reprodutivo em função de uma possível competição intra-específica (inter-individual) por polinizadores (eg Bullock & Martinez del Río, 1989; Feldman *et al.*, 2004). Altas densidades florais levam a um maior número de visitas dos polinizadores, contudo este aumento não é necessariamente proporcional ao aumento do número de flores (Geber, 1985; Klinkhamer *et al.*, 1989). Assim, em *T. trichopoda*, pequenas variações da densidade floral em baixas densidades são responsáveis por grandes diferenças no sucesso reprodutivo.

A alta taxa de frutificação apresentada na florada breve provavelmente também pode ter ocorrido devido à maior densidade de indivíduos floridos formando aglomerados no interior da mata (Montenegro & Cavieres, 2006; eg, Roll *et al.*, 1997; Bosch & Waser, 1999 e Brys *et al.*, 2004). Populações que apresentam altas densidades de flores seriam facilmente percebidas por seus agentes polinizadores (Kawarasaki & Hori, 1999), especialmente aqueles polinizadores que focam sua atividade de visitação nas populações onde uma grande quantidade de recursos está sendo oferecida, de modo a minimizar os gastos energéticos (MacArthur & Pianka, 1966). Isto permitiria que os polinizadores otimizassem o seu *trade-off* entre custo e benefício de vôo por encontro de recursos (Jennersten, 1988; Klinkhamer & van der Lugt, 2004). Este maior número de visitas por polinizadores pode também ser função da variação da abundância local dos polinizadores, uma vez que a maior riqueza em espécies de abelhas foi registrada em dezembro (obs. pessoal), conforme verificado também nos estudos de Thomazini & Thomazini (2002).

Devido à localização subtropical em que se encontra a espécie estudada, a quantidade de luz é maior na posição norte, a qual apresentou maior disponibilidade floral que a posição cardinal sul, menos iluminada. A maior disponibilidade de flores na face norte provavelmente esteja relacionada com a maior quantidade de luz nesta posição cardinal. De fato, plantas expostas à maior quantidade de luz produzem mais flores que plantas menos iluminadas (Verburg & During, 1998).

A maior disponibilidade de flores na face norte em relação à sul ocasiona maior sucesso reprodutivo, o que indica maior número de visitas nesta posição. Em geral, plantas situadas em áreas mais ricas em recursos florais são mais visitadas e apresentam maior sucesso reprodutivo (Feinsinger *et al.*, 1991; Kunin, 1993; Roll *et al.*, 1997; Thompson, 2001). Isto ocorre em virtude da resposta dos polinizadores à disponibilidade local de recursos florais (Klinkhamer & van der Lugt, 2004). Portanto, em *T. trichopoda* a relação das visitas com o *display floral* provavelmente seja linear, e o fato de a face norte apresentar um maior sucesso reprodutivo se deve basicamente ao fato da planta apresentar mais flores na face norte, atraindo, proporcionalmente, mais visitantes florais.

Para espécies que têm características pioneiras, como a aqui estudada possibilidade de autocompatibilidade pode ser considerada uma vantagem ecológica. Estudos de biologia reprodutiva realizados em Melastomataceae mostram a elevada ocorrência de autocompatibilidade em Melastomeae (Goldenberg & Shepherd, 1998). Para *T. trichopoda* há aparentemente ausência de mecanismos de auto-incompatibilidade, mas dependência por vetores de pólen para a reprodução (T.S. Malucelli, dados não publicados). Isto sustenta a idéia de que a reprodução dessa espécie pode ser influenciada pela atividade do polinizador e pela densidade de flores.

Os resultados obtidos neste estudo com *T. trichopoda* apresentam indícios de que a dinâmica espacial de populações de plantas e animais está relacionada a fatores bióticos, principalmente os relacionados à competição. A estratégia dessa espécie para minimizar os efeitos da competição por polinizadores parece ser a de manter a distribuição de recursos em mais de um período no ano, facilitando a manutenção dos polinizadores e, deste modo, promovendo um aumento do sucesso reprodutivo. Possivelmente, uma segunda estratégia da espécie seja a de apresentar mecanismos de autocompatibilidade, que otimizaria a reprodução.

5. LISTA DE FIGURAS

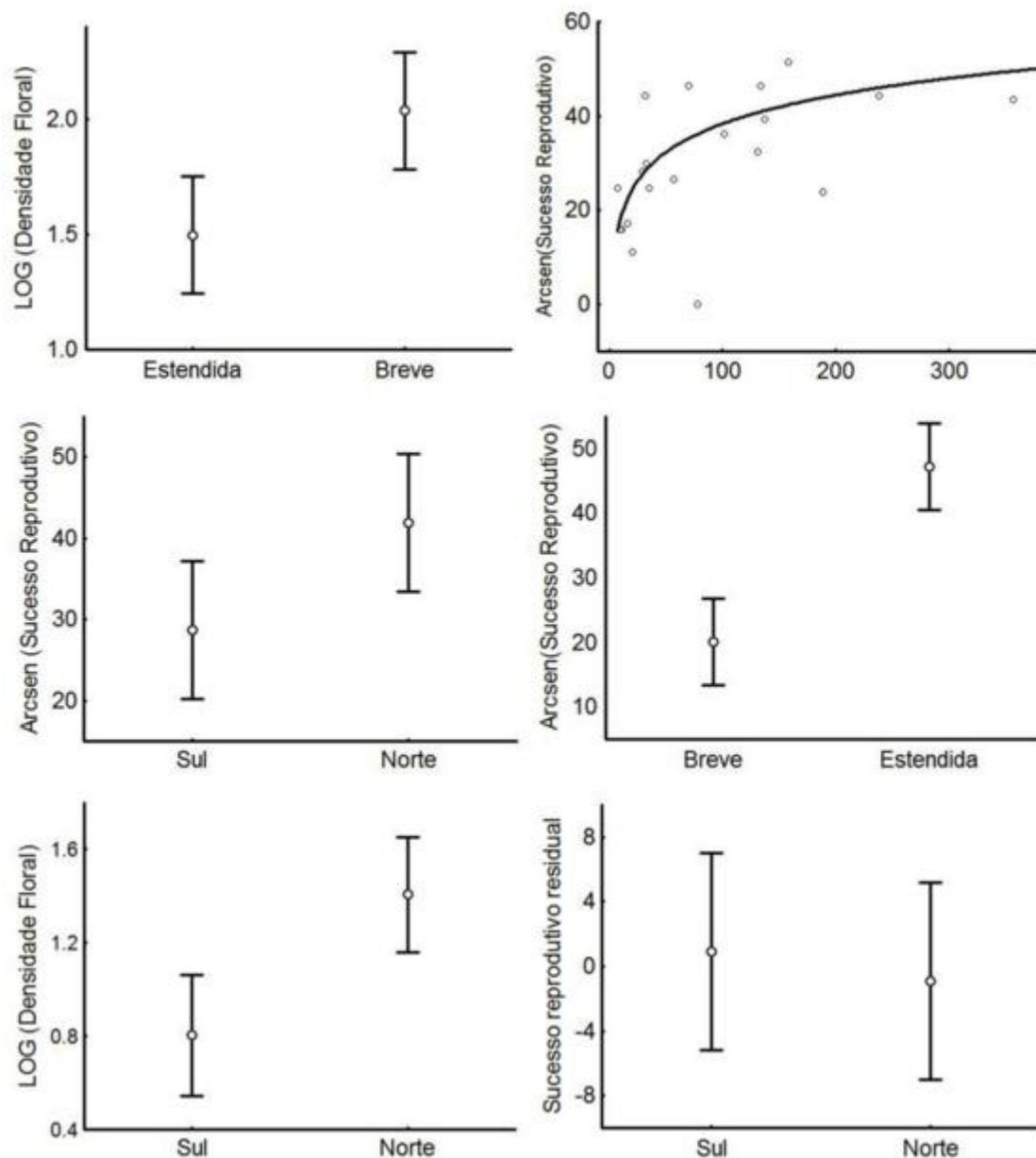


Fig.4- Variações reprodutivas em *T. trichopoda* **A.** Variação da densidade floral para os indivíduos analisados em ambas as floradas **B.** Regressão linear entre o sucesso reprodutivo (transformado por meio do logaritmo) em função da densidade floral média. (Equação da reta: $\text{arc sucesso} = -0,036719 + 0,3533021 \log \text{ densidade floral}$) **C.** Variação do sucesso reprodutivo (transformado por meio de arco seno) dos indivíduos analisados em ambas as floradas. **D.** Variação da densidade floral (transformado por meio do logaritmo) em função da posição cardinal sul e norte. **E.** Variação do sucesso reprodutivo (transformado por meio do arco seno) em função da face sul e norte. **F.** Variação residual do sucesso reprodutivo com a densidade floral média em função da posição cardinal norte e sul.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ågren, J., 1996. **Population size, pollinator limitation, and seed set in the self-incompatible herb *Lythrum salicaria*.** *Ecology*, 77:1779–1790.
- Allphins, L., Wiens, D. & Harper, K.T., 2002. **The relative effects of resources and genetics on reproductive success in the rare *Kachina daisy*, *Erigeron kachinensis* (Asteraceae).** *International Journal of Plant Sciences*, 163:599-612.
- Ashman, T. L. & Schoen, D. J., 1994. **How long should flowers live?** *Nature*, 371:788–791.
- Ashman, T. L. & Schoen, D. J., 1997. **The cost of floral longevity in *Clarkia tembloriensis*: an experimental investigation.** *Evolutionary Ecology*, 11:289–300.
- Bosch, M. & Waser, N.M., 1999. **Effects of local density on pollination and reproduction in *Delphinium nuttalianum* and *Aconitum columbianum* (Ranunculaceae).** *American Journal of Botany*, 86:871–879.
- Brys, R., Jacquemyn, H., Endels, P., Van Rossums, F., Hermy, M., Triest, L., de Bruyns, L. & G.D. Blust., 2004. **Reduced reproductive success in small populations of the self-incompatible *Primula vulgaris*.** *Journal of Ecology*, 92: 5 - 14.
- Bullock, S.H. & C. Martinez del rio., 1989. **Bee visitation rates to trees of *Prockia crucis* differing in flower number.** *Oecologia*, 78: 389- 393.
- Bullock, S. H. & Solis-Magallanes, A., 1990. **Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico.** *Biotropica*, 22: 22-35.
- Charlesworth, D., 1989. **Allocation to male and female function in hermaphrodites, in sexually polymorphic populations.** *Journal of Theoretical Biology*, 138:327-342.
- Checchia da Inês, M.C., 2006. **Fenologia e Sucesso Reprodutivo de *Psychotria Suterella* (Rubiaceae): Efeitos da disponibilidade de recursos e densidade floral.** Dissertação de Mestrado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.
- Cunningham, S.A., 2000. **Effects of habitat fragmentation on the reproductive ecology of four plant species in Mallee woodland.** *Conservation Biology*, 14: 758 – 768.
- de Jong, T.J., Waser, N.M. & Klinkhamer, P.G.L., 1993. **Geitonogamy: the neglected side of selfing.** *Trends in Ecology and Evolution*, 8:321–325.
- Feinsinger, P., Tiebout III, H. M., Young, B. E., 1991. **Do tropical bird-pollinated plants exhibit density-dependent interaction?** *Ecology*, 72:1953-1963.
- Feldman, T.S., Morros, W.F. & W.G. Wilson., 2004. **When can two plant species facilitate each other's pollination?** *Oikos*, 105:197-212.
- Fischer, M. & Matthies, D., 1998. **Effects of population size on performance in the rare plant *Gentianella germanica*.** *Journal of Ecology*, 86:195–204.
- Geber, M.A., 1985. **The relationship of plant size to self pollination in *Mertensia ciliata*.** *Ecology*, 66:762-772.

- Goldenberg, R. & Shepherd, G. J., 1998. **Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation.** *Plant Systematics and Evolution*. 211: 13 - 29.
- Harder, L. D. & Barrett, S. C. H., 1995. **Mating costs of large floral displays in hermaphroditic plants.** *Nature*, 373:512–514.
- Horvitz, C. C. & Schemske, D. W., 2002. **Effects of plant size, leaf herbivory, local competition and fruit production on survival, growth and future reproduction of a neotropical herb.** *Journal of Ecology*, 90:279–290.
- Howe, H.F. & Westley, L. C., 1997. **Ecology of pollination and seed dispersal.** In: Plant Ecology (M.J. Crawley ed.). *Blackwell science, Oxford*. p.262–282.
- IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Social., 2001. **Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba.** Curitiba: IPARDES. 150 p.
- Jansen, A., 1997. **Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical rainforest restoration project.** *Restoration Ecology*, 5:115-124.
- Jennersten, O., 1988. **Pollination in *Dianthus deltoids* (Caryophyllaceae): effects of habitat fragmentation on visitation and seed set.** *Conservation Biology*, 2: 359–366.
- Kawarasaki, S. & Y. Hori. 1999. **Effect of flower number on the pollinator attractiveness and the threshold plant size for flowering in *Pertya triloba* (Asteraceae).** *Plant Species Biology*, 14:69–74.
- Kilkenny, F. F. & Galloway, L. F., 2008. **Reproductive success in varying light environments: direct and indirect effects of light on plants and pollinators.** *Oecologia*, 155:247–255.
- Klinkhamer, P.G., de Jong, T.J. & G.J. de Bruyn., 1989. **Plant size and pollinator visitation in *Cynoglossum officinale*.** *Oikos*, 54:201-204.
- Klinkhamer, P.G. & P.P. Van der lugt., 2004. **Pollinator service only depends on nectar production in sparse populations.** *Oecologia*, 140:491-494.
- Kunin, W., 1993. **Sex and the single mustard: population density and pollinator behavior effects on seed set.** *Ecology*, 74:2145-2160.
- Lamont, B.B., Klinkhamer, P.G.L. & Witkowski, E.T.F., 1993. **Population fragmentation may reduce fertility to zero in *Banksia goodii* – a demonstration of the Allee effect.** *Oecologia*, 94:446–450.
- Larson, B. M. H. & Barrett, S. C. H. 1999b. **The ecology of pollen limitation in buzz pollination *Rhexia virginica* (Melastomataceae).** *Jour. Ecol.* 87: 371-381.
- MacArthur, R.H. & Pianka, E.R., 1966. **On the optimal use of a patchy environment.** *American Naturalist*, 100: 603–609.
- Meyer, F. S., 2008. **O gênero *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no estado do Paraná.** Dissertação de Mestrado (Botânica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Montenegro, M.A.M. & Cavieres, L.A., 2006. **Effect of density and flower size on the reproductive success of *Nothoscordum graminum* (Alliaceae).** *Gayana bot*, 63:93-98.

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., Kent, J., 2000. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** *Nature*, 403:853-858.
- Mustajärvi K., Siikamaki P., Ryttonen S. & Lammi A., 2001. **Consequences of plant population size and density for plant-pollinator interactions and plant performance.** *Journal Ecology*, 89: 80 – 87.
- 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.
- Niesenbaun, R.A., 1993. **Light or pollen – seasonal limitations on female reproductive success in the understory shrub *Lindera Benzoin*.** *Journal of Ecology*, 81:315–323.
- Nobell, P. S., 1977. **Internal leaf area and cellular CO₂ resistance: photosynthetic implication of variations with growth conditions and plant species.** *Physiologia Plantarum*, 40:137-144.
- Obeso, J.R., 2002. The costs of reproduction in plants. *New Phytologist*, 155: 321 – 348.
- Primack, R. B., 1985. **Longevity of individual flowers.** *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16:15-37.
- Rambaldi & Oliveira (orgs.) Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2003. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília. 510 p.
- Rathcke, B.J., 1983. **Competition and facilitation among plants for pollination** In: Real, L. (ed.). *Pollination Biology*, Academic Press, New York, pp. 305-329.
- Renner, S. S., 1993. **Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae.** *Nordic Journal of Botany*, 13:519-540.
- Roff, D. A., 2002. **The Evolution of Life History: Theory and Analysis.** New York: Chapman and Hall.
- Roll, J., Mitchell, R. J., Cabin, R. J., Marshall, D. L., 1997. **Reproductive success increases with local density of conspecifics in a desert mustard (*Lesquerella fendlerii*).** *Conservation Biology*, 11:738-746.
- Schemske, D. W., Willson, M. F., Melampy, M. N., Miller, L. J., Venner, L. Schemske, K. M. & Best, L. B., 1978. **Flowering ecology of some spring woodland herbs.** *Ecology*, 59:351-366.
- Schoen, D. J. & Ashman, T. L., 1995. **The evolution of floral longevity: resource allocation to maintenance versus construction of repeated parts in modular plants.** *Evolution*, 49:131-139.
- Sih, A. & Baltus, M.-S., 1987. **Patch size, pollinator behavior, and pollinator limitation in catnip.** *Ecology*, 68: 1679–1690.
- Silveira, C. L. & Sazima, M., 2007. **Características vegetativas e reprodutivas das plantas e fatores abióticos em relação à biomassa floral, em três biomas tropicais.** SEB, VIII CEB.

- Souza, M. L. D., 1986. **Estudo taxonômico do gênero *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no Rio Grande do Sul – Brasil.** Insula, Florianópolis, 16:3-108.
- SPVS/TNC (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental The Nature Conservancy). **Projeto de Restauração da Floresta Atlântica.** Curitiba, 2000. 17p.
- Stephenson, A. G., 1981. **Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate Functions.** *Annual Review of Ecology Systematics*, 12:253-279.
- Susko D. J. & Lovett –Doust, L., 1999. **Effects of resource availability, and fruit and ovule position on components of fecundity in *Alliaria petiolata* (Brassicaceae).** *New Phytologist*, 144:295–306
- Thies, W. & E. K.V. Kalko., 2004. **Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two shorttailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae).** *Oikos*, 104:326–376.
- Thompson, J. D., 2001. **How do visitation patterns vary among pollinators in relation to floral display and floral design in a generalist pollination system?** *Oecologia*, 126:386-394.
- Thomazini M. J. & Thomazini A.P.B.W., 2002. **Diversidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em Inflorescências de *Piper hispidinervum* (C.DC.).** *Neotropical Entomology*, 31:27-34.
- Verburg, R.W. & During, H.J., 1998. **Vegetative propagation and sexual reproduction in the woodland understory pseudo–annual *Circaea lutetiana* L.** *Plant Ecology*, 134:211-224.
- Widén, 1991 **Phenotypic selection on flowering phenology in *Senecio integrifolius*, a perennial herb.** *Oikos*, 61:205-215
- Wiens, J. A., 1984. **On understanding a non-equilibrium world: myth and reality in community patterns and processes.** In D.R. Strong Jr, D. Simberloff, L.G. Abele & A.B. Thistle (eds.) *Ecological Communities: Conceptual 58 Issues and the Evidence.*, pp. 439-457. Princeton: Princeton University Press.
- Wiens, D., Calvin, C.L., Wilson, C.A., Davern, C.I., Frank,D.,& Seavey, S.R., 1987. **Reproductive success, spontaneous embryo abortion and genetic load in flowering plants.** *Oecologia*, 71:501-509.
- Wolf, A.T. & Harrison, S.P., 2001. **Effects of habitat size and patch isolation on reproductive success of the serpentine morning glory.** *Conservation Biology*, 15:111-121.
- Wurdack, J.J., 1962. **Melastomataceae of Santa Catarina.** *Sellowiana*, 14:109–217.