

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANO RODRIGO DA MAIA

SISTEMAS REPRODUTIVOS E VISITANTES FLORAIS EM MELASTOMATACEAE  
DOS CAMPOS RUPESTRES NO LIMITE SUL DO CERRADO, TIBAGI, PARANÁ

CURITIBA

2013

FABIANO RODRIGO DA MAIA

SISTEMAS REPRODUTIVOS E VISITANTES FLORAIS EM MELASTOMATACEAE  
DOS CAMPOS RUPESTRES NO LIMITE SUL DO CERRADO, TIBAGI, PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Botânica, junto ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**Orientador:** Dr. Renato Goldenberg

**Co-orientador:** Dra. Isabela Galarda Varassin

**CURITIBA**

**2013**

*À Deus, à minha amada breve esposa, e ao casal da minha vida Antonio e Rosana,  
motivos do meu respirar.*

## AGRADECIMENTO

Antes de mais nada...

Agradeço ao Senhor Jesus pelo dom da vida, imenso amor e infinita misericórdia me concedeu mais essa graça. “Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém”. (Rm.11. 36).

**“A honra por tudo o que estou vivendo seja dada ao verdadeiro vencedor: Jesus!”**

Agora peço que me perdoem as três páginas de agradecimento, mas eu preciso agradecer a todos. Também já adianto minhas sinceras desculpas, pois posso ter esquecido alguém. Provavelmente meu esquecimento se deve a este momento final de Mestrado, onde a mente já começa a falhar e os nervos ficam à flor da pele. Enfim...

Ao meu presente de Deus, a mulher mais linda do mundo, pela compreensão, força nos momentos de desânimo, cuidado, amor e carinho. Obrigado por todo o amor que me fez ter força suficiente para enfrentar cada obstáculo. Você não achou suficiente me amar e me apoiar em todos os momentos. Você também colocou a mão na massa junto comigo, indo ao campo, ajudando a ensacar flores e a guardar os insetos nos “potes”, enquanto tantos outros me deixavam maluco!!! E principalmente pela paciência nessas últimas semanas antes da defesa que também antecem o nosso casamento. Te amo linda.

Aos meu queridos pais Antonio do Rocio da Maia e Rosana de Lara da Maia, pelo imensurável amor, por me concederem a vida e lutarem pelos meus sonhos como se fossem deles, me proporcionando tudo que não tiveram oportunidade de ter. Minha eterna gratidão. Amo vocês.

À minha irmã, pelo incentivo, amizade, alegria e amor. Ah, e pela ajuda em campo. E como diz o ditado: “sorte de principiante”, encontramos um PUMA. Coitada dela...

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Renato Goldenberg, a minha gratidão pela confiança que em mim depositou ao me orientar e por me aceitar por mais quatro anos. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos, pela amizade, pelos

conselhos frente às minhas dificuldades e pelas lições de vida que com certeza estão me ensinando a subir mais um degrau em minha vida. Agora sei que o processo de aprendizagem é difícil, mas nos faz crescer...

A minha coorientadora, amiga, Prof. Dr. Isabela Galarda Varassin, pelo exemplo de serenidade, companheirismo, bondade, amizade, disponibilidade, profissionalismo, ética e contribuição em mais este trabalho. Minha imensa gratidão Isa, nestes anos de graduação e pós-graduação em que estive trabalhando com você. Sem dúvida, aprendi muito mais que a Biologia da Polinização.

Aos Professores que gentilmente aceitaram o convite para participar da banca examinadora: Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira, Dr. Miriam Kaehler, e Prof. Dr. André Andrian Padial. Obrigado pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A todos da família LEV (Laboratório de Ecologia Vegetal), é muito gratificante trabalhar com vocês,

Aos amigos de laboratório: Prof.<sup>a</sup> Márcia Marques, pelas valiosas sugestões após a leitura do meu relatório, pela “hospitalidade” no laboratório e pelo carinho de sempre; Jana e Tiago, meus padrinhos queridos; Vini, muito obrigado pela ajuda com o “R”; Carol, obrigado pelo seu conhecimento “nipônico” e pela parceria no campo; Tiago, Fer, Matheus, Dani, Jana, Carolzinha, Felipe, Marcia, Carla, Ana Paula, Tássia, Tales, Lincoln, Camila obrigado pela ajuda em campo, vocês foram os meus “companheiros de Quartelá”. Enfim, muito obrigado pela amizade, carinho, discussões, e muitos outros assuntos que tornaram nossos dias muito melhores e agradáveis.

A todos da família MPV, em especial aos meus Pastores Marco e Jane Amorim, e aos meus líderes e Pr. Paulo e Pra. Rosangela Eubank. Vocês são os pais espirituais que Deus mandou para mim aqui na terra!!!

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal do Paraná, por tornarem possível a realização do meu Mestrado. Aos professores, do Departamento de Botânica, ministrantes das disciplinas cursadas durante o Mestrado, e que contribuíram para a minha formação. E, principalmente, aos colegas de turma, pela alegria, carinho e companheirismo nesses dois anos de convivência.

Aos especialistas da Universidade Federal do Paraná que gentilmente identificaram o material e tornaram possível o capítulo II: ao Prof. Dr. Gabriel A. R.

Melo pela identificação das abelhas, ao Dr. Bolívar R. Garcete-Barrett pela identificação das vespas, a Dra. Mirian Nunes Morales e ao Prof. Dr. Claudio J. B. de Carvalho pela identificação dos Diptera, ao pessoal do Laboratório de Lepidoptera Neotropical pela identificação das borboletas, à Prof. Dr. Cibele Stramare Ribeiro-Costa, pela identificação dos besouros.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior (CAPES) pela bolsa concedida; ao Programa Nacional de Apoio e Desenvolvimento da Botânica (PNADB) - 23038.000027/2010-51, pelo apoio financeiro nas coletas de campo; e a Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná, pelo apoio financeiro para participação em eventos científicos.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela licença de pesquisa e coleta concedidas para o trabalho de campo no Parque Estadual do Guartelá. E, aos funcionários do Parque: Cristóvam, obrigado pela prontidão de sempre, e aos funcionários: “Baiano” e Vando, pela grande receptividade e presteza no campo,

E às Melastomataceas dos campos rupestres e seus visitantes florais que tornaram possível este trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com o trabalho,

*Muito obrigado!!!*

Penso que só há um caminho para a ciência ou para a filosofia: encontrar um problema, ver a sua beleza e apaixonar-se por ele; casar e viver feliz com ele até que a morte vos separe – a não ser que encontrem outro problema ainda mais fascinante, ou, evidentemente, a não ser que obtenham uma solução. Mas, mesmo que obtenham uma solução, poderão então descobrir, para vosso deleite, a existência de toda uma família de problemas-filhos, encantadores ainda que talvez difíceis, para cujo bem-estar poderão trabalhar, com um sentido, até ao fim dos vossos dias.

**Karl Popper**

## RESUMO

Têm sido visto que os sistemas reprodutivos das espécies podem variar ao longo da distribuição das mesmas. O Cerrado apresenta uma alta riqueza de espécies de Melastomataceae e diferentes condições ambientais que variam ao longo de sua distribuição. Assim, são bons locais para estudos dos efeitos geográficos sobre a reprodução nessa família. Cerca de 98 % das espécies da família Melastomataceae apresentam pólen como recurso. Contudo, a produção de néctar ocorre em algumas espécies da família, e nesse caso ocorre uma maior guilda de polinizadores, além das abelhas. O tipo de reprodução também pode exercer influência sobre os polinizadores, principalmente devido ao fato de espécies assexuadas apresentarem baixa viabilidade de pólen em relação às sexuadas. O presente estudo tem por objetivo (1) verificar os sistemas reprodutivos e (2) estudar os visitantes florais de Melastomataceae em uma área localizada no limite sul do Cerrado, Tibagi, Paraná. Foram obtidos dados sobre a biologia floral e reprodutiva, e verificado a riqueza e abundância dos visitantes florais entre espécies com e sem néctar e entre espécies sexuadas e assexuadas, caracterizando o tipo de interação entre as plantas e os visitantes. Os resultados deste trabalho foram comparados com outros estudos sobre reprodução para a família no Cerrado. Esses resultados indicam que existe variação geográfica na proporção de espécies sexuadas e autocompatíveis em cada local, porém a reprodução assexuada não varia latitudinalmente. Os sistemas reprodutivos também variam entre populações de uma mesma espécie. Isso parece estar associado com o tipo de vegetação, tamanho populacional, e como estratégia de segurança reprodutiva à ambientes periféricos do Cerrado. Além disso, os estudos com os visitantes florais da família, mostram que a taxa de visitação varia com o período do dia, mas não com o recurso. Porém, após às 12 horas, a dinâmica de visitação é diferente em flores-néctar e flores-pólen. Abundância e composição dos visitantes florais variam entre as espécies sexuadas e assexuadas. Assim, as espécies assexuadas apresentaram menor abundância de visitantes florais, e isso parece estar associado com a viabilidade do pólen e outros mecanismos de reprodução, como a apomixia, que permitem maior independência de polinizadores em espécies de plantas assexuadas. Sendo assim, os resultados de composição de espécies encontradas neste trabalho, parecem estar muito mais associados com a identidade das espécies dentro de cada grupo de plantas do que uma diferença funcional dos grupos de visitantes florais.

**Palavras-chave:** Melastomataceae, variação geográfica, reprodução, visitantes florais



## ABSTRACT

The reproductive systems of plant species may vary over their distribution. The savanna has a high species richness regarding Melastomataceae and different environmental conditions that vary along its distribution. Therefore, the cerrado is a good site for studies of the geographic effects in reproduction in this family. About 98% of the species of Melastomataceae have pollen as a resource. However, nectar occurs in some species of the family and in this case help attract a guild of pollinator species, in addition to bees. The type of reproduction can also exert influence on pollinators, mainly because of the low pollen viability in asexual species, when compared to sexual species. The present study aims to (1) verify the reproductive systems and (2) study the floral visitors of Melastomataceae in an area located on the southern edge of the savanna, at Tibagi, Paraná. We obtained data on the floral and reproductive biology, and verified the richness and abundance of floral visitors between species with and without nectar and between sexual and asexual species, characterizing the type of interaction between plants and visitors. The results of this work were compared with other studies for the family in Savanna. These results indicate that there is a geographic variation in the proportion of sexual and self-compatible species among the areas, but asexual reproduction does not vary latitudinally. The reproductive systems also vary between populations of the same species. This seems to be associated with the type of vegetation, population size, and how reproductive security strategy in environments peripherals Cerrado. Furthermore, studies with floral visitors in the family, show that the rate of visitation varies with the time of day, but not with the resource. However, after the noon, the dynamics of visitation is different in flower nectar-and pollen-flowers. Abundance and composition of floral visitors vary between sexual and asexual species. Thus, asexual species showed lower abundance of floral visitors, and that seems to be associated with pollen viability and other mechanisms of reproduction, such as apomixis, which permit greater independence of pollinators in plant species asssexuadas. Thus, the results of compositional found in this study appear to be more associated with the identity of the species in each group of plants of a difference functional groups pollinators.

**Key-words:** Melastomataceae, geographic variation, reproduction, floral visitors

## LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO 1

- Tabela 1** Resumo das características das espécies estudadas: hb=hábito (ev=ervas, ab/arv=arbustos/arvoretas, subab=subarbustos, ab=arbustos, ar=árvores); df=disposição/flores (sl=solitárias, in=inflorescências); cp=Cor/pétalas (rs=róseas, pp=púrpuras, br=brancas, am=amarelas, cr=cremes, lil=lilases); ce= (am=amarelos, vm=vermelhos, rs=róseas, br=brancos, cr=cremes, lil=lilases); tfl=Tipo de floração (anint=anual intermediária, anbr=anual breve, cont=contínua, suban=subanual); sdd=síndrome de dispersão (an=anemocórica, zo=zoocórica); tfr=tipo de frutificação (anint=anual intermediária, anbr=anual breve, anest=anual estendida, cont=contínua, suban=subanual).....39
- Tabela 2** Percentual de formação de frutos nas polinizações controladas de espécies de Melastomataceae decorrentes de flores submetidas a Autopolinização Manual (AM), Polinização Cruzada (PC), Apomixia (AX), Autopolinização Espontânea (AE) e Controle (C), índice de Auto-incompatibilidade (ISI), Eficácia Reprodutiva (ER) e viabilidade polínica (% de grãos viáveis (X) ± desvio padrão (DP); número de indivíduos utilizados nas polinizações controladas (n). Entre parênteses flores utilizadas. \*Não diferem significativamente no número de frutos formados entre os tratamentos ( $X^2$ ;  $p < 0,001$ ).....40
- Tabela 3** Período entre a polinização e o crescimento do tubo polínico até o ovário nos tratamento de autopolinização (AM) e polinização cruzada (PC) de espécies de Melastomataceae do Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná.....41

## LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO 1

- Figura 1** Climatograma com a temperatura média anual e precipitação total mensal no período compreendido entre fevereiro de 2011 e julho de 2012 no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná.....42
- Figura 2** Espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná. A. Flores de *Tibouchina hatschbachii*, B. *T. sellowiana*, C, D. Inflorescência de *Leandra australis* e *L. aurea*, respectivamente, E. Indivíduo de *Leandra microphyla* F, G, H, I, J, K, L, Inflorescências de *Leandra polystachya*, *L. purpurascens*, *Miconia albicans*, *M. theaezans*, *M. hyemalis*, *M. ligustroides*, *M. Sellowiana*, M, N, O, P, Flores de *Chaetostoma armatum*, *Lavoisiera imbricata*, *L. pulchella* e *Trembleya parviflora* Barra = 1.5cm(N); 16mm(O); 2cm(J,M); 3cm(C,F,G,H,L,P); 4cm(A,D,I); 4.5cm(B,K), 6cm(E).....43
- Figura 3** Áreas do Cerrado onde ocorreram os estudos dos dados compilados e deste estudo. Pontos mostram as áreas analisadas: Pirineus, Caldas Novas, Serra da Canastra, Itirapina e Tibagi.....44
- Figura 4** Floração e frutificação das espécies de Melastomataceae do Parque Estadual do Guartelá (PEG) no período de março de 2011 a julho de 2012.....45
- Figura 4** Variação na viabilidade de pólen entre indivíduos das espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá. As espécies estão em ordem crescente de valores de viabilidade média de pólen. Média e barras verticais indicando 95% de intervalo de confiança. Espécies não conectadas pelas mesmas letras indicam viabilidade de pólen significativamente diferente.....46

**Figura 5** Crescimento dos tubos polínicos em direção ao ovário. A. Tratamento de polinização cruzada em *Chaetostoma armatum*; B e C. Autopolinização manual e polinização cruzada, respectivamente, em *Leandra microphyla*; D e E. Polinização cruzada e autopolinização manual, respectivamente, em *Lavoisiera imbricata*; F, G e H. Polinização cruzada e autopolinização manual (24/48h), respectivamente, em *Miconia sellowiana*; I e J. Autopolinização manual e polinização cruzada, respectivamente, em *Miconia theaezans*; K e L. Polinização cruzada e autopolinização manual, respectivamente, em *Trembleya parviflora*; M e N. Polinização cruzada e autopolinização manual, respectivamente, em *Tibouchina hatschbachii*.....47

**Figura 6** Variação dos valores das variáveis do estudo (Tipo de reprodução: porcentagem de espécies assexuada/sexuada; valores médios do índice de autoincompatibilidade (ISI)) em cada uma das áreas do Cerrado analisadas (Pirineus, Caldas Novas, Serra da Canastra, Itirapina e Tibagi). Siglas representam os locais dentro dos municípios onde foram realizados os trabalhos: PEP (Parque Estadual do Pirineus); PESC (Parque Estadual Serra de Caldas Novas); PNSC (Parque Nacional da Serra da Canastra); ITR (Itirapina); PEG (Parque Estadual do Guartelá).....48

## LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO 2

- Tabela 1** Visitantes florais das espécies de Melastomataceae no Parque Estadual do Guartelá. (pi - pilhador; pol - polinizador; Espécies de plantas que receberam visitas: 1. *Chaetostoma armatum*; 2. *Leandra aurea*; 3. *Lavoisiera imbricata*; 4. *Miconia hyemalis*; 5. *Miconia ligustroides*; 6. *Miconia sellowiana*; 7. *Miconia theaezans*; 8. *Tibouchina hatschbachii*; 9. *Tibouchina sellowiana*; 10. *Trembleya parviflora*.....66
- Tabela 2** Riqueza (nº de espécies) e abundância (nº de visitas) dos grupos funcionais de visitantes florais em espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae no período de março de 2011 a outubro de 2012, no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná.....71
- Tabela 3** Variação da composição de grupos funcionais de visitantes florais por espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae no período de março de 2011 a outubro de 2012, no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná.....72

## LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO 2

- Figura 1** Visitantes florais de Melastomataceae do Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná.....72
- Figura 2** Taxa de visitas ao longo do dia em espécies de Melastomataceae no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná (media  $\pm$  desvio padrão).....73
- Figura 3** Diagrama de ordenação da análise de correspondência destendenciada (DCA) dos dados de composição de espécies visitantes entre espécies sexuadas e assexuadas de planta. (Grupos de insetos: AP, abelhas pequenas; AG, abelhas grandes; VP, vespas; SF, sirfídeos; NSF, não sirfídeos; BS, besouros; BB, borboletas/Grupos de plantas: AX1, Leandra áurea; AX5, Miconia ligustroides; AX4, Miconia hyemalis; AX6, Tibouchina sellowiana; SEX1, Chaetostoma armatum; SEX2, Lavoisiera imbricata; SEX4, Miconia sellowiana; SEX5, Miconia theaezans; SEX6, Tibouchina hatschbachii; SEX7, Trembleya parviflora).....74

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
Lista de tabelas do Capítulo 1.....	x
Lista de figuras do Capítulo 1.....	xi
Lista de tabelas do Capítulo 2.....	xiii
Lista de figuras do Capítulo 2.....	xiv
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
Polinização e visitantes florais.....	1
Sistemas reprodutivos em plantas.....	2
Polinização e reprodução em Melastomataceae.....	4
O Bioma Cerrado no Paraná.....	6
Melastomataceae nas formações vegetacionais brasileiras.....	7
<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	8
<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b> .....	9
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	12
CAPÍTULO 1: Variações geográficas dos sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae ocorrentes no limite sul do Cerrado (Tibagi, Paraná)	
<b>Resumo</b> .....	21
<b>Abstract</b> .....	21
<b>Introdução</b> .....	22
<b>Material e métodos</b> .....	23
Área de estudo.....	23
Espécies foco.....	24
Floração e frutificação das espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá (PEG).....	25
Aspectos da biologia floral.....	25
Biologia reprodutiva.....	25
Variação geográfica da reprodução de Melastomataceae no Cerrado.....	27
<b>Resultados</b> .....	28

Floração e frutificação das espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá (PEG).....	28
Aspectos da biologia floral.....	28
Biologia reprodutiva.....	29
Variação geográfica da reprodução de Melastomataceae no Cerrado.....	30
<b>Discussão</b> .....	30
<b>Agradecimentos</b> .....	34
<b>Referências bibliográficas</b> .....	35
<b>Tabelas</b> .....	39
<b>Figuras</b> .....	42
<b>Apêndice</b> .....	49
CAPÍTULO 2: Visitantes florais de espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae, em uma área de Campo Rupestre, Tibagi, Paraná	
<b>Resumo</b> .....	53
<b>Abstract</b> .....	53
<b>Introdução</b> .....	54
<b>Material e métodos</b> .....	55
Área de estudo.....	55
Espécies foco.....	55
Visitantes florais – comportamento e estratégias de forrageamento.....	55
Abundância diária dos visitantes em flores com néctar e sem néctar.....	56
Abundância e composição de visitantes florais em espécies sexuadas e assexuadas.....	56
<b>Resultados</b> .....	56
Visitantes florais – comportamento e estratégias de forrageamento.....	56
Abundância diária dos visitantes em flores com néctar e sem néctar.....	57
Abundância e composição de visitantes florais em espécies sexuadas e assexuadas.....	57
<b>Discussão</b> .....	58
<b>Agradecimentos</b> .....	60
<b>Referências bibliográficas</b> .....	61
<b>Tabelas</b> .....	66
<b>Figuras</b> .....	72



<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	75
<b>ANEXOS</b> .....	77
Normas para publicação de artigo na revista <i>Plant Systematics and Evolution</i> .....	78
Normas para publicação de artigo na revista <i>Acta Botanica Brasileira</i> .....	82

## INTRODUÇÃO GERAL

### POLINIZAÇÃO E VISITANTES FLORAIS

A biologia da polinização no Neotrópico, em nível de comunidade, tem sido estudada tanto em áreas florestais (BAWA *et al.*, 1985, KRESS; BEACH, 1994), quanto em áreas de cerrado (SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1988, BORGES, 1991; GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998; OLIVEIRA; GIBBS, 2000; GOLDENBERG; VARASSIN, 2001; SANTOS, 2012). A polinização é um processo importante nas comunidades de plantas tropicais (BAWA, 1974; BAWA *et al.*, 1985), e envolve a transferência de grãos de pólen das anteras para o estigma (ENDRESS, 1994), permitindo à fecundação da flor e consequente formação do fruto. As plantas precisam de agentes que realizem a transferência dos grãos de pólen entre as flores, mas nem sempre a transferência de pólen é necessária para que ocorra a fecundação ocorra (RICHARDS, 1997).

Estudos sobre ecologia da polinização podem englobar diversos aspectos, tais como: os mecanismos de polinização, o levantamento e a etologia dos visitantes florais, as recompensas florais, os sistemas de reprodução, a viabilidade e a quantidade dos grãos de pólen (KEARNS; INOUE, 1993).

O pólen é um recurso alimentício rico em proteínas e lipídeos (SCHAUSE, 1998; SILVEIRA, 1996; ARRUDA, 2009), oferecido aos visitantes em pacotes ao longo da antese (HARDER; BARRETT, 1996). Em algumas flores também produzem néctar, uma solução açucarada de produção mais fácil em relação ao pólen (WESTERKAMP, 1996). Assim ele pode apresentar uma composição variável ao longo do dia (PACINI; NEPI, 2007) como uma recompensa extra aos visitantes.

Nem sempre os visitantes florais são considerados polinizadores. Existem os polinizadores legítimos que depositam grãos de pólen coespecíficos no estigma e para isto devem mostrar fidelidade floral, transportar grãos de pólen, tocar os estigmas (mesmo que de forma acidental), e eventualmente, voar entre indivíduos da mesma espécie (INOUE, 1980). Por outro lado, também existem algumas espécies de visitantes florais que agem como polinizadores ilegítimos, realizando a pilhagem de pólen e/ou néctar (INOUE, 1980), ou apenas alimentando-se de

estruturas florais (moscas e besouros), ou usando as flores como locais para capturar presas (vespas e besouros) ou ainda como locais de repouso (moscas) (PASCARELLA *et al.*, 2001). Mas ainda assim, algumas espécies desses grupos podem desencadear a polinização (PASCARELLA *et al.*, 2001).

Os visitantes florais podem ser abelhas, aves, besouros, borboletas, mariposas (BAWA *et al.*, 1985; PASCARELLA *et al.*, 2001; KAEHLER *et al.*, 2005; VARASSIN *et al.*, 2008; SANTOS; ROMERO, 2010; FENDRICH *et al.*, 2012). Contudo, têm sido visto que as plantas também podem polinizadas por moscas (ERVIK; FEIL, 1997; SANTOS; ROMERO, 2010; FENDRICH *et al.*, 2012), vespas (ANSTETT *et al.*, 1997; SANTOS; ROMERO, 2010; FENDRICH *et al.*, 2012) e muitos outros insetos. E além das aves, podem ainda podem ocorrer outros vertebrados (VOGEL, 1969; JANSON *et al.*, 1981; LUMER, 1980; LUMER; SCHOER, 1986; RENNER, 1989; SÁEZ; TRAVESET, 1995; SAZIMA *et al.*, 1995; TRAVESET; SÁEZ, 1997; ALMEDA, 2000; VARASSIN; SAZIMA, 2000; MUCHHALA; JARRIN, 2002; VARASSIN *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2010), como polinizadores.

## **SISTEMAS REPRODUTIVOS EM PLANTAS**

Na natureza raramente são encontrados plantas com sistemas reprodutivos únicos (i.e., plantas com um único sistema reprodutivo) (RICHARDS, 1986; ASKER; JERLING, 1992; FAUSTO, 2001; BUSCH, 2005). Isso mostra que ao longo da evolução das plantas, a adaptação a determinados ambientes foi importante para o surgimento de diferentes sistemas reprodutivos entre as populações de espécies (KARASAWA, 2009). O estudo sobre como as espécies se adaptam reprodutivamente é importante, visto que essas adaptações apresentam grande efeito na colonização de diferentes habitats e também na resposta às diferenças ambientais (KARASAWA, 2009).

A reprodução pode ser assexuada e sexuada. Dentro da reprodução assexuada, ocorrem a agamospermia ou apomixia, definidos como a produção de sementes férteis na ausência da fusão de gametas (ASKER; JERLING, 1992; RICHARDS, 1997; KOLTUNOW; GROSSNIKLAUS, 2003, BICKNELL; KOLTUNOW, 2004). Embora a reprodução assexuada compreenda mecanismos que originam clones geneticamente idênticos à planta mãe (KARASAWA, 2009), alguns estudos

envolvendo variabilidade genética em populações apomíticas têm demonstrado que apomíticos mantem um nível de diversidade genética (ASKER; JERLING, 1992, BERTHAUD, 2001). Isso pode refletir na variabilidade reprodutiva entre as populações, uma vez que nem sempre a apomixia exclui a reprodução sexuada (NOGLER, 1984).

A reprodução sexuada pode ser classificada em três diferentes sistemas reprodutivos: autogamia, alogamia ou misto (FRYXELL, 1957). Na autogamia ocorre a transferência de pólen entre estruturas de uma mesma flor e, conseqüentemente, existe a fusão dos gametas masculinos e feminino provenientes da mesma flor (autofecundação). A autopolinização em plantas autogâmicas pode ser vista como uma forma de segurança reprodutiva em ambientes com baixa abundância de polinizadores ou reduzido tamanho populacional em ambientes periféricos (JAIN, 1976; HERLIHY; ECKERT, 2005; BUSCH, 2005). O processo conhecido como alogamia envolve a transferência de pólen entre estruturas de flores diferentes, envolvendo a polinização cruzada, e também a transferência de pólen entre diferentes flores de uma mesma planta (geitonogamia). Por outro lado, existe o sistema misto de reprodução, em que são detectados os dois processos anteriores de reprodução, geralmente com predominância de um deles, determinado pela relação entre as taxas de polinização cruzada e autopolinização (WENDT, 2005). Todos esses sistemas reprodutivos apresentados tem um efeito marcante na variação genética das populações, podendo inclusive influenciar o seu estabelecimento (FINKELDEY, 1998).

A relação entre autopolinização e polinização cruzada é calculada por meio do índice de autoincompatibilidade (ISI). Este índice pode variar de acordo com a história de vida, distribuição geográfica e ecologia das espécies (PROCTOR et al., 1996). Uma baixa razão entre autopolinização e polinização cruzada é considerado como um limiar para um sistema de autoincompatibilidade (sensu ZAPATA; ARROYO, 1978). A autoincompatibilidade ocorre quando a flor não tem seus óvulos fecundados ao receber seu próprio pólen ou do mesmo indivíduo, de modo que só ocorre a fecundação (e produção de frutos e sementes) caso ela receba pólen de outros indivíduos. Por outro lado, altos valores de ISI caracterizam plantas autocompatíveis (ZAPATA; ARROYO, 1978). Muitas espécies vegetais ainda podem se reproduzir por autopolinização espontânea, mas há casos em que polinizadores

aumentam a taxa de frutificação de plantas autocompatíveis (COUTO-PEREIRA et al., 2011; FRACASSO, 2008).

## **POLINIZAÇÃO E REPRODUÇÃO EM MELASTOMATACEAE**

Em geral a polinização na família é realizada por abelhas (RENNER, 1989) que coletam o pólen presente em anteras tubulosas, quase sempre com deiscência poricida, embora algumas espécies apresentem anteras que se abrem em fendas longitudinais (RENNER, 1989). Estas abelhas abraçam as anteras e efetuam movimentos vibratórios (“*buzz pollination*”) para extrair o pólen das anteras (BUCHMANN, 1983), refletindo a longa história de coevolução e adaptação planta-polinizador (BUCHMANN, 1983; PROENÇA, 1992).

A relação das abelhas com as plantas baseia-se em um sistema de dependência recíproca, em que as plantas fornecem o alimento para as abelhas, principalmente pólen e/ou néctar, e em troca recebem os benefícios da transferência de pólen (KEVAN; BAKER, 1983; PROCTOR *et al.*, 1996). De modo geral, as abelhas são totalmente dependentes das flores para obtenção de pólen, néctar e outros recursos, utilizados para a construção de ninhos ou para a alimentação de adultos e larvas (MACEDO; MARTINS, 1999; FARIA-MUCCI *et al.*, 2003).

Por outro lado, existem algumas espécies de Melastomataceae que apresentam produção de néctar como recurso, podendo ser visitadas por ratos (LUMER, 1980; LUMER; SCHOER, 1986; ALMEDA, 2000), moscas e vespas (SANTOS *et al.*, 2010), morcegos ou beija-flores (RENNER, 1989; MUCHHALA; JARRIN, 2002; VARASSIN *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2010).

O sistema reprodutivo predominante para a família Melastomataceae é xenógamo, favorecido pela hercogamia e por anteras poricidas (RENNER, 1989). Contudo, mecanismos de autoincompatibilidade e de apomixia são relativamente frequentes nas tribos Rhexieae e Miconieae e menos característicos nas tribos Melastomeae e Microlicieae (RENNER, 1989; GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998; GOLDENBERG; VARASSIN, 2001; SANTOS *et al.*, 2012), onde geralmente ocorre a xenogamia.

Em Melastomataceae, as espécies assexuadas estão, em geral, associadas com uma baixa quantidade de pólen fértil (GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998), ao

contrário das espécies sexuadas (GOLDENBERG; VARASSIN, 2001). Essa maior ou menor presença de pólen parece refletir na visitação floral (LARSON; BARRETT, 1999b; COUTO-PEREIRA *et al.*, 2011). Logo, estudos envolvendo os visitantes florais dessa família são necessários, podendo fornecer informações quantitativas que baseiem esta questão.

A reprodução de espécies de Melastomataceae já foi estudada em formações florestais (RENNER, 1986, 1987; BORGES, 1991; SARAIVA, 1994; GOLDENBERG; VARASSIN, 2001; BRITO; SAZIMA, 2012; COUTO-PEREIRA *et al.*, 2011), ambientes brejosos (GUIMARÃES; RANGA, 1997), Cerrados (GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998) e nos Campos Rupestres (SANTOS *et al.*, 2012).

A relação entre sistema reprodutivo e distribuição geográfica das espécies também já foi estudada (SANTOS *et al.*, 2012). As espécies apomíticas e autoincompatíveis parecem atingir limites maiores de distribuição geográfica maior, quando comparado à espécies autocompatíveis (GOLDENBERG; SHEPHERD 1998; SANTOS *et al.*, 2012). Entretanto, ainda são necessários estudos envolvendo os efeitos da variação geográfica sobre os sistemas reprodutivos de populações de espécies. Estudos neste contexto têm sido realizados considerando apenas a faixa de distribuição das espécies, em conformidade com o modelo do centro abundante (FAUSTO, 2001; BUSCH, 2005). Este modelo prevê que o tamanho da população e a sua densidade são maiores no centro declinando em direção à periferia, logo em ambientes periféricos o sistema de autocompatibilidade tende a ser favorecida (FAUSTO, 2001; BUSCH, 2005). Também é interessante notar que mudanças nos fatores abióticos e bióticos dentro de uma mesma formação vegetacional podem interferir substancialmente na reprodução (RAMÍREZ; BRITO 1990). Isso torna cada vez mais explícita a utilização do componente geográfico a fim de entender os padrões de variação entre populações (THOMPSON, 1994, 2005).

Os estudos envolvendo biologia reprodutiva das espécies que ocorrem em áreas periféricas, em comparação com outros trabalhos no Cerrado, podem ajudar a entender a evolução dos sistemas reprodutivos em função de variações geográficas dentro desse bioma. A família Melastomataceae, por ser comum no Cerrado e formações rupestres associadas (BAUMGRATZ *et al.*, 2010; GOLDENBERG *et al.*, 2012) e, principalmente pela sua diversidade de sistemas reprodutivos

(GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998; GOLDENBERG; VARASSIN, 2001; SANTOS *et al.*, 2012), torna-se especialmente interessante para esse tipo de estudo.

## **O BIOMA CERRADO NO PARANÁ**

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, abrangendo uma área de aproximadamente 1,86 milhões de Km<sup>2</sup>. Ele é caracterizado por um mosaico de formações fitogeográficas (EITEN, 1990), que se constitui principalmente de cinco formações savânicas: (i) cerradão, (ii) cerrado *sensu stricto*, (iii) campo-cerrado, (iv) campo sujo e (v) campo limpo. Além dessas formações vegetais, o Cerrado ainda possui enclaves de matas, florestas de galeria e formações rupestres em grandes altitudes (EITEN, 1990), constituindo 10% da cobertura vegetal deste bioma. Todas essas características, somadas à grande influência exercida pelos biomas adjacentes, como Floresta Atlântica, Floresta Amazônica, Caatinga e Pampas (SILVA; BATES, 2002), conferem ao Cerrado uma grande diversidade de espécies (MYERS *et al.*, 2000).

Esse bioma predomina em uma grande área nuclear no centro do Brasil, mas ocorre pontualmente em diversas manchas isoladas no entorno, tanto na região norte brasileira (estados do Amapá e Roraima) quanto na sul (Paraná, limite meridional da formação) (PINTO, 1994). A vegetação de savana encontrada fora dessa área *core* possui importante função para questões de biogeografia histórica, uma vez que se tratam de remanescentes disjuntos de natureza relictual, apontando para um processo de retração (BEHLING, 1997). O Paraná não está inserido na área *core* do cerrado; entretanto, a fitofisionomia característica da vegetação, a constituição morfológica das espécies vegetais, bem como grande parte de sua flora, aparecem em alguns locais isolados desse estado (MAACK, 1981).

No Paraná, a região dos Campos Gerais abrange os remanescentes de Cerrado do sul do Brasil (MAACK, 1968) e formações dos campos sulinas. Neste sentido, caracteriza-se pela vegetação dominante de campos em solos rasos (BEHLING, 1997), derivados, sobretudo do Arenito Furnas e unidades arenosas do Subgrupo Itararé (MAACK, 1948). Na região, existem alguns sítios naturais na forma de unidades de conservação já implementadas (Parques Estadual de Vila Velha, em Ponta Grossa; Parque Estadual do Guartelá, em Tibagi, Parque Estadual do

Cerrado, em Jaguariaíva, Parque Municipal do Buraco do Padre, além de reservas, hortos florestais e RPPNs). Toda a região está inserida na APA da Escarpa Devoniana e abrange vários municípios.

Assim como os demais biomas brasileiros, a vegetação dos Campos Gerais tem sido alvo da ocupação humana e de atividades agropecuárias, sofrendo alterações desde o século XVIII (MORO, 2001). Algumas atividades econômicas se expandem na região (florestamento com espécies exóticas, industrialização, pecuária e agricultura intensiva), ameaçando a preservação da flora e fauna local.

Neste contexto, levando em consideração a importância biológica da região, a proposição do presente trabalho neste local é de grande relevância, devido ao conhecimento da reprodução das espécies vegetais locais e a dinâmica da interação com os visitantes florais no local. Paralelamente, ainda gera informações para o entendimento dos padrões reprodutivos em função de variações geográficas, ajudando a entender as adaptações de espécies locais em ambientes marginais do Cerrado, podendo subsidiar dados para futuras propostas de conservação da região.

## **MELASTOMATACEAE NAS FORMAÇÕES VEGETACIONAIS BRASILEIRAS**

Melastomataceae está representada por cerca de 4.500 espécies distribuídas em 150 gêneros ocorrendo nas regiões tropicais e subtropicais (CLAUSING; RENNER, 2001; RENNER *et al.*, 2010). No Brasil, são 68 gêneros, sendo 21 endêmicos e mais de 1500 espécies, que se distribuem desde a Amazônia, no Cerrado, incluindo as formações de Campos Rupestres, e da Mata Atlântica, exceto na Caatinga senso estrito e nos pampas (BAUMGRATZ *et al.*, 2010; GOLDENBERG *et al.*, 2012).

Esta família é uma das principais que compõem a vegetação de Campos Rupestres (ROMERO; MARTINS, 2002). As condições ambientais dos campos rupestres, principalmente em relação a profundidade, fertilidade do solo, disponibilidade de água e altitude (RIBEIRO; WALTER, 1998), possibilitam o surgimento de uma flora típica, com muitos endemismos (ROMERO; NAKAJIMA, 1999), como é o caso de algumas espécies da família Melastomataceae (CAMPOS; SALIMENA, 2003; GIULIETTI *et al.*, 1987; SALIMENA *et al.*, 1996; CAMARGO *et al.*, 2009). Ocupando os campos rupestres e adjacências, sobre formações



quartzíticas, ocorrem vários representantes da tribo Microlicieae (ROMERO, 2003), característicos deste tipo de formação, e geralmente apresentando distribuição restrita (SANTOS *et al.*, 2012; GOLDENBERG *et al.*, 2012). Também são encontrados outros gêneros das tribos Melastomeae e Miconieae, porém com distribuição mais ampla, como *Acisanthera*, *Comolia*, *Pterolepis*, *Rhynchanthera* e *Tibouchina*, além de gêneros com frutos carnosos, como *Clidemia*, *Leandra*, *Miconia* e *Ossaea*, estes frequentes em matas de galeria e outras formações florestais nesse domínio fitogeográfico.

## ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi desenvolvido no Parque Estadual do Guartelá (PEG), localizado no município de Tibagi, no Segundo Planalto do Estado do Paraná (FIGURA 1). O PEG é uma das importantes Unidades de Conservação da região dos Campos Gerais, estando inserido na Área de Preservação Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana.

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido quente), com influência indireta do clima Cfb (temperado sempre úmido). No período de estudo a temperatura média anual foi de 18,5 °C, com geadas frequentes durante a estação seca e precipitação mensal variando de 12,4 a 382,5 mm, com maior intensidade nos meses de junho e julho (SIMEPAR - Estação Meteorológica de Telêmaco Borba).

O PEG é caracterizado por um mosaico de diferentes tipos vegetacionais que são classificados, segundo Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), como estepe gramíneo-lenhosa, savana arborizada e floresta ombrófila mista (CARMO *et al.*, 2006). A fisionomia predominante é constituída de Campos Rupestres (CARMO *et al.*, 2006), porém há ocorrência de uma área muito restrita de Cerrado (savana arborizada) (CARMO, 2012). Esta cobertura campestre predominante está associada a florestas (floresta ombrófila mista) que ocupam posições distintas, localizando-se geralmente nas encostas, nos vales, acompanhando o rio Iapó ou em formações denominadas capões (FIGURA 2). As fisionomias do PEG são marcantes em toda a região dos Campos Gerais (CARMO *et al.*, 2006). No entanto, existem ambientes antropizados dentro da área do PEG, propriedade rural com áreas de

pastagens, antigo florestamento com *Pinus sp.* (FIGURA 2) e aberturas da floresta com presença de construções, que, juntas representam 1,68% da área (CARMO *et al.*, 2006). Nestas áreas há ocorrência de espécies nativas remanescentes somadas àquelas introduzidas ou invasoras.

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

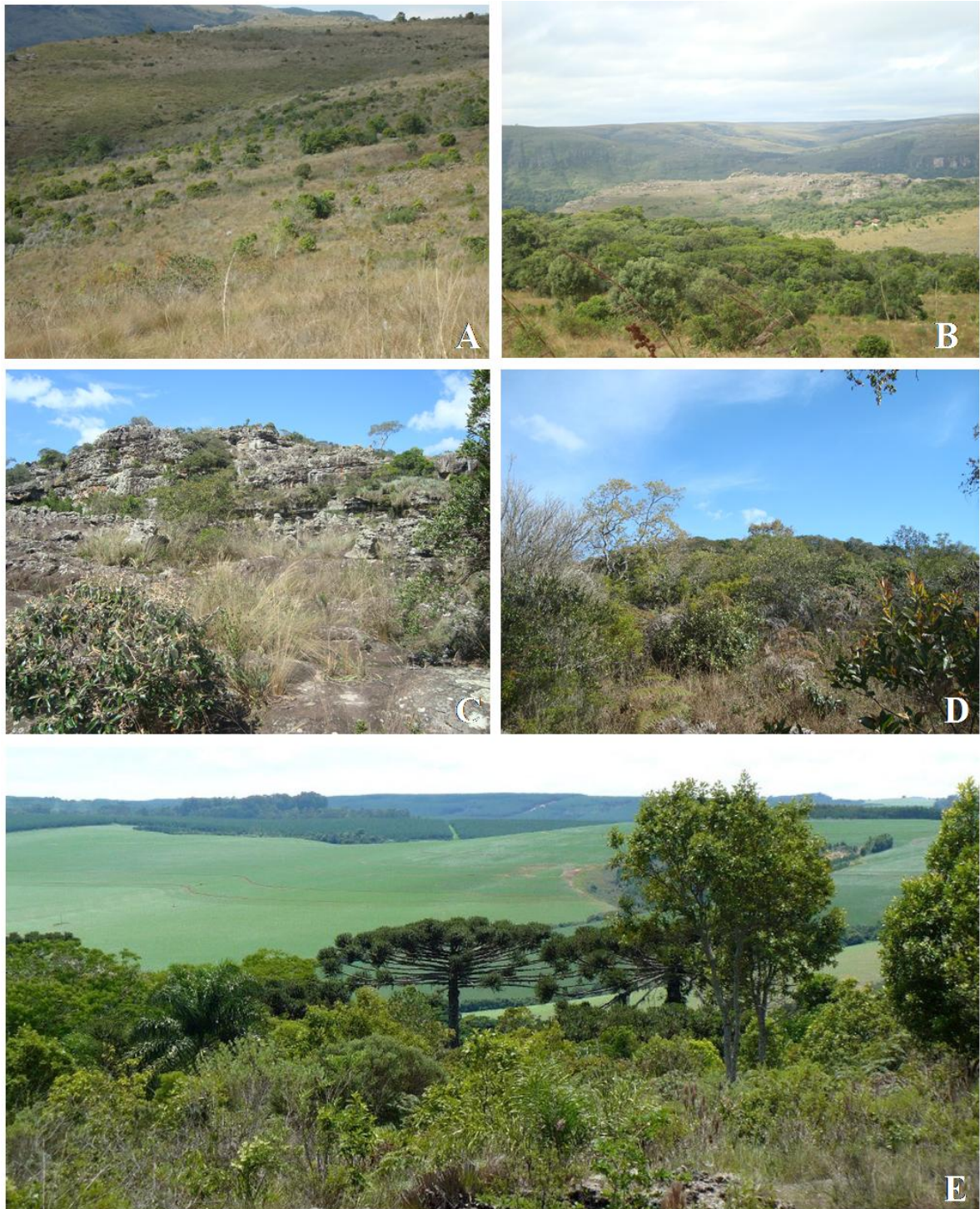
A pesquisa desenvolvida para essa dissertação foi organizada em dois artigos. O capítulo 1, intitulado “Variações geográficas dos sistemas reprodutivos de espécies ocorrentes no limite sul do Cerrado (Tibagi, Paraná)”, buscou verificar se existe variação geográfica nos sistemas reprodutivos de Melastomataceae distribuídas em áreas geograficamente mais centrais e uma outra área periférica no limite sul do Cerrado, em Tibagi, Paraná. O capítulo 2, “Visitantes florais de espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae, em uma área de Campo Rupestre, Tibagi, Paraná”, visou comparar a abundância e composição de espécies de visitantes florais em grupos sexuados e assexuados, trazendo ainda informações sobre o comportamento dos insetos e estratégias de forrageamento em função do recurso oferecido.

O primeiro artigo será submetido à revista *Plant Systematics and Evolution*, e o segundo artigo para a *Acta Botanica Brasilica*. As normas de publicação de cada revista científica foram reproduzidas ao final deste trabalho, tendo em vista que ambos os artigos estão organizados de acordo com as normas das revistas científicas anteriormente citadas. A dissertação possui ainda figuras coloridas (fotos), cuja inserção na dissertação enriquece a compreensão, mas serão retiradas dos artigos, pois tornam o manuscrito muito extenso, além do custo a ser desembolsado pelos autores.

## LISTA DE FIGURAS



**FIGURA 1** - Localização do Parque Estadual do Guartelá em Tibagi, no Paraná, Brasil. (Fonte: adaptado *Google Earth*)



**FIGURA 2** - Tipos vegetacionais que são encontrados no Parque Estadual do Guartelá (PEG), Tibagi, Paraná, de acordo com a classificação de Carmo et al (2006) proposta para o PEG. (A. Estepe gramíneo-lenhosa; B. Capões (Floresta Ombrófila Mista); C. Campos Rupestres; D. Cerrado (Savana arborizada; E. Vegetação Nativa do PEG, próximo a uma propriedade rural com plantação de Aveia e *Pinus* sp.)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEDA F. A synopsis of the genus *Blakea* (Melastomataceae) in Mexico and Central America. **Novon**, v.10, p. 299–319, 2000
- ANSTETT, M.C.; HOSSAERT-McKEY, M.; KJELLBERG, F. Figs and fig pollinators: evolutionary conflicts in a coevolved mutualism. **Trends in Ecology and Evolution**, v.12, p. 94-99, 1997
- ARRUDA, V. A. S. (2009) **Estabilidade de vitaminas do complexo B em pólen apícola**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo
- ASKER, S; JERLING, L. **Apomixis in plants**. Boca Raton: CRC Press, 298 p., 1992.
- BAUMGRATZ, J.F.A.; BERNARDO, K.F.R.; CHIAVEGATTO, B.; GOLDENBERG, R.; GUIMARÃES, P.J.F.; KRIEBEL, R.; MARTINS, A.B.; MICHELANGELI, F.A.; REGINATO, M.; ROMERO, R.; SOUZA, M.L.D.R.; WOODGYER, E. (2010) **Melastomataceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Brasil, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>> Acesso em: 29 jun 2011
- BAWA, K.S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution**, v.28, p.85-92, 1974.
- BAWA, K.S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; GRAYUM M. H.; COVILLE, R. E.. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. **American Journal of Botany**, v.72, p.346-56, 1985.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology** v.97, p. 109-121, 1997.
- BICKNELL, R.A.; KOLTUNOW, A.M. Understanding apomixes: recent advances and remaining conundrums. **The Plant Cell** v.16, p.229-245, 2004.
- BORGES, H.B.N. (1991). **Biologia reprodutiva de quatro espécies de Melastomataceae**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.
- BRITO, V. L. G.; SAZIMA M. *Tibouchina pulchra* (Melastomataceae): reproductive biology of a tree species at two sites of an elevational gradient in the Atlantic Rainforest in Brazil. **Plant Systematics and Evolution**. v.298, p.1271–1279, 2012.
- BUCHMANN, S.L., Buzz pollination in angiosperms. In Jones, C. E. Little, R. J. (eds.) **Handbook of experimental pollination biology**. Van Nostrand Reinhold. New York, p. 294-309, 1983.

- BUSCH JW. The evolution of self-compatibility in geographically peripheral populations of *Leavenworthia alabamica* (Brassicaceae). **American Journal of Botany**, v.92, p. 1503-1512, 2005.
- CAMPOS, B. C.; SALIMENA, F. R. G. (2003). Fenologia e Distribuição da Família Melastomataceae do Parque Estadual do Ibitipoca. In **Anais X Seminário de Iniciação Científica UFJF**, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.
- CARMO, M. R. B.; ASSIS, M.A. (2006) **Caracterização fitossociométrica do Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo
- CARMO, M. R. B.; ANDRADE, A. L. P.; SANTOS, G. A. S. D.; ASSIS, M. A. Análise estrutural em relictos de Cerrado no Parque Estadual Do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 22, p. 505-517, 2012
- CLAUSING, G.; RENNER SS. Molecular phylogenetics of Melastomataceae and Memecylaceae: implications for character evolution. **American Journal of Botany**, v.88, p.486-498, 2001.
- COUTO-PEREIRA, A. C.; SILVA, J. B.; GOLDENBERG, R.; MELO, G. A. R.; VARASSIN, I. G. Flower color change accelerated by bee pollination in *Tibouchina* (Melastomataceae). **Flora**, v.206, p.491–497, 2011.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: M. N. Pinto (coord.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**, SEMATEC, UnB, Brasília. p. 9-65, 1990.
- ENDRESS, P.K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: Cambridge University Press, 511p., 1994.
- ERVIK, F.; FEIL, J.P. Reproductive biology of the monoecious understory palm *Prestoea schultzeana* in Amazonian Ecuador. **Biotropica** v.29, p.309-317, 1997.
- FARIA-MUCCI, G.; MELO, M. A.; CAMPOS, L. A. O. A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas utilizadas como fonte de recursos florais, em um ecossistema de campos rupestres em Lavras Novas, Minas Gerais, Brasil *In*: MELO, G. A. R., ALVES-DOS-SANTOS, I. (eds.), **Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure**. Editora UNESC, Criciúma, 2003.
- FAUSTO Jr. J.A.; ECKHART V.M.; GEBER M.A. Reproductive assurance and the evolutionary ecology of self-pollination in *Clarkia xantiana* (Onagraceae). **American Journal of Botany**, v.88, p.1794–1800, 2001.
- FENDRICH, T. G. (2012) **A tendência generalista no sistema de polinização em espécies de Miconieae (Melastomataceae) está relacionada a morfometria das anteras e sementes?** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

- FINKELDEY, R. **An Introduction to Tropical Forest Genetics**. Lecture Notes. Georg-August University Göttingen, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, 241 p., 1998.
- FRACASSO, C. M. (2008) **Biologia da polinização e reprodução de espécies de Melastomataceae no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- FRYXELL, P. A. Mode of reproduction of higher Plant. **Botanical review**, v. 23, p. 135-233, 1957.
- GIULIETTI, A.M.; MENEZES, N.L.; PIRANI, J.R.; MEGURO, M.; WANDERLEY, M.G.L. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** v.9, p. 1-151, 1987.
- GOLDENBERG, R.; SHEPHERD, G. J. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. **Plant Systematics and Evolution**, v.211, p.13-29, 1998.
- GOLDENBERG, R.; VARASSIN, I. G. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, p.283-288, 2001.
- GUIMARÃES, P.J.F.; RANGA N.T. Sistema de reprodução de *Rhynchanthera dichotoma* (Lam.) DC. **Acta Botanica Brasilica**, v.11, p. 41-44, 1997.
- HARDER, L.D.; BARRETT, S.C.H. Pollen dispersal and mating patterns in animal-pollinated plants. p.140-190. *In*: D.G. LLOYD, D. G.; BARRETT, S.C.H. (eds.). **Floral Biology**. Chapman & Hall. New York. 1996.
- INOUE, D. W., The terminology of floral lacerny. **Ecology**, v.61, p. 1251-1253, 1980.
- JANSON, C.H.; TERBORGH, J.; EMMONS, L.H. Non flying mammals as pollinating agents in the Amazonian forest. **Biotropica** v.13, p.1-6, 1981.
- KAEHLER, M.; VARASSIN, I.G.; GOLDENBERG, R. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** v.28, p. 219-228, 2005.
- KARASAWA, M. M. G.; DORNELAS, M. C.; ARAUJO, A.C.G.; OLIVEIRA, G.C.X. Biologia e genética dos sistemas reprodutivos. *In*: KARASAWA, M. M. G. (ed.) **Diversidade Reprodutiva de Plantas**. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, Sociedade Brasileira de Genética, 113p., 2009.
- KEVAN, P.G.; BAKER, H.G. Insects as flower visitors and pollinators. **Annual Review Entomology**, v.28, p.407-453, 1983.

- KRESS, W.J.; BEACH, J.H. Flowering plant reproductive systems. (1994) In **La Selva - Ecology and natural history of a neotropical rain forest** (L.A. MacDade, K.S. Bawa, H.A. Hespeneide & G.S. Hartshorn, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.161-182.
- KOLTUNOW, A. M.; GROSSNIKLAUS, U. Apomixis: a developmental perspective. **Annual Review of Plant Biology**, v.54, p.547-574, 2003.
- LARSON B.M.H.; BARRETT S.C.H. The pollination ecology of buzz-pollinated *Rhexia virginica* (Melastomataceae). **American Journal of Botany**, v.86, p. 502–511, 1999b.
- LUMER C. Rodent pollination of *Blakea* (Melastomataceae) in a Costa Rican cloud forest. **Brittonia**, v.32, p.512–517, 1980.
- LUMER C; SCHOER R. D. Pollination of *Blakea austin-smithii* and *B. penduliflora* (Melastomataceae) by small rodents in Costa Rica. **Biotropica**, v.18, p.363–364, 1986.
- MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solo e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.2, pp.102-200, 1948.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. BADEP/UPFR/IBTP, Curitiba. 450p., 1968.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Livraria José Olympio, Rio de Janeiro. 442p.,1981.
- MACEDO, J.M.; MARTINS, R.P. A estrutura da guilda de abelhas e vespas visitantes florais de *Waltheria americana* L. (Sterculiaceae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.617-633, 1999.
- MORO, R. S. **A vegetação dos Campos Gerais da escarpa Devoniana**. In: Ditzel, C. H. M.; Sahr, C. L. L. (org.). Espaço e Cultura – Ponta Grossa e os Campos Gerais. Editora UEPG, Ponta Grossa, 2001.
- MUCHHALA N.; JARRIN P. Flower visitation by bats in cloud forest of western Ecuador. **Biotropica**, v.34, p.387–395, 2002.
- MYERS, N., R. A.; MITTERMEIER, C. G.; MITTERMEIER, G. A. B.; FONSECA, E J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p. 853-858. 2000.
- NOGLER, G.A. Gametophytic apomixis. In: JOHRI, B.M. (ed.). **Embryology of Angiosperms**. Springer-Verlag, Berlin. p. 475-518., 1984.
- OLIVEIRA, P.E.; GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of the central Brazil. **Flora** v.195, p.311-329.



- PACINI, E., NEPI, M. Nectar production and presentation. . pp. 167–214, 2007 In: Nicolson, S., Nepi, M., Pacini, E., (eds.), **Nectaries and nectar**. Springer, Dordrecht.
- PASCARELLA, J.B.; WADDINGTON, K.D.; NEAL, P.R. Non-apoid flower-visiting fauna of Everglades National Park, Florida. **Biodiversity and Conservation**, v.10, p.551-566, 2001.
- PINTO, M.N. (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Ed.Unb. 681p., 1994.
- PROENÇA, C. Buzz pollination - older and more widespread than we think? **Journal of Tropical Ecology**, v.8, p.115-120, 1992.
- PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination**. Harper Collins Publishers, New York., 479p., 1996.
- RAMÍREZ N, BRITO Y. Reproductive biology of a tropical palm swamp community in the Venezuelan Llanos. **American Journal of Botany** v.77, p.1260-1271, 1990.
- RENNER, S.S. Reproductive biology of Bellucia (Melastomataceae). **Acta Amazonica** v.16/17, p. 197-208, 1986/1987.
- RENNER, S. S. A survey of reproductive biology in neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.76, p. 496-518, 1989.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In.SANO, M., ALMEIDA, S. P. (eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Distrito Federal, Embrapa – CPAC, p.89–166, 1998.
- RICHARDS, A.J. **Plant breeding systems**. 2<sup>o</sup>ed. Chapman & Hall, Londres, 529p. 1997.
- ROMERO, R.; NAKAJIMA, J.N. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p. 259-265. 1999.
- ROMERO, R.; MARTINS, A.B. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.19-24. 2002.
- ROMERO, R. Revisão taxonômica de *Microlicia* sect. *Chaetostomoides* (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, p. 429-435, 2003.
- SÁEZ, E.; TRAVESET, A. Fruit and nectar feeding by *Podarcis lilfordi* (Lacertidae) on Cabrera Archipelago (Balearic Islands). **Herpetol. Rev.** v..26, p.121–123, 1995.
- SALIMENA, F. R. G., (1996) Aspectos Fitofisionômicos e Vegetacionais do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. **Seminário de Pesquisa: Parque**

**Estadual do Ibitipoca, Anais.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Núcleo de Zoneamento Ambiental. Juiz de Fora, MG.

- SANTOS A.P.M.S., ROMERO R, OLIVEIRA P.E. Biologia reprodutiva de *Miconia angelana* (Melastomataceae), endêmica da Serra da Canastra, Minas Gerais, **Revista Brasileira de Botânica**, v.33, p. 333-341, 2010.
- SANTOS, A. P. M.; FRACASSO, C. M.; SANTOS, M. L.; ROMERO, R.; SAZIMA, M.; OLIVEIRA, P. E. Reproductive biology and species geographical distribution in the Melastomataceae: a survey based on New World taxa. **Annals of Botany**, v.110: p.667-679, 2012.
- SARAIVA, L. C. 1994. **Biologia da reprodução de arbustos e árvores do cerrado em Corumbataí, Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- SAZIMA, M.; BUZATO, S.; SAZIMA, I. Polinização de *Vriesea* por morcegos no sudeste brasileiro. **Bromélia** v.2, p.29-37, 1995.
- SCHAUSE, L. D. Aspectos práticos da produção de veneno, pólen e cera: controle da qualidade do pólen (1998). In. **Anais do Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador**, Confederação Brasileira de Apicultura, p. 119-122.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER I.; GOTTSBERGER G. A polinização de plantas do cerrado. **Revista Brasileira de Biologia** v.48 p.651-663, 1988.
- SILVA, J. M. C. e J. M. BATES Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna Hotspot. **BioScience** v.52, p.225-233, 2002.
- SILVEIRA, F.A. A importância da palinologia nos estudos apícolas. (1996). In. **Anais do Congresso Brasileiro de Apicultura, Teresina**, Confederação Brasileira de Apicultura, p. 266-273.
- 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.
- TRAVESET, A.; SÁEZ, E. Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: Spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. **Oecologia**, v.111, p. 241–248, 1997.
- VARASSIN, I. G.; SAZIMA, M. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em mata atlântica no sudeste do Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Nova Série)**. v.11/12, p. 57-70, 2000.

- VARASSIN I.G.; PENNEYS D.S.; MICHELANGELI F. Comparative anatomy and morphology of nectar-producing Melastomataceae. **Annals of Botany**, v.102, p. 899–909, 2008.
- VOGEL, S. Chripoterophilie in der neotropischen Flora. Neue Mitteilugen III. **Flora** v.148, p. 289-323, 1969.
- WENDT, S. N. (2005) **Genética de populações em *Ilex paraguariensis* St. Hil.** Tese de Doutorado em Processos Biotecnológicos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- ZAPATA, T.R.; ARROYO, M.T.K. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica** v.10, p. 221-230, 1978.

## CAPÍTULO 1

### **VARIAÇÕES GEOGRÁFICAS DOS SISTEMAS REPRODUTIVOS DE ESPÉCIES DE MELASTOMATACEAE OCORRENTES NO LIMITE SUL DO CERRADO (TIBAGI, PARANÁ)<sup>1</sup>**

1. Artigo organizado segundo normas de publicação da revista *Plant, Systematics and Evolution*

**Variações geográficas dos sistemas reprodutivos de Melastomataceae espécies  
ocorrentes no limite sul do Cerrado (Tibagi, Paraná)**

Fabiano Rodrigo da Maia<sup>1,2</sup>, Isabela Galarda Varasin<sup>1</sup> e Renato Goldenberg<sup>3</sup>

- 
1. Departamento de Botânica, Laboratório de Ecologia Vegetal, UFPR; Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, Caixa Postal. 19031, 81.531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.
  2. Autor correspondente: fabiano.botanica@gmail.com; Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, UFPR, Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, Caixa Postal. 19031, 81.531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.
  3. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Laboratório de Sistemática, UFPR; Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, Caixa Postal. 19031, 81.531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.

**RESUMO** Os sistemas reprodutivos das espécies podem variar substancialmente ao longo de sua distribuição. O entendimento da variação do componente geográfico sobre a reprodução ajuda a entender como a reprodução varia em diferentes populações. Este estudo avaliou os sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae que ocorrem em Tibagi, Paraná, uma área no limite sul do Cerrado. Não houve relação do número de espécies apomíticas com a latitude. Entre as espécies sexuadas há uma tendência de aumento no ISI (Índice de autoincompatibilidade) na área mais ao sul do Cerrado e nas áreas rupestres. Três espécies apresentaram sistemas reprodutivos diferentes do registrado em literatura indicando que diferentes populações de uma mesma espécie podem apresentar variação nos sistemas reprodutivos. Isso parece estar relacionado ao tipo de vegetação (ambientes florestais e campestres), densidade populacional ou, a variações genéticas entre populações de uma espécie. Neste contexto, os resultados confirmam a importância em se considerar o contexto geográfico para explicar possíveis variações populacionais nos sistemas reprodutivos das espécies.

**Palavras-chave:** Reprodução, florestas e campos rupestres, apomixia, variação reprodutiva

**ABSTRACT** The species may vary substantially their reproductive systems throughout their distribution. The understanding of the variation along geographic distribution could understand how reproduction varies in different populations. This study evaluated the reproductive systems of Melastomataceae species from, an area at the southern edge of the Brazilian Cerrado. There was no relation between the number of apomitic species and latitude. Among the sexual species there is a tendency of increase in ISI (index of self-incompatibility) on south distribution and rocky areas. Three species have different reproductive systems reported in literature indicating different populations of the same species can have variation in reproductive systems. This seems to be related to the type of vegetation (forest and grassland environments), population density, or the genetic variations between populations of a species. Thus, the results confirm the importance of considering the geographical context to explain possible population variations in reproductive systems of the species.

**Keywords:** reproduction, forest and rocky fields environments, apomixis, reproduction variation

## Introdução

O *modelo do centro abundante* prevê que o tamanho da população e a sua densidade são maiores no centro de distribuição (Hengeveld e Haeck 1982; Brown 1984; Lawton, 1993; Sagarin e Gaines 2002). Então é esperado que a reprodução sexuada seja mais eficiente no centro e tornaria-se menos eficiente em direção à periferia (Brown 1984; Fausto et al. 2001; Busch 2005). Isto ocorreria em função do maior tamanho populacional e maior densidade de indivíduos no centro, promovendo um aumento do fluxo de pólen (Busch 2005). É neste contexto que estudos envolvendo a variação nos sistemas reprodutivos vem sendo realizados (Busch 2005; Rey et al. 2009).

As diferenças nos sistemas reprodutivos (Richards 1986; Busch 2005; Rey et al. 2009; Mendes-Rodrigues e Oliveira 2010) parecem variar substancialmente, dentro de uma mesma formação vegetal. Assim, o entendimento da reprodução de populações que ocorrem em áreas limite de uma formação vegetacional em comparação com populações em áreas geograficamente mais centrais ao longo de um gradiente latitudinal torna-se importante para compreender como a seleção atua em diferentes populações.

Os Campos Rupestres, no limite sul do Cerrado, tem sido intensamente devastados (Moro 2001; Melo e Meneguzzo 2001), e isso tem eliminado fontes de alimento e de materiais que os polinizadores, principalmente as abelhas, utilizariam para construir seus ninhos (Faria-Mucci et al. 2003). Adicionalmente, também tem sido registrada uma baixa abundância de populações de abelhas que poderiam estar atuando como visitantes florais nos Campos Rupestres (Faria-Mucci et al. 2003; Azevedo et al. 2008).

Os Campos/Cerrados e formações rupestres existentes no Paraná correspondem ao limite sul de distribuição do Cerrado, sendo uma versão menos rica dos Campos/Cerrados do Estado de São Paulo e do Planalto Central do Brasil (Takeda et al. 1996; Carmo et al. 2012) e de formações florestais do Sudeste e Sul do Brasil (Maack 1968). Muitas espécies da região encontram-se ameaçadas por alterações antrópicas, como as atividades agropecuárias (Moro 2001) normalmente manejadas por meio de queimadas periódicas (Takeda et al. 2001). Além disso, a biodiversidade dessa área está ameaçada pela contaminação biológica por espécies exóticas, como o *Pinus* sp e *Eucaliptus* sp (Ziller 2000).

Melastomataceae apresenta uma ampla distribuição geográfica (Clausing e Renner 2001) e suas espécies ocorrem em vários biomas brasileiros (Baumgratz et al. 2010; Goldenberg et al. 2012). É também uma das principais famílias que compõem a vegetação de

Campos Rupestres (Romero e Martins 2002). Nessa formação ocorrem vários representantes da tribo Microlicieae (Romero 2003), geralmente apresentando distribuição restrita (Goldenberg et al. 2012). Também são encontrados outros gêneros das tribos Melastomeae e Miconieae, porém com distribuição mais ampla, ocorrendo também em outras formações.

Espécies apomíticas, devido a sua relação com a poliploidia e hibridações (Goldenberg e Shepherd, 1998; Mendes-Rodrigues e Oliveira 2012) e as espécies auto-incompatíveis, devido aos benefícios da polinização cruzada (Lowry e Lester 2006), podem atingir distribuições geográficas maiores que as espécies autocompatíveis desta família (Goldenberg e Shepherd 1998; Santos et al. 2012). Assim é possível que parte desta ampla distribuição de Melastomataceae e sucesso de colonização de novos ambientes, como os ambientes marginais do Cerrado, estejam associados com a diversidade dos sistemas reprodutivos na família, cujos representantes podem ser tanto apomíticos quanto sexuados e, dentre estes, auto-compatíveis ou incompatíveis (Renner 1989, Goldenberg e Shepherd 1998; Santos et al. 2012). Estes sistemas reprodutivos apresentam distribuição desigual entre as tribos (Goldenberg e Shepherd 1998; Santos et al. 2012).

A polinização na família é realizada, em geral, por abelhas (Renner 1989) que abraçam as anteras e efetuam movimentos vibratórios (“*buzz-pollination*”) para extrair o pólen (Buchmann 1983). Contudo, existem algumas espécies de Melastomataceae, que apresentam produção de néctar como recurso, e nestas ocorre diversificação do sistema de polinização, ocorrendo beija-flores e vespas (Varassin et al. 2008), ratos (Lumer 1980; Lumer e Schoer 1986; Almeda 2000), moscas (Goldenberg e Shepherd 1998) e morcegos (Muchhala e Jarrin 2002).

O presente estudo descreve os sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae presentes em áreas do limite sul do Cerrado. Também foi investigado o efeito da variação geográfica sobre o tipo de reprodução de espécies de Melastomataceae. Neste caso foram testadas as seguintes hipóteses: (1) em função das diferentes condições ambientais e/ou bióticas, encontradas ao longo de um gradiente geográfico (centro e margem do Cerrado) em que as espécies de Melastomataceae ocorrem dentro do bioma, espera-se encontrar variação na forma de reprodução; (2) no limite sul do cerrado, as espécies de plantas apresentam maior nível de autocompatibilidade como forma de assegurar a produção de sementes em relação a espécies de áreas geograficamente mais centrais de distribuição no bioma.

## **Material e métodos**



## Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no período entre fevereiro de 2011 e julho de 2012 no Parque Estadual do Guartelá (PEG) que abrange uma área de 798.97 ha. A área apresenta relevo acidentado, o que promove grande variação ambiental e vegetacional, permitindo a coexistência de vários ecossistemas que refletem diferentes condições paleoclimáticas (Carmo 2006), tais como Florestas de Araucária com seus campos associados, e um dos poucos remanescentes de Cerrado no sul do Brasil (Carmo et al. 2012).

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido quente), com influência indireta do clima Cfb (temperado sempre úmido). No período de estudo a temperatura média anual foi de 18.5 °C, com geadas frequentes durante a estação seca. A precipitação mensal variou de 12 a 382 mm, com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro (SIMEPAR - Estação Meteorológica de Telêmaco Borba) (Fig.1).

## Espécies foco

Os sistemas reprodutivos de 16 espécies de Melastomataceae (Fig.2) foram investigados por meio de experimentos de polinizações manuais, análise de viabilidade polínica e observações do crescimento do tubo polínico. Inicialmente foram realizadas expedições a campo procurando realizar um levantamento das espécies de Melastomataceae presentes no PEG. Após, foram escolhidas para o estudo espécies com maior representatividade na área, procurando amostrar espécies de todas as tribos de Melastomataceae que estavam presentes na área. As mesmas foram separadas por tribo de acordo com a classificação proposta por Renner (1993):

I) Tribo Melastomeae: *Tibouchina hatschbachii* Wurdack, Cogn., *T. sellowiana* (Cham.) Cogn.;

II) Tribo Miconieae: *Leandra australis* (Cham.) Cogn., *L. aurea* (Cham.) Cogn., *L. microphylla* Cogn., *L. polystachya* (Naudin) Cogn., *L. purpurascens* (DC.) Cogn., *Miconia albicans* (Sw.) Triana, *M. hyemalis* A. St.-Hil. & Naudin, *M. ligustroides* (DC.) Naudin., *M. sellowiana* (DC.) Naudin, *M. theaezans* (Bonpl.) Cogn.

III) Tribo Microlicieae: *Chaetostoma armatum* (Spreng.) Cogn., *Lavoisiera imbricata* (Thunb.) DC, *L. pulchella* Cham., *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn.;

Exemplares de cada espécie foram coletados, identificados e depositados no Herbário da UFPR (UPCB).

## Floração e frutificação das espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá (PEG)

O acompanhamento da fenologia reprodutiva das 16 espécies de Melastomataceae estudadas neste trabalho no Parque Estadual do Guartelá (PEG) foi acompanhado mensalmente entre março de 2011 a julho de 2012. O mesmo foi feito para facilitar a seleção das espécies a serem estudadas e a programação das atividades de campo. Os dados permitiram inferir informações sobre os períodos de floração e frutificação. A metodologia para a avaliação fenológica das espécies foi procedida qualitativamente (análise das épocas em que ocorre a fenofase), conforme Fournier (1974). Foram selecionados ao acaso 10 indivíduos por espécie e observados os eventos de floração. Eram considerados eventos de floração quando pelo menos metade dos indivíduos marcados possuíam flores abertas, e as frutificações quando a mesma proporção de indivíduos possuía frutos maduros.

A análise qualitativa das estratégias de floração e frutificação foi realizada utilizando-se os padrões de Newstrom *et al.* (1994), em: contínua (ao longo do ano, com breve ou nenhuma interrupção), anual breve (menor do que um mês), anual intermediária (de um a cinco meses), anual estendida (de mais de cinco meses), supra-anual (menos de um ciclo por ano) e subanual (mais de um ciclo por ano).

### Aspectos da biologia floral

Foram observadas a disposição das flores nos indivíduos, as características florais (cor das pétalas, dos estames, presença de odor), a forma de liberação do pólen e o tipo de recurso oferecido (pólen e/ou néctar) ao visitante floral de Melastomataceae (Renner 1989; Weiss 1991). O horário de início da antese foi definido a partir de observações florais realizadas entre 06:00h e 10:00h, nesse período as observações eram feitas a cada 15 minutos e entre 10:00h e 18:00h, a cada duas horas. O período do início da receptividade do estigma foi definido por meio do teste utilizando peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 3% (Kearns e Inouye 1993). Para essa observação foram utilizadas cinco flores em cinco indivíduos diferentes. Também foram observadas algumas características dos frutos (tipo, cor, forma de dispersão).

### Biologia reprodutiva

Para investigação dos sistemas reprodutivos foram realizados os seguintes testes de polinização (Radford 1974): i) apomixia (AX) – botões em pré-antese foram emasculados e ensacados; ii) autopolinização espontânea (AE) – botões foram ensacados sem tratamento posterior; iii) autopolinização manual (AM) - o pólen foi depositado no estigma da própria flor; iv) polinização cruzada (PC) - pólen proveniente de indivíduos diferentes, foram transferidos para o estigma de flores emasculadas; v) controle (C) – o botão, sem ser submetido a tratamento, foi marcado para verificar a formação de frutos sob condições naturais. O isolamento das flores foi realizado com sacos confeccionados com *voile*. Após a realização dos tratamentos as flores marcadas foram ensacadas novamente, com exceção do tratamento controle (polinização aberta), sendo acompanhados durante um mês até o amadurecimento dos frutos. A partir do número de frutos que se desenvolveram até o amadurecimento foi estabelecida a taxa de frutificação em cada tratamento.

O número de indivíduos utilizados nas polinizações controladas variou de acordo com a disponibilidade de plantas férteis nas áreas, porém, no mínimo cinco e no máximo 15 indivíduos por espécie foram estudados (Radford 1974), com exceção de *Tibouchina sellowiana* que devido à sua pequena população no PEG, teve apenas três indivíduos estudados. O número de flores utilizadas em cada tratamento reprodutivo variou para cada espécie, em virtude do número de flores abertas. Contudo, foram utilizadas no mínimo 25 flores por tratamento para cada espécie (Radford 1974).

A diferença na produção de frutos entre os tratamentos dos testes do sistema reprodutivo para cada espécie foi analisada pelo teste de qui-quadrado. Foi calculado o índice de autoincompatibilidade (**ISI**, *sensu* Bullock 1985), que é a razão entre a produção de frutos entre os tratamentos de autopolinização manual e polinização cruzada. A razão de 0.25 foi considerada o limite superior para espécies autoincompatíveis segundo Zapata e Arroyo (1978). Para estimar a eficácia das polinizações naturais, foi calculada a eficácia reprodutiva (ER) que é a razão entre frutos formados pelo controle e pela polinização cruzada (Zapata e Arroyo 1978).

A avaliação da viabilidade polínica, foi realizada para cada espécie através da contagem de grãos coloridos em carmin-acético (Kearns e Inouye 1993), um método que permite estimar o número de grãos malformados. As lâminas foram confeccionadas utilizando todas as anteras de três botões florais por indivíduo, sendo três indivíduos por espécie. A viabilidade foi estimada sem fazer distinção entre anteras maiores e anteras menores, pois

conforme verificado em outros estudos com Melastomataceae (Hoffmann e Varassin 2011) tanto as anteras grandes quanto as anteras pequenas não apresentam variação de viabilidade polínica. Foram confeccionadas laminas para cada botão, na qual foram contados, em microscópio óptico, cerca de 200 grãos de pólen, que foram classificados em viáveis (grãos corados) ou inviáveis (grãos não corados) (Kearns e Inouye 1993). Para verificar se existe diferença na viabilidade polínica entre as espécies foi utilizado ANOVA (Zar 1996). Para avaliar quais das espécies apresentaram diferença de viabilidade dentro dos grupos (apomíticos/não-apomíticos) foram feitas comparações múltiplas, *a posteriori* pelo teste de Tukey a 5% de significância (Zar 1996).

A verificação da ocorrência de sítio de autoincompatibilidade foi realizada por observações de crescimento de tubos polínicos pós-polinização nas espécies não-apomíticas. Esses ensaios reprodutivos foram acompanhados pela comparação do crescimento e tempo de germinação de tubos polínicos derivados de tratamentos de autopolinização manual e polinização cruzada em microscopia de fluorescência. Para cada tratamento foram utilizadas três flores ensacadas em pré-antese, que foram coletadas e fixadas em solução de FAA 50 %, 24, 48 e 72 horas após as polinizações. Destas flores também foram retirados os estigmas que foram diafanizados com solução de hidróxido de sódio contendo hipoclorito de sódio e, posteriormente corados com azul de anilina para observação do crescimento de tubos polínicos sob microscopia de fluorescência (adaptado de Martin 1959).

#### Variação geográfica da reprodução de Melastomataceae no Cerrado

Para avaliar se há diferenças reprodutivas em Melastomataceae associadas com um padrão geográfico, foram levantados cinco dos principais trabalhos com Melastomataceae em áreas de Cerrado: i) Parque Estadual de Pirineus (PEP), em Pirenópolis, Goiás (15°51'05.60"S); ii) Parque Estadual Serra de Caldas Novas (PESC), em Caldas Novas, Goiás (17°46'09.91"S); iii) Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), em Minas Gerais (20°13'57.99"S); iv) Itirapina (ITR), em São Paulo (22° 15'13.32"S). Os dados provenientes destes trabalhos foram comparados com os dados provenientes do presente estudo (PEG) (Fig.3; apêndice). Os dados de PEP com PESC foram reunidos em apenas um conjunto, visto que apresentavam poucas espécies. As espécies foram separadas por forma de reprodução (sexuada ou assexuada) e por valores do ISI.

Para verificar se existe diferença na proporção de espécies assexuadas e sexuadas entre as áreas foi utilizado qui-quadrado (Zar 1996). Para verificar a variação dos valores de ISI entre as diferentes localidades compiladas foi utilizado ANOVA (Zar 1996). Para investigar o efeito latitudinal sobre o tipo de reprodução foi realizado uma análise de regressão linear entre a latitude e a porcentagem de espécies sexuadas e outra para espécies assexuadas de cada área (Zar 1996). Para verificar se existe diferença no nível de autocompatibilidade (= valores médios de ISI) entre a área do PEP e PESC, região geograficamente central do Cerrado e o PEG uma área no limite de distribuição sul do Cerrado, foi realizado um teste-*t* entre as espécies sexuadas destas áreas. Adicionalmente, esta análise foi repetida removendo-se as espécies de Miconieae, visto que esta tribo não foi amostrada em PEP/PESC.

## Resultados

Floração e frutificação das espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá (PEG)

A floração das 16 espécies de Melastomataceae do PEG ocorreu durante todo o período de estudo, com floração sincrônica entre os indivíduos analisados em determinadas épocas do ano (Fig. 4). O padrão fenológico de floração mais frequente foi do tipo anual, observado em 56% das espécies, destas 60% apresentam floração intermediária, 30% floração breve e 10% contínua (Tabela 1). A floração subanual foi registrada em *Leandra aurea*, *L. microphyla*, *L. polystachya*, *Miconia albicans*, *M. ligustroides* e *M. theaezans* (Tabela 1).

Todas as espécies frutificaram durante o período de estudo (Fig. 4; Tabela 1). A frutificação anual foi a mais comum entre os táxons analisados (62,5%). Algumas espécies apresentaram frutificação anual intermediária (37,5%). As demais espécies se enquadraram na frutificação contínua (25%), anual estendida (12,5%), anual breve (12,5%) e subanual (12,5%) (Tabela 1). Em média no mês de fevereiro e março há um pico onde 13 espécies podem ser encontradas em floração e frutificação (Fig.4).

Aspectos da biologia floral

As flores das espécies estudadas apresentam diferentes cores e características em suas flores e frutos (Tabela 1), sendo todas com anteras poricidas e o principal recurso disponível

foi o pólen. Além do pólen também foi encontrado néctar como recurso em *Miconia hyemalis* e *M. theaezans*. Todas as espécies deste estudo apresentaram antese diurna, com as flores totalmente disponíveis para os polinizadores, sendo que a antese ocorreu nas primeiras horas da manhã (entre 06:00h e 09:00h). Todas as espécies deste estudo tiveram seu início de receptividade entre 07:00h e 08:00h da manhã. Os polinizadores são predominantemente abelhas, contudo em espécies com flores pequenas, também foram observadas moscas, vespas e borboletas como eventuais polinizadores (capítulo II).

### Biologia reprodutiva

Das 16 espécies de Melastomataceae estudadas no PEG, nove apresentaram frutos e sementes formados a partir de apomixia: *Lavoisiera pulchella*, *Leandra aurea*, *L. australis*, *L. polystachya*, *L. purpurascens*, *Miconia albicans*, *M. hyemalis*, *M. ligustroides* e *Tibouchina sellowiana* (Tabela 2). Para *L. australis*, *L. polystachya*, *L. purpurascens* e *M. albicans* não foram realizados testes de polinização cruzada e autopolinização manual, uma vez que não foi registrada a presença de pólen, ou quando presente era muito baixa. As espécies *L. pulchella*, *M. hyemalis*, *M. ligustroides* e *T. sellowiana* formaram frutos no tratamento de polinização cruzada e autopolinização manual (Tabela 2).

As demais espécies estudadas são sexuadas: *Chaetostoma armatum*, *Lavoisiera imbricata*, *Leandra microphylla*, *Miconia sellowiana*, *M. theaezans*, *Tibouchina hatschbachii* e *Trembleya parviflora* (Tabela 2). Todas podem ser consideradas autocompatíveis (Tabela 2), com altos valores de ISI, variando de 0.67 a 1,1. Estas espécies não apresentam frutos formados por autopolinização espontânea, à exceção de *L. microphylla*, sendo, portanto, dependentes de polinizadores para a reprodução (Tabela 2). Os valores de ER variaram entre 0.68 e 1.2 (Tabela 2).

As análises de viabilidade de pólen mostraram que as espécies apomíticas, em geral, produzem uma proporção de grãos viáveis menor (0-59.2%, à exceção de *Lavoisiera pulchella*, com 91.2 %) do que as não-apomíticas (59.1- 90.1%). Os valores de viabilidade média das espécies com baixa viabilidade foram distintos entre si ( $F = 122.551$ ,  $GL = 8$ ,  $p < 0.001$ ; Fig.5): *M. albicans* (totalmente estéril) diferiu de *L. pulchella*, *L. aurea*, *M. hyemalis*, *M. ligustroides* e *T. sellowiana*, mas não diferiu de *L. purpurascens*, *L. polystachya* e *L. australis*. *Miconia hyemalis* e *Tibouchina sellowiana* diferiram de *Leandra aurea*, *Lavoisiera pulchella* e *Miconia ligustroides*, mas não diferiram entre si. *Leandra aurea*, *Miconia*

*ligustroides* diferiu de *L. pulchella*. Os valores de viabilidade de pólen para as espécies não-apomíticas diferiram entre si ( $F=95.073$ ,  $GL = 6$ ,  $p < 0.001$ ; Fig.5): a única espécie que diferiu de todas as demais não-apomíticas foi *T. parviflora*, com a menor viabilidade média.

Nenhuma das espécies não-apomíticas apresentou reações de autoincompatibilidade, uma vez que houve crescimento e penetração dos tubos polínicos no ovário em ambos os tratamentos (Fig. 6; Tabela 3). Em *C. armatum*, os grãos de pólen foram visualizados apenas na superfície estigmática (Fig. 6). Algumas espécies apresentaram diferença na velocidade de crescimento dos tubos polínicos entre os tratamentos de autopolinização e polinização cruzada (Fig. 6; Tabela 3), com os tubos polínicos provindos de autopolinização manual chegando à base do estilete 24 horas após os tubos polínicos de polinização cruzada em *L. imbricata*, *M. sellowiana* e *T. parviflora* (Fig. 6; Tabela 3).

#### Variações geográficas da reprodução de Melastomataceae no Cerrado

Houve uma variação significativa no tipo de reprodução das espécies entre as quatro áreas analisadas ( $\chi^2 = 14.041$ ,  $GL = 3$ ,  $p = 0.003$ ), com uma maior proporção de espécies assexuadas em PEG e ITR e uma maior proporção de espécies sexuadas em PEP, PNSC e PESC (Fig. 7). Entre as áreas analisadas, as espécies sexuadas de PNSC e PEG apresentaram maior autocompatibilidade em relação às outras localidades ( $r^2 = 0.19$ ,  $F = 3.11$ ,  $GL = 27$ ,  $p = 0.04$ ) (Fig. 7). Essas diferenças não estão associadas com a latitude, tanto para as espécies assexuadas ( $r^2 = 0.167$ ,  $F = 1.803$ ,  $GL = 4$ ,  $p = 0.272$ ), quanto para as espécies sexuadas ( $r^2 = 0.195$ ,  $F = 2.449$ ,  $GL = 4$ ,  $p = 0.178$ ). Os valores médios de ISI são maiores em uma área marginal (PEG) do que em áreas mais centrais do Cerrado (PEP/PESC) ( $t = -3.986$ ,  $p = 0.003$ ). Este efeito se manteve com a remoção das espécies de Miconieae em PEG ( $t = -3.739$ ,  $p = 0.007$ ).

#### Discussão

Os registros de nove espécies de Melastomataceae apomíticas entre as 16 estudadas no PEG corroboram que a apomixia é um mecanismo comum entre as espécies da família (Renner 1989; Goldenberg e Shepherd 1998). O fato de que entre as nove espécies apomíticas registradas, sete pertencerem à tribo Miconieae, sugere que a apomixia se concentra nesta tribo (Goldenberg e Shepherd 1998; Goldenberg e Varassin 2001; Santos et al. 2012). Por

outro lado, embora não seja característico de Melastomeae e Microlicieae (Goldenberg e Shepherd 1998; Santos et al. 2012), os resultados deste trabalho mostram que mecanismos apomíticos podem ocorrer nestas tribos, como foi o caso dos registros de apomixia em *Tibouchina sellowiana* e *Lavoisiera pulchella*. Mecanismos não-apomíticos estiveram presentes nas três tribos, o que já foi descrito em outros estudos (Goldenberg e Shepherd 1998; Goldenberg e Varassin 2001; Santos et al. 2012 ).

A autogamia pode atuar como um mecanismo de segurança reprodutiva (Jain 1976; Richards 1986; Lloyd 1992) em *Leandra microphyla* em Tibagi (PEG), um dos únicos locais de ocorrência da espécie (Camargo et al. 2009). A formação de frutos a partir de autopolinização espontânea, mas sem apomixia, também já foi descrita para cinco espécies de Melastomataceae: *Miconia angelana* (Santos et al. 2010), *M. minutiflora* (Goldenberg e Shepherd 1998), *M. sintenisi* (Renner 1989), *Rhynchanthera dichotoma* (Guimarães e Ranga 1997) e *Tibouchina papyrus* (Santos et al. 2012).

A ausência de um padrão geográfico entre as espécies apomíticas com as localidades analisadas pode demonstrar que a presença desse sistema reprodutivo em espécies de Melastomataceae é mais relacionada a uma história evolutiva mais antiga do que a uma evolução recente. De fato, tem sido relatado que aparentemente existe um sinal filogenético para presença desse sistema em Miconieae (Goldenberg e Shepherd 1998; Goldenberg e Varassin 2001; Santos et al. 2012). Também é interessante notar que a apomixia é muito comum em espécies amplamente distribuídas (Santos et al. 2012), logo a ausência de variação geográfica nesse sistema reprodutivo observada aqui também pode ser reflexo dessa característica, ou seja, espécies tendem a ter distribuição ampla como provável resultado do sistema reprodutivo apomítico (Santos et al. 2012) em todas as áreas de ocorrência.

As espécies de Melastomataceae no limite sul do cerrado (PEG), exibem maiores valores de autocompatibilidade em relação a espécies localizadas em áreas geograficamente mais centrais, em Goiás (PEP/PESC). De fato alguns autores têm sugerido que a autocompatibilidade é mais comum nos ambientes periféricos (Baker 1955; Busch 2005) devido as condições ambientais diferenciadas desses locais (Brown 1984; Sagarin e Gaines 2002), ou até mesmo devido a uma redução das populações de polinizadores e/ou plantas nesses ambientes (Lloyd 1992; Schueller 2004). Esta hipótese também é sustentada por outros exemplos onde a autocompatibilidade é maior em populações geograficamente (ou ecologicamente) periféricas ou isoladas quando comparado com outras espécies sexuadas em outras áreas mais centrais (Baker 1955; Busch 2005). O fato é que das espécies de



Melastomataceae no PEG, a maioria são visitadas por potenciais polinizadores (capítulo II), independente do sistema reprodutivo, o que parece indicar que a reprodução não está sendo afetada pela escassez de polinizadores. Por outro lado, muitas dessas populações de plantas no PEG são pequenas ou esparsamente distribuídas (obs. pessoal), e isso parece estar interferindo na reprodução, devido a grande influencia que o tamanho populacional exerce sobre o comportamento dos polinizadores, que optam por visitas entre indivíduos mais próximos ou até mesmo dentro do mesmo indivíduo, como forma de otimização de energia, favorecendo a autocompatibilidade em plantas (Thomson 1988; Klinkhamer et al. 1989; Harder e Barrett 1996; Kunin 1997; Bosch e Waser 1999; Thompson 2001; Makino et al. 2007).

Os resultados também indicaram que entre as espécies sexuadas há uma tendência de aumento no ISI na Serra da Canastra (PNSC), em Minas Gerais e Tibagi (PEG), no Paraná, (ISI entre 0.52 e 1.7). Ambas as áreas são predominantemente Campos Rupestres. Embora estes ambientes possam não apresentar muitos substratos e sítios de nidificação (solo e vegetação) para as abelhas (Faria-Mucci et al. 2003), dois trabalhos realizados nos Campos rupestres mostram que os potenciais polinizadores de espécies da família estão presentes na área (Fracasso e Sazima 2008; capítulo II). A ocorrência de frutos provindos de polinização cruzada reflete à presença de polinizadores, principalmente as abelhas, que podem estar nidificando em áreas de capões, e procurando alimentos nos campos (Laroca 1972; Azevedo et al. 2008). Assim a autocompatibilidade pode ser considerada um mecanismo de segurança reprodutiva no ambiente rupestre, devido a possíveis ausências de visitantes florais em determinadas épocas do ano, em função de condições ambientais limitantes, como períodos de frio intenso, ventos fortes e frequentes geadas na região. De qualquer forma, isso não descarta a presença deles e sua contribuição para a polinização cruzada nesse tipo de ambiente.

Diferentes populações de uma mesma espécie podem apresentar sistemas reprodutivos diferentes (Richards 1986; Asker e Jerling 1992; Fausto 2001; Busch 2005; Mendes-Rodrigues e Oliveira 2010), como o que ocorre em *T. sellowiana*, *M. sellowiana* e *M. theaezans* (Goldenberg e Varassin 2001; Couto-Pereira et al. 2011, Saraiva et al. 1994, Borges 1991). Essa variação no tipo de reprodução pode garantir a persistência e adaptabilidade em locais com condições abióticas menos favoráveis, como podem ser os campos e formações rupestres em relação a áreas florestais, como discutidos anteriormente.

Os Campos e formações rupestres existentes no limite sul de distribuição do Cerrado, no Paraná representam relictos de climas passados (Behling et al. 1997), constituindo regiões

periféricas do bioma cerrado em meio a fisionomias florestais (Prado e Gibbs 1993; Carmo et al. 2012). Neste sentido, a flora de Melastomataceae da região, principalmente nas formações rupestres é composta por uma mescla de espécies tanto de Cerrado quanto de ambientes florestais existentes na região. Neste contexto é interessante notar que as espécies deste estudo (*T. sellowiana*, *M. sellowiana* e *M. theaezans*), que apresentaram variações no sistema reprodutivo, são espécies que ocorrem tanto em ambientes florestais, na qual são comuns, quanto em áreas de Campo-Cerrado e formações rupestres ao longo de sua distribuição. Alguns estudos mostram que os sistemas reprodutivos são afetados pela estrutura da vegetação (Bawa 1990; Johnson e Steiner 2000; Kevan e Baker 1983; Ramirez 2010). Na área de estudo, a população de *T. sellowiana* apresentou apenas onze indivíduos esparsamente distribuídos no PEG (obs. pessoal). Neste caso, a probabilidade de polinização cruzada é reduzida, devido à dificuldade de compartilhamento de polinizadores entre os indivíduos distantes (Levin 1972) e o seu sucesso de frutificação estaria sendo mantido por autopolinização espontânea ou apomixia, conforme prevê a hipótese de segurança reprodutiva (Richards 1986; Lloyd 1992). De fato, a abundância e a distribuição espacial das plantas num determinado local podem influenciar a frequência de visitas de polinizadores e os sistemas reprodutivos (Ramirez 2010).

Estudos prévios mostram que existe variabilidade morfológica e anatômica em populações de *Miconia sellowiana* que ocorrem em diferentes formações vegetacionais, como Estepe Gramíneo-Lenhosa, Cerrado e Floresta Ombrófila Mista, no Paraná (Boeger et al. 2008; Bui et al. 2009). Essa variabilidade poderia ser devida à plasticidade fenotípica mas uma grande variabilidade genética entre as populações, foi interpretada como possível origem da alta variabilidade morfológica (Pil et al. 2012). Assim, é bastante provável que diferentes comportamentos reprodutivos em diferentes populações desta espécie também sejam um reflexo desta grande variação genética.

No caso de *M. theaezans*, as diferenças nos sistemas reprodutivos entre populações, desde mecanismos autoincompatíveis em ambientes florestais até autocompatíveis no Cerrado, indicam que a autoincompatibilidade está sendo limitada a áreas florestais (Michaelson-Yeates et al. 1997), uma vez que a estrutura da vegetação parece influenciar diretamente a polinização (Bawa 1990; Johnson e Steiner 2000; Kevan e Baker 1983; Ramirez 2010). Um estudo onde se avaliou as abundâncias de plantas e insetos mostra que a maior riqueza de espécies de plantas em ambientes florestais é correlacionada com a polinização por animais (Heithaus 1979). Isso, por sua vez, favorece a alogamia em áreas

florestais como consequência da polinização cruzada e tem sido confirmada em alguns estudos, com predominância (76 a 96%) de espécies autoincompatíveis nestes ambientes (Bawa 1974, Bawa 1979, Bawa et al. 1985, Bullock 1985). Por outro lado, em áreas de Cerrado, as plantas autoincompatíveis têm o sucesso reprodutivo reduzido, devido à distância entre os indivíduos, podendo resultar em pressão seletiva para autocompatibilidade (Levin 1972; Seffan-Dewenter e Tschardt 1999; Lloyd e Schoen, 1992). Para várias espécies de Cerrado, o balanço reprodutivo xeno- e autogâmico parece ser um traço plástico cuja expressão depende de condições intrínsecas do indivíduo (tamanho) e do ambiente (densidade de indivíduos) (Danieli-Silva 2013). Isso mostra, que a diferença nos sistemas reprodutivos, entre ambientes florestais e de Cerrado, pode estar associado com a densidade de indivíduos na população e o tipo de vegetação em que a população ocorre.

A ausência de variação latitudinal sobre o tipo de reprodução, e as variações populacionais sobre o sistema reprodutivo de algumas espécies de Melastomataceae são indícios de que a utilização do contexto geográfico para explicar possíveis variações nos sistemas reprodutivos das espécies tem sido cada vez mais importante em estudos com populações de plantas. A família Melastomataceae por sua diversidade de sistemas reprodutivos, e como um dos principais grupos representantes da flora do Cerrado, mostra-se relevante para esse tipo de abordagem.

## **Agradecimentos**

Agradecemos ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela concessão da autorização de pesquisa e pela utilização do alojamento no Parque Estadual do Guartelá (PEG). Ao Programa de Pós-graduação em Botânica, ao Laboratório de Ecologia Vegetal, ao Laboratório de Sistemática Vegetal, e ao centro de Microscopia de Fluorescência, junto a Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelo oferecimento das condições necessárias para a realização desta pesquisa. Prof. Dr. Paulo Eugenio Alves de Oliveira Macedo, Dr. Miriam Kaehler e Prof. Dr. André Andrian Padial pelas sugestões. Às agências financiadoras, CAPES pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor, a ao Programa Nacional de Apoio e Desenvolvimento da Botânica (PNADB) - 23038.000027/2010-51 pelo financiamento do projeto.

## Referências Bibliográficas

- Almeda FA (2000) Synopsis of the genus *Blakea* (Melastomataceae) in Mexico and Central America. *Novon* 10: 299–319
- Asker SE, Jerling L (1992) Apomixis in plants. 1º ed., CRC Press, Roca Raton
- Azevedo AA, Silveira FA, Aguiar CML, Pereira VS (2008) Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais e Bahia, Brasil): riqueza de espécies, padrões de distribuição e ameaças para conservação. *Megadiversidade* 4: 126 - 157.
- Baker HG (1955) Self-compatibility and establishment after “long-distance” dispersal. *Evolution* 9: 347–348
- Baumgratz JFA, Bernardo KFR, Chiavegatto B, Goldenberg R, Guimarães PJF, Kriebel R, Martins AB, Michelangeli FA, Reginato M, Romero R, Souza MLDR, Woodgyer E (2010) Melastomataceae em Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Brasil, Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>. Acessado em 16 de setembro de 2012
- Bawa KS (1974) Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28: 95-92
- Bawa KS (1979) Breeding systems of trees in a tropical wet forest. *N Z J Bot* 17: 521-524
- Bawa KS, Perry DR, Beach JH (1985) Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *Am J Bot* 72: 331-345
- Bawa KS (1990) Plant-pollinator interactions in tropical forests. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 21: 399-422
- Behling H (1997) Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). *Rev Palaeobot Palynol* 97: 109-121
- Biu C, Boeger MRT, Goldenberg R (2009) Arquitetura foliar comparativa de *Miconia sellowiana* (DC) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 23: 657-665
- Boeger MRT, Gluzezak RM, Pil MW, Goldenberg R., Medri, M. (2008) Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. *Rev Bras Bot* 31: 443-452
- Borges HBN (1991) Biologia reprodutiva de quatro espécies de Melastomataceae. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo
- Bosch M, Waser NM (1999) Effects of local density on pollination and reproduction in *Delphinium nuttallianum* and *Aconitum columbianum* (Ranunculaceae). *Am J Bot* 86: 871–879
- Brown JH (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *Am Nat* 124: 255–279
- Buchmann SL (1983) Buzz pollination in Angiosperm. Em: Jones, CE, Little, RJ (eds.) *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand Reinhold, New York, pp 294-309
- Bullock SH (1985) Breeding system in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. 17: 287-301
- Busch JW (2005) The evolution of self-compatibility in geographically peripheral populations of *Leavenworthia alabamica* (Brassicaceae). *Am J Bot* 92: 1503-1512

- Carmo MRB, Assis MA (2006) Caracterização fitossocionômica do Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo
- Carmo MRB, Andrade ALP, Santos GASD, Assis MA (2012) Análise estrutural em relictos de Cerrado no Parque Estadual Do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná, Brasil, Cienc Florest 22: 505-517
- Clausing G, Renner SS (2001) Molecular phylogenetics of Melastomataceae and Memecylaceae: implications for character evolution. Am J Bot 88: 486-498
- Camargo EA, Souza CMF, Caddah MK; Goldenberg R. (2009) O gênero *Leandra*, seções *Carassanae*, *Chaetodon*, *Niangae*, *Oxymeris* e *Secundiflorae* (Melastomataceae) no estado do Paraná, Rodriguésia 60:595-631
- Couto-Pereira A, Silva JB, Goldenberg R, Mello GAR, Varassin IG (2011) Flower color change accelerated by bee pollination in *Tibouchina* (Melastomataceae), Flora 206: 491–497
- Danieli-Silva A (2013) O papel de fatores limitantes e do fogo na reprodução em espécies vegetais do Cerrado. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná
- Faria-Mucci G, Melo MA, Campos LAO (2003) A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas utilizadas como fonte de recursos florais, em um ecossistema de campos rupestres em Lavras Novas, Minas Gerais, Brasil Em: Melo, GAR, Alves-dos-Santos, I, (eds.) Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure. Editora UNESC, Criciúma, pp 241-256
- Fausto Jr JA, Eckhart VM, Geber MA (2001) Reproductive assurance and the evolutionary ecology of self-pollination in *Clarkia xantiana* (Onagraceae). Am J Bot 88: 1794–1800
- Fracasso CM (2008) Biologia da polinização e reprodução de espécies de Melastomataceae no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo
- Goldenberg R, Shepherd GJ (1998) Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. Plant Syst Evol 211: 13-29
- Goldenberg R, Varassin IG (2001) Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, São Paulo, Brasil. Rev Bras Bot 24: 283-288
- Goldenberg R, Baumgratz JFA, Souza MLDR (2012) Taxonomia de Melastomataceae no Brasil: retrospectiva, perspectivas e chave de identificação para os gêneros. Rodriguésia 63: 145 – 161
- Guimarães PJF, Ranga N.T.(1997) Sistema de reprodução de *Rhynchanthera dichotoma* (Lam.) DC. Acta Bot Bras 11: 41-44
- Harder LD, Barrett SCH (1996) Pollen dispersal and matting patterns in animal-pollinated plants. In: Lloyd, A. H. & Barrett, S. C. H. (Eds.). Floral Biology: Studies on Floral Evolution in Animal-Pollinated Plants. New York: Chapman e Hall, p. 140–190.
- Heithaus ER (1979) Community structure of neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. Ecology 60: 190-202
- Hengeveld R, Haeck J (1982) The distribution of abundance. I. Measurements. J Biogeogr 9: 303–316
- Hoffmann GM, Varassin IG (2011) Variação da viabilidade polínica em *Tibouchina* (Melastomataceae). Rodriguésia 62: 223-228
- Jain SK (1976) The evolution of inbreeding in plants. Annu Rev Ecol Evol Syst 7: 69–95
- Johnson SD, Steiner KE, (2000) Generalization versus specialization in plant pollination systems. Trends Ecol Evol 15: 140–143
- Kearns CA, Inouye D (1993) Techniques for pollinations biologists. Niwot, Colorado: University press of Colorado. 579p

- Kevan PG, Baker HG (1983) Insects as flower visitors and pollinators. *Annu Rev Entomol* 28: 407–453
- Klinkhamer PGL, de Jong TJ, Debruyn GJ (1989) Plant size and pollinator visitation in *Cynoglossum officinale*. *Oikos* 54: 201–204
- Kunin WE (1997) Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. *J Ecol* 85: 225–234
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná. (2002) Plano de Manejo do Parque Estadual do Guartelá. Curitiba
- Laroca S (1972) Estudo Fenológico em Apoidea do Litoral e Primeiro Planalto Paranaenses. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná
- Lawton, J H (1993) Range, population abundance and conservation. *Trends Ecol Evol* 8: 409–413.
- Levin DA (1972) Competition for pollinator service: a stimulus for the evolution of autogamy. *Evolution* 26: 668–669
- Lloyd DG (1992) Self- and cross-fertilization in plants. II. The selection of self-fertilization. *Int J Philos Stud* 153: 370–380
- Lloyd DG, Schoen DJ (1992) Functional dimensions self and cross-fertilization in plants. *Plant Sci* 153: 358–369
- Lowry E, Lester SE (2006) The biogeography of plant reproduction: potential determinants of species range sizes. *J Biogeogr* 33: 1975–1982.
- Lumer C (1980) Rodent pollination of *Blakea* (Melastomataceae) in a Costa Rican cloud forest. *Brittonia* 32: 512–517
- Lumer C, Schoer RD (1986) Pollination of *Blakea austin-smithii* and *B. penduliflora* (Melastomataceae) by small rodents in Costa Rica. *Biotropica* 18: 363–364
- Maack R (1968) Geografia física do estado do Paraná. BADEP/UPFR/IBTP, Curitiba.
- Makino TT, Ohashi K, Sakai S (2007) How do floral display size and the density of surrounding flowers influence the likelihood of bumble bee revisitation to a plant? *Functional Ecology* 21:87–95
- Martin FN (1959) Staining and observation pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Tech* 34: 125–128
- Melo MS, Meneguzzo IS (2001) Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. Em: Ditzel, CHM, Sahr, CLL (org.). Espaço e Cultura – Ponta Grossa e os Campos Gerais. Editora UEPG, Ponta Grossa.
- Mendes-Rodriguez CM & Oliveira PEAM (2010) Ecologia de espécies poliembriônicas com ênfase no bioma cerrado. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais
- Mendes-Rodrigues C, Oliveira PE (2012) Polyembryony in Melastomataceae from Brazilian Cerrado: multiple embryos in a small world. *Plant Biol* 14: 845–853
- Michaelson-Yeates TPT, Marshall A, Abberton MT et al (1997) Self-compatibility and heterosis in white clover (*Trifolium repens* L). *Euphytica* 94: 341–34
- Moro RS (2001) A vegetação dos Campos Gerais da escarpa Devoniana. In: Ditzel, C. H. M.; Sahr, C. L. L. (org.). Espaço e Cultura – Ponta Grossa e os Campos Gerais. Editora UEPG, Ponta Grossa
- Muchhala N, Jarrin VP (2002) Flower visitation by bats in cloud forest of western Ecuador. *Biotropica* 34: 387–395
- Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG (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
- Pil MW, Boeger MRT, Pie M, Goldenberg R, Ostrensky A, Boeger WA (2012) Testing hypotheses for morphological differences among populations of *Miconia sellowiana*

- (Melastomataceae) in southern Brazil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, Maringá 34: 85-90
- Prado DE, Gibbs PE (1993) Patterns of species distributions in the dry seasonal forest South America. *Ann Mo Bot Gard* 80: 902–927
- Radford, AE (1974) *Vascular plant systematic*. Harper & Row Publishers, Inc., New York, p.891
- Ramírez, N (2010) Vegetation structure and pollination in the Venezuelan Central Plain. *Flora* 205: 229–24
- Renner, SS (1989) A survey of reproductive biology in neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. *Ann Mo Bot Gard* 76: 496-518
- Renner, SS (1993) Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. *Nord J Bot* 13: 519-540
- Rey PJ, Alcántara JM, Manzaneda AJ, Garrido JL, Ramírez JM (2009) Variación geográfica y mosaicos de selección em lãs interacciones planta-animal. Em: Medel R, Aizen MA, Zamora R (org.). *Ecología y evolución de interacciones planta-animal: conceptos y aplicaciones*. Editora Universitária, Santiago de Chile, pp 113-132
- Richards AJ (1986) *Plant breeding systems*. Allen and Unwin, London
- Romero R, Martins AB (2002) Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. *Rev Bras Bot* 25: 19-24
- Romero R (2003) Revisão taxonômica de *Microlicia* sect. *Chaetostomoides* (Melastomataceae). *Rev Bras Bot* 26: 429-435
- Sagarin RD, Gaines SD (2002) The abundant centre “distribution”: to what extent is it a biogeographical rule? *Ecol Lett* 5: 137–147
- Santos PMS, Fracasso CM, Santos ML, Romero R, Sazima M, Oliveira PE (2012) Reproductive biology and species geographical distribution in the Melastomataceae: a survey based on New World taxa. *Ann Bot-London* 110: 667-679
- Saraiva LC, Cesar O, Monteiro R (1994) Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian Savanna. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 39:751–763
- Schueller SK (2004) Self-pollination in island and mainland populations of the introduced hummingbird-pollinated plant, *Nicotiana glauca* (Solanaceae). *Am J Bot* 91: 672–681
- Seffan-Dewenter I, Tschardt T (1999) Effects of habitat isolation on pollination communities. *Oecologia* 121: 432-440
- Takeda IJM, Moro RS, Kaczmarek R (1996) Análise florística de um enclave de cerrado no Parque do Guartelá, Tibagi, PR. *Publicatio* 2: 21-31
- Takeda, IJM, Farago PV (2001) *Vegetação do Parque Estadual de Vila Velha: Guia de Campo*, Curitiba, Paraná, Brasil, 419p
- Thomson JD (1988) Effects of variation in inflorescence size and floral rewards on the visitation rates of traplining pollinators of *Aralia hispida*. *Evol Ecol* 2: 65–76
- Thompson JD (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
- Varassin IG, Penneys DS, Michelangeli F (2008) Comparative anatomy and morphology of nectar-producing Melastomataceae. *Ann Bot-London* 102: 899–909
- Zapata TR, Arroyo MTK (1978) Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica* 10: 221-230
- Zar JH (1996) *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey
- Ziller SRA 2000 Estepe gramíneo-lenhosa no segundo Planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com ênfase à contaminação biológica. Tese doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná

## Tabelas

**Tabela 1** - Resumo das características das espécies estudadas: hb=hábito (ev=ervas, ab/arv=arbustos/arvoretas, subab=subarbustos, ab=arbustos, ar=árvores); df=disposição/flores (sl=solitárias, in=inflorescências); cp=Cor/pétalas (rs=róseas, pp=púrpuras, br=brancas, am=amarelas, cr=cremes, lil=lilases); ce= (am=amarelos, vm=vermelhos, rs=róseas, br=brancos, cr=cremes, lil=lilases); tfl=Tipo de floração (anint=anual intermediária, anbr=anual breve, cont=contínua, suban=subanual); sdd=síndrome de dispersão (an=anemocórica, zo=zoocórica); tfr=tipo de frutificação (anint=anual intermediária, anbr=anual breve, anest=anual estendida, cont=contínua, suban=subanual)

Espécies	hb	df	cp	ce	Odor	Néctar	tfl	Tipo/frutos	Cor/frutos	sdd	tfr
<i>Chaetostoma armatum</i>	ev	sl	rs	am	imperceptível	ausente	anint	seco	marrons	an	anint
<i>Lavoisiera imbricata</i>	ab/arv	sl	pp	am	imperceptível	ausente	anint	seco	marrons	an	anint
<i>Lavoisiera pulchella</i>	ab/arv	if	rs	vm/am	imperceptível	ausente	anbr	seco	marrons	an	anbr
<i>Leandra australis</i>	ab/arv	if	rs	am	imperceptível	ausente	cont	carroso	violáceos	zo	cont
<i>Leandra aurea</i>	ab/arv	if	rs	rs	imperceptível	ausente	suban	carroso	violáceos	zo	suban
<i>Leandra microphyla</i>	subab	if	br	br	imperceptível	ausente	suban	carroso	violáceos	zo	cont
<i>Leandra polystachya</i>	ab/arv	if	br	rs	imperceptível	ausente	suban	carroso	violáceos	zo	suban
<i>Leandra purpurascens</i>	ab/arv	if	am	am	imperceptível	ausente	anbr	carroso	violáceos	zo	anbr
<i>Miconia albicans</i>	ab/arv	if	br	br	imperceptível	ausente	suban	carroso	verdes	zo	cont
<i>Miconia hyemalis</i>	ab/arv	if	cr	cr	forte/manteiga	presente	anbr	carroso	violáceos	zo	anint
<i>Miconia ligustroides</i>	ab/arv	if	br	br	forte/acre	ausente	suban	carroso	violáceos	zo	anest
<i>Miconia sellowiana</i>	ab/arv	if	br	br	forte/acre	ausente	anint	carroso	vermelhos	zo	anint
<i>Miconia theaezans</i>	ab/arv	if	br	br	forte/doce	presente	suban	carroso	violáceos	zo	cont
<i>Tibouchina hatschbachii</i>	ab	sl	lil	br/lil	leve/não doce	ausente	anint	seco	marrons	an	anint
<i>Tibouchina sellowiana</i>	ar	sl	lil/rs	lil/rs	forte/doce	ausente	anint	seco	marrons	an	anint
<i>Trembleya parviflora</i>	ab/arv	if	br	am/vm	imperceptível	ausente	anint	seco	marrons	an	anest



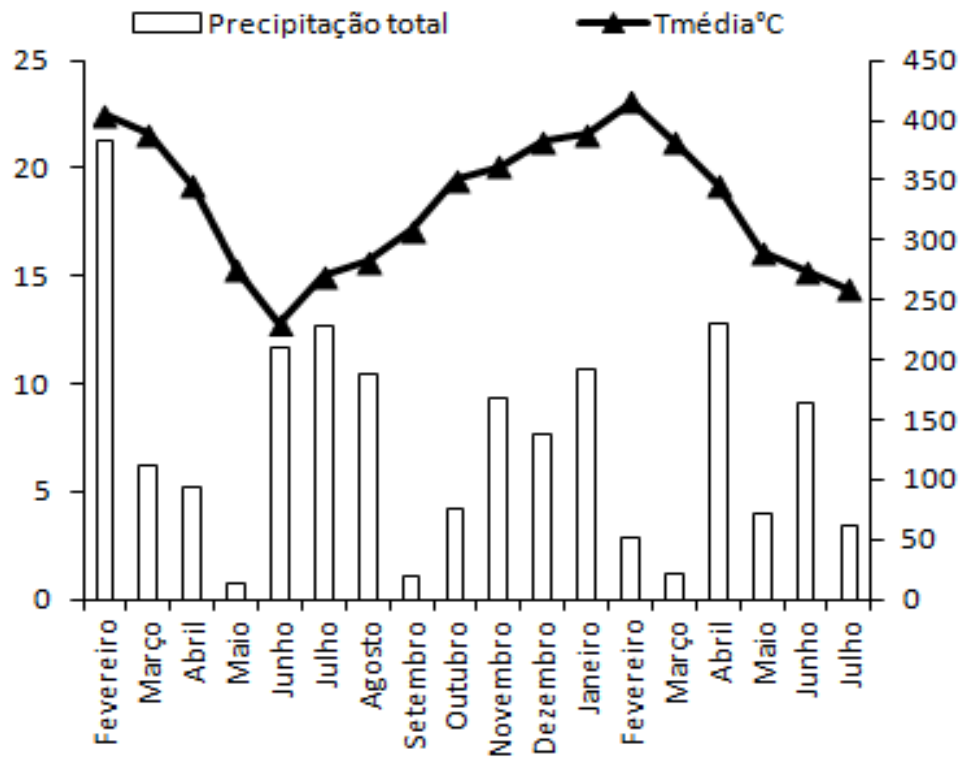
**Tabela 2** - Percentual de formação de frutos nas polinizações controladas de espécies de Melastomataceae decorrentes de flores submetidas a Autopolinização Manual (AM), Polinização Cruzada (PC), Apomixia (AX), Autopolinização Espontânea (AE) e Controle (C), juntamente com os valores do índice de Auto-incompatibilidade (ISI), Eficácia Reprodutiva (ER) e viabilidade polínica (% de grãos viáveis (X)  $\pm$  desvio padrão (DP); número de indivíduos utilizados nas polinizações controladas (npc). Entre parênteses flores utilizadas. \*Não diferem significativamente no número de frutos formados entre os tratamentos ( $\chi^2$ ;  $p < 0.001$ )

Espécies	Polinizações controladas								Voucher UPCB
	C		AM	PC	AE	AX	ISI	ER	
	Npc	%	%	%	%	%			
<b>Apomíticas</b>									
<i>Leandra australis</i> *	9	84 % (25)			68% (25)	76% (25)			75203
<i>Leandra aurea</i>	5	67 % (40)	73% (40)	70% (40)	37% (40)	62% (40)			75201; 75202
<i>Leandra polystachya</i>	5	87% (40)			55% (40)	75% (40)			75207; 75208
<i>Leandra purpurascens</i>	5	52% (40)			62% (40)	32% (40)			75209
<i>Miconia albicans</i> *	11	35% (40)			45% (40)	47% (40)			75219; 75220
<i>Miconia ligustroides</i> *	5	43% (30)	87% (30)	70% (30)	80% (30)	93% (30)			75226; 75227
<i>Miconia hyemalis</i> *	9	78% (40)	95% (40)	85% (40)	88% (40)	78% (40)			75224
<i>Tibouchina sellowiana</i>	3	55% (40)	52% (40)	30% (40)	17% (40)	17% (40)			75242
<i>Lavoisiera pulchella</i>	19	93% (30)	97% (30)	97% (30)	23% (30)	30% (30)			75199; 75200
<b>Não-apomíticas</b>									
<i>Chaetostoma armatum</i> *	16	50% (30)	63% (30)	73% (30)	0% (30)	0% (30)	0.86	0.68	75192; 75193
<i>Lavoisiera imbricata</i> *	13	87% (30)	80% (30)	73% (30)	0% (30)	0% (30)	1.1	1.2	75195; 75196
<i>Leandra microphyla</i> *	17	60% (25)	40%(25)	60% (25)	60% (25)	0% (25)	0.67	1	75206
<i>Miconia sellowiana</i> *	7	47% (40)	57% (40)	52% (40)	0% (40)	0% (40)	1.1	0.9	75228
<i>Miconia theaezans</i> *	5	59% (35)	63% (35)	59% (35)	0% (35)	0% (35)	1.06	1	-
<i>Tibouchina hatschbachii</i> *	8	80% (30)	77% (30)	70% (30)	0% (30)	0% (30)	1.1	1.14	75239; 75240
<i>Trembleya parviflora</i> *	8	71% (35)	83% (35)	86% (35)	0% (35)	0% (35)	0.97	0.83	75244; 75245

**Tabela 3** – Período entre a polinização e o crescimento do tubo polínico até o ovário nos tratamentos de autopolinização (AM) e polinização cruzada (PC) de espécies de Melastomataceae do Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná

ESPÉCIES	Período entre a polinização e o crescimento do tubo polínico até o ovário			
	Crescimento até o ovário	< 24h	24-48h	48-72h
<i>Chaetostoma armatum</i>	-	-	-	-
<i>Lavoisiera imbricata</i>	PC	AM	-	-
<i>Leandra microphyla</i>	AM	PC	-	-
<i>Miconia sellowiana</i>	PC	AM	-	-
<i>Miconia theaezans</i>	AM	PC	-	-
<i>Tibouchina hatschbachii</i>	-	-	-	PC/AM
<i>Trembleya parviflora</i>	PC	AM	-	-

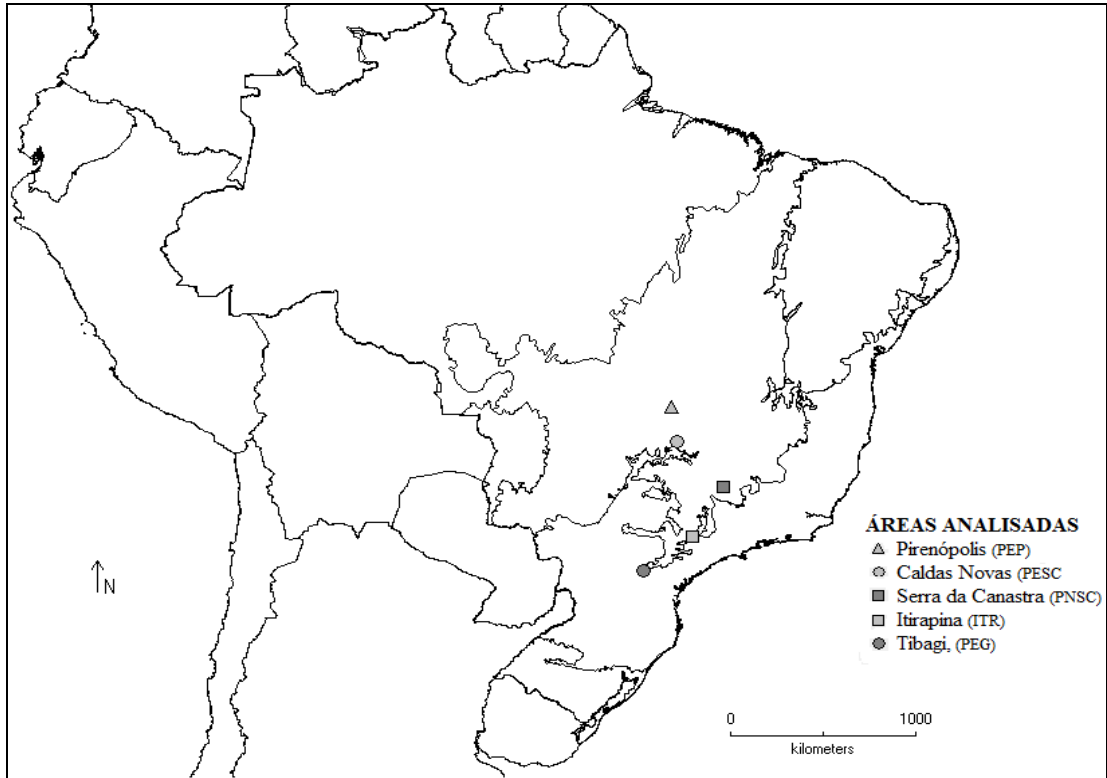
## Figuras



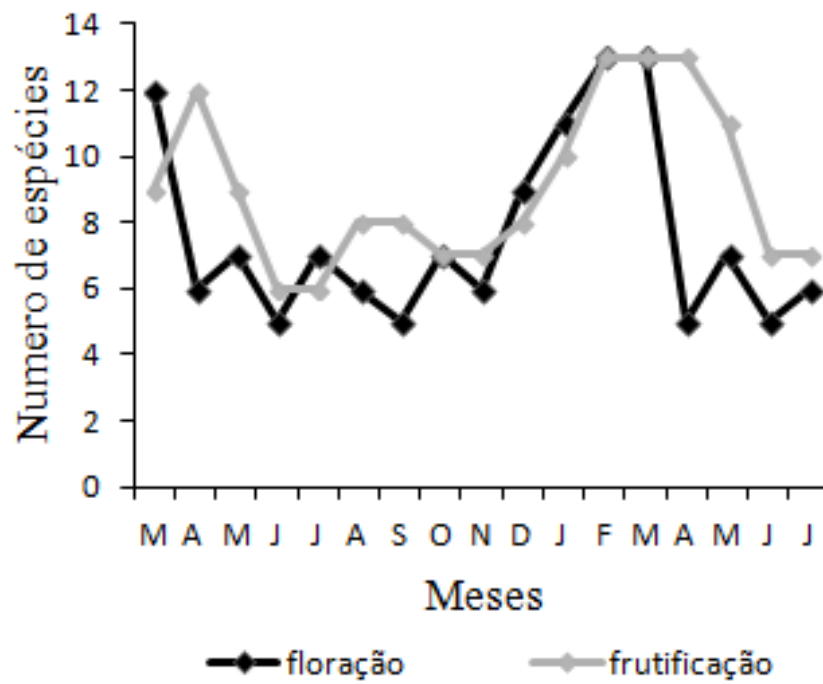
**Fig. 1** Climatograma com a temperatura média anual e precipitação total mensal no período compreendido entre fevereiro de 2011 e julho de 2012 no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná



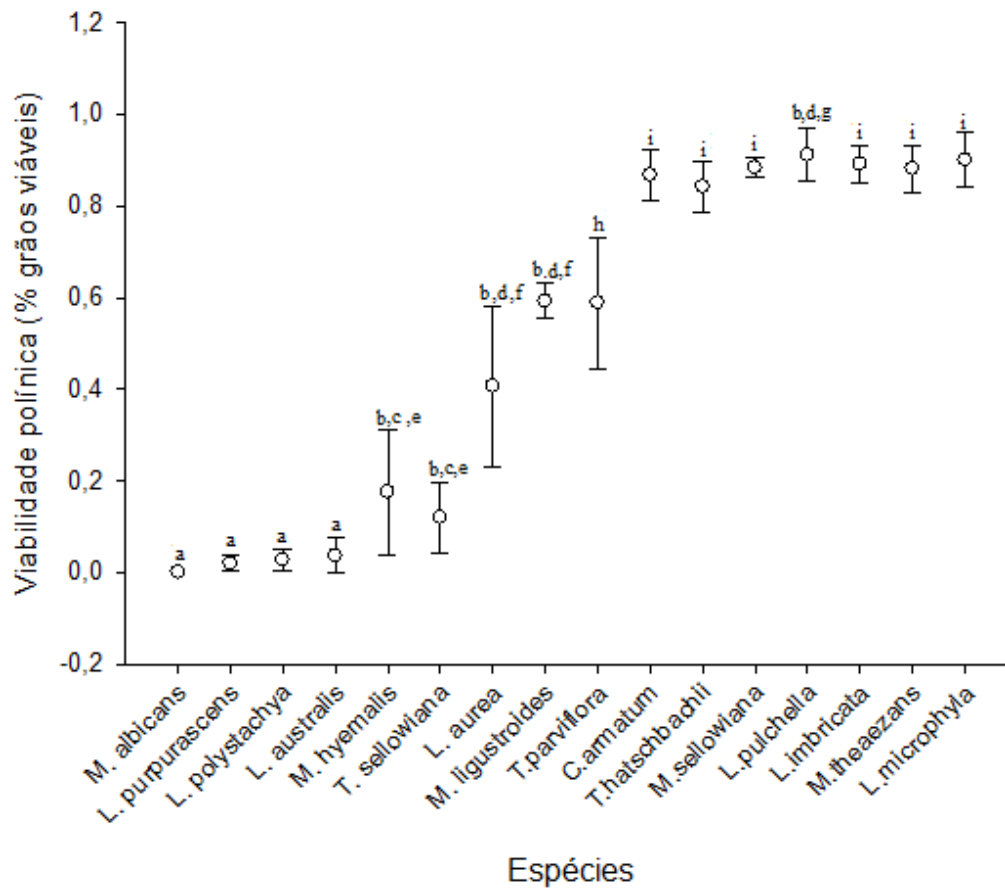
**Fig. 2** Espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná. A. Flores de *Tibouchina hatschbachii*, B. *T. sellowiana*, C, D. Inflorescência de *Leandra australis* e *L. aurea*, respectivamente, E. Indivíduo de *Leandra microphyla* F, G, H, I, J, K, L, Inflorescências de *Leandra polystachya*, *L. purpurascens*, *Miconia albicans*, *M. theaezans*, *M. hyemalis*, *M. ligustroides*, *M. sellowiana*, M, N, O, P, Flores de *Chaetostoma armatum*, *Lavoisiera imbricata*, *L. pulchella* e *Trembleya parviflora* Barra = 1.5cm(N); 16mm(O); 2cm(J,M); 3cm(C,F,G,H,L,P); 4cm(A,D,I); 4.5cm(B,K), 6cm(E)



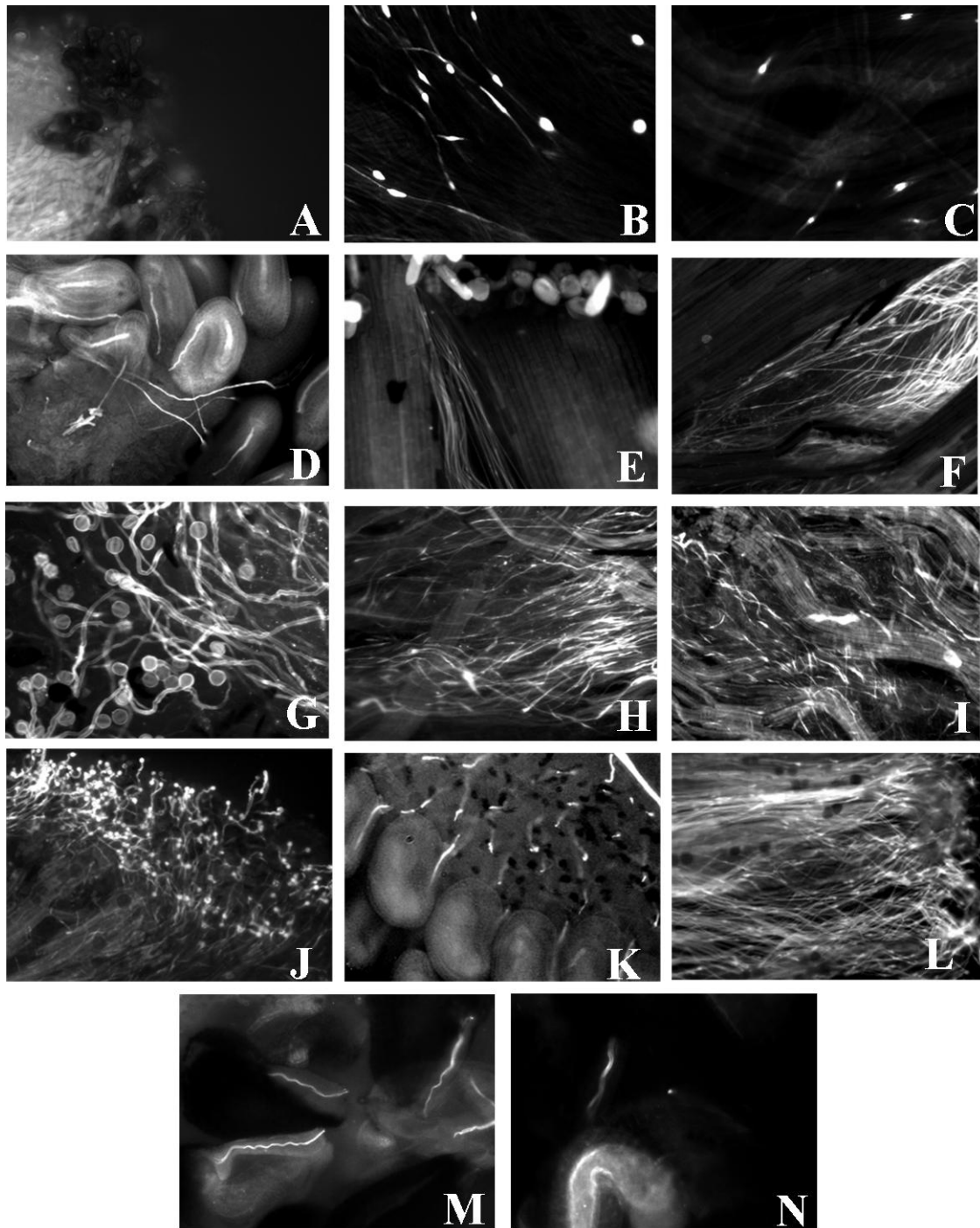
**Fig. 3** Áreas do Cerrado onde ocorreram os estudos dos dados compilados e deste estudo. Pontos mostram as áreas analisadas: Pirineus, Caldas Novas, Serra da Canastra, Itirapina e Tibagi. Siglas representam os locais dentro dos municípios onde foram realizados os trabalhos: PEP (Parque Estadual do Pirineus); PESC (Parque Estadual Serra de Caldas Novas); PNSC (Parque Nacional da Serra da Canastra); ITR (Itirapina); PEG (Parque Estadual do Guartelá)



**Fig. 4** Floração e frutificação das espécies de Melastomataceae do Parque Estadual do Guartelá (PEG) no período de março de 2011 a julho de 2012

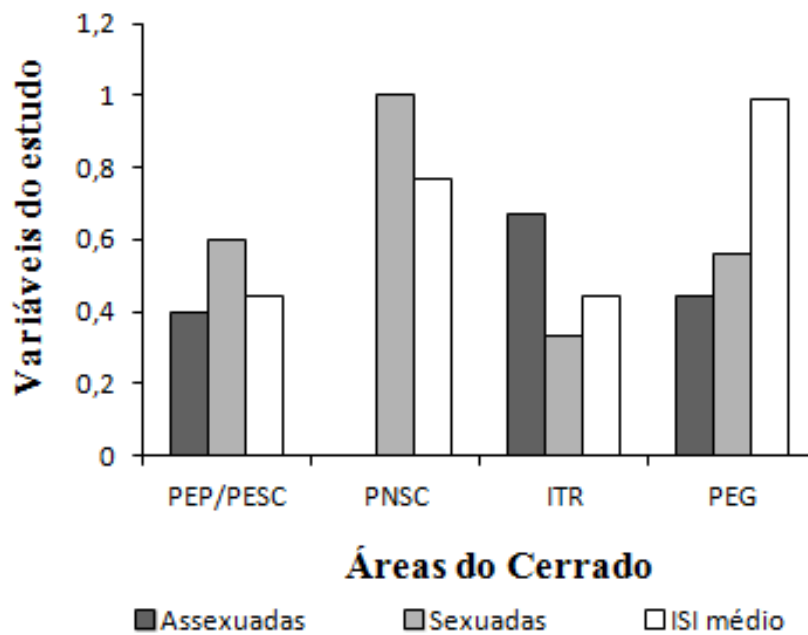


**Fig. 5** Variação na viabilidade de pólen entre indivíduos das espécies de Melastomataceae estudadas no Parque Estadual do Guartelá. As espécies estão em ordem crescente de valores de viabilidade média de pólen. Média e barras verticais indicando 95% de intervalo de confiança. Espécies não conectadas pelas mesmas letras indicam viabilidade de pólen significativamente diferente



**Fig. 6** Crescimento dos tubos polínicos em direção ao ovário. A. Tratamento de polinização cruzada em *Chaetostoma armatum*; B e C. Autopolinização manual e polinização cruzada, respectivamente, em *Leandra microphyla*; D e E. Polinização cruzada e autopolinização manual, respectivamente, em *Lavoisiera imbricata*; F, G e H. Polinização cruzada e autopolinização manual (24/48h), respectivamente, em *Miconia sellowiana*; I e J. Autopolinização manual e polinização cruzada, respectivamente, em *Miconia theaezans*; K e L. Polinização cruzada e autopolinização manual, respectivamente, em *Trembleya parviflora*; M e N. Polinização cruzada e autopolinização manual, respectivamente, em *Tibouchina hatschbachii*





**Fig. 7** Variação dos valores das variáveis do estudo (Tipo de reprodução: porcentagem de espécies assexuada/sexuada; valores médios do índice de autoincompatibilidade (ISI)) em cada uma das áreas do Cerrado analisadas (Pirineus, Caldas Novas, Serra da Canastra, Itirapina e Tibagi). Siglas representam os locais dentro dos municípios onde foram realizados os trabalhos: PEP (Parque Estadual do Pirineus); PESC (Parque Estadual Serra de Caldas Novas); PNSC (Parque Nacional da Serra da Canastra); ITR (Itirapina); PEG (Parque Estadual do Guartelá)

## APÊNDICE

### Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae no Cerrado

Espécie	Sistema reprodutivo+			Local do estudo	Ref.++
	Não-apomítica		Apomítica		
	AC	AI	AX		
<i>Microlicia fasciculata</i>			X	PEP/PESC	3
<i>Rhynchanthera grandiflora</i>	X			PEP/PESC	3
<i>Trembleya neopyrenaica</i>	X			PEP	3
<i>Tibouchina papyrus</i>	X			PEP	3
<i>Tibouchina aegopogon</i>		X		PEP/PESC	3
<i>Tibouchina vilossisima</i>	X			PNSC	3
<i>Macairea radula</i>	X			PEP/PESC	3
<i>Miconia ferruginata</i>			X	PEP/PESC	3
<i>Trembleya parviflora</i>	X			PNSC	3
<i>Cambessedesia espora</i>	X			PNSC	3
<i>Cambessedesia regnelliana</i>	X			PNSC	3
<i>Lavoisiera imbricata</i>	X			PNSC	3
<i>Microlicia inquinans</i>	X			PNSC	3
<i>Microlicia viminalis</i>		X		PNSC	3
<i>Svitramia</i> sp	X			PNSC	3
<i>Svitramia minor</i>	X			PNSC	3
<i>Svitramia hatschbachii</i>	X			PNSC	3
<i>Tibouchina frigidula</i>	X			PNSC	3
<i>Tibouchina heteromalla</i>	X			PNSC	3
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	X			PNSC	3
<i>Miconia angelana</i>	X			PNSC	3
<i>Leandra lacunosa</i>			X	ITR	2
<i>Miconia albicans</i>			X	ITR/PEG	2
<i>Miconia fallax</i>			X	ITR	2
<i>Miconia ligustroides</i>			X	ITR/PEG	2
<i>Miconia pohliana</i>			X	ITR	2
<i>Miconia rubiginosa</i>			X	ITR	2
<i>Miconia stenostachya</i>			X	ITR	2
<i>Miconia langsdorfii</i>		X		ITR	2
<i>Miconia pepericarpa</i>		X		ITR	2
<i>Miconia minutiflora</i>		X		ITR	2
<i>Miconia ibaguensis</i>			X	ITR	2
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	X			ITR	2
<i>Leandra australis</i>			X	PEG	1
<i>Leandra aurea</i>			X	PEG	1
<i>Leandra purpurascens</i>			X	PEG	1

continua...

**continuação...**

<i>Miconia hyemalis</i>		X		PEG	1
<i>Tibouchina sellowiana</i>		X		PEG	1
<i>Tibouchina hatschbachii</i>	X		1.1	PEG	1
<i>Lavoisiera pulchella</i>		X		PEG	1
<i>Chaetostoma armatum</i>	X		0.86	PEG	1
<i>Lavoisiera imbricata</i>	X		1.1	PEG	1
<i>Trembleya parviflora</i>	X		0.97	PEG	1
<i>Leandra microphyla</i>	X		0.67	PEG	1
<i>Miconia theaezans</i>	X		1.16	PEG	1
<i>Miconia sellowiana</i>	X		1.1	PEG	1

<sup>+</sup> AC, Autocompatível; AI, Auto-incompatível; AX, Apomítico; ISI, Índice de autoincompatibilidade

<sup>++</sup> Referências: 1. Este estudo; 2. Goldenberg & Shepherd, 2008; 3. Santos et al. 2012  
Siglas dois locais de estudo: PEP, Parque Estadual dos Pirineus (Goiás); PESCS, Parque Estadual Serra de Caldas Novas (Goiás); PNSC, Parque Nacional Serra da Canastra (Minas Gerais) ; ITR, Itirapina (São Paulo); PEG, Parque Estadual do Guartelá (Paraná);

## CAPÍTULO 2

### VISITANTES FLORAIS DE ESPÉCIES SEXUADAS E ASSEXUADAS DE MELASTOMATACEAE, EM UMA ÁREA DE CAMPO RUPESTRE, TIBAGI, PARANÁ<sup>1</sup>

1. Artigo preparado de acordo com as normas de submissão da revista *Acta Botanica Brasilica*

## **Visitantes florais de espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae, em uma área de Campo Rupestre, Tibagi, Paraná**

Fabiano Rodrigo da Maia<sup>1,2</sup>, Isabela Galarda Varasin<sup>1</sup> e Renato Goldenberg<sup>3</sup>

- 
1. Departamento de Botânica, Laboratório de Ecologia Vegetal, UFPR; Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, Caixa Postal. 19031, 81.531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.
  2. Autor correspondente: fabiano.botanica@gmail.com; Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, UFPR, Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, Caixa Postal. 19031, 81.531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.
  3. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Laboratório de Sistemática, UFPR; Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, Caixa Postal. 19031, 81.531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.

**RESUMO** - (Visitantes florais de espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae, em uma área de Campo Rupestre, Tibagi, Paraná) Espécies assexuadas são mais independentes de polinizadores, ao contrário das sexuadas. Melastomataceae, em geral, oferecem pólen, mas há casos de produção de néctar. Foram estudados os visitantes florais de Melastomataceae verificando: (1) polinizadores/pilhadores, (2) taxas de visitas, e (3) a abundância e composição de polinizadores em espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae. Foram realizadas observações focais em 14 espécies da família (sete sexuadas/sete assexuadas) e registrados o comportamento, o tipo de recurso coletado, a variação das taxas de visitação ao longo do dia e de acordo com o recurso (flores com néctar/sem néctar), a abundância e composição de visitantes entre espécies sexuadas e assexuadas. As flores foram visitadas por abelhas, vespas, moscas, besouros e borboletas, com polinizadores e pilhadores nos diferentes grupos. A taxa de visitação variou com o período do dia, mas não com o recurso. A abundância de polinizadores é menor em espécies assexuadas. Isto parece estar associado com a viabilidade do pólen e mecanismos de reprodução que permitem maior independência de polinizadores em assexuadas. Diferenças na composição de espécies visitantes não formam grupos distintos entre as espécies sexuada e assexuada, estando muito mais associada com a identidade da espécie dentro de cada grupo, do que a uma diferença funcional entre os grupos de visitantes.

**Palavras-chave:** assexuadas, néctar, polinização, sexuadas, visitantes florais

**ABSTRACT** (Floral visitors of sexual and asexual species of Melastomataceae, in an area of Campo Rupestre, Tibagi, Paraná) Asexual species are more independent from pollinators, than sexual ones. Melastomataceae generally offer pollen, but there are some species that offer nectar. We studied the floral visitors of Melastomataceae in an area of rupestrian fields in order to check: (1) pollinators/robbers, (2) rates of visits, and (3) the abundance and composition of visitors to sexual and asexual species. Focal observations were made in 14 species of the family (seven sexual / seven asexual). We recorded the behavior and type of resource gathered, and evaluated rates of visitation throughout the day in species with and without nectar, and visitors abundance between sexual and asexual species. The flowers were visited by bees, wasps, flies, beetles and butterflies, with pollinators and robbers in all the different groups. The visitation rate varied with the time of day, but not with the resource. Visitors abundance is lower abundance in asexual species. This seems to be associated with pollen viability and reproductive mechanisms that allow more independence of this asexual species from pollinators. Differences in species composition visitors do not form distinct groups among sexual and asexual species, is more associated with the identity of the species within each group, rather than a functional difference between groups of users.

**Keywords:** asexual, nectar, pollination, sexual, floral visitors

## Introdução

As flores de Melastomataceae geralmente oferecem pólen como recompensa aos seus polinizadores (Renner 1989; Harter *et al.* 2002). No entanto, além da produção de pólen, elas parecem apresentar outras estratégias para atração dos polinizadores, como a produção de néctar (Vogel 1957, Renner 1989, Stein & Tobe 1989, Vogel 1997, Muchhala & Jarrin 2002, Varassin *et al.* 2008, Santos *et al.* 2010).

A família Melastomataceae é bem estudada do ponto de vista reprodutivo, apresentando tanto espécies sexuadas como assexuadas (Renner 1989, Borges 1991, Goldenberg & Shepherd 1998, Goldenberg & Varassin 2001, Couto-Pereira *et al.* 2011, Brito & Sazima 2012, Santos *et al.* 2012). Uma ideia que aparece frequentemente em estudos reprodutivos de é que espécies apomíticas apresentam poucos ou mesmo não apresentam visitantes florais (Bashaw 1980; Renner 1989, Hanna 1995, Jefferson & Bicknel 1995, Koltunow *et al.* 1995, Goldenberg & Shepherd 1998, Savidan 2000, Fendrich 2012), o que geralmente é justificado pela independência de polinizadores para reprodução.

A apomixia, um mecanismo de produção assexuada de sementes, é frequentemente associada à poliploidia e origem híbrida de espécies (Nijs & Menken 1996, Mendes-Rodrigues & Oliveira 2012), que por sua vez, estão relacionadas à esterilidade total ou baixa viabilidade de pólen (Richards 1997, Mogie 1992), como ocorre em Melastomataceae (Goldenberg & Shepherd 1998, Goldenberg & Varassin 2001).

Por outro lado, espécies sexuadas, apresentam alta viabilidade de pólen (Goldenberg & Shepherd 1998, Goldenberg & Varassin 2001), tornando a polinização cruzada mais eficiente, devido a maior quantidade desse recurso. Essas espécies parecem ser muito mais dependentes de polinizadores, e em Melastomataceae, dependentes de polinizadores especializados associados com a coleta de pólen em anteras poricidas, que demandam à polinização vibrátil (Renner 1989). No entanto nenhum estudo até o momento apresenta informações quantitativas que dê base a estas afirmações.

No Paraná, estudos envolvendo a comunidade de visitantes florais em Melastomataceae estão restritos a trabalhos de polinização realizados em áreas da Floresta Atlântica (Franco *et al.* 2011, Couto-Pereira *et al.* 2011). Por outro lado, há levantamentos sistemáticos de abelhas, incluindo estudos sobre sazonalidade e estrutura de comunidade (Sakagami *et al.* 1967, Barbola & Laroça 1993, Almeida 2003, Gonçalves & Melo 2005, Gonçalves *et al.* 2009) na região dos Campos Gerais, onde ocorrem as áreas de Campos Rupestres, formação na qual Melastomataceae é comum (Romero & Martins 2002). Contudo, trabalhos envolvendo a relação entre o comportamento e abundâncias de insetos em função do tipo de reprodução de Melastomataceae são raros e merecem ser estudadas.

O Parque Estadual do Guartelá (PEG) é uma das importantes Unidades de Conservação da região dos Campos Gerais, estando inserido na Área de Preservação Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana. No Parque Estadual do Guartelá (PEG) ocorrem 33 espécies de Melastomataceae (F. R. Maia, dados não

publicados), distribuídas em sete gêneros (*Acisanthera*, *Chaetostoma*, *Lavoisiera*, *Leandra*, *Miconia*, *Tibouchina* e *Trembleya*).

O objetivo geral deste trabalho foi realizar o levantamento dos visitantes florais de Melastomataceae, procurando caracterizar os polinizadores e pilhadores, e verificar possíveis variações na abundância em espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae no PEG. Espera-se que espécies assexuadas apresentem baixa abundância de visitantes florais, uma vez que estas espécies geralmente apresentam baixa viabilidade de pólen, e estão frequentemente relacionadas a outros mecanismos que permitem maior independência reprodutiva, como casos de poliploidia e hibridações.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O estudo foi desenvolvido entre março de 2011 à outubro de 2012, no Parque Estadual do Guartelá (PEG), município de Tibagi, Paraná. A região do PEG é caracterizada por um mosaico de diferentes tipos vegetacionais, variando de formações rupestres, até áreas restritas de savana arborizada (Cerrado) e florestas (Velooso *et al.* 1991).

O clima da região de Tibagi, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido quente), tendo influência indireta do clima Cfb (temperado sempre úmido). No período de estudo a temperatura média anual foi de 18.5 °C, com geadas frequentes durante a estação seca e precipitação mensal variando de 12 a 382 mm (SIMEPAR - Estação Meteorológica de Telêmaco Borba).

### **Espécies foco**

Foi realizado o levantamento dos visitantes florais de 14 espécies da família Melastomataceae no Parque Estadual do Guartelá (PEG). Essas espécies foram categorizadas por formas de reprodução, com sete espécies em cada categoria (ver capítulo 1):

I) Assexuadas: *Lavoisiera pulchella* Cham. (75199; 75200) , *Leandra aurea* (Cham.) Cogn. (75201; 75202), *L. polystachya* (Naudin) Cogn. (75207; 75208), *L. purpurascens* (DC.) Cogn. (75209), *Miconia hyemalis* A. St.-Hil. & Naudin (75224), *M. ligustroides* (DC.) Naudin. 75226; 75227), *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. (75242);

II) Sexuadas: *Chaetostoma armatum* (Spreng.) Cogn. (75192; 75193), *Lavoisiera imbricata* (Thunb.) DC (75195; 75196), *Leandra microphylla* Cogn. (75206), *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (75228), *M. theaezans* (Bonpl.) Cogn., *Tibouchina hatschbachii* Wurdack, Cogn. (75239; 75240), *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn. (75244; 75245);

Exemplares de cada espécie foram coletados, identificados e depositados no Herbário da UFPR (UPCB).

### **Visitantes florais - comportamento e estratégias de forrageamento**



Os visitantes florais foram observados e coletados em três indivíduos por espécie de Melastomataceae. Os indivíduos de plantas utilizadas para observação dos visitantes foram amostrados ao acaso em quatro dias consecutivos, durante o período de março/2011 e outubro/2012.

As observações ocorreram das 06:00h às 18:00h perfazendo 12 horas/dia e 48 horas/espécie. A coleta dos dados foi distribuída ao longo do dia, com o intuito de avaliar a variação diária na atividade dos visitantes florais. Para estimativa de abundância relativa, exemplares de todos os visitantes florais foram coletados com rede entomológica, sacrificados em acetato de etila e posteriormente enviados para identificação por especialistas e depositados no Museu de Entomologia Pe. Jesus S. Moure do Departamento de Zoologia da UFPR (DZUP).

Os insetos visitantes florais foram categorizados nos seguintes grupos: abelhas pequenas (até 6 mm) e abelhas grandes (> 6 mm), vespas, moscas, besouros e lepidópteros.

Os visitantes florais foram considerados polinizadores quando tocavam as estruturas reprodutivas, e pilhadores quando apenas pilhavam néctar e/ou pólen (Inouye 1980). O tipo de recurso floral coletado (somente néctar, somente pólen ou ambos) também foi registrado.

#### **Abundância diária dos visitantes em flores com néctar e sem néctar**

Para verificar se as taxas de visitação variam de acordo com o período do dia e com o recurso (flores com/sem néctar) foi realizado uma ANOVA bifatorial. A taxa de visitação representa a razão entre o número de visitas no período pelo total de horas observadas no período amostrado.

#### **Abundância e composição de visitantes em espécies sexuadas e assexuadas**

A abundância média de visitantes florais de espécies assexuadas e sexuadas foi comparada utilizando Teste – *t* de *Student* com variâncias desiguais, após ter sido testada a homogeneidade dos dados pelo teste de Levene. Os dados de abundância média foram logaritmizados ( $\log x+1$ ).

Foi construída uma matriz com os dados de abundância média das visitas em cada espécie de planta, eliminando as espécies que não apresentaram visitantes florais na amostragem. A diferença na composição de visitantes florais de espécies assexuadas e sexuadas foi testada por análise não paramétrica de similaridade, ANOSIM (Clarke & Warwick 1994). Para visualizar os agrupamentos de espécies visitantes em espécies sexuadas e assexuadas de plantas, fez-se uma ordenação da composição de visitantes florais pelas espécies de plantas, por meio de uma análise de correspondência destendenciada (DCA)(Causton 1988), utilizando uma matriz de presença/ausência de visitantes florais em cada espécie de planta. Nesta análise também foram removidas as espécies que não apresentaram visitantes florais.

### **Resultados**

#### **Visitantes florais - comportamento e estratégias de forrageamento**

As espécies de Melastomataceae no PEG foram visitadas por 746 indivíduos, correspondendo a 79 espécies de insetos (Tab.1), pertencentes às seguintes categorias: abelhas pequenas, abelhas grandes, moscas, vespas, besouros e lepidópteros (Fig.1).

As categorias pertencentes à ordem Hymenoptera (abelhas grandes e pequenas e vespas) foram as mais representativas em abundância e riqueza de espécies (Tab.2). As abelhas apresentaram a maior riqueza, com 43 espécies (Tab.1), o que equivale a 54 % do total amostrado. Duas espécies de abelhas predominaram: *Apis mellifera* (uma espécie invasora), e *Trigona spinipes* (uma espécie pilhadora de pólen e néctar), com 32 e 21 % do total dos registros realizados, respectivamente.

### **Abundância diária dos visitantes em flores com e sem néctar**

A taxa de visitação variou com o período do dia ( $F = 4.829$ ;  $GL = 5$ ;  $p = 0.000$ ), mas não apresentou variação com o recurso ( $F = 0.631$ ;  $GL = 1$ ;  $p = 0.428$ ), e nem é resultado da interação entre recurso e período ( $F = 1.565$ ;  $GL = 5$ ;  $p = 0.170$ ). Logo, não existem diferenças nas taxas de visitação entre os períodos diários em flores com e sem néctar.

Quando comparado às médias das taxas de visitação, percebe-se que em flores sem néctar, a taxa de visitação para a coleta de pólen aumentou pela manhã, atingindo o pico de visitas entre 08:00-10:00h, diminuindo drasticamente no período da tarde, não sendo mais encontrados visitantes após às 16:00h. Por outro lado, em flores com néctar, a taxa de visitação apresentou uma tendência de aumento entre 10:00-12:00h, onde ocorreu a maior frequência de visitas, mantendo as visitas no período da tarde. Assim, as médias das taxas de visitação nas flores-néctar tendem ser mais altas que nas flores-pólen, após o período das 12 horas (Fig.2).

### **Abundância e composição de visitantes em espécies sexuadas e assexuadas**

A abundância média de visitas foi maior em flores de espécies sexuadas (Média=98,42  $\pm$  39,70; N=689) do que em flores de espécies assexuadas (Média=8,14  $\pm$  4,62; N=57) ( $t=2.96$ ;  $p=0.004$ ).

Espécies sexuadas se relacionaram com sete grupos de insetos visitantes, enquanto que as assexuadas se relacionaram com cinco grupos visitantes (Tab.3). Contudo, houve sobreposição de cinco grupos visitantes entre as espécies assexuadas e sexuadas de plantas. Embora a análise de similaridade tenha sido significativa (ANOSIM:  $R=0.373$ ;  $p=0.034$ ; Fig.3), a distribuição de espécies visitantes florais, visualizadas na ordenação, não mostrou um agrupamento claro de espécies entre os grupos de diferentes tipos de reprodução (assexuada e sexuada) em plantas. Enquanto a maior parte das espécies (*Chaetostoma armatum*, *Lavoisiera imbricata*, *Leandra aurea*, *Tibouchina hatschbachii*, *Trembleya parviflora*), se agrupou no centro da ordenação, independentemente do tipo de reprodução, compartilhando cinco grupos de insetos visitantes (Fig.3); *Miconia ligustroides* possui um único grupo visitante, *M. sellowiana*, três grupos visitantes e *M. hyemalis* e *M. theaezans*, quatro e seis grupos visitantes, respectivamente (Fig.3).

## Discussão

O comportamento das abelhas observado nas espécies deste estudo é semelhante à maioria das espécies de abelhas que visitam as flores de Melastomataceae (Renner 1989, Fracasso 2008). As abelhas visitaram flores de diferentes tamanhos e cores que, em muitos casos são também polinizadas por outros grupos (Freitas & Sazima 2006). Em Melastomataceae, uma família dependente do mecanismo de vibração apresentado pelas abelhas para retirada de pólen (Laroca 1970, Renner 1986, 1987, 1989, Larson & Barrett 1999), a maior abundância de abelhas encontradas em espécies sexuadas mostra a importância desse grupo de visitantes para a polinização na família e reflete um longo processo de coevolução das abelhas e plantas com anteras poricidas (Buchmann 1983).

Os resultados encontrados para as taxas de visitação refletem as limitações corporais e fisiológicas dos insetos, mostrando que a maior taxa de visitas coincide com altas temperaturas, alta intensidade luminosa e baixa umidade nos horários mais quentes do dia (Ramalho *et al.* 1991). Esse padrão também tem sido verificado em outros trabalhos nos Campos Rupestres e de Altitude (Kleinert-Giovannini 1982, Pedro 1992, Faria 1994, Antonini *et al.* 2005, Fracasso 2008). Diferentes grupos de visitantes poderiam apresentar diferentes taxas de visitação associadas a adaptações às condições abióticas diárias. Contudo, isso parece não ocorrer e os diferentes grupos se comportam de forma semelhante, com altas taxas de visitas coincidindo com altas temperaturas, alta luminosidade e baixa umidade (Antonini *et al.* 2005).

As diferenças nas médias das taxas de visitas em flores com néctar e sem néctar após o período das 12 horas podem ser explicadas pela dinâmica de oferta de recursos, pois enquanto o néctar em plantas pode ser produzido continuamente (Pacini & Nepi 2007), o pólen é produzido em pacotes durante a antese sendo sua disponibilidade inversamente relacionada à quantidade de visitas recebidas (Harder & Barrett 1996). Isto resulta em distintos períodos de forrageio pelos polinizadores, com maior taxa pela manhã em flores que produzem pólen (Franco *et al.* 2011) e a manutenção das taxas de visitas ao longo do dia em flores que produzem néctar (Varassin *et al.* 2012).

A maior abundância de visitantes florais em espécies sexuadas permite um maior sucesso da polinização cruzada (Polatto & Alves 2008). Além disto, o pólen é um recurso atrativo para os polinizadores, principalmente em plantas com anteras poricidas (Buchmann 1983), neste caso espécies sexuadas tendem a ser mais visitadas em relação a espécies assexuadas como provável consequência da maior quantidade de pólen disponível. Em *Rhexia virginica* (Larson & Barrett 1999); e *Tibouchina sellowiana* e *T. pulchra* (Goldenberg & Varassin 2001, Couto-Pereira *et al.* 2011), as flores velhas (2º dia de antese) alteram sua coloração, sendo os visitantes direcionados às flores jovens, que ainda não sofreram alteração de coloração, e que ainda devem apresentar pólen disponível aos polinizadores (Weiss 1995, Goldenberg & Varassin 2001, Couto-Pereira *et al.* 2011). Por outro lado, espécies apomíticas podem apresentar uma quantidade reduzida de pólen ou nem apresentar (Richards 1997, Mogie 1992).

A apomixia é uma das formas de produção assexuada de sementes (Bicknell & Koltunow 2004). Porém, nem sempre a apomixia exclui a reprodução sexual, pois existem os chamados apomíticos facultativos que retêm a capacidade de se reproduzir sexualmente (Nogler 1984). Em *Miconia hyemalis*, a alta taxa de frutos formados entre os tratamentos de polinização cruzada, autopolinização e apomixia (capítulo I) indica que, embora a espécie seja considerada assexuada, quando ocorre a polinização há maior produção de frutos. Em espécies apomíticas facultativas, o balanço entre apomixia e sexualidade parece ser influenciado, por fatores genéticos (Hanna 1995, Asker & Jerling 1992), citológicos (Caetano, 2010), e também pela presença ou ausência de polinizadores (Hanna 1995, Jefferson & Bicknell 1995, Koltunow *et al.* 1995, Savidan 2000).

Em alguns raros casos, espécies assexuadas requerem a polinização para estimular o desenvolvimento da semente, embora nem o embrião, nem o endosperma sejam fertilizados (Bicknell *et al.* 2003, Asker & Jerling 1992). Neste contexto, embora as espécies assexuadas deste trabalho tenham apresentado uma baixa abundância de visitantes florais, é possível que alguns visitantes promovam a transferência de pólen entre os indivíduos, estimulando o desenvolvimento de sementes apomíticas.

As espécies apomíticas deste estudo (capítulo 1) mostram uma baixa proporção de grãos viáveis (0-59,2%, à exceção de *Lavoisiera pulchella*, com 91,2 %). As mesmas apresentaram uma reduzida abundância ou até mesmo ausência de visitantes florais, mostrando que plantas com baixa viabilidade de pólen são pouco ou nunca visitadas. De fato espécies apomíticas, devido a sua associação com outros mecanismos reprodutivos, como a presença de poliploidia ou hibridações (Stebbins 1985, Nijs & Menken 1996, Goldenberg & Shepherd 1998, Caetano 2010, Mendes-Rodrigues & Oliveira 2012), podem de fato ser mais independentes de polinizadores (Hanna 1995, Jefferson & Bicknell 1995, Koltunow *et al.* 1995, Savidan 2000). Alguns apomíticos autônomos ainda são capazes de formação do endosperma, sem a ocorrência de fecundação (Asker & Jerling 1992, Koltunow 1993), descartando a necessidade de visitas pelos polinizadores, o que pode ser o caso de espécies apomíticas deste estudo que não foram visitadas por nenhum inseto.

Utilizando uma abordagem funcional, ao agrupar espécies em grupos (abelhas pequenas e grandes, sirfídeos e não sirfídeos, vespas, besouros e borboletas) percebe-se que a diferença encontrada no número de grupos visitantes em cada grupo de plantas (assexuada e sexuada), reflete em uma redundância funcional (números de espécies por tipo funcional) (Walker, 1992). Ou seja, em espécies sexuadas, os tipos funcionais estavam melhor representados, permitindo uma maior composição das espécies. Mas ambos os grupos de plantas (assexuada e sexuada), compartilham grupos de insetos que contribuem da mesma forma para a polinização, por isso são funcionalmente redundantes. Assim nossos resultados mostram que há pouca variação entre os grupos de plantas que definem essa diferença de composição de

espécies, indicando que a análise de similaridade significativa para a diferença na composição, reflete apenas variações na identidade das espécies que definem cada grupo de inseto neste trabalho.

Interessante notar que o tipo de reprodução influencia a composição de espécies, embora não tenha sido encontrada a formação de agrupamentos de insetos em diferentes tipos de reprodução. Algumas espécies que se destacaram na ordenação, *Miconia ligustroides* não compartilha nenhum táxon de inseto com outras espécies de planta, apresentando dois registros exclusivos de abelhas grandes. Por outro lado, *M. sellowiana* forma uma maior guilda de visitantes florais, provavelmente devido ao grande oferecimento de flores e emissão de odores que atrai um número maior de visitantes florais, sendo muitos exclusivos dessa espécie (Kuchmeister *et al.* 1998). Por fim, o fato de *M. hyemalis* e *M. theaezans* terem formado agrupamentos claros de visitantes florais, com uma maior guilda de grupos visitantes, confirma a ideia de que espécies com néctar de fato atraem uma maior guilda de visitantes florais, conforme tem sido sugerido para as Melastomataceae com néctar (Varassin *et al.* 2008; Santos *et al.* 2010; Fendrich 2012). A presença de pólen junto com o néctar em espécies sexuadas, além de favorecerem a atração de visitantes florais e facilitar o fluxo de pólen pelo aumento de visitas, pode evitar a retirada excessiva de grãos de pólen pelos visitantes, que poderiam levar a uma condição de limitação de pólen (Motten *et al.* 1981). Desta forma o oferecimento do néctar aos visitantes florais poderia diminuir a atenção pelo pólen, e assim aumentar a efetividade na reprodução. Por outro lado, essas mesmas características em espécies assexuadas, aumentam as chances de visitas, permitindo algum nível de transporte de pólen, como parece ser o caso de *Miconia hyemalis*.

Neste estudo, as flores de Melastomaceae mostraram-se bastante generalistas quanto ao grupo de polinizadores, sendo visitadas por abelhas, moscas, besouros e borboletas. Isso, aliado ao fato de terem sido encontrados polinizadores e pilhadores nos diferentes grupos de insetos, mostra que além das abelhas, outros grupos podem desencadear a polinização em Melastomataceae. As taxas de visitas variam com o horário, conforme relatado em literatura, mas não com o recurso, embora o néctar aumente as taxas de visitas. As informações quantitativas de visitantes florais em cada tipo de reprodução mostra que a abundância de visitantes varia entre grupos de plantas sexuadas e assexuadas, mas a ordenação não mostra agrupamentos claros de composição de espécies em cada tipo de reprodução, exceto em *M. hyemalis* e *M. theaezans*, o que evidencia que a presença de néctar influencia a composição de espécies visitantes florais.

## **Agradecimentos**

Agradecemos ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela concessão da autorização de pesquisa e pela utilização do alojamento no Parque Estadual do Guartelá. Ao Programa de Pós-graduação em Botânica, ao Laboratório de Ecologia Vegetal, , junto a Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelo oferecimento

das condições necessárias para a realização desta pesquisa. Ao Prof. Dr. Gabriel A. R. Melo, Dr. Bolívar R. Garcete-Barrett, Dra. Mirian Nunes Morales, e Prof. Dr. Claudio J. B. de Carvalho que auxiliaram na identificação dos diferentes grupos taxonômicos. Prof. Dr. Paulo Eugenio Alves de Oliveira Macedo, Dr. Miriam Kaehler e Prof. Dr. André Andrian Padial pelos comentários feitos sobre o manuscrito. Às agências financiadoras, CAPES pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor, a ao Programa Nacional de Apoio e Desenvolvimento da Botânica (PNADB) - 23038.000027/2010-51 pelo financiamento do projeto.

## Referências Bibliográficas

- Almeida, M. C. 2003. Taxonomia e Biocenótica de Apoidea (Hymenoptera) de Áreas Restritas de Cerrado no Município de Jaguariaíva, Paraná, Sul do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná
- Antonini, Yasmine; Souza, Henrique G.; Jacobi, Claudia M. & Mury, Fabio B. 2005. Diversidade e comportamento dos insetos visitantes florais de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae), em uma área de campo ferruginoso, Ouro Preto, MG. **Neotropical Entomology** **34**: 555-564
- Asker, S.E. & Jerling, L. 1992 **Apomixis in plants**. 1º ed., CRC Press, Boca Raton
- Barbosa, I. F. & S. Laroca. 1993. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. **Acta Biológica Paranaense** **22**: 91–113
- Bashaw, E.C. 1980 Apomixis and its applications in crop improvement. pp. 45-63. In: FEHR, W. R.; HADLEY, H.H (ed.) **Hybridization of crop plants**. Wisconsin: American Society of Agronomy
- Bicknell, R.A. & Koltunow, A.M. 2004. Understanding apomixes: recent advances and remaining comundrums. **The Plant Cell** **16**: 229-245.
- Borges H.B.N. 1991. **Biologia reprodutiva de quatro espécies de Melastomataceae**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo
- Brito, V. L. G. & Sazima, M. 2012. *Tibouchina pulchra* (Melastomataceae): reproductive biology of a tree species at two sites of an elevational gradient in the Atlantic rainforest in Brazil. **Plant Systematic and Evolution** **298**:1271–1279
- Buchman, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms, pp.73-113. In: C.E. Jones R.J. & Little (eds.), **Handbook of experimental pollination biology**. New York, Van Nostrand Reinhold Company
- Caetano, A.P.S. 2010 **Apomixia e reprodução sexuada em espécies de Miconia Ruiz e Pávons, Melastomataceae**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo
- Causton, D. R. 1998. **Introduction to vegetation analysis**. Unwin Hyman, London, UK, 342pp.

- Clarke, K.R., Warwick, R.M. 1994. **Chance in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Bournemouth, Bourne Press, 128p.
- Couto - Pereira, A. C., Silva, J. B., Goldenberg, R., Melo, G. A. R., & Varassin, I. G. 2011. Flower color change accelerated by bee pollination in *Tibouchina* (Melastomataceae). **Flora** **206**: 491–497
- Faria, G. M. 1994. **A flora e fauna apícola de um ecossistema de campo rupestre, Serra do Cipó - MG, Brasil**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Faria-Mucci, G.; Melo, M. A.; Campos, L. A. O. 2003. A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas utilizadas como fonte de recursos florais, em um ecossistema de campos rupestres em Lavras Novas, Minas Gerais, Brasil pp. 241-256. In: G. A. R. Melo & I. Alves-dos-Santos, **Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure**. Editora UNESC, Criciúma
- Fendrich, T. G. 2012. **A tendência generalista no sistema de polinização em espécies de Miconieae (Melastomataceae) está relacionada a morfometria das anteras e sementes?** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Fracasso, C. M. (2008) **Biologia da polinização e reprodução de espécies de Melastomataceae no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- Franco A.M., Goldenberg R., Varassin I.G. 2011. Pollinator guild organization and its consequences for reproduction in three synchronopatric species of *Tibouchina* (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Entomologia** **55**:381–388
- Freitas, L. & Sazima, M. 2006. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interaction at the community level. **Annals of Missouri Botanical Garden** **93**: 565-516.
- Goldenberg, R.; Shepherd, G. J. 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. **Plant Systematics and Evolution** **211**:13-29
- Goldenberg, R.; Varassin, I. G. 2001. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **24**:283-288
- Gonçalves, R.B. & Melo, G.A.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s.l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Parana: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. **Revista Brasileira de Entomologia**, **49**:557-571.
- Gonçalves, R. B.; Melo, G. A. R.; Aguiar, A. J. C. 2009 A assembleia de abelhas (Hymenoptera, Apidae) de uma área restrita de campos naturais do Parque Estadual de Vila Velha, Parana e comparações com áreas de campos e cerrado. **Papéis avulsos de Zoologia, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**. **49**:163-181
- Hanna, W.W. 1995. Use of apomixis in cultivar development. **Advances in Agronomy** **54**: 333-350

- Harder, L.D.; Barrett, S.C.H. 1996. Pollen dispersal and mating patterns in animal-pollinated plants. p.140-190. In: D.G. Lloyd, D. G.; Barrett, S.C.H. (eds.). **Floral Biology**. Chapman & Hall. New York
- Harter, B.; Leistikow, C.; Wilms, W.; Truylio, B. & Engels, W. 2002. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian Araucaria forest: a community study. **Journal of Apicultural Research** **40**: 9-16
- Inouye, D. W. 1980. The terminology of floral lacerny. **Ecology** **61**: 1251-1253
- Jefferson, R.A. & Bicknell, R.A. 1995. The potential impacts of apomixis: A molecular genetics approach. pp. 87-101. In: B.W.S. Sobral (ed). **The Impact of Plant Molecular Genetics**. Birkhäuser, Boston
- Kleinert-Giovannini, A. 1982 The influence of climatic factors on flight activity of *Plebeia emerina* Friese (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) in winter. **Revista Brasileira de Entomologia**, **26**: 1-13
- Koltunow, A.M. 1993. Apomixis: embryo and sacs embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. **The plant cell** **5**: 1425-1437
- Koltunow, A.M., Bicknell, R.A. & Chaudhury, A.M. 1995. Apomixis: Molecular strategies for the generation of genetically identical seeds without fertilization. **Plant Physiology** **108**:1345-1352
- Kuchmeister, H., Webber A. C., Silberbauer-Gottsberger, I., Gottsberger, G. 1998. A polinização e sua relação com a termogênese em espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amzônia Central. **Acta Amazonica** **28**:217-245
- Laroca, S. 1970. Contribuição para o conhecimento das relações entre abelhas e flores: Coleta de pólen das anteras tubulares de certas Melastomataceae. **Revista Floresta** **2**: 69-74
- Larson, B.M.H. & S.C.H. Barrett. 1999. The ecology of pollen limitation in buzz-pollinated *Rhexia vimica* (Melastomataceae). **Journal of Ecology** **87**: 371-381
- Mendes-Rodrigues C. & Oliveira P.E. 2012. Polyembryony in Melastomataceae from Brazilian Cerrado: multiple embryos in a small world. **Plant Biology** **14**: 845–853
- Mogie, M. 1992. The evolution of asexual reproduction in plants. Chapman & Hall, London
- Motten, A. F., Campbell, D. R., Alexander, D. E., Miller, H. L. 1981. Pollination effectiveness of specialist and generalist visitors to a North Carolina population of *Claytonia virginica*. **Ecology** **62**: 1278-1287.
- Muchhala N, Jarrin-V. P. 2002. Flower visitation by bats in cloud forests of western Ecuador. **Biotropica** **34**: 387–395



- Nijs, H.C.M. den & Menken, S.B.J. 1996. Relations between breeding system, ploidy level, and taxonomy in some advanced sections of *Taraxacum*. pp. 665-677. In: 21 H.D.N. Hind, H.J. Beentje (eds.). **Advances in Compositae systematics**. Royal Botanic Gardens, Kew
- Nogler, G.A. 1984. Gametophytic apomixis. pp. 475-518. In: B.M. Johri (ed.). **Embryology of Angiosperms**. Springer-Verlag, Berlin
- Pacini, E., Nepi, M., 2007. Nectar production and presentation. pp. 167–214. In: Nicolson, S., Nepi, M., Pacini, E., (eds.), **Nectaries and nectar**. Springer, Dordrecht.
- Pedro, S. R. M. 1992. Sobre as abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em um ecossistema de cerrado (Cajuru, NE do estado de São Paulo): **Composição, fenologia e visita as flores**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto
- Polatto, L. P. & Alves, Jr.V. V. 2008. Utilização dos recursos florais pelos visitantes em *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae). **Neotropical entomology 37**: 389-398
- Ramalho, M., V.L. Imperatriz-Fonseca & A. Kleinert-Giovannini. 1991. Ecologia Nutricional de Abelhas Sociais pp. 225-252. In A.R. Panizzi. & J.R.P. Parra, **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. CNPq, Ed. Manole Ltda.
- Renner, S.S. 1986/87. Reproductive biology of *Bellucia* (Melastomataceae). **Acta Amazonica 16/17**: 197-208
- Renner, S. S. 1989. A survey of reproductive biology in neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden 76**: 496-518
- Richards, A.J. 1997. **Plant breeding systems**. 2<sup>o</sup>ed. Chapman & Hall, Londres
- Romero, R.; Martins, A.B. 2002. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica 25**: 19-24.
- Sakagami, S.F.; Laroça, S.; Moure, J.S. 1967. Wild bee biocoenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil. **Preliminary report, Journal of the Faculty of Science Hokkaido University, Series IV, Zoologia 16**:253–291
- Santos, A. P. M. S., Romero, R. Oliveira, P. E. A. M. O. 2010. Biologia reprodutiva de *Miconia angelana* (Melastomataceae), endêmica da Serra da Canastra, Minas Gerais, **Revista Brasileira de Botânica: 33**: 333-341
- Santos, P.M. S., Fracasso, C.M., Santos, M. L., Romero, R., Sazima, M., Oliveira, P. E. 2012. Reproductive biology and species geographical distribution in the Melastomataceae: a survey based on New World taxa. **Annals of Botany 110**: 667-679
- Savidan, Y. 2000. Apomixis: Genetics and breeding. **Plant Breeding Reviews 18**: 13–86.
- Stebbins, G. L. 1985. Polyploidy, hybridization and the invasion of new habitats. **Annals of the Missouri Botanical Garden 72**: 824- 832

- Stein BA, Tobe H. 1989. Floral nectaries in Melastomataceae and their systematic and evolutionary implications. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 76: 519–531.
- Varassin, I. G.; Penneys, D. S.; Michelangeli, F. 2008. Comparative Anatomy and Morphology of Nectar-producing Melastomataceae. **Annals of Botany** 102: 899–909
- Varassin, I. G.; Ximenes, B. M. S.; Moreira, P. A.; Zanon, M. M. F. Z.; Elbl, P.; Löwenberg-Neto, P.; Melo, G. A. R. M. 2012. Produção de néctar e visitas por abelhas em duas espécies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae). **Acta Botânica Brasileira** 26: 251-255.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE – DERMA, Rio de Janeiro. 1991.
- Vogel S. 1957. Fledermausblumen in Südamerika. **Oesterreichische botanische Zeitschrift** 104: 491–530.
- Vogel S. 1997. Remarkable nectaries: structure, ecology, organophyletic perspectives. I. Substitutive nectaries. **Flora** 192: 305–333.
- Walker, B. H. 1992. Biodiversity and Ecological Redundancy. **Conservation Biology** 6: 18-23
- Weiss, M. R. 1995. Floral color changes: a widespread functional convergence. **American Journal of Botany** 82: 167-185.

## Tabelas

**Tabela 1.** Visitantes florais das espécies de Melastomataceae no Parque Estadual do Guartelá. (pi - pilhador; pol - polinizador; Espécies de plantas que receberam visitas: 1. *Chaetostoma armatum* (Spreng.) Cogn.; 2. *Leandra áurea* (Cham.) Cogn.; 3. *Lavoisiera imbricata* (Thunb.) DC.; 4. *Miconia hyemalis* A. St.-Hil. & Naudin; 5. *Miconia ligustroides* (DC.) Naudin.; 6. *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin; 7. *Miconia theaezans* (Bonpl.) Cogn.; 8. *Tibouchina hatschbachii* Wurdack, Cogn.; 9. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.; 10. *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn.

Táxon	Recurso utilizado	Tipo de visitação			Espécie visitada
		Melastomeae	Miconieae	Microlíciæ	
Família/Espécie					
<b>Besouros</b>					
Melyridae					
<i>Astylus variegatus</i> (Germar, 1824)	pólen	-	pi	-	3
Cantharidae					
<i>Chauliognathus</i> sp.2	pólen	-		pi	3
Chrysomelidae					
<i>Clytrini</i> sp.	pólen/néctar	pi		pi	3,8
<i>Diabrotica</i> sp.	pólen	pi		-	8
Chrysomelidae					
<i>Galerucina</i> sp.	pólen/néctar	-	pi	pi	3,8
Coccinellidae					
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas, 1773)	néctar	pi	pi	-	4
Curculionidae					
<i>Tanymecini</i> sp.	pólen/néctar	-	pi	-	4,6
Elateridae					
<i>Elateridae</i> sp.1	néctar	-	pi	-	7
<i>Elateridae</i> sp.2	néctar	-	pi	-	7
<b>Moscas</b>					
Syrphidae					
<i>Allograpta exótica</i> (Wiedemann, 1830)	-	pi	pi	pi	1,3,4,6,7,8,10

**continua**

continuação...

Táxon	Recurso utilizado	Tipo de visitação			Espécie visitada
		Melastomeae	Miconieae	Microlicieae	
<i>Allograpta falcata</i> (Fluke, 1942)	-		pol		6
<i>Allograpta limbata</i> (Fabricius, 1805)	-		pol		6
<i>Ocyptamus</i> sp1	-		pol		6,7
<i>Ocyptamus</i> sp2	-		pol		6
<i>Ocyptamus</i> sp3	-		pol		6
<i>Orthonevra</i> sp.	-		pol		6
<i>Syrphus phaeostigma</i> (Wiedemann, 1830)	-		pol	pi	3,6
<i>Toxomerus lacrymosus</i> (Bigot, 1884)	-		pol		6
<i>Toxomerus</i> sp.	-	pi	pol	pi	3,6,7
<b>Abelhas</b>					
Apidae					
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	pólen/nectar	pi	pol	pol	1,4,6,7,9,10
<i>Bombus morio</i> (Swederus, 1787)	pólen		pol	pol	3,8,9,10
<i>Bombus pauloensis</i> (Friese, 1913)	pólen/néctar		pol	pol	1,3,6,7,8,9,10
<i>Brachygastra</i> sp.	pólen	pi		pol	1
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille, 1824)	Pólen/néctar		pol	pol	1,7
<i>Caenohalictus</i> sp.	pólen	pi			8
<i>Centris (Melanocentris)</i> sp.	pólen	pol			8
<i>Dialictus</i> sp.	-		pi		6,7
<i>Dialictus</i> sp1	-			pi	3
<i>Dialictus</i> sp2	-	pi			8
<i>Dialictus</i> sp3	-	pi			8

continua

continuação...

Táxon	Recurso utilizado	Tipo de visitação			Espécie visitada
		Melastomeae	Miconieae	Microlicieae	
<i>Dialictus</i> sp4	-	pi			8
<i>Dialictus</i> sp5	-			pi	3
<i>Euglossa melanotricha</i> (Moure, 1967)	pólen	po			8
<i>Exomalopsis analis</i>	pólen			pol	1,3
<i>Exomalopsis bicellularis</i> (Michener & Moure, 1957)	pólen		pol		6
<i>Exomalopsis trifasciata</i> (Brèthes, 1910)	pólen		pi		1
<i>Melipona bicolor</i> (Lepeletier, 1836)	pólen	pi			8
<i>Melipona marginata</i> (Lepeletier, 1836)	pólen/néctar		pol	pol	6,7,10
<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)	pólen/néctar	pi	pol		7,8
<i>Psaenythia bergi</i> (Holmberg, 1884)	pólen			pi	1
<i>Pseudaugochlora callaina</i> (Almeida, 2008)	pólen			pi	7
<i>Ptiloglossa lanosa</i> (Moure, 1945)	pólen			pi	3
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)	pólen		pol		6
<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)	pólen		pol	pol	6,10
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	pólen/néctar	pi	pol	pi	1,3,4,6,7,8,9,10
<i>Trigonopedia cf. oligotricha</i> (Moure, 1941)	pólen	pi			9
<i>Trigonopedia cfr. Glaberrima</i> (Friese, 1899)	pólen	pi			8
<i>Xylocopa (Neoxylocopa)</i> sp.	pólen/néctar		pol		7
<i>Xylocopa hirsutissima</i> (Maidl, 1912)	pólen			pol	1

continua

continuação...

Táxon	Recurso utilizado	Tipo de visitação			Espécie visitada
		Melastomeae	Miconieae	Microlicieae	
<b>Família/Espécie</b>					
Crabronidae					
<i>Liris</i> sp.	néctar		pol		7
Eucharitidae					
<i>Obeza</i> sp.	pólen		pol		5
Halictidae					
<i>Augochloropsis</i> sp1	pólen	pi			9
<i>Augochloropsis</i> sp2	pólen	pi		pol	3,9
<i>Augochloropsis</i> sp3	pólen			pol	1
<i>Augochloropsis aff. melanochaeta</i> (Moure, 1950)	pólen/néctar	pi	pol	pol	1,3,7,8
<i>Augochloropsis cfr. cupreola</i> (Cockerell, 1900)	pólen	pi		pol	1,3,8
<i>Augochloropsis cleópatra</i> (Schrottky, 1902)	pólen		pol		5
<i>Augochloropsis deianira</i> (Schrottky, 1910)	Pólen			pol	1
<i>Augochloropsis iris</i> (Schrottky, 1902)	pólen		pol	pol	1,3,8
<i>Augochloropsis multiplex</i> (Vachal, 1903)	pólen		pol	pol	1,3,8
Pompilidae					
<i>Chelaporus</i> sp.	néctar		pol		7
Tiphiidae					
<i>Eucyrtothynnus</i> sp.	néctar		pol		7
<b>Formigas</b>					
Formicidae		pi	pi		4,7,8

continua

continuação...

Táxon	Recurso utilizado	Tipo de visitação			Espécie visitada
		Melastomeae	Miconieae	Microlicieae	
<b>Vespas</b>					
Vespidae					
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille, 1824)	néctar		pol	pi	1,7
<i>Mischocyttarus drewseni</i> (Saussure, 1954)	néctar		pol		7
<i>Pachodynerus nasidens</i> (Latreille, 1812)	néctar		pol		7
<i>Polistes cinerascens</i> (Saussure, 1857)	néctar		pol		7
<i>Polistes ferreri</i> (Saussure, 1853)	néctar		pol		7
<i>Polistes lanio</i> (Bequard, 1940)	néctar		pol		7
<i>Polistes subsericeus</i> (Saussure, 1854)	néctar		pol		7
<i>Polybia fastidiosuscula</i> (Saussure, 1854)	néctar		pol		7
<i>Polybia flavifrons</i> (Wiedemann, 1830)	néctar		pol		4
<i>Polybia occidentalis</i> (Olivier, 1791)	néctar		pol		7
<i>Polybia paulista</i> (Ihering, 1896)	néctar		pol		4,7
<i>Polybia platycephala sylvestris</i> (Richards, 1978)	néctar		pol		4
<i>Protonectarina sylveirae</i> (Saussure, 1854)	néctar		pol		7
<i>Synoeca cyanea</i> (Fabricius, 1775)	néctar		pol		6,8
<i>Zethus</i> sp.	-	pi			8
<b>Borboletas</b>					
Riodinidae					
<i>Anteros lectabilis</i> (Fabricius, 1775)	néctar		pol		7
Lycaenidae					
<i>Parrhasius selika</i> (Wiedemann, 1830)	néctar		pol		7

**Tabela 2** Riqueza (nº de espécies) e abundância (nº de visitas) dos grupos funcionais de visitantes florais em espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae no período de março de 2011 a outubro de 2012, no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná

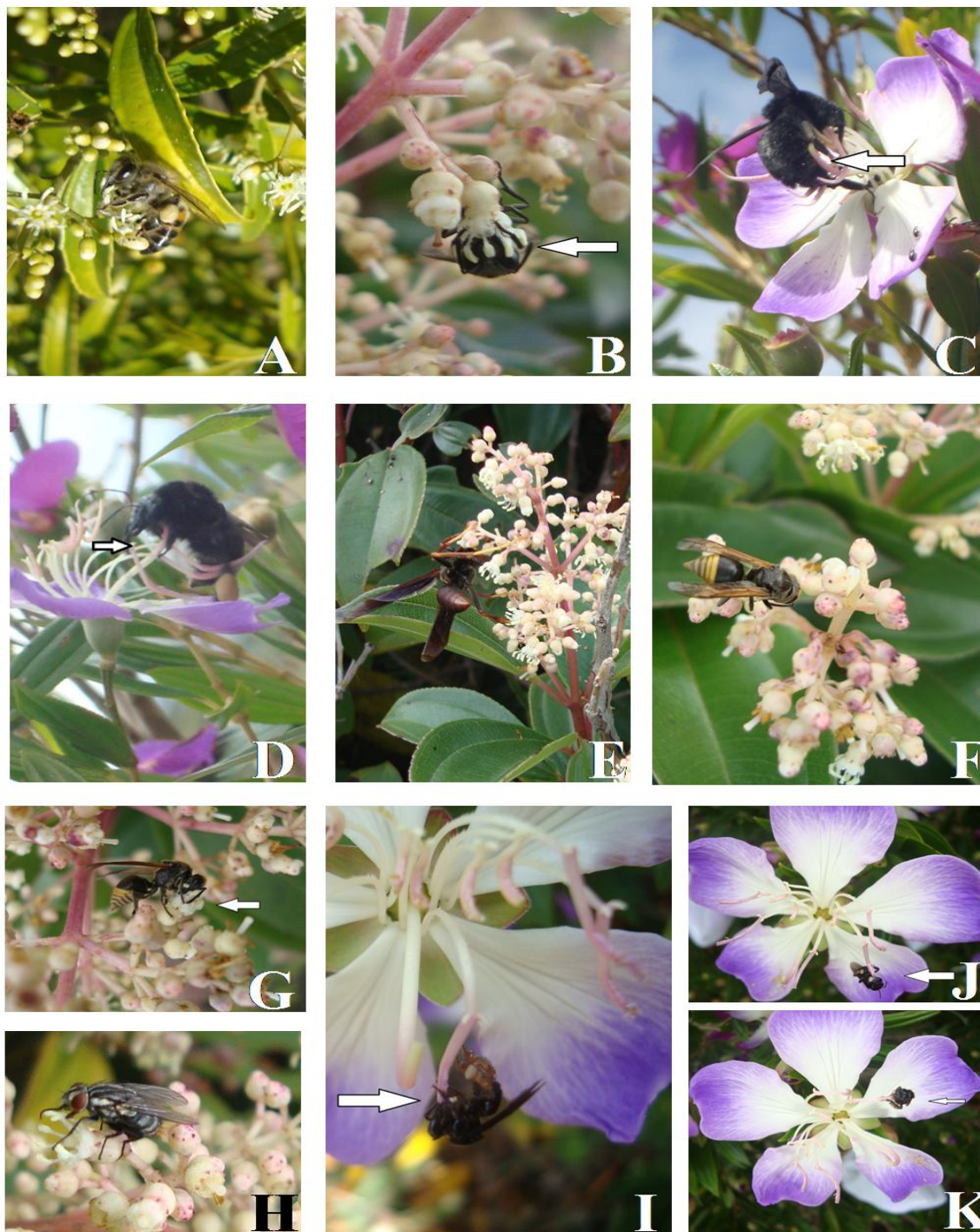
GRUPOS	Sexuadas		Assexuadas	
	nº de espécies (%)	nº de visitas (%)	nº de espécies (%)	nº de visitas (%)
<b>Abelhas pequenas</b>	10 (0,13)	104 (0,15)	1 (0,1)	11 (0,19)
<b>Abelhas grandes</b>	32 (0,42)	367 (0,53)	3 (0,3)	31 (0,53)
<b>Sírfideos</b>	9 (0,12)	115 (0,17)	1 (0,1)	4 (0,069)
<b>Não-sírfideos</b>	2 (0,03)	3 (0,004)	0	0
<b>Vespas</b>	13 (0,17)	73 (0,11)	3 (0,3)	9 (0,15)
<b>Besouros</b>	8 (0,1)	24 (0,035)	2 (0,2)	3 (0,05)
<b>Borboletas</b>	2 (0,03)	2 (0,003)	0	0
<b>TOTAL</b>	76	688	10	58

**Tabela 3** Variação da composição de grupos funcionais de visitantes florais por espécies sexuadas e assexuadas de Melastomataceae no período de março de 2011 a outubro de 2012, no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná

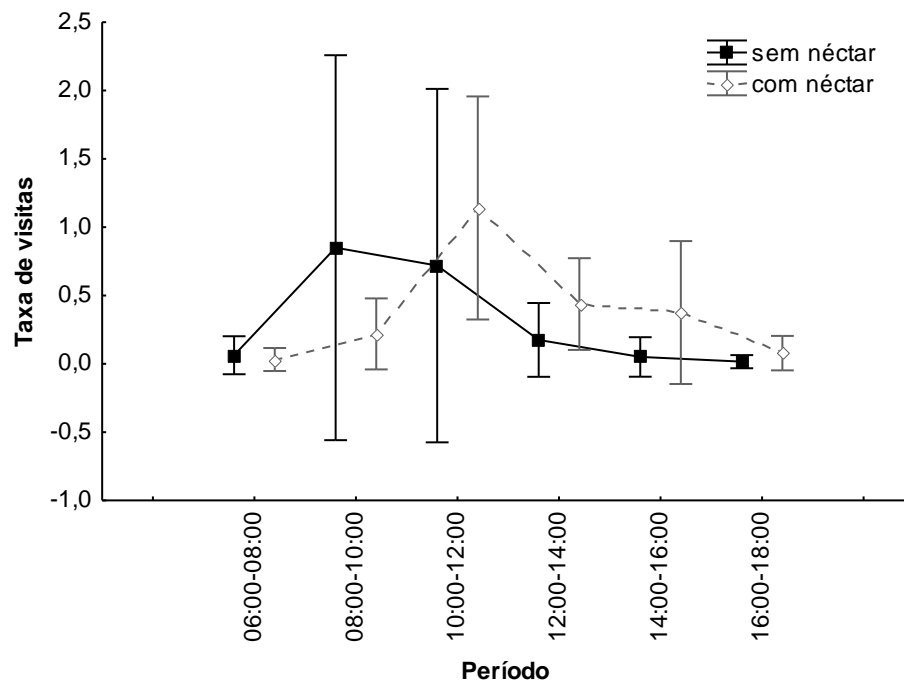
GRUPOS	Sexuadas	Assexuadas	Ambos
	nº de espécies (%)	nº de espécies (%)	nº de espécies (%)
<b>Abelhas pequenas</b>	9 (0,13)	0	1 (0,14)
<b>Abelhas grandes</b>	29 (0,42)	0	3 (0,43)
<b>Sírfideos</b>	8 (0,12)	0	1 (0,14)
<b>Não-sírfideos</b>	2 (0,03)	0	0
<b>Vespas</b>	12 (0,17)	2 (0,66)	1 (0,14)
<b>Besouros</b>	7 (0,1)	1 (0,33)	1 (0,14)
<b>Borboletas</b>	2 (0,03)	0	0
<b>TOTAL</b>	69	3	7



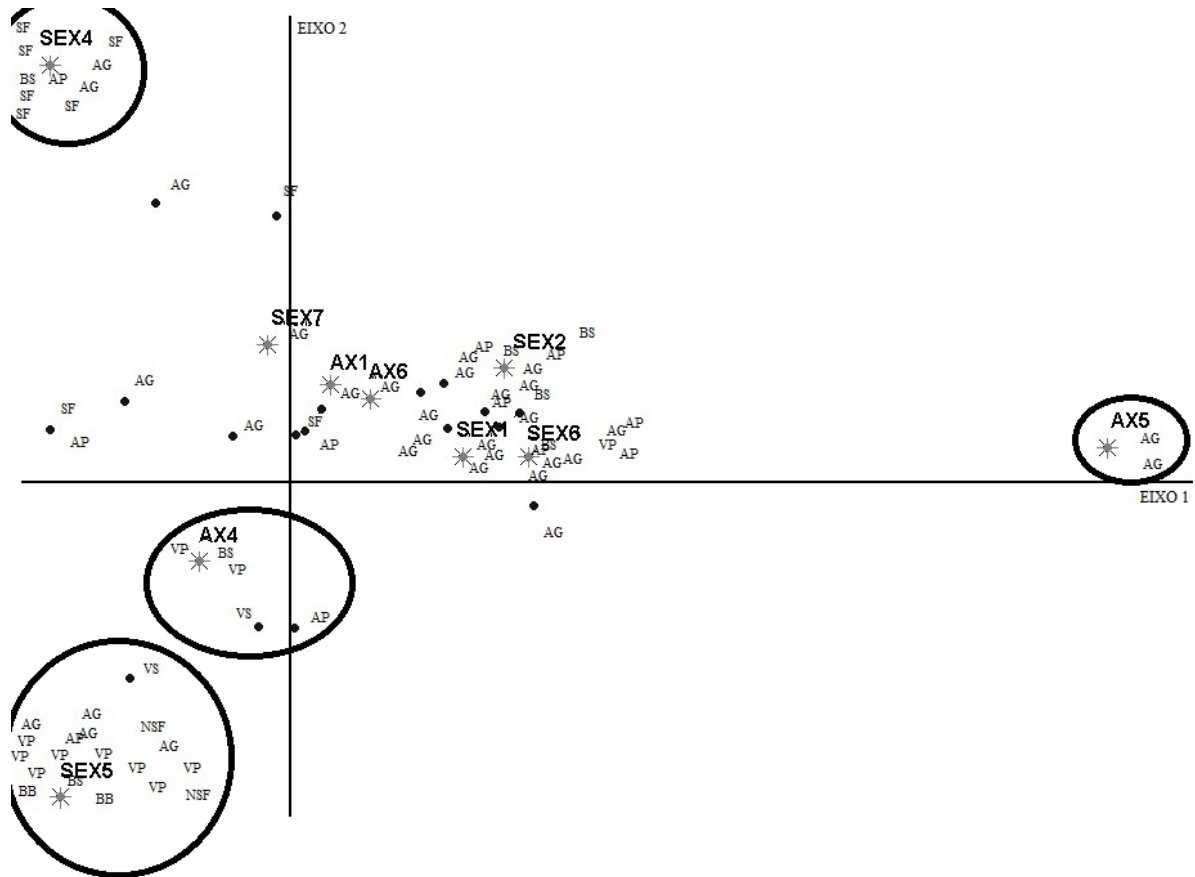
## Figuras



**Figura 1.** Visitantes florais de Melastomataceae do Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná. A. *Apis mellifera* em flores de *Miconia sellowiana*. B. *Trigona spinipes* sugando néctar em *Miconia theaezans*. C, D. *Bombus pauloensis* em visita a *Tibouchina hatschbachii*. E. *Polistes lanio* forrageando inflorescência de *M. theaezans*. F,G. *Brachygastra lecheguana* forrageando inflorescência de *M. theaezans*. H. Visita por mosca em *M. theaezans*. I, J, K. Comportamento pilhador de *Trigona spinipes*



**Figura 2.** Taxa de visitas ao longo do dia em espécies de Melastomataceae no Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, Paraná (media  $\pm$  desvio padrão)



**Figura 3.** Diagrama de ordenação da análise de correspondência destendenciada (DCA) dos dados de composição de espécies visitantes entre espécies sexuadas e assexuadas de planta. (Grupos de insetos: AP, abelhas pequenas; AG, abelhas grandes; VP, vespas; SF, sirfídeos; NSF, não sirfídeos; BS, besouros; BB, borboletas/Grupos de plantas: AX1, *Leandra aurea*; AX5, *Miconia ligustroides*; AX4, *Miconia hyemalis*; AX6, *Tibouchina sellowiana*; SEX1, *Chaetostoma armatum*; SEX2, *Lavoisiera imbricata*; SEX4, *Miconia sellowiana*; SEX5, *Miconia theaezans*; SEX6, *Tibouchina hatschbachii*; SEX7, *Trembleya parviflora*)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reprodução de Melastomataceae no Cerrado é influenciada pelo contexto geográfico, tendo maior efeito sobre as espécies sexuadas. A apomixia não apresentou variação geográfica, ao contrário do que era esperado para ambientes mais marginais do Cerrado. Assim, o que parece ter interferido foi a proporção de espécies apomíticas estudadas, principalmente em Itirapina e Tibagi. Os dados também mostram que de fato, a tendência para a apomixia parece ser um caráter muito mais filogenético na família, com a grande presença desse sistema reprodutivo em Miconieae. Sendo assim, a apomixia não varia geograficamente e tem maior probabilidade de sempre ocorrer em uma área onde existem espécies da tribo Miconieae.

Por outro lado, o sistema reprodutivo de autocompatibilidade foi maior em uma área periférica no limite sul do Cerrado, em Tibagi, e em formações rupestres, em Tibagi e Serra da Canastra. Embora tenha sido estudada apenas uma única área do Cerrado, os resultados permitem mostrar que áreas marginais e formações rupestres podem estar apresentando uma maior tendência a maiores níveis de autocompatibilidade, provavelmente devido à segurança reprodutiva que esse sistema reprodutivo permite, principalmente quando as populações são pequenas ou há escassez de potenciais polinizadores, principalmente devido às condições abióticas mais limitantes dessas áreas, como as fortes geadas, ventos fortes e fragmentação de substrato do ambiente rupestre, que desfavorece a nidificação dos insetos que poderiam atuar como polinizadores.

Existe variação geográfica nos sistemas reprodutivos de algumas espécies de Melastomataceae (*Miconia sellowiana*, *M. theaezans* e *Tibouchina sellowiana*), que possuem populações com diferentes sistemas reprodutivos. Isso parece ser influenciado pela estrutura da vegetação, densidade populacional, e até mesmo variações genéticas entre populações de uma espécie, que podem influenciar as variações reprodutivas entre populações de uma espécie. Sendo assim, os dados obtidos até o momento mostram a importância em se considerar o componente geográfico, a fim de entender os padrões de variação geográfica na reprodução. A

família Melastomataceae, por sua diversidade de sistemas reprodutivos, mostra-se relevante para esse tipo de abordagem em futuros estudos.

A hipótese deste estudo ainda pode ser testada considerando espécies que se distribuem estritamente no Bioma Cerrado. Futuros estudos poderiam envolver outras áreas periféricas do Cerrado mais ao norte, uma vez que, as características bióticas e abióticas podem variar em diferentes áreas periféricas do Cerrado. A variabilidade genética também poderia ser avaliada em outros estudos, pois a reprodução pode influenciar o nível de variabilidade genética entre populações, como parece ser o caso de *M. sellowiana* neste estudo.

Os dados apresentados neste trabalho ainda trouxeram informações quantitativas sobre as taxas de visitação diária, abundância e composição de espécies visitantes florais, mostrando que as taxas de visitação variam com o horário, mas não com o recurso, e nem é resultado da interação entre ambos os fatores. Mas, embora não tenha ocorrido influência do recurso sobre as taxas de visitas, foi possível perceber que a presença de néctar permite uma maior guilda de visitantes florais e isso pode favorecer a reprodução, aumentando o fluxo de pólen e evitando a pilhagem desse recurso.

Também foi possível analisar que espécies sexuadas e assexuadas apresentaram variação na abundância, mas não existe uma composição característica de espécies visitantes entre plantas sexuadas e assexuadas. A abundância é menor em espécies assexuadas, e isso pode estar associado com a baixa quantidade de pólen que estas espécies frequentemente apresentam, e também com outros mecanismos reprodutivos, como a apomixia, que permite uma maior independência de visitantes florais. Já as diferenças de composição de espécies encontradas estão muito mais associadas à identidade das espécies do que a uma diferença funcional de polinização entre as espécies sexuadas e assexuadas. Nesse caso o que existe é uma redundância funcional, ou seja, o maior número de espécies de insetos nas espécies de plantas sexuadas permite um maior número de grupos, porém cinco em sete grupos de insetos ocorrem em ambos os grupos sexuais e assexuais de plantas.

**ANEXOS**  
**(Instruções para o envio de manuscritos às revistas científicas)**

## **NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE ARTIGO NA PLANT SYSTEMATICS AND EVOLUTION**

Esta revista é dedicada à publicação de trabalhos originais e comentários sobre a sistemática das plantas no sentido mais amplo, abrangendo assuntos filogenéticos, evolutivos e estudos populacionais de biogeografia nos mais elevados níveis taxonômicos, com ênfase em plantas. O leque de temas abordados incluem a sistemática e evolução de plantas, fitoquímica, ultraestrutura, citologia, anatomia, palinologia, desenvolvimento de plantas, genética, biologia reprodutiva, ecologia, distribuição, paleobotânica e genética de populações.

### **SUBMISSÃO DO MANUSCRITO**

A apresentação de um manuscrito implica: que o trabalho descrito não tenha sido publicado antes, que não está sob-revisão para publicação em qualquer outro lugar, que sua publicação seja aprovada por todos os coautores, se houver, bem como pelas autoridades responsáveis - especificamente - no instituto, onde o trabalho foi realizado. O editor não será considerado legalmente responsável por quaisquer pedidos de indenização.

#### **Permissões**

Autores que desejam incluir figuras, tabelas, ou passagens de texto que já foram publicados em outros lugares terão que obter a permissão do proprietário(s) dos direitos autorais para a Impressão e formato on-line e deverão incluir provas de que tal permissão foi concedida ao apresentarem os seus trabalhos. Todo o material recebido sem evidência será tido como material original dos autores.

### **PÁGINA DO TÍTULO**

#### **Folha de rosto**

O título da página deve incluir:

- O nome do (s) autor (s)
- Um título conciso e informativo
- O endereço de filiação(s) e do(s) autor(es)
- O endereço de e-mail, telefone e números de fax do autor correspondente

#### **Abstract**

Por favor, forneça um resumo de 150 a 250 palavras. O resumo não deve conter abreviações indefinidas ou referências não especificadas.

#### **Palavras-chave**

Por favor, fornecer 4-6 palavras-chave que podem ser utilizados para fins de indexação.

### **TEXTO**

#### **Formatação de Texto**

Os trabalhos deverão ser apresentados em Word.

- Use uma fonte normal (por exemplo, 10 pontos Times Roman) para o texto.
- Use itálico para dar ênfase.
- Use a numeração automática de páginas função para numerar as páginas.
  
- Não utilize funções de campo.
- Use tabulações ou outros comandos para travessões, e não a barra de espaço.
- Use a função de tabela, não planilhas, para fazer tabelas.
- Use o editor de equação ou MathType para equações.
- Salve o arquivo no formato docx (Word 2007 ou superior) ou em formato doc (versões mais antigas do Word).
- Modelo do Word (zip, 154 KB)
- Manuscritos com conteúdo matemático também pode ser apresentada em LaTeX.
- LaTeX pacote macro (zip, 182 KB)

## **Títulos**

Por favor, não use mais do que três níveis de títulos apresentados.

## **Abreviaturas**

As abreviaturas devem ser definidas em primeira menção e usadas de forma consistente depois.

## **Notas de rodapé**

Notas de Rodapé podem ser usadas para fornecer informações adicionais, que podem incluir a citação de referência incluída na lista de referência. Elas não devem consistir apenas de uma citação de referência, e nunca devem incluir os detalhes bibliográficos de referência. Elas também não devem conter quaisquer figuras ou tabelas.

Notas de rodapé no texto são numeradas consecutivamente;

Notas de rodapé para o título ou os autores do artigo não são necessários símbolos de referência.

Sempre use notas de rodapé em vez de notas finais.

## **Agradecimentos**

Agradecimentos de pessoas, instituições, fundos, etc, devem ser colocados em uma seção separada antes da lista de referência. Os nomes de organizações de financiamento devem ser escritos por extenso.

## **Estilo Científico**

- Use sempre sinais internacionalmente aceitos e símbolos de unidades, no SI.
- Nomenclatura: Na medida do possível, os autores devem usar nomes sistemáticos semelhantes às usadas pelo Chemical Abstract Service ou IUPAC.
- Os nomes de gêneros e espécies devem estar em itálico.
- Os nomes genéricos de drogas e pesticidas são os preferidos, se os nomes comerciais são utilizados, o nome genérico deve ser dado na primeira menção.
- Devem ser fornecidos pormenores sobre a origem e determinação de cada organismo estudado. Nomes científicos (latim) devem estar em conformidade com as regras internacionais de nomenclatura. Autores de espécies e táxons investigado devem ser mencionados na primeira menção no texto ou incluídos todos em uma



tabela. Em princípio, as amostras de voucher devem ser depositadas em herbário citado usando a abreviação fornecida do "tombo do material no herbário".

- Matrizes de dados, incluindo alinhamentos de sequências devem ser postos à disposição do público. Deve haver uma frase incluída nos Materiais e métodos que essa informação esteja disponível a partir do autor correspondente. "Sequências de DNA ou proteína devem ser depositadas em bases de dados públicas (GenBank, EMBL, etc), antes da versão da revista e enviada para o editor."

## **REFERÊNCIAS**

### **Citação**

Cite referências no texto colocando nome e ano entre parênteses.

Alguns exemplos:

- Negociação de pesquisa abrange muitas disciplinas (Thompson 1990).
- Este resultado foi posteriormente contrariada por Becker e Seligman (1996).
- Este efeito tem sido amplamente estudado (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso e Smith 1998; Medvec et al. 1999.).

### **Lista de referência**

A lista de referências deve incluir apenas obras que são citados no texto e que tenham sido publicados ou aceitas para publicação. Comunicações pessoais e trabalhos inéditos só devem ser mencionados no texto. Não use notas de rodapé ou notas de fim como um substituto para uma lista de referência.

Entradas da lista de referência deve ser alfabetizados pelos sobrenomes do primeiro autor de cada trabalho.

- Artigo de jornal

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, L Bosquet (2009) Efeito do treinamento de alta intensidade intermitente sobre a variabilidade da frequência cardíaca em crianças pré-púberes. Eur J Appl Physiol 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Idealmente, os nomes de todos os autores devem ser fornecidas, mas o uso de "et al" em listas autor longas também serão aceitos:

Smith J, M Jones Jr, Houghton L et al (1999) Futuro do seguro de saúde. N Engl J Med 965:325-329

- Artigo por DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) As implicações clínicas da produção de citocinas desregulada. J Mol Med. doi: 10.1007/s001090000086

- Livro

Sul J, B Blass (2001) O futuro da genômica modernos. Blackwell, London

- Capítulo de livro

Brown B, Aaron M (2001) A política da natureza. Em: Smith J (ed) O aumento da genômica modernos, EDN 3. Wiley, New York, pp 230-257

- Documento online

Cartwright J (2007) Grandes estrelas têm tempo também. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Acessado em 26 de junho de 2007

- Dissertação

Trent JW (1975) falha aguda experimental renal. Dissertação, Universidade da Califórnia

Sempre use a abreviatura padrão de nome de uma revista de acordo com a lista de abreviaturas ISSN palavra do título, consulte

- [www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php](http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php)

### **TABELAS**

- Todas as tabelas devem ser numeradas com algarismos arábicos.
- As tabelas devem sempre ser citadas no texto em ordem numérica consecutiva.
- Por favor, forneça uma legenda para cada tabela (título), explicando os componentes da mesma.
- Identificar qualquer material publicado anteriormente, dando a fonte original, na forma de uma referência, no final da legenda da tabela.
- Notas de rodapé de tabelas devem ser indicadas por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos) e incluir sob o corpo da tabela.

## **NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS NA ACTA BOTANICA BRASILEIRA:**

A **Acta Botanica Brasilica** (**Acta bot. bras.**) publica artigos originais, comunicações curtas e artigos de revisão, estes últimos apenas a convite do Corpo Editorial. Os artigos são publicados em Português, Espanhol e Inglês e devem ser motivados por uma pergunta central que mostre a originalidade e o potencial interesse dos mesmos aos leitores nacionais e internacionais da Revista. A Revista possui um espectro amplo, abrangendo todas as áreas da Botânica. Os artigos submetidos à **Acta bot.bras.** devem ser inéditos, sendo vedada a apresentação simultânea em outro periódico.

### **Preparação de arquivos.**

Os textos do manuscrito deverão ser formatados usando a fonte Times New Roman, tamanho 12, com espaçamento entre linhas 1,5 e **numeração contínua de linhas**, desde a primeira página. Todas as margens deverão ser ajustadas para 1,5 cm, com tamanho de página de papel A4. Todas as páginas deverão ser numeradas seqüencialmente.

O manuscrito submetido (documento principal, acrescido de documentos suplementares, como figuras e tabelas), poderá conter até 25 páginas (equivalentes a 14 páginas impressas, editadas em programa de editoração eletrônica). Assim, antes de submeter um manuscrito com mais de 25 páginas, entre em contato com o Editor-Chefe. Todos os manuscritos submetidos deverão ser subdivididos nas seguintes seções:

#### **1. DOCUMENTO PRINCIPAL**

1.1. Primeira página. Deverá conter as seguintes informações: a) Título do manuscrito, conciso e informativo, com a primeira letra em maiúsculo, sem abreviações. Nomes próprios em maiúsculo. Citar nome científico completo. b) Nome(s) do(s) autor(es) com iniciais em maiúsculo, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a afiliação Institucional. Créditos de financiamentos deverão vir em Agradecimentos, assim como vinculações do manuscrito a programas de pesquisa mais amplos (não no rodapé). Autores deverão fornecer os endereços completos, evitando abreviações. c) Autor para contato e respectivo e-mail. O autor para contato será sempre aquele que submeteu o manuscrito. 1.2. Segunda página. Deverá conter as seguintes informações: a) RESUMO: em maiúsculas e negrito. O texto deverá ser corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo. Deverá ser precedido pelo título do manuscrito em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até 5 (cinco) palavras-chave à escolha do(s) autor(es), em ordem alfabética, não repetindo palavras do título.b) ABSTRACT: em maiúsculas e negrito. O texto deverá ser corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo. Deverá ser precedido pelo título do manuscrito em Inglês, entre parênteses. Ao final do abstract, citar até 5 (cinco) palavras-chave à escolha do(s) autor(es), em ordem de alfabética. Resumo e abstract deverão conter cerca de 200 (duzentas) palavras, contendo a abordagem e o contexto da proposta do estudo, resultados e conclusões.1.3. Terceira página e subseqüentes. Os manuscritos deverão estar estruturados em Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas, seguidos de uma lista completa das legendas das figuras e tabelas (se houver), lista das figuras e tabelas (se houver) e descrição dos documentos suplementares (se houver).1.3.1. Introdução. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à

esquerda. O texto deverá conter: a) abordagem e contextualização do problema;b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho;c) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;d) objetivos.1.3.2. Material e métodos. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho. Técnicas já publicadas deverão ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas poderão ser incluídos (como figuras na forma de documentos suplementares) se forem de extrema relevância e deverão apresentar qualidade adequada para impressão (ver recomendações para figuras). Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em Resultados deverá, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e métodos. 1.3.3. Resultados e discussão. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. Tabelas e figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas), se citados, deverão ser estritamente necessários à compreensão do texto. Não insira figuras ou tabelas no texto. Os mesmos deverão ser enviados como documentos suplementares. Dependendo da estrutura do trabalho, Resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados. 1.3.4. Agradecimentos. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá ser sucinto. Nomes de pessoas e Instituições deverão ser escritos por extenso, explicitando o motivo dos agradecimentos. 1.3.5. Referências bibliográficas. Título com primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. Se a referência bibliográfica for citada ao longo do texto, seguir o esquema autor, ano (entre parênteses). Por exemplo: Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva *et al.* (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997). Na seção Referências bibliográficas, seguir a ordem alfabética e cronológica de autor(es).

Nomes dos periódicos e títulos de livros deverão ser grafados por extenso e em negrito.

Exemplos: Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. *Amaranthaceae*. *Hoehnea* 33(2): 38-45. Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em *Juncaceae*. Pp. 5-22. In: Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica. Aracaju 1992. São Paulo, HUCITEC Ed. v.I. Silva, A. & Santos, J. 1997. *Rubiaceae*. Pp. 27-55. In: F.C. Hoehne (ed.). *Flora Brasílica*. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Endress, P.K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Oxford. Pergamon Press. Furness, C.A.; Rudall, P.J. & Sampson, F.B. 2002. Evolution of microsporogenesis in Angiosperms. <http://www.journals.uchicago.edu/IJPS/journal/issues/v163n2/020022/020022.html> (acesso em 03/01/2006). Não serão aceitas referências bibliográficas de monografias de conclusão de curso de graduação, de citações de resumos de Congressos, Simpósios, Workshops e assemelhados. Citações de Dissertações e Teses deverão ser evitadas ao máximo e serão aceitas com justificativas consistentes. 1.3.6. Legendas das figuras e tabelas. As legendas deverão estar incluídas no fim do documento principal, imediatamente após as Referências bibliográficas. Para cada figura, deverão ser fornecidas as seguintes informações, em ordem numérica crescente: número da figura, usando algarismos arábicos (Figura 1, por exemplo; não abrevie); legenda detalhada, com até 300 caracteres

(incluindo espaços). Legendas das figuras necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores, informações da área de estudo ou do grupo taxonômico.

Itens da tabela, que estejam abreviados, deverão ser escritos por extenso na legenda. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas legendas das tabelas.

### **Normas gerais para todo o texto.**

Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* deverão estar grafadas em *itálico*. Os nomes científicos, incluindo os gêneros e categorias infragenéricas, deverão estar em *itálico*. Citar nomes das espécies por extenso, na primeira menção do parágrafo, acompanhados de autor, na primeira menção no texto. Se houver uma tabela geral das espécies citadas, o nome dos autores deverá aparecer somente na tabela. Evitar notas de rodapé.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, deverão ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Usar abreviaturas das unidades de medida de acordo com o Sistema Internacional de Medidas (por exemplo 11 cm, 2,4 µm). O número deverá ser separado da unidade, com exceção de porcentagem, graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas (90%, 17°46'17" S, por exemplo).

Para unidades compostas, usar o símbolo de cada unidade individualmente, separado por um espaço apenas. Ex.: mg kg<sup>-1</sup>, µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, mg L<sup>-1</sup>. Litro e suas subunidades deverão ser grafados em maiúsculo. Ex.: L, mL, µL. Quando vários números forem citados em seqüência, grafar a unidade da medida apenas no último (Ex.: 20, 25, 30 e 35 °C). Escrever por extenso os números de zero a nove (não os maiores), a menos que sejam acompanhados de unidade de medida. Exemplo: quatro árvores; 10 árvores; 6,0 mm; 1,0-4,0 mm; 125 exsiccatas.

## **2. DOCUMENTOS SUPLEMENTARES**

**Figuras.** Todas as figuras apresentadas deverão, obrigatoriamente, ter chamada no texto. Todas as imagens (ilustrações, fotografias, eletromicrografias e gráficos) são consideradas como 'figuras'. **Figuras coloridas poderão ser aceitas, a critério do Corpo Editorial, que deverá ser previamente consultado. O(s) autor(es) deverão se responsabilizar pelos custos de impressão.**

Não envie figuras com legendas na base das mesmas. **As legendas deverão ser enviadas no final do documento principal.**

As figuras deverão ser referidas no texto com a primeira letra em maiúsculo, de forma abreviada e sem plural (Fig.1, por exemplo).

As figuras deverão ser numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no canto inferior direito. Na editoração final, a largura máxima das figuras será de: 175 mm, para duas colunas, e de 82 mm, para uma coluna.

Cada figura deverá ser editada para minimizar as áreas com espaços em branco, otimizando o tamanho final da ilustração.

Escalas das figuras deverão ser fornecidas com os valores apropriados e deverão fazer parte da própria figura (inseridas com o uso de um editor de imagens, como o Adobe® Photoshop, por exemplo), sendo posicionadas no canto inferior esquerdo, sempre que possível. Ilustrações em preto e branco deverão ser fornecidas com aproximadamente 300 dpi de resolução, em formato TIF. Ilustrações mais detalhadas, como ilustrações botânicas ou zoológicas, deverão ser fornecidas com resoluções de, pelo menos, 600 dpi, em formato TIF. Para fotografias (em preto e branco ou coloridas) e eletromicrografias, forneça imagens em formato TIF, com pelo menos, 300 dpi (ou 600 dpi se as imagens forem uma mistura de fotografias e ilustrações em preto e branco). Contudo, atenção! Como na editoração final dos trabalhos, **o tamanho útil destinado a uma figura de largura de página (duas colunas) é de 170 mm, para uma resolução de 300 dpi, a largura das figuras não deverá exceder os 2000 pixels. Para figuras de uma coluna (82 mm de largura), a largura máxima das figuras (para 300 dpi), não deverá exceder 970 pixels.** Não fornecer imagens em arquivos Microsoft® PowerPoint, geralmente geradas com baixa resolução, nem inseridas em arquivos DOC. Arquivos contendo imagens em formato Adobe® PDF não serão aceitos. Figuras deverão ser fornecidas como arquivos separados (documentos suplementares), não incluídas no texto do trabalho. As imagens que não contiverem cor deverão ser salvas como 'grayscale', sem qualquer tipo de camada ('layer'), como as geradas no Adobe® Photoshop, por exemplo. Estes arquivos ocupam até 10 vezes mais espaço que os arquivos TIF e JPG. **A *Acta Botanica Brasilica* não aceitará figuras submetidas no formato GIF ou comprimidas em arquivos do tipo RAR ou ZIP.** Se as figuras no formato TIF forem um obstáculo para os autores, por seu tamanho muito elevado, estas poderão ser convertidas para o formato JPG, antes da sua submissão, resultando em uma significativa redução no tamanho. Entretanto, não se esqueça que a compressão no formato JPG poderá causar prejuízos na qualidade das imagens. Assim, é recomendado que os arquivos JPG sejam salvos nas qualidades 'Máxima' (Maximum). O tipo de fonte nos textos das figuras deverá ser o Times New Roman. Textos deverão ser legíveis. Abreviaturas nas figuras (sempre em minúsculas) deverão ser citadas nas legendas e fazer parte da própria figura, inseridas com o uso de um editor de imagens (Adobe® Photoshop, por exemplo). Não use abreviaturas, escalas ou sinais (setas, asteriscos), sobre as figuras, como "caixas de texto" do Microsoft® Word. **Recomenda-se a criação de uma única estampa**, contendo várias figuras reunidas, numa largura máxima de 175 milímetros (duas colunas) e altura máxima de 235 mm (página inteira). No caso de estampa, a letra indicadora de cada figura deverá estar posicionada no canto inferior direito. Inclua "A" e "B" para distingui-las, colocando na legenda, Fig. 1A, Fig. 1B e assim por diante. Não use bordas de qualquer tipo ao redor das figuras. É responsabilidade dos autores obter permissão para reproduzir figuras ou tabelas que tenham sido previamente publicadas. **2.3. Tabelas.** As tabelas deverão ser referidas no texto com a primeira letra em maiúsculo, de forma abreviada e sem plural (Tab. 1, por exemplo). **Todas as tabelas apresentadas deverão, obrigatoriamente, ter chamada no texto.** As tabelas deverão ser seqüencialmente numeradas, em arábico (Tabela 1, 2, 3, etc; não abrevie), com numeração independente das figuras. O título das tabelas deverá estar acima das mesmas. Tabelas deverão ser formatadas usando as ferramentas de criação de tabelas ('Tabela') do

Microsoft® Word. Colunas e linhas da tabela deverão ser visíveis, optando-se por usar linhas pretas que serão removidas no processo de edição final. Não utilize padrões, tons de cinza, nem qualquer tipo de cor nas tabelas. Dados mais extensos poderão ser enviados como documentos suplementares, os quais estarão disponíveis como links para consulta pelo público. Mais detalhes poderão ser consultados nos últimos números da Revista.