



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**



**BRUNA YVILA MELO SANTOS**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES HERBÁCEAS E  
SUBARBUSTIVAS EM UMA ÁREA DE FLORESTA ATLÂNTICA NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

**RECIFE-PE**

**2017**

**BRUNA YVILA MELO SANTOS**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES HERBÁCEAS E  
SUBARBUSTIVAS EM UMA ÁREA DE FLORESTA ATLÂNTICA NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Botânica da Universidade  
Federal Rural de Pernambuco.

**ORIENTADORA:**

Dra. Ana Virgínia Leite

**COORIENTADORA:**

Dra. Cibele Cardoso de Castro

**RECIFE-PE**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237b Santos, Bruna Yvila Melo  
Biologia reprodutiva de espécies herbáceas e subarbustivas em  
uma área de floresta atlântica no nordeste brasileiro / Bruna  
Yvila Melo Santos . – 2017.  
63 f.: il.

Orientadora: Ana Virginia de Lima Leite.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Recife,  
BR-PE, 2017.  
Inclui referências e anexo(s).

1. Áreas perturbadas 2. Estratégias reprodutivas 3. Sistema  
reprodutivo I. Leite, Ana Virginia de Lima, orient. II. Título

CDD 581

**BRUNA YVILA MELO SANTOS**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES HERBÁCEAS E  
SUBARBUSTIVAS EM UMA ÁREA DE FLORESTA ATLÂNTICA NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação defendida e aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientadora:

---

**Profa. Dra. Ana Virgínia Leite (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Examinadores:

---

**Prof. Dr. Natan Messias de Almeida (Titular)**  
Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL

---

**Profa. Dra. Tarcila Correia de Lima Nadia (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

**Dr. Artur Maia Wanderley (Titular)**

---

**Dra. Patrícia Barbosa Lima (Suplente)**

Dedico esta dissertação a Deus e a toda minha família, especialmente a Daniel Santos,  
Rosângela Melo, Tatyane Danielle, Divaldo Ferreira e Iaraci Melo, que são os meus  
amores.

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e o Programa de Pós-graduação em Botânica (PPGB), pela oportunidade de aquisição do título de mestre e contribuição logística, bem como seus funcionários e coordenadores pelo apoio.

A Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH) e seus funcionários pela permissão e apoio logístico a pesquisa nas dependências da Estação Ecológica de Caetés (ESEC).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado de Pernambuco (CNPQ) pela concessão das bolsas e apoio financeiro ao projeto.

À banca examinadora: Prof. Natan M. Almeida, Profa. Tarcila C. L. Nádia, Dr. Artur M. Wanderley e Dra. Patrícia B. Lima, por todas as críticas e sugestões as quais foram de grande contribuição para este trabalho.

À professora Cibele Castro, pela co-orientação e apoio de sempre.

À professora Elisângela Santana e ao professor André Santos por toda contribuição.

À minha orientadora professora Ana Virgínia, pelos valiosos ensinamentos e conselhos, apoio e paciência, aos quais tem sido essenciais para minha formação acadêmica e crescimento profissional e pessoal. Sou muito grata!

Aos meus colegas do LERA (Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas), pela amizade e ajuda de sempre em campo e em laboratório, em especial Geiza, Sheena, Thaís, Cris, Karine e Gil.

À toda minha família, em especial a Daniel Santos, meu pai, Rosângela Melo, minha mãe, Tatyane Danielle, minha irmã, Iaraci Melo e Divaldo Ferreira, meus avós, por todo amor e apoio em tudo na minha vida. Obrigada por serem minha fortaleza nos momentos de angústia e felicidade e por nunca me deixarem desistir dos meus sonhos.

E sobretudo minha gratidão a Deus, que faz tudo existir. Obrigada Senhor, tua fidelidade dura para sempre!

**Santos, Bruna Yvila Melo Santos.** Mestrado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Biologia reprodutiva de espécies herbáceas e subarbustivas em uma área de floresta atlântica no nordeste brasileiro. Orientadora: Profa Dra Ana Virgínia Leite. Coorientadora: Profa Dra Cibele Cardoso de Castro.

## RESUMO

O estrato herbáceo-subarbustivo é bastante diverso e desempenha funções importantes para o estabelecimento e manutenção da comunidade. Essas espécies em geral são citadas na literatura como pouco especializadas, apresentando flores pequenas e autocompatíveis. Por outro lado, trabalhos mostram que as mesmas podem apresentar estratégias reprodutivas especializadas, ou mesmo serem autoincompatíveis. O objetivo deste estudo foi determinar a biologia floral e o sistema reprodutivo de herbáceas e subarbustos em uma área de Floresta Atlântica. Foram investigadas 10 ervas e seis subarbustos. Foram realizadas análises de biologia floral (morfometria – estruturas reprodutivas, antese, razão pólen/óvulo, viabilidade polínica, posição e deiscência das anteras e receptividade do estigma), determinação do tipo floral do sistema sexual. Foi verificada a ocorrência de estratégias reprodutivas, tais como hercogamia, dicogamia, apresentação secundária de pólen e liberação explosiva de pólen. Foi investigada a produção de frutos e sementes através da polinização natural e dos tratamentos de autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e apomixia e determinado o índice de autopolinização espontânea (IAE). Foi observado a mesma frequência de espécies com tipos florais generalistas e especialistas, hermafroditas, diurnas e de curta longevidade. Sendo registrado também sistema sexual ginomonóico e sistema de polinização por vibração. Houve elevada viabilidade polínica em todas as espécies e elevada razão pólen/óvulo em *Sphagneticola trilobata*, classificada como xenógama. Quanto às estratégias reprodutivas, foi verificada dicogamia, hercogamia, apresentação secundária de pólen e liberação explosiva de pólen. Nove espécies são autocompatíveis e parcialmente autógamas. Em contrapartida, em cinco dessas espécies houve diferença significativa entre os testes de polinização natural e cruzada manual e os de autopolinização, apresentando estes últimos, menor produção de frutos. Não houve espécies apomíticas. As espécies estudadas tendem a investir em estratégias especializadas que facilitam o cruzamento entre os indivíduos ao mesmo tempo que podem garantir sua reprodução com a autopolinização. Isso favorece a variabilidade genética e estabelecimento das populações, além de atrair diversos grupos de polinizadores específicos, contribuindo para a regeneração e manutenção da comunidade.

**Palavras-chave:** áreas perturbadas, estratégias reprodutivas, sistema reprodutivo.

**Santos, Bruna Yvila Melo Santos.** Mestrado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Reproductive biology of herbaceous and sub-shrub species in an area of Atlantic forest in northeastern Brazil. Orientadora: Profa Dra Ana Virgínia Leite. Coorientadora: Profa Dra Cibele Cardoso de Castro.

### **ABSTRACT**

The herbaceous-sub-bush stratum is quite diverse and performs important functions for the establishment and maintenance of the community. These species are usually cited in the literature as being of little specialty, presenting small, self-supporting flowers. On the other hand, studies show that they may present specialized reproductive strategies, or even be self-incompatible. The objective of this study was to determine the floral biology and the reproductive system of herbaceous and sub - shrubs in an area of Atlantic Forest. Ten herbs and six sub-shrubs were investigated. Analyzes of floral biology (morphometry - reproductive structures, anthesis, pollen / ovule ratio, pollen viability, anthers' position and dehiscence and receptivity of stigma), floral and sexual system determination were performed. The occurrence of reproductive strategies such as hercogamy, dicogamy, secondary presentation of pollen and explosive release of pollen was verified. The fruit and seed production was investigated through natural pollination and the treatments of spontaneous self-pollination, manual self-pollination, manual cross-pollination and apomixia, and the self-pollutant index (IAE) was determined. The same frequency of species with generalist and specialist floral types was observed, hermaphrodite, diurnal and of short longevity. Being also registered ginomonoico sexual system and system of pollination by vibration. There was high pollen viability in all species and high pollen / ovule ratio in *Sphagneticola trilobata*, classified as xenogama. Regarding the reproductive strategies, it was observed dicogamy, hercogamy, secondary presentation of pollen and explosive release of pollen. Nine species are self-supporting and partially autogamous. On the other hand, in five of these species there was a significant difference between the natural and manual cross pollination tests and those of self pollination, presenting the latter, lower fruit yield. There were no apomictic species. The studied species tend to invest in specialized strategies that facilitate the crossing between the individuals at the same time that can guarantee their reproduction with the self-pollination. This favors the genetic variability and establishment of the populations, besides attracting several groups of specific pollinators, contributing to the regeneration and maintenance of the community.

**Keywords:** disturbed areas, reproductive strategies, reproductive system.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estação Ecológica de Caetés, Pernambuco, localização da área de estudo, Brasil.....	52
---	----

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Morfologia floral de espécies herbáceas e subarborescentes na ESEC Caetés, Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil. DP= Desvio padrão. .... 53
- Tabela 2.** Morfometria floral de espécies herbáceas e subarborescentes na ESEC Caetés, Paulista-PE. Teste G (comprimento dos estames vs. Pistilo):  $U=0$ ,  $p<0,001$ . .... 54
- Tabela 3.** Biologia reprodutiva de espécies herbáceas e subarborescentes na ESEC Caetés, PE. DI = Dicogamia; ASP = Apresentação secundária de pólen; LEP = liberação explosiva de pólen; HER = Hercogamia; Di = Distília; SC = Sistema reprodutivo autocompatível; IAE = Índice de autopolinização espontânea. \* espécies que tiveram o teste de receptividade estigmática reproduzido a cada uma hora ..... 55
- Tabela 4.** Valores dos experimentos do sistema reprodutivo realizado em dez espécies da ESEC Caetés, Pernambuco. Fl = Número flores utilizadas no tratamento; Fr = Número de frutos formados. Valor em parênteses corresponde à média e desvio padrão de sementes formadas. a, b, c = Diferenças significativas. \*valor referente à média de flores por inflorescência. Letras iguais na mesma linha corresponde à diferença significativa através do teste G.  $p<0,005$ ..... 56

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2.REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.REFERÊNCIAS.....	18

### **Artigo a ser enviado a Plant Biology**

Componente herbáceo-subarbusivo: autopolinização e estratégias reprodutivas especializadas .....	32
RESUMO .....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
RESULTADOS .....	37
DISCUSSÃO .....	40
AGRADECIMENTOS .....	43
REFERÊNCIAS .....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57
ANEXOS.....	58

## 1. INTRODUÇÃO

Os sub-bosques das florestas tropicais, em especial o componente herbáceo e subarbustivo, apresentam elevada diversidade de espécies, de caracteres florais e de estratégias reprodutivas, influenciando fortemente na manutenção da dinâmica das comunidades no ecossistema (BAWA et al., 1985; GENTRY e EMMONS 1987; BAWA, 1990; KRESS e BEACH, 1994; LASKA, 1997). Tais espécies são colonizadoras iniciais e exercem papel essencial na regeneração de áreas perturbadas devido ao fato de constituírem forte atrativo a fauna, tais como polinizadores, dispersores de frutos e sementes e herbívoros, contribuindo para recuperação das interações planta-animal (REIS et al., 1999; VAN SWAAY, 2002; PEREIRA et al., 2005; SINGH et al., 2006; SOUZA et al., 2009).

Espécies herbáceas são, em geral, apontadas como pouco especializadas, apresentando características florais mais generalistas e sistemas reprodutivos auto-compatíveis (RAMÍREZ e BRITO, 1990; RAMÍREZ e SERES, 1994; JAIMES e RAMÍREZ, 1999; BARRETT et al., 1996; KOHN et al., 1996; GOODWILLIE, 1999; OLESEN et al., 2006; PAGOTTO e SOUZA, 2006; PÉREZ et al., 2006; LOPES et al., 2009; BARRETO, 2014; AZEVEDO, 2014). A autocompatibilidade pode funcionar como uma estratégia de sobrevivência dessas plantas, sendo resultado de pressões seletivas de ambientes variáveis, como a escassez de polinizadores (SIQUEIRA-FILHO e MACHADO, 2004; GIRÃO et al., 2007; SAKAI e WRIGHT, 2008; CHEPTOU et al., 2008; SUN e CHEPTOU, 2012). A lei de Baker (1955; 1967) explica que espécies colonizadoras podem apresentar a capacidade de autofertilização e reprodução assexuada, as quais favorecem sua colonização em ambientes perturbados. Outros trabalhos relatam que as herbáceas podem alterar as características reprodutivas diante de perturbações ambientais a fim de otimizar sua reprodução (SIQUEIRA-FILHO e MACHADO, 2004; GIRÃO et al., 2007; CHEPTOU et al., 2012; SUN e CHEPTOU, 2012).

Por outro lado, diversos estudos apontam diferentes estratégias florais e especialização, tais como, dicogamia, hercogamia, apresentação secundária de pólen, mecanismo explosivo de liberação de pólen e polinização por engano, além de tipos florais e sistemas de polinização especializados (RAMÍREZ, 2005; LEITE e MACHADO, 2007; PEMBERTON e LIU, 2008; VILHENA et al., 2010; MISSAGIA e VERÇOZA, 2011; AMORIM, 2012; SILVA e LEITE, 2011; MACHADO, 2014;

ÁVILA-JÚNIOR et al., 2015; SANTOS et al., 2016), bem como a autoincompatibilidade (STEPHENSON et al., 2000; MACHADO et al., 2002; SOUZA et al., 2007; CARVALHO e MACHADO, 2006; MUNIN et al., 2008; CHENG et al., 2009; KRAHL et al., 2015). Assim, este grupo de plantas pode se mostrar também bastante especialista, apresentando estratégias que favorecem sua colonização e a diversidade de interações planta-polinizador (ver PANNELL, 2015).

Sendo as espécies herbáceas e subarbutivas importantes pioneiras na regeneração de áreas florestadas, estudos sobre a biologia reprodutiva neste grupo de plantas pode fornecer dados relevantes sobre a diversidade de estratégias reprodutivas observadas entre as espécies e trazer informações importantes sobre a dinâmica do ecossistema. Além disso, para a área de estudo em particular, as informações geradas poderão servir de base para a atualização do plano de manejo que já vem sendo desenvolvido no local. Objetivou-se responder as seguintes perguntas: I. Há o predomínio de espécies autocompatíveis? II. Sendo autocompatíveis, estas podem possuir estratégias que maximizam a polinização cruzada? III. Os tipos florais mais comuns entre as espécies são generalistas?

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Componente herbáceo e subarbutivo de Floresta Atlântica**

O sub-bosque das florestas tropicais apresenta uma enorme diversidade de espécies (DODSON et al., 1985; GENTRY e DODSON, 1987; PRANCE, 1989; ANDREATA et al., 1997). Estudos de composição florística têm mostrado a elevada diversidade deste estrato florestal (SOARES Jr. et al., 2008; SOUZA et al. 2009; KOREZA et al., 2009; SANTOS et al., 2010; POLISEL, 2011; VIANA e BARBOSA et al., 2014; CORRÊA et al., 2014). Aarssenet et al. (2006) relatam que plantas com menor estatura são mais dominantes, tanto em termos de números de indivíduos em nível de comunidade, quanto em relação à diversidade. Algumas famílias como Asteraceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae e Rubiaceae destacam, sendo bastante comuns em formações de Floresta Atlântica, sobretudo em áreas perturbadas (SOARES JR. et al., 2008; MARASCHIN-SILVA et al., 2009; KOZERA et al., 2009; SANTOS et al., 2010; POLISEL, 2011; VIANA e BARBOSA et al., 2014; CORRÊA et al., 2014).

Os estratos herbáceos e subarbutivos exercem grande importância nas áreas em regeneração, pois constituem o primeiro componente a colonizar e se estabelecer nesses

ambientes, contribuindo para sucessão do ecossistema (PEREIRA et al., 2004; INÁCIO e JARENKOW, 2008; MARTINS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012). O componente herbáceo-subarbusivo é constituído por espécies que, em geral, são tolerantes à luz solar intensa, desta forma dominam a flora da comunidade em áreas na fase inicial da regeneração (PRUDENCIO et al., 2007). Alguns autores relatam que a disponibilidade de luz aumenta a biomassa dessas espécies e favorece sua propagação (ANDRADE, 1992; ZICKEL, 1995; PRUDENCIO et al., 2007; INÁCIO e JARENKOW 2008). Alguns estudos mostram que essas espécies em geral conseguem se adaptar facilmente às variáveis ambientais impostas em uma área perturbada (SINGH, 2012; ASTEGIANO et al., 2015; STEPHENSE e QUINTANA-ASCENCIO, 2015). Martins et al. (2009) e Oliveira et al. (2012) apontaram a predominância das comunidades herbáceas e subarbutivas em áreas perturbadas. Espécies de Asteraceae, Rubiaceae, Poaceae e Cyperaceae, por exemplo, são comuns na vegetação em fases iniciais de regeneração florestal (MARASCHIN-SILVA et al., 2009). Essas espécies exercem um importante papel ecológico no ecossistema, fornecendo condições térmicas e umidade ao solo (REIS et al., 1999; PEREIRA et al., 2005). Ainda, incorporam matéria orgânica ao solo, além de ligar às partículas do mesmo através de seus sistemas radiculares, reduzindo a perda de água e possíveis erosões (CONNELL e SLATYER, 1977; PAUSAS et al., 1999; SAGAR et al., 2008). Desta forma, o estrato herbáceo-subarbusivo é de fundamental importância para fornecer as condições ecológicas necessárias ao estabelecimento de espécies arbustivas e arbóreas (CONNELL e SLATYER, 1977; PAUSAS et al., 1999; SAGAR et al., 2008).

Martin et al. (2009), em seus estudos para verificar a vegetação colonizadora em áreas perturbadas pelas queimadas, constataram que a cobertura do componente herbáceo e subarbusivo foi superior a 90%, exercendo importante papel na proteção do solo contra processos erosivos. Essas espécies apresentam ainda uma elevada riqueza de caracteres florais, além de diversos grupos de polinizadores (BAWA et al., 1985; GENTRY e EMMONS 1987; BAWA, 1990; KRESS e BEACH, 1994; LASKA, 1997). De modo que, exercem papel importante na recuperação das interações planta-animal, atraindo a fauna, sendo essenciais para o forrageio de muitos polinizadores e dispersores de sementes (REIS et al., 1999; VAN SWAAY, 2002; PEREIRA et al., 2005; SINGH et al., 2006; SOUZA et al., 2009).

Sob esse aspecto, informações acerca deste grupo de plantas são fundamentais para preencher lacunas do conhecimento a respeito das mesmas e compreender a dinâmica do ecossistema como um todo (ver SAGAR et al., 2012).

## **2.2. Biologia reprodutiva de espécies herbáceas e subarbustivas**

### *2.2.1. Biologia floral*

As angiospermas possuem uma grande diversidade de traços florais os quais foram selecionados e desenvolvidos durante seu processo de evolução (BARRET et al., 2008; KARASAWA et al., 2009; ALCÂNTARA e LOHMMAN, 2010). Tais caracteres florais estão fortemente relacionados aos variados sistemas de polinização, visto que exercem um papel importante na atração de diferentes grupos de polinizadores, favorecendo a polinização cruzada e o sucesso reprodutivo das plantas (OBERMULLER et al. 2008). Aspectos da biologia floral e as estratégias reprodutivas utilizadas pelas espécies são parâmetros essenciais para o entendimento de sua biologia reprodutiva (MAUÉS e COUTURIER, 2002). Tais fatores são de grande relevância para o ecossistema, pois trazem consequências evolutivas importantes para a diversidade biológica e manutenção das comunidades vegetais e dos diferentes grupos de polinizadores (KEARNS e INOUE, 1993; HERRE et al., 1999; MACHADO et al., 2005; THOMPSON, 2005).

As espécies herbáceas são em geral citadas na literatura como pouco especializadas (SOBREVILLA e ARROYO, 1982; FEINSINGER et al., 1987; JAIMES e RAMÍREZ, 1999; BARRETT et al., 1996; KOHN et al., 1996; GOODWILLIE, 1999). Alguns autores relatam que muitas espécies submetidas a condições ambientais variáveis, tendem a apresentar atributos florais e sistemas de polinização generalista a fim de ampliar a guilda de polinizadores e possibilidades de dispersão do pólen (PÉREZ et al., 2006; OLESEN et al., 2006; PAGOTTO e SOUZA 2006; CARA, 2006; LOPES et al., 2009; BARRETO, 2014). Por outro lado, diversos estudos têm mostrado diferentes estratégias florais e especialização, entre elas dicogamia, hercogamia, apresentação secundária de pólen, mecanismo explosivo de liberação de pólen e polinização por engano (VOGEL e MACHADO, 1991; TEXEIRA e MACHADO, 2004; DUAN et al., 2005; RAMÍREZ, 2005; BARRETO e FREITAS, 2007; LEITE e MACHADO, 2007; PEMBERTON e LIU, 2008; VILHENA et al., 2010; SILVA e LEITE, 2011; AVILA-JR. et al. 2015).

Ramírez (2005), em pesquisa sobre o sistema sexual, variação temporal e expressão sexual em 210 plantas na planície central da Venezuela observaram que a dicogamia esteve associada à forma de vida herbácea. Duan et al. (2005), em seu trabalho com *Gentiana straminea* Maxim. (Gentianaceae) observaram que a espécie combina dicogamia e hercogamia, a fim de otimizar a polinização cruzada. Vogel e Machado (1991) estudando quatro espécies de *Angelonia* Bonpl. (Scrophulariaceae) observaram dicogamia em três dessas espécies, os autores registraram ainda sistemas reprodutivos auto-incompatíveis, além de sistemas de polinização especializados, desempenhado por abelhas especialistas na coleta de óleo. Espécies de Marantaceae são comumente associadas a estratégias de apresentação secundária de pólen e liberação explosiva do estilete. Estudos realizados com espécies dessa família (*Ischnosiphon gracilis* (Rudge) Körn., *Stromanthe portiana* Griseb. e *Calathea cylindrica* (Roscoe) K. Schum.), por exemplo, relatam ambas as estratégias reprodutivas bem como a presença de um sistema de polinização especialista realizado por abelhas Euglossini (BARRETO e FREITAS, 2007; LEITE e MACHADO, 2007). A polinização por engano é comumente associada às Orchidaceae, no qual se estima que 1/3 delas utilize desta estratégia para atrair os polinizadores (BORBA e BRAGA, 2003; MICKELIUNAS, 2006; PANSARIN, 2008). Pemberton e Liu (2008) constataram um mimetismo entre as flores de *Cyrtopodium punctatum* (L.) Lindl. e flores de *Byrsonima lucida* (Mill.) DC., espécie que oferece óleo como recurso, resultando no compartilhamento do polinizador (abelhas Centridini). Azevedo (2014) também observou diversas das estratégias reprodutivas mencionadas em espécies herbáceas e subarborescentes.

Há ainda outros trabalhos que mostram uma grande diversidade de formas florais e sistemas de polinização específicos encontrados em herbáceas e subarborescentes, aos quais desempenham um papel importante na atração de polinizadores especializados, como abelhas especialistas coletoras de pólen por vibração e de óleo, morcegos, beija-flores e esfingídeos (MACHADO et al., 1998, 2002; SIGRIST e SAZIMA, 2002; NADIA e MACHADO, 2005; LEAL et al., 2006; MUNIN et al., 2008; MISSAGIA e VERÇOZA, 2011; AMORIM, 2012; CRUZ et al., 2014; MACHADO, 2014; SANTOS et al., 2016). Machado et al. (1998), por exemplo, em pesquisas acerca do sistema de polinização em *Irlbachia alata* (Aubl.) Maas, uma erva encontrada em locais perturbados, como clareiras e borda de floresta Atlântica, observaram morcegos desempenhando o serviço de polinização para a espécie. Cruz et al. (2014) por sua vez, em seus estudos realizados também em área antropizada, registraram beija-flores polinizando *Heliconia*



*psittacorum* L. f., além de borboletas e abelhas. Amorim (2012) observou seis herbáceas importantes para atração de esfingídeos no local de estudo, compreendendo quatro espécies de *Habenaria* Willd. (Orchidaceae), *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) e *Lilium formosanum* Wallace (Liliaceae). E ainda registros de polinização por vibração em ervas do gênero *Sauvagesia* L. em mata atlântica urbana e áreas abertas (NADIA e MACHADO, 2005) e em subarbustos de *Solanum* L. (AVANZI e CAMPOS, 1997; KROHLING, et al., 2010) e *Chamaecrista* Moench. (OLIVEIRA e GIMENES, 2011; ALMEIDA et al., 2013).

Sendo assim, levando em consideração a diversidade de espécies herbáceas e subarbusivas que integram o componente herbáceo e subarbusivo, principalmente em formações florestais brasileiras, muitas espécies ainda precisam ser investigadas a fim de se conhecer a diversidade de traços florais e estratégias reprodutivas que este grupo de plantas pode apresentar para obter sucesso reprodutivo em áreas com variações ambientais.

### 2.2.2. Sistema reprodutivo

Os eventos relacionados à reprodução das espécies estão estreitamente ligados à manutenção e variabilidade genética dos ecossistemas (HOLSINGER, 2000). Segundo Holsinger (2000), os sistemas reprodutivos, por influenciarem a quantidade e a distribuição da variação gênica das populações, podem fornecer informações importantes acerca das respostas evolutivas das mesmas, mediante os processos de seleção natural. A biologia reprodutiva das plantas exerce também grandes implicações para conservação, visto que contribuem para o entendimento de diversos aspectos reprodutivos que regulam a estrutura gênica da comunidade, elucidando, por exemplo, as possíveis barreiras à formação de frutos e sementes (TANDON et al., 2003; RAMALHO e BATISTA, 2005).

As herbáceas são comumente associadas a sistemas sexuais auto-compatíveis (ARROYO e CABRERA, 1978; KRESS, 1983; SOBREVILA e ARROYO, 1982; RAMÍREZ e BRITO, 1990; RAMÍREZ e SERES, 1994; BARRETT et al., 1996; KOHN et al., 1996; GOODWILLIE, 1999; AZEVEDO, 2014). Barrett (2002) comenta que apesar da contribuição da fecundação cruzada para a diversidade genética das populações, cerca de 20% das angiospermas evoluíram para o sistema de autofecundação, em especial as herbáceas. Baker (1955; 1967) explicou que espécies colonizadoras tendem a aumentar a capacidade de autofertilização e reprodução

assexuada a fim de tornar possível a colonização em áreas onde há a ausência de polinizadores. Outros autores também relatam que de fato as perturbações ambientais, como a escassez de polinizadores, podem causar alterações nas características reprodutivas no estrato herbáceo (SIQUEIRA FILHO e MACHADO, 2004; GIRÃO et al., 2007; CHEPTOU et al., 2012; SUN e CHEPTOU, 2012).

Cheptou e Massol (2009; 2011a) mostram em estudos empíricos a co-evolução dos sistemas reprodutivos com as taxas de dispersão do pólen, evidenciando que a autofertilização está associada aos serviços dos polinizadores. Alguns autores explicam que as pressões seletivas provenientes de um ambiente alterado resultam em diversas estratégias reprodutivas aos quais permitem a sobrevivência dessas plantas, como por exemplo, a autocompatibilidade (BARRETT, 1992; COELHO e BARBOSA, 2003; SAKAI e WRIGHT, 2008). Estudos com espécies de borda de floresta, por exemplo, apontam uma elevada frequência de autofertilização ao qual tem grande importância para reprodução deste grupo de plantas (CHEPTOU et al., 2008; PUJOL et al., 2009; ELLE et al., 2010; SUN e CHEPTOU, 2012). Sendo assim, o sistema reprodutivo misto (autogamia e xenogamia) seria uma estratégia eficiente para as plantas que habitam áreas abioticamente variáveis, onde a polinização cruzada pode estar comprometida (GOODWILLIE et al., 2010; PETANIDOU et al., 2012; MIRANDA e VIEIRA, 2014).

Trabalhos realizados com comunidade de espécies de sub-bosque (ARROYO e CABRERA, 1978; SOBREVILA e ARROYO, 1982; KRESS, 1983; RAMÍREZ e BRITO, 1990; RAMÍREZ e SERES, 1994; AZEVEDO, 2014) relatam a predominância da autocompatibilidade. Sobrevila e Arroyo (1982), em seus estudos com espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas perenes em Floresta Tropical na Venezuela, observaram que as herbáceas apresentaram um alto nível de autocompatibilidade, enquanto que 37-44% das árvores dependiam obrigatoriamente da polinização cruzada para a reprodução. Ramírez e Brito (1990) analisando 128 espécies entre herbáceas e lenhosas em uma comunidade de Vereda Tropical, também constataram elevada quantidade de sistemas sexuais autocompatíveis. Ramírez e Seres (1994) em seu trabalho com herbáceas monocotiledôneas em Floresta Tropical na Venezuela observaram que 73% das espécies apresentaram algum nível de autocompatibilidade. No entanto, os autores mostraram que apesar de autocompatíveis, estratégias reprodutivas, como a dicogamia e a monoiccia impediram a autofertilização em 91% das espécies. Mais recentemente em florestas brasileiras, Azevedo (2014) em seus estudos com ervas, subarbustos e arbustos, também constatou relação entre espécies herbáceas e

subarbustivas e sistemas auto-compatíveis. Fonseca e Vieira (2014) observaram que as herbáceas em sua maioria apresentaram sistemas sexuais hermafroditas, os quais facilitam a autopolinização.

Por sua vez, estudos com espécies isoladas trazem informações de autoincompatibilidade para algumas espécies herbáceas e subarbustivas (STEPHENSON et al., 2000; MACHADO et al., 2002; SOUZA et al., 2007; CARVALHO e MACHADO, 2006; MUNIN et al., 2008; CHENG et al., 2009; KRAHL et al., 2015). Machado et al. (2002) por exemplo, constataram que a erva *Angelonia cornigera* Hook. é autoincompatível. Munin et al. (2008), estudando *Bauhinia curvula* Benth. um subarbusto, também mencionaram a autoincompatibilidade. Stephenson et al. (2000), observaram *Campanula rapunculoides* L., uma herbácea também autoincompatível, porém, à medida que as flores envelhecem assumem a condição de autocompatibilidade, aumentando assim, as chances de reprodução.

Contudo, dada a característica das espécies herbáceas e subarbustivas como colonizadoras iniciais nos diferentes ecossistemas, exercendo importante função na recuperação das interações planta-animal, pesquisas acerca da biologia floral e reprodutiva de espécies desse estrato são importantes para a determinação da importância ecológica destas no ambiente em que se encontram.

### 3. REFERÊNCIAS

AARSSSEN, L. W.; SCHAMP, B. S.; PITHER, J. Why are there so many small plants? Implications for species coexistence. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 569-80, 2006.

ALCANTARA, S.; LOHMANN, L. G. Evolution of floral morphology and pollination system in Bignoniaceae (Bignoniaceae). **American Journal of Botany**, v. 97, n. 5, p. 782-796, 2010.

ALMEIDA, N. M. et al. Floral polymorphism in *Chamaecrista flexuosa* (Fabaceae – Caesalpinioideae) a possible case of a typical enantiostyly? **Annals of Botany**, v. 112, n. 3, p. 1117-1123, 2013.

AMORIM, F. W. **A flora esfingófila de uma Floresta Ombrófila Densa Montana no sudeste brasileiro e relações mutualísticas com a fauna de Sphingidae**. 2012. 184p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. São Paulo.

ANDRADE, P. M. **Estrutura do estrato herbáceo de trecho da Reserva Biológica Mata do Jambreiro, Nova Lima, MG.** 1992. 84p. Dissertação (Mestrado em Biologia vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

ANDREATA, R. H. P.; GOMES, M.; BAUMGRATZ, J. F. A. Plantas herbáceo-arbustivas terrestres da Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (Eds.). **Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica.** Rio de Janeiro, Brasil: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997.

ARROYO, M. T.; CABRERA, M. Preliminary self-incompatibility test for some tropical cloud forest species in Venezuela. **Incompatibility Newsletter**, v. 8, p. 72-76, 1978.

ASTEGIANO, J. et al. Persistence of Plants and Pollinators in the Face of Habitat Loss: Insights from Trait-Based metacommunity Models. **Advances in Ecological Research**, v.53, p. 201-257, 2015.

AVANZI, M. R.; CAMPOS, M. J O. Estrutura de guildas de polinização de *Solanum aculeatissimum* Jacq. e *S. variabile* Mart. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 2, p. 247-256, 1997.

AVILA JR., R. S; URDAMPILLETA, J.; GIL, A. B. Qualidade polínica, anormalidades meióticas e poliploidia em *Sisyrinchium commutatum* (Iridaceae). **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 923-929, 2015.

AVILA JR., R. S.; PINHEIRO, M.; SAZIMA, M. The generalist *Inga subnuda* subsp. *Luschnathiana* (Fabaceae): negative effect of floral visitors on reproductive success? **Plant Biology**, v. 17, p. 728-733, 2015

AZEVEDO, I. F. P. **Sistemas reprodutivos em espécies não-árvores de fragmento de Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro: Diversidade, quantidade e condições derivadas.** 2014. 62p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.

BAKER, H. G. Self-compatibility and establishment after “long-distance” dispersal. **Evolution**, v. 9, p. 347–348, 1955.

BAKER, H. G. Support for Baker's Law – as a rule. **Evolution**, v. 21, p. 853–856, 1967.

BARRETO, A. A.; FREITAS, L. Atributos florais em um sistema de polinização especializado: *Calathea cylindrica* (Roscoe) K. Schum. (Marantaceae) e abelhas Euglossini. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p.421-431, 2007.

BARRETO, L. L. **Existe influência da borda sobre a polinização e o sucesso reprodutivo de espécies lenhosas da Caatinga?** 2014. 91p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BARRETT, S. C. H. 1992. Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. In: BARRETT, S. C. H. (Ed.). **Evolution and function of heterostyly**. Monographs on Theoretical and Applied Genetics. Berlin: Springer Verlag. 24p.

BARRETT, S. C. H. ; HARDER, L. D.; WORLEY, A. C. The comparative biology of pollination and mating in flowering plants. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 351, p. 1271-1280, 1996.

BARRETT, S. C. H.. The evolution of plant sexual diversity. **Nature**, v. 3, p. 274-284, 2002.

BARRETT, S. C. H.; COLAUTTI, R. I.; ECKERT, C. G. Plant reproductive systems and evolution during biological invasion. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 1, p. 373-383, 2008.

BAWA, K. S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**,v. 21, p. 399-422, 1990.

BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rain Forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. **American Journal of Botany**, v. 72, p. 331-345, 1985.

BORBA, E. L.; BRAGA, P. I. S. Biologia reprodutiva de *Pseudolaelia corcovadensis* (Orchidaceae): melitofilia e autocompatibilidade em uma Laeliinae basal. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 541-549, 2003.

CARA, P. A. A. **Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco**. 2006. 100p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal– - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CARLQUIST, S. The biota of long distance dispersal. **Evolution**, v. 20, p. 30–48, 1966.

CARVALHO, R.; MACHADO, I, C. *Rodriguezia bahiensis* Rchb. f.: biologia floral, polinizadores e primeiro registro de polinização por moscas Acroceridae em Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.3, p.461-470, 2006.

CHENG, J. et al. The pollination of a self-incompatible, food-mimic orchid, *Coelogyne fimbriata* (Orchidaceae), by female *Vespula* wasps. **Annals of Botany**, v. 104, p. 565-571, 2009.

CHEPTOU, P. O, MASSOL F. Pollination fluctuations drive evolutionary syndromes linking dispersal and mating system. **American Naturalist**, v. 174, p. 46–55, 2009.

CHEPTOU, P. O. Clarifying Baker's Law. **Annals of Botany**, v. 109, p. 633–641, 2012.

COELHO, C. P.; BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de *Palicourea macrobotrys* Ruiz & Pavon (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 403-413, 2003.

CONNEL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1119-1144.

CORRÊA, L. S. et al. Estrutura, composição florística e caracterização sucessional em remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no Sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, 2014.

CRUZ, D. D; SILVA, M, C. S.; ALBUQUERQUE, N. S. L. Floral syndrome, resources and pollinator guilds: a case study of *Heliconia psittacorum* L. f. (Heliconiaceae). **Iheringia**, v. 69, n. 2, p. 303-312, 2014.

DALPIAZ, S. **Estudo fitossociológico de uma área de sucessão secundária no município de Dom Pedro de Alcântara, RS-BRA**. 1999.112 p. Dissertação (Mestrado em Botânica - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DODSON, C.; GENTRY, A. H.; VALVERDE, F. M. **Flora of Jauneche, Los Rios, Ecuador**. Quito: Banco Nacional de Ecuador, 1985.

DUAN, Y.; YA-PING, H. E. Y.; LIU, J. Reproductive ecology of the Qinghai-Tibet Plateau endemic *Gentiana straminea* (Gentianaceae), a hermaphrodite perennial characterized by herkogamy and dichogamy. **Acta Oecologica**, v. 27, p. 225-232, 2005.

ELLE, E.; GUINDRE-PARKER, S.; PARACHNOWITSCH, A. L. Variation in the timing of autonomous selfing among populations that differing flower size, time to reproductive maturity, and climate. **American Journal of Botany**, v. 97, p. 1894-1902, 2010.

FEINSINGER, P. Effects of plant species on each other's pollination: is community structure influenced? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 2, n. 5, p. 123-127, 1987.

GENTRY, A. H.; DODSON, C. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. **Biotropica**, v. 19, p. 149-156, 1987.

GIRÃO, L. C et al. Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. **Plos One**, v. 9, n. 908, 2007.

GOODWILLIE, C. Multiple origins of self-compatibility in *Linanthus* section *Leptosiphon*: phylogenetic evidence from internal-transcribed-spacer sequence data. **Evolution**, v. 53, p. 1387–1395, 1999.

GOODWILLIE, C. et al. Correlated evolution of mating system and floral display traits in flowering plants and its implications for the distribution of mating system variation. **New Phytologist**, v. 185, n. 1, p. 311-321, 2010.

HERRE, E. A. et al. The evolution of mutualisms: exploiting the paths between conflict and cooperation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 14, p. 49-53, 1999.

- HOLSINGER, K. E. Reproductive systems and evolution in vascular plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, p. 7037-7042, 2000.
- INÁCIO, C. D.; JARENKOW, J. A. Relação entre a estrutura da sinúsia herbácea terrícola e a cobertura do dossel em floresta estacional no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 4151, 2008.
- JAIMES, I.; RAMIREZ, N. Breeding systems in a secondary deciduous forest in Venezuela: The importance of life form, habitat, and pollination specificity. **Plant Systematics and Evolution**, v. 215, p. 23-36, 1999.
- KARASAWA, M. M. G. Diversidade reprodutiva de plantas: **Uma perspectiva evolutiva e bases genéticas**. São Paulo: SBG, 2009, 113p.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. **Techniques for Pollination** Biologists. Niwot, Colorado, EUA: University Press of Colorado, 1993, 583p.
- KOHN, M. J.; SCHOENINGER, M. J.; VALLEY, J. W. Herbivore tooth oxygen isotope compositions: Effects of diet and physiology. **Geochim Cosmochim Acta**, v. 60, p. 3889-3896, 1996.
- KOZERA, C.; RODRIGUES, R. R.; DITTRICH, V. A. O. Composição florística do sub-bosque de uma Floresta ombrófila densa montana, Morretes, PR, Brasil. **Floresta**, v. 39, n. 2, 2009.
- KRAHL, A. H. et al. Polinização de *Camaridium ochroleucum* Lindl. (Orchidaceae: Maxillariinae). **Biota Amazônia**, v. 5, n. 3, p. 1-7, 2015.
- KRESS, W. J. Self-incompatibility in Central American *Heliconia*. **Evolution**, v. 37, p. 735-744, 1983.
- KRESS, W. J.; BEACH, J. H. Flowering plant reproductive systems. In: MCDADE, L. A. et al. (Eds.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University of Chicago Press, 1994, 493p.
- KROHLING, C. A.; EUTRÓPIO, F. J.; SILVA, A. G. Interações inseto-planta em *Solanum hexandrum* Vell. (Solanaceae): polinização e herbivoria na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. **Natureza on line**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2010.



LASKA, M. S. Structure of understory shrub assemblages in adjacent secondary and old growth tropical wet forest, Costa Rica. **Biotropica**, v. 29, n. 1, p. 29-37, 1997.

LEAL, F. C.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Polinização por beija-flores em uma área de caatinga no Município de Floresta, Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 379-389, 2006.

LEITE, A.V.; MACHADO, I. C. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinizadores de duas espécies simpátricas de Marantaceae em um fragmento de Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 221-231, 2007.

LOPES, A. V. et al. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1154–1165, 2009.

MACHADO, I. C.; SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Bat pollination of the terrestrial herb *Irlbachia alata* (Gentianaceae) in northeastern Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 209, p. 231-237, 1998.

MACHADO, I. C. A.; VOGEL, S.; LOPES, A. V. Pollination of *Angelonia cornigera* Hook. (Scrophulariaceae) by Long-Legged, Oil-Collecting Bees in NE Brazil. **Plant Biology**, v. 4, n. 3, p. 352–359, 2002.

MACHADO, I. C. A. et al. Critical review of host specificity and its coevolutionary implications in the fig/fig-wasp mutualism. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, p. 6558-6565, 2005.

MACHADO, I. C. A comunidade de beija-flores e as plantas que visitam em uma área de cerrado ralo da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, p. 1578-1587, 2014.

MARASCHIN-SILVA, F.; SCHERER, A.; BAPTISTA, L. R. M. Diversidade e estrutura do componente herbáceo-subarbuscivo em vegetação secundária de Floresta Atlântica no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 1, p. 53-65, 2009.

MARTINS, S. V. Regeneração pós-fogo em um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, MG. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 11-19, 2009.

MASSOL, F.; CHEPTOU, P. O. When should we expect the evolutionary association of self-fertilization and dispersal? **Evolution**, v. 65, p. 1217–1220, 2011b.

MAUÉS, M. M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva de camucamu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 441-448, 2002.

MICKELIUNAS, L.; PANSARIN, E. R.; SAZIMA, M. Biologia floral, melitofilia e influência de besouros Curculionidae no sucesso reprodutivo de *Grobya amherthiae* Lindl. (Orchidaceae: Cyrtopodiinae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 2, p. 251-258, 2006.

MIRANDA, A. S.; VIEIRA, M. F. *Ruellia subsessilis* (Nees) Lindau (Acanthaceae): a species with a sexual reproductive system that responds to diferente water availability levels. **Flora**, v. 209, p. 711–717, 2014.

MISSAGIA, C. C. C.; VERÇOZA, F. C. Fenologia reprodutiva, polinização e frutificação de *Heliconia spathocircinata* Aristeg. (Heliconiaceae) em fragmento de Floresta Atlântica do município do Rio de Janeiro. **Biotemas**, v. 24, n. 3, p. 13-23, 2011.

MUNIN, L. R.; TEIXEIRA, R. C.; SIGRIST, M. R. Esfingofilia e sistema de reprodução de *Bauhinia curvula* Benth. (Leguminosae: Caesalpinioideae) em cerrado no Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 15-25, 2008.

NADIA, T. L.; MACHADO, I. C. Polinização por vibração e sistema reprodutivo de duas espécies de *Sauvagesia* L. (Ochnaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p. 255-265, 2005.

OBERMULLER, E. A. et al. O contraste entre síndromes de polinização e sistemas efetivos de polinização e suas perspectivas para ecossistemas associados à Mata Atlântica. **Natureza on line**, v. 6, n. 1, p. 42-47, 2008.

OLESEN J. M. et al. The smallest of all worlds: pollination networks. **Journal of Theoretical Biology**, v. 240, p. 270-276, 2006.

OLIVEIRA, D. G. et al. Análise da vegetação em nascentes da bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Salgado, SE. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 127-141, 2012.

OLIVEIRA, P. R.; GIMENES, M. Potential pollinators of *Comolia ovalifolia* DC Triana (Melastomataceae) and *Chamaecrista ramosa* (Vog.) H.S. Irwin and *Barneby* var. *ramosa* (Leguminosae-Caesalpinioideae), in restinga, Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, 2011.

PAGOTTO, T. C. S.; SOUZA, P. R. **Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado**. Campo Grande: Editora Universitária - UFMG, 2006. p. 143-162.

PANNELL, J. R et al. The scope of Baker's law. **New Phytologist**, v. 208, p. 656-667, 2015.

PANSARIN, E. R. Reproductive biology and pollination of *Govenia utriculata*: A syrphid fly orchid pollinated through a pollen deceptive mechanism. **Plant Species Biology**, v. 23, p. 90-96, 2008.

PAUSAS, J. G. Response of plant functional types to changes in the fire regime in Mediterranean ecosystems: a simulation approach. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, p. 717-722, 1999.

PEMBERTON, R. W.; LIU, H. Potential of invasive and native solitary specialist bee pollinators to help restore the rare cow horn orchid (*Cyrtopodium punctatum*) in Florida. **Biological Conservation**, v. 141, p. 1758-1764, 2008.

PEREIRA, M. C. A. et al. Estrutura do estrato herbáceo na formação aberta de *Clusia* do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, n. 3, p. 677-687, 2004.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; VALLADARES, G. S. Organossolos: Ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: TORRADO, P. V. et al.

(Eds.) Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 4, p. 233-276, 2005.

PÉREZ, F.; ARROYO, M. T.; MEDEL, R. **Evolución de adaptaciones para la autofertilización automática en especies con sistemas de polinización especializados**. Córdoba: Reunión Argentina de Ecología, 2006, 374p.

PETANIDOU, T. et al. Self-compatibility and plant invasiveness: comparing species in native and invasive ranges. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v. 14, p. 3–12, 2012.

POLISEL, R. T. Florística e fitossociologia do estrato herbáceo e da regeneração arbórea de trecho de Floresta secundária em Jquitiba, SP, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, p. 229-240, 2011.

PRANCE, G. T. American tropical forest. In: LIETH, H.; WERGER, M. A. J. (Eds.). **Tropical rain Forest ecosystems: biogeographical and ecological studies**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 99-136.

PRUDENCIO, M.; CAPORAL, D.; FREITAS, L. A. **Espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica: produção e manejo de sementes**. São Bonifácio: Projeto Microbacias 2, 2007.

PUJOL, B.; ZHOU, S. R.; SAHCHEZ-VILAS, J.; PANNELL, J. R. Reduced inbreeding depression after species range expansion. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, USA v. 106, p. 15379-15383, 2009.

RAMALHO, M.; BATISTA, M. A. Polinização na Mata Atlântica: Perspectiva ecológica da fragmentação, p. 93-142. In: FRANKE, P.L.B. et al. (Orgs.). **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador: EDUFBA, 2005, 476p.

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.

RAMÍREZ, N.; SERES, A. Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. **Plant Systematics and Evolution**, v. 190, p. 129-142, 1994

RAMÍREZ, N. Plant sexual systems, dichogamy, and herkogamy in the Venezuelan. **Flora**, v. 200, p. 30-48, 2005.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. Série Cadernos da Biosfera**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Governo do Estado de São Paulo, 1999. 42 p.

SAGAR, R.; RAGHUBANSHI A. S.; SINGH, J. S. Comparison of community composition and species diversity of understorey and overstorey tree species in a dry tropical forest of northern India. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p. 1037-1046, 2008.

SAGAR, R.; PANDEY, A.; SINGH, J. S. Composition, species diversity, and biomass of the herbaceous community in dry tropical forest of northern India in relation to soil moisture and light intensity. **Environmentalist**, v. 32, p. 485-493, 2012.

SAKAI, S.; WRIGHT, S. J. Reproductive ecology of 21 coexisting Psychotria species (Rubiaceae): when is heterostyly lost? **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 93, n. 1, p. 125-134, 2008.

SANTOS, B. A. et al. Edge-Related Loss of Tree Phylogenetic Diversity in the Severely Fragmented Brazilian Atlantic Forest. **Plos one**, v. 5, n. 9, 2010.

SIGRIST, M. R.; SAZIMA, M. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurra (Acanthaceae): fenologia da floração, biologia da polinização e reprodução. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 1, p. 35-42, 2002.

SILVA, J. B.; LEITE, A. V. L. Reproductive biology and pollination of *Cabomba aquaticca* (Cabombaceae). **Rodriguésia**, v. 62, n. 4, p. 919-926, 2011.

SINGH J. S.; SINGH, S. P.; GUPTA, S. R. Ecology environment and resource conservation. **Anamaya Publishers**. Chicago: SS SP (1997) SPSS base 7.5 application guide. SPSS, 2006.

SINGH, A. Pioneer Flora on Naturally Revegetated Coal Mine Spoil in a Dry Tropical Environment. **Bulletin of Environment: Pharmacology and Life Sciences**, v. 1 n. 3, p. 72-73, 2012.

SIQUEIRA, J. A.; MACHADO, I. C. (2004) Síndromes de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae e biologia floral de *Vriesea psittacina* (Hooker) Lindley (Bromeliaceae) em Brejo dos Cavalos, Caruaru, Pernambuco. In:PORTO, K. C.;CABRAL, J.J.P.;TABARELLI, M. (Eds.) **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba-História Natural, Ecologia e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 227-284.

SOARES JR., A. V.; COSTA, J. B. S.; HASUI, Y. Evolução da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: três fases distensivas. **Geociências**, v. 27, n. 4, p. 427-437, 2008.

SOBREVILA, C.; ARROYO, M. K. Breeding systems in a montane tropical cloud Forest in Venezuela. **Plant Systematics and Evolution**, v. 140, p. 19-37, 1982.

STEPHENS,E. L.; QUINTANA-ASCENCIO, P. T. Effects of habitat degradation microsite, and seed density on the persistence of two native herbs in a subtropical shrubland. **American Journal of Botany**, v. 102, n. 11, 2015.

STEBBINS, G. L. Self-fertilization and population variability in the higher plants. **American Naturalist**, v.91, p.337–354, 1957.

SUN, S.; CHEPTOU, P, O. Life-history traits evolution across distribution ranges: how the joint evolution of dispersal and mating system favor the evolutionary stability of range limits? **Evolution Ecological**, v. 6, p. 771–778, 2012.

SOUZA, E. B.; COSTA, C. B. N.; BORBA, E. L. Ocorrência de auto-incompatibilidade homomórfica em *Mitracarpus longicalyx* (Rubiaceae – Spermaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n.2, p.281-287, 2007.

SOUZA, A. C. R.; ALMEIDA JR, E. B.; ZICKEL, C. S. Riqueza de espécies de sub bosque em um fragmento florestal urbano, Pernambuco, Brasil. **Biotemas**, v. 22, n. 3, p. 57-66, 2009.

STEPHENSON, A. G.; GOOD, S. V.; VOGLER, D. W. Interrelationships among inbreeding depression, plasticity in the self-incompatibility system, and the breeding system of *Campanula rapunculoides* L. (Campanulaceae). **Annals of Botany**, v. 5, p. 211-220, 2000.

TANDON, R.; SHIVANNA, K. R.; MOHAN RAM, H. Y. Reproductive biology of *Butea monosperma* (Fabaceae). **Annals of Botany**, v. 92, p. 715-723, 2003.

TANNER, E. V. J. Species diversity and reproductive mechanisms in Jamaica trees. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 18, p. 263-278, 1982.

TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 853-862, 2004.

THOMPSON, J. N. **The geographic mosaic of coevolution**. Chicago & Londres: The University of Chicago Press., 2005, 400pp.

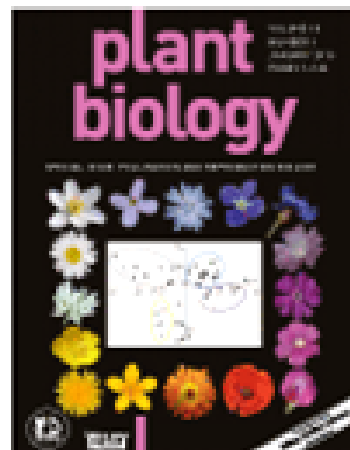
VAN SWAAY, C. A. M. The importance of calcareous grasslands for butterflies in Europe. **Biodiversity and Conservation**, v. 104, p. 315-318, 2002.

VILHENA, A. M. G. F et al. Biologia floral de *Turnera subulata* (Turneraceae) estudo dos morfotipos e visitantes florais. In: VIANA, A. M. G. F.; SILVA, F. O. (Orgs.) In: **Biologia e Ecologia da Polinização. Curso de Campo**. Salvador, Bahia: Editora da UFBA, 2010.

VOGEL; MACHADO, I. C. Pollination of four sympatric species of *Angelonia* (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in NE. P1. **Plant Systematics and Evolution**, v. 178, p. 153-178, 1991.

ZICKEL, C. S. **Fitossociologia e dinâmica do estrato herbáceo de dois fragmentos florestais do estado de São Paulo**. 1995. 62f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

**Artigo a ser enviado ao Periódico Plant Biology**





## **Componente herbáceo-subarbustivo: autopolinização e estratégias reprodutivas especializadas**

Bruna Yvila Melo Santos<sup>1</sup>; Cibele Cardoso de Castro<sup>2</sup>; Ana Virgínia Leite<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Pós-graduação em Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52. 171 – 900, Recife, PE, Brasil. E-mail: ybsantos@hotmail.com, tel: +558130209451

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns – Av. Bom Pastor, s/n, Boa Vista, CEP: 52296-901, Garanhuns, PE, Brasil.

<sup>3</sup> Professora do Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP: 52. 171 – 900

**Palavras-chave:** áreas perturbadas, estratégias reprodutivas, sistema reprodutivo.

### **RESUMO**

Espécies do estrato herbáceo-subarbustivo em geral são citadas na literatura como pouco especializadas, apresentando flores generalistas e sistemas reprodutivos autocompatíveis. Objetivou-se determinar a biologia floral, as estratégias reprodutivas florais e o sistema reprodutivo de herbáceas e subarbustos em um remanescente de Floresta Atlântica. Investigou-se 10 ervas e seis subarbustos. Foram realizadas análises de biologia floral, classificação dos tipos florais e do sistema sexual e verificada a ocorrência de estratégias reprodutivas (hercogamia, dicogamia, apresentação secundária de pólen e liberação explosiva de pólen). Foi investigada a produção de frutos e sementes sob polinização natural e em quatro tratamentos do sistema reprodutivo, determinando-se o índice de autopolinização espontânea (IAE). Constatou-se a mesma frequência de tipos florais generalistas e especialistas, maior abundância de espécies hermafroditas, diurnas, com longevidade floral curta. Foi registrado também sistemas sexuais ginomonóicos, sistema de polinização por vibração e em *Sphagneticola trilobata* elevada razão pólen/óvulo, sendo considerada xenógama. Foram verificadas estratégias reprodutivas, tais como apresentação secundária de pólen, dicogamia, hercogamia e liberação explosiva de pólen. Nove espécies foram autocompatíveis e parcialmente autógamas, porém em cinco delas houve redução significativa de frutos

nos tratamentos de autopolinização em comparação à polinização natural e cruzada manual. Não foi observada formação de frutos por apomixia. Embora a autopolinização tenha sido predominante, todas as estratégias reprodutivas observadas podem potencializar a polinização cruzada, favorecendo o fluxo polínico, estabelecimento e manutenção das populações na área.

## **INTRODUÇÃO**

Plantas herbáceas e subarborescentes são em geral colonizadores iniciais, dando partida ao processo de sucessão, desempenhando um papel fundamental na regeneração de áreas perturbadas (Pereira et al. 2004, Inácio e Jarenkow 2008, Martins et al. 2009, Oliveira et al. 2012). Espécies herbáceas das famílias Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae, Poaceae e Rubiaceae, por exemplo, são pioneiras comuns em áreas de floresta que se encontram em regeneração (Maraschin-Silva et al. 2009) e atraem diferentes grupos de polinizadores, desempenhando uma importante função na recuperação das interações planta-polinizador, além de contribuir para a manutenção das demais relações planta-animal (Pereira et al. 2005, Singh et al. 2006, Sagar et al. 2008, Souza et al. 2009).

As espécies pioneiras podem apresentar diferentes estratégias reprodutivas as quais favorecem sua colonização e estabelecimento em ambientes instáveis (Elle et al. 2010, Massol e Cheptou 2011, Sun e Cheptou 2012, Pannell et al. 2014, 2015, Rejou-Mechain e Cheptou 2015). A Lei de Baker (1955, 1967) explica que espécies colonizadoras tendem a aumentar a capacidade de autofertilização e reprodução assexuada a fim de tornar possível sua colonização em áreas onde há ausência de polinizadores, por exemplo. Apesar de haver contestações à ideia de Baker (Stebbins 1957, Carlquist 1966), diversos trabalhos mostram que, de fato, perturbações ambientais (tais como a escassez de polinizadores) podem causar alterações nas características reprodutivas do estrato herbáceo (Siqueira-Filho e Machado 2004, Girão et al. 2007, Cheptou et al. 2012, Sun e Cheptou 2012), como por exemplo, selecionar neste grupo de plantas sistemas reprodutivos autocompatíveis (Barrett et al. 1992, Coelho e Barbosa 2003, Sakai e Wright 2008). Sendo assim, o sistema reprodutivo misto (autogamia e xenogamia) parece funcionar como uma estratégia que pode favorecer o sucesso reprodutivo dessas plantas e a colonização de áreas alteradas, onde a polinização

cruzada é incerta (Goodwillie et al. 2010, Miranda e Vieira 2014) ou pode sofrer oscilações entre anos.

Pesquisas em geral têm relatado que as herbáceas são comumente pouco especializadas, apresentando características florais mais generalistas, e sistemas reprodutivos auto-compatíveis (Ramírez e Brito 1990, Ramírez e Seres 1994, Jaimes e Ramírez 1999, Barrett et al. 1996, Kohn et al. 1996, Goodwillie 1999, Azevedo 2014). Entretanto, outros estudos apontam diferentes estratégias florais e especialização, entre elas dicogamia, hercogamia, apresentação secundária de pólen, mecanismo explosivo de liberação de pólen e polinização por engano, além de formas florais e sistemas de polinização especializados (Nadia e Machado 2005, Ramírez 2005, Leite e Machado 2007, Pemberton e Liu 2008, Vilhena et al. 2010, Missagia e Verçozza 2011, Silva e Leite 2011, Amorim 2012, Almeida et al. 2013, Machado 2014, Avila-Jr. et al. 2015, Santos et al. 2016). Outros estudos com espécies isoladas trazem ainda informações de autoincompatibilidade para algumas espécies herbáceas e subarborescentes (Stephenson et al. 2000, Machado et al. 2002, Souza et al. 2007, Carvalho e Machado 2006, Munin et al. 2008, Cheng et al. 2009, Krahl et al. 2015). Contudo, esse grupo de plantas pode se apresentar bastante especialista, possuindo estratégias que favorecem sua colonização e a diversidade de interações planta-polinizador, sendo bastante importantes para a recuperação de áreas degradadas (ver Pannell 2015).

Considerando que espécies herbáceas e subarborescentes constituem importantes pioneiras na regeneração de áreas florestadas e que estudos sobre a biologia reprodutiva dessas espécies podem fornecer dados relevantes sobre a diversidade de estratégias reprodutivas encontradas neste grupo de plantas, além de trazer informações sobre a dinâmica do ecossistema, este trabalho visa responder às seguintes questões: I. Há o predomínio de espécies autocompatíveis? II. Sendo autocompatíveis, estas podem possuir estratégias que maximizam a polinização cruzada? III. Os tipos florais mais comuns entre as espécies são generalistas?

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo e seleção das espécies estudadas**

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Caetés (ESEC), um remanescente urbano de Floresta Atlântica com 157 hectares (CPRH 2006), localizado no município de Paulista, Pernambuco, Nordeste do Brasil (07°55'15" e 07°56'30"S/ 34°55'15" e

34°56'30"W) (Figura 1). A precipitação média é de 2000 mm ao ano, com temperatura média de 25°C (CPRH 2006). O clima da região é do tipo As' (Köppen 1948), com a estação chuvosa entre março e agosto, estação seca entre outubro e fevereiro (CPRH 2006) e cobertura vegetal classificada como Floresta Ombrófila de Terras Baixas (IBGE 1992).

A ESEC é constituída por um mosaico vegetacional, no qual uma parte sofreu corte raso, sendo assim bastante danificada em termos de vegetação e qualidade do solo (CPRH 2006). Atualmente após a implantação de um projeto de restauração, esta área vem sendo destinada a diversos estudos (CPRH 2006). Esta área é chamada de subzona de recuperação I e está constituída por espécies vegetais lenhosas nativas que foram plantadas e por populações de diferentes espécies herbáceas e subarborescentes que estão ocupando naturalmente o local.

Foram selecionadas espécies de famílias comuns em levantamentos florísticos realizados em áreas de Floresta Atlântica (Soares et al. 2008, Souza et al. 2009, Koreza et al. 2009, Filho et al. 2013), considerando também o período de floração, o número suficiente de indivíduos e a distância entre os indivíduos/populações.

Nesse ambiente foram estudadas 10 herbáceas e seis subarborescentes das famílias Asteraceae [*Ageratum conyzoides* L., *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski, *Tridax procumbens* L.], Fabaceae [*Chamaecrista* sp. Moench, *Desmodium barbatum* (L.) Benth, *D. incanum* (Sw.) DC., *Zornia latifolia* Sm.], Loganiaceae (*Spigelia anthelmia* L.), Plantaginaceae (*Scoparia dulcis* L.), Turneraceae (*Turnera subulata* Sm.), Polygalaceae (*Polygala martiana* A. W. Benn., *P. paniculata* L., *P. violacea* Aubl.), Rubiaceae [*Richardia grandiflora* (Cham. & Schldl.) Steud., *Borreria verticillata* (L.) G. Mey.] e Orobanchaceae (*Buchnera longifolia* Kunth).

Materiais férteis foram coletados para identificação, sendo estas depositadas no Herbário PEUFR (UFRPE) como espécimes testemunho. A identificação do material foi feita a partir de trabalhos já realizados no local, bibliografias especializadas, além de consulta a especialistas.

### **Biologia floral**

Foram feitas observações em campo e em laboratório a partir de 30 flores e botões coletados aleatoriamente e fixados em álcool 70% em 15 indivíduos de cada espécie, onde foi analisado a morfologia floral, o sistema sexual e a posição e deiscência das

anteras e verificado as possíveis estratégias reprodutivas (hercogamia, dicogamia, apresentação secundária de pólen, liberação explosiva de pólen, etc.). Os tipos florais foram classificados de acordo com Faegri e Pijl (1979).

Foram realizadas análises morfométricas das estruturas reprodutivas (estame e pistilo) em 10 flores (entre 5-10 indivíduos) de cada espécie, com o auxílio de régua milimétrica. O período de antese e a longevidade das flores foram monitorados em 10 botões em pré-antese de diferentes inflorescências até a fase de senescência (entre 5-10 indivíduos) (Dafni et al. 2005). Para testar a receptividade do estigma 10 botões previamente ensacados foram verificados uma hora após o início da antese, e se necessário a cada uma hora, utilizando-se permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) (Dafni et al. 2005). A viabilidade do pólen foi analisada através da preparação de lâminas semi permanentes com o pólen coletado de botões em pré-antese (n=10), utilizando a técnica de coloração do citoplasma por carmim acético 2% (Radford et al. 1974). Nas mesmas flores utilizadas para análise de viabilidade polínica foi feita a contagem direta do número de óvulos e grãos de pólen para determinação da razão pólen/óvulo (Cruden 1977). Em *Scoparia dulcis* a contagem de grãos de pólen foi estimada com auxílio de câmara de Neubauer (Maêda 1985, Moura et al. 1987). Todos os parâmetros foram investigados utilizando no máximo três flores de um mesmo indivíduo.

Nas espécies *Desmodium barbatum*, *Polygala martiana*, *P. paniculata*, *P. violacea*, *Spigelia anthelmia* e *Turnera subulata*, foram realizadas apenas observações do sistema sexual e possíveis estratégias reprodutivas, bem como, a classificação do tipo floral.

### **Sistema reprodutivo**

O sistema reprodutivo foi realizado em 10 espécies (ver Tabela 4), em quatro tratamentos (Radford et al. 1974), utilizando-se 30 botões em pré-antese em cada um deles (entre 10-15 indivíduos por espécie). Os tratamentos foram: I. Autopolinização espontânea, onde botões em pré-antese foram ensacados (sacos de voal) até o final da antese; II. Autopolinização manual, em que flores previamente ensacadas foram polinizadas com o próprio pólen ou pólen de flores da mesma planta; III. Polinização cruzada manual, no qual as flores foram polinizadas com pólen proveniente de outros indivíduos, distantes cerca de 10 metros entre si. Sendo os botões em pré-antese emasculados e IV. Apomixia, a qual foi realizada nas espécies que formaram frutos no

tratamento I. Nesse tratamento, os botões em pré-antese foram emasculados e ensacados até o final da antese. Foi realizado também o acompanhamento da Polinização natural (controle), em que foram marcadas flores recém-abertas e deixadas livres para a polinização. Em todos os tratamentos e no controle foram acompanhados e contabilizados a formação de frutos e sementes.

Nas espécies de Asteraceae, em *Borreria verticillata* e em *Buchnera longifolia* foram realizados apenas o acompanhamento da polinização natural e o tratamento I e os dados de formação de frutos e sementes foram estimados por inflorescência (em espécies de Asteraceae e *B. verticillata*). Nessas espécies foram coletadas aleatoriamente 10 inflorescências para a contagem do número de flores e botões a fim de se obter uma média do número de flores formados por inflorescência. Foram utilizadas 30 inflorescências para cada tratamento entre 10-15 indivíduos por espécie. Para as espécies analisadas quanto o sistema reprodutivo, foi calculado o índice de autopolinização espontânea (IAE) que compreende a razão entre o percentual de fruto produzido a partir de autopolinização espontânea pela produção de fruto através da autopolinização manual (Zapata e Arroyo 1978).

### **Análise dos dados**

Foi realizado o teste G (Sokal e Rohlf 1996), com correção de Yates, para verificar se há diferença significativa entre o número de frutos e sementes através dos experimentos do sistema reprodutivo. O mesmo teste foi utilizado para comparar o comprimento entre estames e pistilo da flor. O teste foi realizado no BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2005).

## **RESULTADOS**

### **Biologia floral**

Foi observada uma grande diversidade floral entre as espécies estudadas. Oito espécies apresentaram tipo floral generalista (disco: *Scoparia dulcis* e *Chamaecrista* sp., *Turnera subulata*; tubo curto: *Borreria verticillata*, *Richardia grandiflora*, *Sphagneticola trilobata*, *Ageratum conyzoides* e *Tridax procumbens*) e em oito especialistas (estandarte: *Desmodium incanum*, *D. barbatum*, *Polygala paniculata*, *P. violacea*, *P. matiana* e *Zornia latifolia*, campânula: *Spigelia anthelmiae* tubo longo: *Buchnera longifolia*) (Tabela 1). Catorze espécies são hermafroditas, porém *T.*

*procumbens* e *S. trilobata* apresentam sistema sexual ginomonóico, com flores do disco hermafroditas e flores do raio pistiladas (Tabela 1). As espécies possuem entre 4,5 e 10 estames (Tabela 1) e em *B. longifolia*, *Chamaecrista* sp., *T. procumbens* e *Z. latifolia* os estames são heterodínamos (Tabela 2). As anteras são introrsas e grande parte possui deiscência rimosa, exceto *Chamaecrista* sp. cujas anteras são poricidas. Todas as espécies apresentam pistilo indiviso. *Scoparia dulcis* (136,9±51,1) e *B. longifolia* (600,8±62,9) se destacaram pela elevada produção de óvulos (Tabela 1). As análises de morfometria floral foram significativas para todas as espécies analisadas quando comparado os tamanhos dos estames e pistilo (Tabela 2), porém, exceto em *Chamaecrista* sp., *B. longifolia* e *D. incanum*, constatou-se nas demais espécies estames epipétalos apresentando as anteras no mesmo nível que o estigma, tornando assim possível o contato entre estas estruturas reprodutivas, portanto não foram consideradas hercogâmicas.

Todas as espécies são diurnas, com antese ocorrendo de 6 às 10h e longevidade de 5 a 24h (Tabela 3). Nas Asteraceae e em *Richardia grandiflora* foi observada a liberação dos grãos de pólen na fase de botão em pré-antese (Tabela 3). Todas as espécies apresentaram elevada viabilidade polínica. O período de receptividade estigmática variou entre as espécies, ocorrendo de 7 às 13h (Tabela 3). Em *S. trilobata* foi verificada elevada razão pólen/óvulo (P/O=5722). Nas demais espécies os valores de razão P/O foram mais baixos (Tabela 3).

Foi constatado que em sete espécies ocorre apresentação secundária de pólen (ASP). Verificou-se ASP nas três espécies do gênero *Polygala* (*P. martiana*, *P. paniculata*, *P. violacea*), com o apresentador de pólen localizado na região inferior ao estigma (em *P. martiana* e *P. violaceae*) e na região superior ao estigma (em *P. paniculata*). Da mesma forma foi constatada ASP em *Spigelia anthelmia* na parte superior ao pistilo e nas três espécies de Asteraceae (*Ageratum conyzoides*, *Sphagneticola trilobata* e *Tridax procumbens*). Em *T. procumbens* e *S. trilobata*, as anteras já estão deiscentes no botão em pré-antese e nesse momento o pólen é depositado na região posterior do estigma e em *A. conyzoides* a deposição é realizada no momento do início da antese, sendo os grãos de pólen depositados na mesma região. Foi verificado que cinco das espécies estudadas apresentam dicogamia. Nas Asteraceae, além de ASP, há dicogamia do tipo protandria, que permanece em *A. conyzoides* e *T. procumbens* por algumas horas até quando o estigma inicia a receptividade e em *S.*

*trilobata* ao longo de todo o dia, ocorrendo a fase feminina apenas no dia seguinte. Foi registrado dicogamia (protandria) também em *R. grandiflora* e *B. verticillata*. Em *R. grandiflora* ocorreu durante a fase de botão onde as anteras estão deiscendo até poucas horas após o início da antese floral, quando o estigma encontra-se receptivo e em *B. verticillata*, a partir do momento da abertura da flor até o período de receptividade do estigma, que ocorre após 3 horas (Tabela 3). Foi observado liberação explosiva de grãos de pólen ocorrendo em ambas as espécies de *Desmodium* (*D. incanum* e *D. barbatum*). Verificou-se ainda em quatro espécies que há hercogamia. São elas, *Buchnera longifolia*, *Desmodium incanum*, *Chamaecrista* sp. e *Turnera subulata* (distília).

### **Sistema reprodutivo**

Foi constatado que nove das dez espécies analisadas apresentam sistema reprodutivo autocompatível. De acordo com o índice de autopolinização espontânea, todas as espécies são parcialmente autógamas, com exceção de *S. Trilobata* que não forma frutos através da autopolinização espontânea (Tabela 4). Em *Scoparia dulcis* foi observada diferença significativa quanto à formação de frutos entre os tratamentos de polinização cruzada manual e autopolinização espontânea, formando maior número no primeiro tratamento (Tabela 4). A espécie apresentou ainda diferença quanto à produção de sementes entre os testes de polinização natural e cruzada manual e autopolinização espontânea, produzindo maior número de frutos através da polinização natural e polinização cruzada (Tabela 4).

Constatou-se em *Desmodium incanum* diferença significativa quanto à formação de frutos entre o tratamento de polinização natural e autopolinização espontânea, formando elevado número de frutos através da polinização natural. Houve também diferença significativa entre a autopolinização manual (a qual produziu mais frutos) e espontânea. *D. incanum* é autógama, porém apresenta maior sucesso reprodutivo no tratamento de autopolinização manual (Tabela 4). Em *Chamaecrista* sp. foi verificado diferença significativa entre a polinização natural e autopolinização espontânea, apresentando maior sucesso na formação de frutos após polinização natural (Tabela 4). Registrou-se diferença significativa também entre os tratamentos de polinização cruzada manual e autopolinização espontânea e entre autopolinização manual e espontânea (Tabela 4), sendo os tratamentos onde há polinização natural e cruzada manual mais eficiente. Foi verificado em *Richardia grandiflora*, produção maior de frutos através da



polinização natural em relação a autopolinização espontânea e manual, com diferença significativa (Tabela 4). *R. grandiflora*, apresentou também diferença significativa entre os tratamentos de polinização cruzada manual e autopolinização espontânea. Por fim, para *Zornia latifolia* houve diferença significativa entre autopolinização manual e a autopolinização espontânea (Tabela 4). Não houve diferença significativa entre os tratamentos de sistemas reprodutivo nas demais espécies. Também não foi registrada nenhuma espécie apomítica.

## DISCUSSÃO

As herbáceas são comumente relacionadas a sistemas autocompatíveis (Morales e Galetto 2003, Azevedo 2014). As plantas que possuem capacidade de autofertilização são favorecidas durante a colonização em áreas perturbadas (ver Pannell 2015). Diversos trabalhos investigam a evolução da autogamia em ambientes variáveis com ausência de polinizadores e baixa taxa de dispersão polínica (Herrera et al. 2001, Elle e Carney 2003, Zalisz e Vogler 2003, Cheptou e Massol 2009, Massol e Cheptou 2011, Sun e Cheptou 2012, Miranda e Vieira 2014, Waal et al. 2014). Espécies que colonizam áreas de borda de floresta, que em geral oferecem poucos polinizadores, comumente recorrem à autopolinização (Sun e Cheptou 2012). Sun e Cheptou (2012) constataram que espécies marginais apresentaram maior frequência de sistemas de autofecundação em relação às nucleares. Por outro lado, espécies colonizadoras se autopolinizam ao mesmo tempo em que podem apresentar sistemas de cruzamento quando estabelecidas (Pannell et al. 2014). Assim, Pannell e Barrett (1998) explicam que populações que apresentam altas taxas de ocupação tendem a investir na fertilização cruzada.

Morales e Galetto (2003) em seu estudo com comunidade de ervas e lenhosas, observaram que as herbáceas apesar de autocompatíveis, apresentam a produção de frutos por autogamia menor em relação à polinização natural, cruzada e autopolinização manual. Segundo os autores, o serviço dos polinizadores contribui intensamente junto com a autopolinização. Outros estudos mostram que apesar de proporcionar uma garantia reprodutiva, a autopolinização produz baixo número de frutos (Kron et al. 1993, Zink e Wheelwright 1997, Herrera et al. 2001, Morales e Galetto 2003), sendo o papel dos polinizadores de expressiva importância para a reprodução das plantas (Feinsinger et al. 1991). Uma redução na frutificação na ausência de polinizadores também foi relatada em outros trabalhos (Kron et al. 1993, Herrera et al. 2001).

Embora, no presente estudo, as espécies sejam autocompatíveis e produzam frutos através da autopolinização, a diversidade de estratégias reprodutivas sugere que as espécies tendem a investir em um sistema de reprodução misto (autógamo e xenógamo). Alguns autores relatam a vantagem do sistema reprodutivo misto para plantas que habitam áreas com variações abióticas (Goodwillie et al. 2010, Petanidou et al. 2012, Miranda e Vieira 2014), tais como, variabilidade genética por meio da polinização cruzada e segurança reprodutiva através da capacidade de autofertilização em ocasiões onde há ausência de polinizadores e de fluxo polínico entre indivíduos.

Muitas espécies do presente estudo parecem investir em estratégias que maximizam a polinização cruzada. A apresentação secundária de pólen (ASP), observada em algumas espécies, por exemplo, constitui um mecanismo que está relacionado à eficiência do serviço de polinização cruzada (Cruden 1977). Tal estratégia, associada à dicogamia encontrada nas Asteraceae, é uma característica comum dentro das espécies dessa família e podem ter contribuído para seu grande sucesso reprodutivo em diversos ecossistemas (Howell et al. 1993, Yeo 1993, Manie Saravanan 1999). Foi observado também em outras espécies a hercogamia e ainda a heterostilia (distilia). A separação temporal (dicogamia) e espacial (hercogamia) das estruturas sexuais são estratégias típicas de plantas que investem no fluxo polínico, exercendo um importante papel reprodutivo (Webb e Lloyd 1986, Lloyd e Webb 1986). Espécies que apresentam maiores distâncias entre o estigma e a antera tendem a apresentar maiores taxas de cruzamento (ver Barrett e Shore 1987). Em *Turnera subulata*, por exemplo, a heterostilia (distilia) favorece a polinização específica intermorfos (Vilhena et al. 2010). Ramírez (2005) também traz informações de dicogamia relacionada à forma de vida herbácea, porém a hercogamia esteve pouco presente no grupo e constatou ainda que as espécies hercogâmicas diminuíram de florestas para áreas perturbadas. A liberação explosiva de pólen observada nas espécies de *Desmodium* é um mecanismo floral especializado que também favorece o fluxo de grãos de pólen entre os indivíduos (Endress 1994). Diversas estratégias reprodutivas semelhantes as registradas no presente estudo também foram encontradas em oito espécies, entre elas, herbáceas e subarbustos por Azevedo (2014).

Além disso, no presente estudo foi observado em *Chamaecrista* sp., anteras com deiscência poricida, que é uma característica comum de sistema de polinização por vibração (“*buzz-pollination*”, *sensu* Buchmann 1983), realizado por abelhas

especializadas (Buchmann 1983, Almeida et al. 2013). Isto sugere que este grupo de planta pode investir em caracteres florais e sistemas de polinização mais especializados. O predomínio de espécies hermafroditas e ainda a presença de sistemas sexuais ginomonóicos também são observados em outros estudos com ervas. Ramirez (2005) observou que entre as herbáceas houve maior frequência de sistemas sexuais hermafroditas. Fonseca e Vieira (2014) em pesquisa mais recente constataram que as herbáceas estiveram associadas ao hermafroditismo, com ocorrência de ginomonoiccia e andromonoiccia apenas neste hábito. Sendo a ginomonoiccia um sistema sexual raro dentro das angiospermas, porém comum dentro da família Asteraceae (Mani e Saravan 1999).

Espécies com flores pequenas e de duração curta normalmente são adaptadas a sistemas de autopolinização (Primack 1985). O autor menciona alguns trabalhos, como por exemplo, com populações de *Arenaria uniflora* Muhl. (Caryophyllaceae) (uma erva anual), nos quais agrupamentos com maior frequência de autopolinização apresentaram flores menores e de longevidade mais curta em comparação com grupos que se reproduziam através da polinização cruzada. Por outro lado, espécies que produzem um número maior de estames e de grãos de pólen, como observado em *Chamaecrista* sp., *Desmodium incanum* e *Zornia latifolia*, comumente investem em sistemas de cruzamento (Primack 1985). Em tais espécies pode indicar que, apesar de não apresentarem uma longevidade longa, podem investir na produção de grãos de pólen a fim de favorecer o cruzamento entre indivíduos. Outra evidência de investimento na polinização cruzada está relacionado à produção de grãos de pólen que, entre as espécies estudadas, *Sphagneticola trilobata* pode ser incluída no grupo das alógamas obrigatórias, enquanto as demais espécies variaram entre alógama facultativa e autógena facultativa e obrigatória (ver Cruden 1977).

Os tipos florais generalistas foram frequentes como esperado, porém notou-se que formas florais específicas também estiveram em mesma quantidade. Alguns autores relatam que espécies de borda, comumente herbáceas e subarbustos, apresentam formas florais pouco especializadas devido às perturbações antrópicas e ausência de polinizadores específicos nesses ambientes (Kearns et al. 1998, Mayfield et al. 2001, Pérez et al. 2006). Estudos com duas espécies invasoras de ervas aquáticas do gênero *Eichornia* A. Rich., em processo de colonização de habitats e em condições variáveis, concluíram que em tais populações houve perda de formas florais juntamente com a

evolução da autofecundação (ver Barrett 2008). Mudanças favorecendo a autopolinização parecem influenciar na alocação de recursos para o display floral (Barrett 2010). No entanto, alguns tipos florais, como os tubularese estandartes são mais específicos (Fargri e Pijl 1979).

Este estudo conclui que muitas espécies do componente herbáceo-subarbustivo aliam autopolinização às estratégias reprodutivas mais especializadas, como por exemplo, apresentação secundária de pólen, dicogamia, hercogamia, liberação explosiva de grãos de pólen e sistema de polinização por vibração, além de tipos florais específicos aos quais favorecem a polinização cruzada. Ainda, parece haver uma tendência das espécies a um sistema misto de reprodução (autogamia e xenogamia), ao qual pode significar uma garantia reprodutiva em ambientes instáveis e ao mesmo tempo favorecer a variabilidade genética e a manutenção das populações.

## **AGRADECIMENTOS**

À Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH) pela permissão ao estudo de campo na Reserva Ecológica de Caetés, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado de Pernambuco (CNPQ) pela concessão da bolsa, e aos colegas do Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas (LERA) pela ajuda em campo.

## **REFERÊNCIAS**

- Almeida NM et al. (2013) Floral polymorphism in *Chamaecrista flexuosa* (Fabaceae – Caesalpinioideae) a possible case of a typical enantiostyly? *Annals of Botany* **112** (3): 1117-1123.
- Arroyo MTK, Squeo F (2012) *Relationship between Plant Breeding Systems and Pollination*. Biological approaches and evolutionary trends in plants. 205p.
- Avila JR. RS, Urdampilleta J, Gil AB (2015) Qualidade polínica, anormalidades meióticas e poliploidia em *Sisyrinchium commutatum* (Iridaceae). *Rodriguésia* **66** (3): 923-929.
- Azevedo IFP (2014) Sistemas reprodutivos em espécies não-árvores de fragmento de Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro: Diversidade, quantidade e condições

derivadas. *Tese* (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 62p.

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

Baker HG (1967) Support for Baker’s Law – as a rule. *Evolution* **21**: 853–856.

Barrett SCH (1992) Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. In Barrett SCH (ed.) *Evolution and function of heterostyly. Monographs on Theoretical and Applied Genetics*. Berlin: SpringerVerlag. 24p.

Barrett SCH.(2008) Major evolutionary transitions in flowering plant reproduction: an overview. *International Journal of Plant Sciences* **169** (1): 1-5.

Barrett SCH (2010) Understanding plant reproductive diversity. *Philosophical transactions of the Royal Society B* **365**: 99-109.

Barrett SCH, Harder LD, Worley AC (1996) The comparative biology of pollination and mating in flowering plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **351**: 1271-1280.

Buchmann SL (1983) Buzz pollination in angiospermas. In Jones C E, Little RJ (eds.) *Handbook of experimental pollination biology*, New York-USA: Scientific and Academic Editions, Van Nostrand and Reinhold.

Claßen-Bockhoff R., Pischtschan E (2000) The explosive style in Marantaceae - Preliminary results from anatomic studies. In Spat HC, Sperl G (eds.) *Plant biomechanics*. Thieme-Verlag, New York.

Carlquist S (1966) The biota of long distance dispersal. *Evolution* **20**: 30–48.

Carvalho R, Machado ICA (2006) *Rodriguezia bahiensis* Rchb. f.: biologia floral, polinizadores e primeiro registro de polinização por moscas Acroceridae em Orchidaceae. *Revista Brasileira de Botânica* **29** (3): 461-470.

- Cheng J et al. (2009) The pollination of a self-incompatible, food-mimic orchid, *Coelogyne fimbriata* (Orchidaceae), by female Vespulawasps. *Annals of Botany* **104**: 565-571.
- Cheptou PO (2012) Clarifying Baker's Law. *Annals of Botany* **109**: 633–641.
- Cheptou PO, Massol F (2009) Pollination fluctuations drive evolutionary syndromes linking dispersal and mating system. *American Naturalist* **174**: 46–55.
- Coelho CP, Barbosa AAA (2003) Biologia reprodutiva de *Palicoureamacrobotrys* Ruiz & Pavon (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. *Revista Brasileira de Botânica* **26** (3): 403-413.
- CPRH (2006) *Plano de manejo Fase I - Estação Ecológica de Caetés*. CPRH, Recife, 63p.
- Cruden RW (1977) Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* **31**: 32-46.
- Dafni A, Kevan PG, Husband BC (2005) *Practical Pollination Biology*. Ontario, Canadá.
- Elle E, Carney R. (2003) Reproductive assurance varies with flower size in *Collinsiaparviflora* (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany* **90** (6): 888-896.
- Elle E, Gillespie S, Guindre-Parker S, Parachnowitsch AL (2010) Variation in the timing of autonomous selfing among populations that differing flower size, time to reproductive maturity, and climate. *American Journal of Botany* **97**: 1894-1902.
- Faegri K, Pijl VD (1979) *The principles of pollination ecology*. Oxford UK: Pergamon Press.
- Feinsinger P, Tiebout HM, Young BE (1991) Do tropical bird-pollinated plants exhibit density-dependent interactions? Field experiments. *Ecology* **72**: 1953-1963.
- Filho PJSSSF et al. (2013) Levantamento florístico de um fragment de Floresta Ombrófila Densa no litoral norte do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira Biociências* **2** (11): 163-183.

Girão LC et al. (2007) Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. *Plos One* **2** (9): 908.

Goodwillie C (1999) Multiple origins of self-compatibility in *Linanthus* section *Leptosiphon*: phylogenetic evidence from internal-transcribed-spacer sequence data. *Evolution* **53**: 1387-1395.

Goodwillie C. et al. (2010) Correlated evolution of mating system and floral display traits in flowering plants and its implications for the distribution of mating system variation. *New Phytologist* **185** (1): 311-321.

Herrera CM, Sánchez-Lafuente AM, Medrano M, Guitián J, Cerdá X, Rey P (2001) Geographical variation in autonomous self-pollination levels unrelated to pollinator service in *Helleborus foetidus* (Ranunculaceae). *American Journal of Botany* **88** (6): 1025-1032.

Howell GJ, Slater AT, Knox RB (1993) Secondary pollen presentation in angiosperms and its biological significance. *Australian Journal of Botany* **41**:417-438.

Inácio CD, Jarenkow JA (2008) Relação entre a estrutura da sinúsia herbácea terrícola e a cobertura do dossel em floresta estacional no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **31** (1): 4151.

Jaimes I, Ramírez N (1999) Breeding systems in a secondary deciduous forest in Venezuela: The importance of life form, habitat, and pollination specificity. *Plant Systematics and Evolution* **215**: 23-36.

Kennedy H (1978) Systematics and pollination of the “Closed-flowered” species of *Calathea* (Marantaceae). *University of California Publication in Botany* **71**:1-90.

Kerns CA, Inouye DW, Waser NM (1998) Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**: 83-112.

Kohn MJ, Schoeninger MJ, Valley JW (1996) Herbivore tooth oxygen isotope compositions: Effects of diet and physiology. *Geochim Cosmochim Acta* **60**: 3889-3896.

Krahl AH. et al. (2015) Polinização de *Camaridium ochroleucum* Lindl. (Orchidaceae: Maxillariinae). *Biota Amazônia* **5** (3): 1-7.

Koreza C, Rodrigues RR, Dittrich VAO (2009) Composição florística do Sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Densa Montana, Morretes, PR, Brasil. *Floresta* **2** (39): 323-334.

Kron P, Stewart SC, Back A (1993) Self-compatibility, autonomous self-pollination, and insect-mediated pollination in the clonal species *Iris versicolor*. *Canadian Journal of Botany* **71**: 1503–1509.

Leite AV, Machado IC (2007) Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinizadores de duas espécies simpátricas de Marantaceae em um fragmento de Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **30** (2): 221-231.

Lloyd DG, Webb CJ (1986) The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms I. Dichogamy. *New Zealand Journal of Botany* **24**:135-162.

Machado ICA (2014) Comunidade de beija-flores e as plantas que visitam em uma área de cerrado ralo da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Bioscience Journal* **30** (5): 1578-1587.

Machado IC, Lopes AV, Sazima M (2006) Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of botany* **97** (2): 277-287.

Machado ICA, Vogel S, Lopes AV (2002) Pollination of *Angelonia cornigera* Hook. (Scrophulariaceae) by Long-Legged, Oil-Collecting Bees in NE Brazil. *Plant Biology* **4** (3): 352–359.

Maêda JM (1985) *Manual para uso da câmara de Neubauer para contagem de pólen em espécies florestais*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Silvicultura, Seropédica, Brasil.

Mani MS, Saravanan JM (1999) *Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)*. New Hampshire: Science Publishers. 166p.



- Maraschin-Silva F, Scherer A, Baptista LRM (2009) Diversidade e estrutura do componente herbáceo-subarbustivo em vegetação secundária de Floresta Atlântica no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* **7** (1): 53-65.
- Massol F, Cheptou PO (2011) Evolutionary syndromes linking dispersal and mating system: the effect of autocorrelation in pollination conditions. *Evolution* **65**: 591–598.
- Mayfield MM, Waser NM, Prince MV (2001) Exploring the most effective pollinator Principle with complex flowers: Bumblebees and *Ipomopsis aggregate*. *Annals of Botany* **88**: 591-596.
- Miranda AS, Vieira MF (2014) *Ruellia subsessilis* (Nees) Lindau (Acanthaceae): a species with a sexual reproductive system that responds to different water availability levels. *Flora* **209**: 711–717.
- Missagia CCC, Verçoza FC (2011) Fenologia reprodutiva, polinização e frutificação de *Heliconia spathocircinata* Aristeg. (Heliconiaceae) em fragmento de Floresta Atlântica do município do Rio de Janeiro. *Biotemas* **24** (3): 13-23.
- Morales CL, Galetto L (2003) Influence os compatibility system and life form on plant reproductive success. *Plant biology* **5**: 567-573.
- Moura RA, Purchio A, Wada CS, Almeira TV (1987) *Técnicas de laboratório*. São Paulo: Livraria Atheneu.
- Munin L R.; Teixeira RC, Sigrist MR (2008) Esfingofilia e sistema de reprodução de *Bauhinia curvula* Benth. (Leguminosae: Caesalpinioideae) em cerrado no Centro-Oeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* **31** (1): 15-25.
- Nadia TL, Machado IC (2005) Polinização por vibração e sistema reprodutivo de duas espécies de *Sauvagesia* L. (Ochnaceae). *Revista Brasileira de Botânica* **28** (2): 255-265.
- Oliveira DG. et al. (2012) Análise da vegetação em nascentes da bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Salgado, SE. *Revista Árvore* **36** (1): 127-141.
- Pannell JR et al. (2015) The scope of Baker's law. *New Phytologist* **208**: 656-667.

Pannell JR, Barrett SCH (1998). Baker's Law revisited: reproductive assurance in a metapopulation. *Evolution* **52**: 657–668.

Pannell JR, Eppley SM, Dorken ME, Berjano R (2014) Regional variation in sex ratios and sex allocation in androdioecious *Mercurialis annua*. *Journal of Evolutionary Biology* **27**: 1467–1477.

Pemberton RW, Liu H (2008) Potencial of invasive and native solitary specialist bee pollinators to help restore the rare cow horn orchid (*Cyrtopodium punctatum*) in Florida. *Biological Conservation* **141**: 1758-1764.

Pereira MCA et al. (2004) Estrutura do estrato herbáceo na formação aberta de *Clusia* do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* **18** (3): 677-687.

Pérez F, Arroyo MT, Medel R (2006) *Evolución de adaptaciones para la autofertilización automática en especies con sistemas de polinización especializados*. Córdoba: Reunión Argentina de Ecología.

Petanidou T, Godfree RC, Song DS, Kantsa A, Dupont YL, Waser NM (2012) Self-compatibility and plant invasiveness: comparing species in native and invasive ranges. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* **14**: 3–12.

Primack RB (1985) Longevity of individual flowers. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **16**: 15-37.

Radford AE et al. (1974) *Vascular Plant Systematics*. New York: Harper & Row Publishers, 891p.

Ramírez N, Brito Y (1990) Reproductive biology of a tropical palm swamp community in the Venezuelan llanos. *American Journal of Botany* **77**: 1260-1271.

Ramírez N, Seres A (1994) Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan topical cloud forest. *Plant Systematics and Evolution* **190**: 129-142.

Ramírez N (2005) Plant sexual systems, dichogamy, and herkogamy in the Venezuelan. *Flora* **200**: 30-48.

Rejou-Mechain M, Cheptou PO (2015) High incidence of dioecy in young successional tropical forests. *Journal of Ecology* **103**: 725–732.

Sagar R, Raghubanshi AS, Singh JS (2008) Comparison of community composition and species diversity of understorey and overstorey tree species in a dry tropical forest of northern India. *Journal of Environmental Management* **88**: 1037-1046.

Sakai S, Wright SJ (2008) Reproductive ecology of 21 coexisting *Psychotria* species (Rubiaceae): when is heterostyly lost? *Biological Journal of the Linnean Society* **93** (1): 125-134.

Santos BA et al. (2010) Edge-related loss of tree phylogenetic diversity in the severely fragmented Brazilian Atlantic Forest. *Plos one* **5** (9).

Silva JB, Leite AVL (2011) Reproductive biology and pollination of *Cabomba aquatica* (Cabombaceae). *Rodriguésia* **62** (4): 919-926.

Singh JS Singh SP, Gupta SR (2006) *Ecology environment and resource conservation*. Anamaya Publishers. Chicago: SS SP (1997) SPSS base 7.5 application guide. SPSS.

Siqueira JA, Machado IC (2004) Síndromes de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae e biologia floral de *Vriesea psittacina* (Hooker) Lindley (Bromeliaceae) em Brejo dos Cavalos, Caruaru, Pernambuco. In Porto KC, Cabral J.J.P, Tabarelli M (eds.) *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba-História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

Sokal RR, Rohlf EJ (1996) *Biometry*. New York: Freeman and Company.

Soares Jr. et al. (2008) Flora herbácea em uma fragmento urbano de Floresta Atlântica – PE. *Revista de Geografia* **1** (25): 35-49.

Souza EB, Costa CBN, Borba AEL (2007) Ocorrência de auto-incompatibilidade homomórfica em *Mitracarpus longicalyx*. In Souza EB, Sales MF (eds.) Occurrence of homomorphic self-incompatibility in *Mitracarpus longicalyx* (Rubiaceae – Spermaceae). *Revista Brasileira de Botânica* **30** (2): 281-287.

Souza ACR, Almeida JR EB, Zickel CS (2009) Riqueza de espécies de sub bosque em um fragment florestal urbano, Pernambuco, Brasil. *Biotemas* **22** (3): 57-66.

Stephenson AG, Good SV, Vogler DW (2000) Interrelationships among inbreeding depression, plasticity in the self-incompatibility system, and the breeding system of *Campanula rapunculoides* L. (Campanulaceae). *Annals of Botany* **5**: 211-220.

Stebbins GL (1957) Self-fertilization and population variability in the higher plants. *American Naturalist* **91**: 337–354.

Sun S, Cheptou PO (2012) Life-history traits evolution across distribution ranges: how the joint evolution of dispersal and mating system favor the evolutionary stability of range limits? *Evolution Ecological* **6**: 771-778.

Vilhena AMGF et al. (2010) Biologia floral de *Turnera subulata* (Turneraceae) estudo dos morfotipos e visitantes florais. In: Viana AMGF, Silava FO (Orgs.) In: *Biologia e Ecologia da Polinização. Curso de Campo*. Salvador, Bahia: Editora da UFBA.

Zalisz S, Vogler DW (2003) Benefits of autonomous selfing under unpredictable pollinator Environments. *Ecology* **84** (11): 2928-2942.

Zink RA, Wheelwright NT (1997) Facultative self-pollination in island irises. *American Midland Naturalist* **137**: 72-78.

Waal C, Rodger JC, Anderson B, Ellis AC (2014) Are positively related, but not affected by range position: a multispecies study on southern African Asteraceae. *Journal of Evolutionary Biology* **27**: 950-959.

Webb CJ, Lloyd DG (1986) The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms. II. Herkogamy. *New Zealand Journal of Botany* **24**: 163-178.

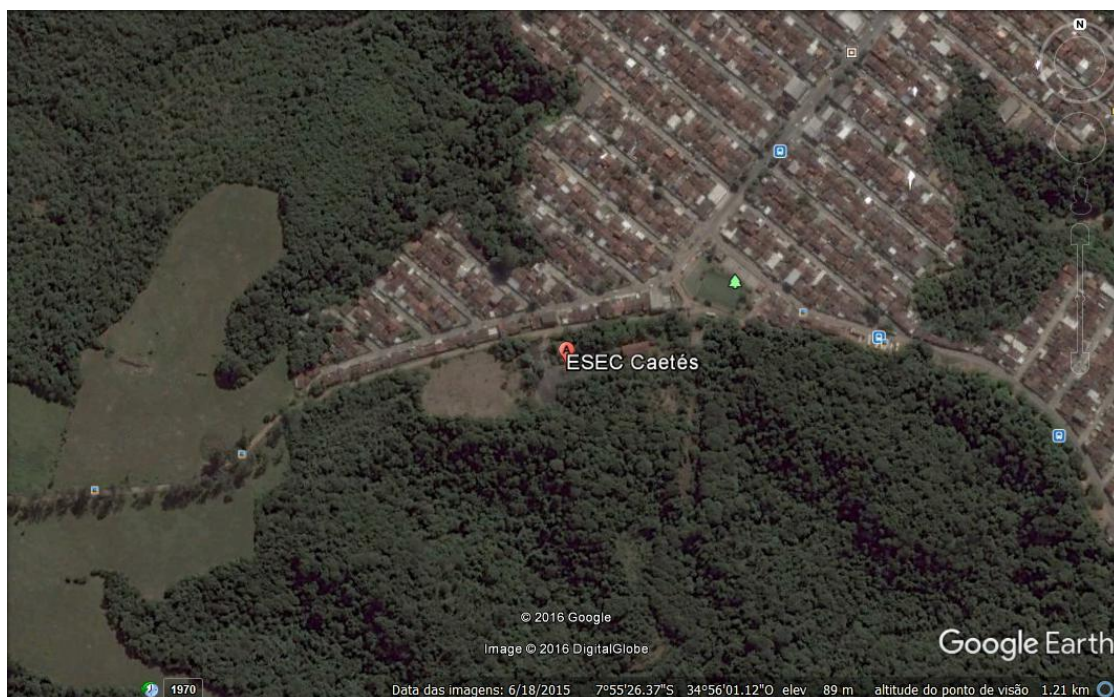


Figura 1. Estação Ecológica de Caetés, Pernambuco, localização da área de estudo, Brasil. Fonte: Google Earth.

Tabela 1. Morfologia floral de espécies herbáceas e subarbusivas na Estação Ecológica de Catetés, Floresta Atlântica, Pernambuco, Brasil. DP= Desvio padrão.

Família/Espécie	Hábito	Tipo floral	Sistema sexual	Nº de estames	Nº de óvulos (média ± DP)
Asteraceae					
<i>Ageratum conyzoides</i>	Erva	Tubo curto	Hermafrodita	5	1±0
<i>Sphagneticola trilobata</i>	Erva	Tubo curto	Ginomonóico	5	1±0
<i>Tridax procumbens</i>	Erva	Tubo curto	Ginomonóico	5	1±0
Fabaceae					
<i>Chamaecrista</i> sp.	Subarbusto	Disco	Hermafrodita	10	22,9±1,37
<i>Desmodium barbatum</i>	Subarbusto	Estandarte	Hermafrodita	-	-
<i>Desmodium incanum</i>	Subarbusto	Estandarte	Hermafrodita	10	5,9±0,31
<i>Zornia latifolia</i>	Subarbusto	Estandarte	Hermafrodita	10	6,5±1,50
Loganiaceae					
<i>Spigelia anthelmia</i>	Erva	Campânula	Hermafrodita	-	-
Plantaginaceae					
<i>Scoparia dulcis</i>	Erva	Disco	Hermafrodita	4	136,9±51,18
Polygalaceae					
<i>Polygala martiana</i>	Erva	Estandarte	Hermafrodita	-	-
<i>Polygala paniculata</i>	Erva	Estandarte	Hermafrodita	-	-
<i>Polygala violacea</i>	Erva	Estandarte	Hermafrodita	-	-
Rubiaceae					
<i>Borreria verticillata</i>	Subarbusto	Tubo curto	Hermafrodita	4	1,8±0,42
<i>Richardia grandiflora</i>	Erva	Tubo curto	Hermafrodita	4	3,0±0
Orobanchaceae					
<i>Buchnera longifolia</i>	Erva	Tubo longo	Hermafrodita	4	600,8±62,95
Turneraceae					
<i>Turnera subulata</i>	Subarbusto	Disco	Hermafrodita	-	-

Tabela 2. Morfometria floral de espécies herbáceas e subarborescentes na Estação Ecológica de Caetés, Paulista-PE. Teste G (comprimento dos estames vs. pistilo): U=0, p<0,001.

Espécie	Morfometria (mm) - média ± Desvio padrão	
	Comprimento dos estames	Comprimento do pistilo
<i>Ageratum conyzoides</i>	4,0 ± 0	5,0 ± 0
<i>Sphagneticola trilobata</i> <sup>1</sup>	4,0 ± 0 <sup>d</sup>	5,4 ± 0,51 <sup>d</sup>
	-	4,0 ± 0 <sup>r</sup>
<i>Tridax procumbens</i> <sup>1,2</sup>	2,9 ± 0,31 <sup>d</sup>	5,8 ± 0,42 <sup>d</sup>
	1,9 ± 0,32 <sup>d</sup>	5,8 ± 0,42 <sup>r</sup>
<i>Chamaecrista</i> sp. <sup>2</sup>	6,8 ± 0,42	9,3 ± 0,48
	5,2 ± 0,42	
	3,0 ± 0	
<i>Desmodium incanum</i> <sup>2</sup>	2,2 ± 0,42	4,0 ± 0
	1,0 ± 0	
<i>Zornia latifolia</i> <sup>2*</sup>	5,5 ± 0,52	8,0 ± 0,48
	3,7 ± 0,48	
<i>Scoparia dulcis</i> <sup>**</sup>	3,8 ± 0,42	3,1 ± 0,31
<i>Borreria verticillata</i>	1,0 ± 0	2,4 ± 0,51
<i>Richardia grandifolia</i>	3,0 ± 0,47	14,3 ± 2,35
<i>Buchnera longifolia</i> <sup>2</sup>	2,0 ± 0	3,9 ± 0,31
	1,0 ± 0	

<sup>1</sup> Espécies ginomonóicas, <sup>d</sup>Flores do disco, <sup>r</sup>Flores do raio; <sup>2</sup>Espécies com estames heterodínamos. \* G=5, \*\* G=15, p=0,008

Tabela 3. Biologia reprodutiva de espécies herbáceas e subarbusivas na Estação Ecológica de Caetés, PE. DI = Dicogamia; ASP = Apresentação secundária de pólen; LEP = Liberação explosiva de pólen; HER = Hercogamia; Di = Distilia; SC= Sistema reprodutivo autocompatível; IAE= Índice de autopolinização espontânea. \* espécies que tiveram o teste de receptividade estigmática reproduzido a cada uma hora.

Espécie	Início da antese	Duração antese	Deiscência das anteras	Receptividade do estigma	Estratégia reprodutiva	Razão P/O	Viabilidade polínica (%)	Sistema reprodutivo	Autógamo	IAE
<i>Ageratum conyzoides</i> *	10h00min	24h	Pré-antese	13h00min	DI/ASP	1422	97%	SC	Sim	0,81
<i>Sphagneticola trilobata</i>	08h00min	24h	Pré-antese	09h00min	DI/ASP	5722	99,7%	-	Não	0
<i>Tridax procumbens</i> *	08h00min	24h	Pré-antese	11h00min	DI/ASP	1483	98,3%	SC	Sim	0,77
<i>Chamaecrista</i> sp.	06h00min	5h	Início da antese	07h00min	HER	276,6	98,9%	SC	Sim	0,11
<i>Desmodium barbatum</i>	-	-	-	-	LEP	-	-	-	-	-
<i>Desmodium incanum</i>	06h00min	5h	Início da antese	07h00min	LEP/HER	368,1	99,1%	SC	Sim	0,47
<i>Zornia latifolia</i>	06h00min	5h	Início da antese	07h00min	-	826	99,9%	SC	Sim	0,91
<i>Spigelia anthelmia</i>	-	-	-	-	ASP	-	-	-	-	-
<i>Turnera subulata</i>	-	-	-	-	HER- Di	-	-	-	-	-
<i>Scoparia dulcis</i>	06h00min	8h	Início da antese	07h00min	-	27,1	97,2%	SC	Sim	0,73
<i>Polygala martiana</i>	-	-	-	-	ASP	-	-	-	-	-
<i>Polygala paniculata</i>	-	-	-	-	ASP	-	-	-	-	-
<i>Polygala violacea</i>	-	-	-	-	ASP	-	-	-	-	-
<i>Borreria verticillata</i> *	09h00min	8h	Início da antese	12h00min	DI	1106	76,4%	SC	Sim	0,25
<i>Richardia grandifolia</i> *	08h00min	8h	Pré-antese	10h00min	DI	624,6	95,8%	SC	Sim	0,4
<i>Buchnera longifolia</i>	06h00min	11h	Início da antese	7h00min	HER	12,8	97,3%	SC	Sim	0,89



Tabela 4. Valores dos experimentos do sistema reprodutivo realizado em dez espécies da Estação Ecológica de Caetés, Pernambuco. Fl= Número flores utilizadas no tratamento; Fr= Número de frutos formados. Valor em parêntese corresponde à média e desvio padrão de sementes formadas. a, b, c = Diferenças significativas. \*valor referente à média de flores por inflorescência. Letras iguais na mesma linha corresponde à diferença significativa através do teste G.  $p < 0,005$ .

Espécies	Polinização natural	Autopolinização	Apomixia	Autopolinização	Polinização cruzada
	Fl/Fr (média±d.p)	espontânea Fl/Fr (média±d.p)	Fl/Fr (média±d.p)	manual Fl/Fr (média±d.p)	manual Fl/Fr (média±d.p)
<i>Ageratum conyzoides</i>	1230*/1209 (36,7±7,1)	1230/987 (28,5±11,2)	-	-	-
<i>Sphagneticola trilobata</i>	1800*/395 (36,7±9,1)	1800/0 (0)	-	-	-
<i>Tridax procumbens</i>	1560*/1646 (52,8±12,4)	1560/1274 (43,7±11,2)	-	-	-
<i>Chamaecrista</i> sp.	30/18a (14,0±11,7)	30/2a,b,c (1,4±5,4)	30/0 (0)	30/12c (8,4±11,3)	30/20b (15,1±10,7)
<i>Desmodium incanum</i>	30/23a (3,9±1,5)	30/11a,b (1,6±2,2)	30/0 (0)	30/18 (2,3±1,9)	30/26b (4,1±2,1)
<i>Zornia latifolia</i>	30/24 (4±2,3)	30/22a (3,7±2,5)	30/0 (0)	30/29a (4,6±1,7)	30/28 (5,1±1,3)
<i>Scoparia dulcis</i>	30/26 (179,6±95,4)	30/19a (63,8±70,3)	30/0 (0)	30/23 (122, 7±85)	30/29a (244,4±102,4)
<i>Borreria verticillata</i>	8340*/5662 (323±209,8)	8340/1445 (81,6±102,4)	-	-	-
<i>Richardia grandiflora</i>	30/20a,b (1,9±1,3)	30/8a,c (0,63±1,1)	30/0 (0)	30/11b (0,7±1,1)	30/25c (2,5±1,1)
<i>Buchnera longifolia</i>	30/28 (528±202,3)	30/25 (333,1±226,2)	-	-	-

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho investigou a biologia floral e o sistema reprodutivo de espécies herbáceas e subarborescentes, verificando ainda a ocorrência de estratégias reprodutivas especializadas dentro deste grupo de plantas. Constatou-se que todas as espécies estudadas com exceção da *Sphagneticola trilobata*, são autocompatíveis e parcialmente autógamas, embora tenha ocorrido uma redução na produção de frutos nos tratamentos de autopolinização manual e espontânea em algumas espécies (*Scoparia dulcis*, *Zornia latifolia*, *Richardia grandiflora*, *Desmodium incanum* e *Chamaecrista* sp.).

Foi registrado ainda tipos florais especializados, elevada produção de grãos de pólen, sistema de polinização específico (por vibração), além de mecanismos que favorecem a polinização cruzada (herkogamia, dicogamia, apresentação secundária de pólen e liberação explícita de pólen), sugerindo que muitas espécies do componente herbáceo-subarborescente aliam autopolinização a estratégias reprodutivas mais especializadas, apresentando um sistema misto de reprodução (autogamia e xenogamia), que favorece a reprodução em ambientes instáveis e a manutenção e variabilidade genética das populações.

**ANEXOS**

## Normas para publicação na Revista Plant Biology

### Author Guidelines

**Downloads:** [Page Charge Form](#).

**Supporting Information:** Authors are encouraged to provide additional materials as Supporting Information that will be accessible online. Please identify the Supporting Information as such and include appropriate figure and table captions at the end of the manuscript.

### Editorial Policy

*Plant Biology* publishes research results from all fields of plant science. Manuscripts must be of general interest, not only addressed to a specialized readership. The journal encourages publications with an interdisciplinary approach.

*Plant Biology* accepts

1. Problem-oriented original research papers (maximum 9000 words)
  2. Problem-oriented short research papers (maximum five typeset pages)
  3. Concise review articles
  4. Acute views, i.e., comments on actual problems and provocative opinion articles.
- Purely descriptive papers will not be accepted. The Editors welcome contributions from all over the world.

Effective with the 2015 volume, this journal will be published in an online-only format. Print subscription and single issue sales are available from Wiley's Print-on-Demand Partner. To order online click through to the ordering portal from the journal's subscribe and renew page on Wiley Online Library.

### Submission of Manuscripts

Please submit your manuscript online at [ScholarOne Manuscripts](#).

To submit a manuscript through ScholarOne Manuscripts, please follow these instructions:

1. If you do not yet have an account, go to <http://mc.manuscriptcentral.com/plabio> and click on 'Create Account'. You will then be sent a password by e-mail. If you already have an account, enter your user ID and password and click on 'Log In'. (Note: if necessary you can change your password under 'Edit My Account'.)
2. On the welcome page, click on 'Corresponding Author Center'.
3. You then reach the 'Author Center Dashboard', click on the star icon for manuscript submission.
4. Follow the steps 1-7 until manuscript submission is completed. The main document including title, abstract, key words (MS Word file), tables (MS Word files) and figures (\*.eps, \*.tif or \*.jpg files) are loaded onto the system as individual files. The text should be written double spaced and with line numbering. (Note: you may also interrupt the online submission and continue at a later time.) Authors are encouraged to provide additional information as

Supporting Information that will be accessible online.

**5. Fast-Track Publication:** *Plant Biology* offers special handling of manuscripts that have been rejected from very high-level journals. Authors are encouraged to enclose the original manuscript, the reviews plus the comments from the editor, and the revised manuscript of previously reviewed manuscripts to expedite their handling as your manuscript may be accepted based on the previous reviews. Please also include a letter with a point by point response to the concerns raised by the reviewer(s). You will receive a final decision from the Managing Editor within a few days of submitting manuscripts with reviews.

6. Authors should address the following points in their cover letter. 1. What are the aims and hypothesis of their paper?; 2. What new achievements or innovations do they present?; 3. What is the general significance of their paper and why is it timely?

7. Submission of your manuscript will be confirmed by an e-mail that will give you the 'Manuscript ID Number'. Please refer to this number in all correspondence with the editorial office. With your submission, you guarantee that all co-authors agree with the submission of the manuscript.

Should you encounter difficulties submitting a manuscript to ScholarOne Manuscripts, please contact the editorial office by e-mail at [annette.schlierenkamp@ctp.uni-freiburg.de](mailto:annette.schlierenkamp@ctp.uni-freiburg.de) or by telephone ++49(0)761/203-8300. Help is also available on the introductory page of ScholarOne Manuscripts in the form of an 'Online User's Guide'. To access the guide, click on 'Get Help Now' in the top right-hand corner.

#### **Online production tracking is now available for your article through Wiley-Blackwell's Author Services**

Author Services enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

#### **Conditions for Publication**

**Research papers** may be submitted that have not been published previously, even as a summary. Concise presentation is required. Although the non-specialist reader should be kept in mind when abstracts, introductions and discussions are written, lengthy review type introductions and speculative discussions should be avoided. Experimental methods should be explained in detail except for standard procedures. Diffuse and repetitive style should be avoided. Illustrations and tables should be limited to the truly essential material.

*Plant Biology* preferentially publishes **short research papers** (five typeset pages maximum) that will be reviewed with high priority.

**Concise review articles** that synthesize the state of the art in an original way are highly desirable for this journal.

**Acute views** contributions should contain brief comments on an actual problem (2-3 typeset pages).

**CrossCheck for plagiarism:** All submissions will be run through CrossCheck to identify any plagiarism. If an author is found to have plagiarized all or parts of his or work, the author's institute will be notified of the breach of scientific conduct.

**New: Pre-submission English-language editing**

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscripts professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found

at [http://authorservices.wiley.com/bauthor/english\\_language.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/english_language.asp). All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

**Length of Papers**

Papers should not exceed 8 printed pages or 9,000 words. One typeset page in the journal (without figures and tables, with about 3 subheads and paragraphs) usually contains roughly 6200 characters. The number of figures plus tables should not exceed 9. Appendices will be published as Supporting Information rather than in the main text.

**References:** About 40 to 50 references usually fill one printed page.

**Page Charges:** Original research papers longer than the guidelines given above when in proof are subject to a page charge at a rate of €125 per page above the 8-page limit (first 8 pages are free of charge). An invoice will be sent to authors for these charges upon publication of their article in an issue. Invited and review articles are excluded from this rule. Waiving of page charge will not be accepted.

**Arrangement**

**Research papers**

*Title page:* The first page of each paper should indicate: The title, the authors' names and affiliations, a short title for use as running head, the name, address, e-mail address, phone and fax number of the corresponding author, and 3 to 7 keywords.

*Abbreviation:* List with abbreviations where appropriate.

*Abstract:* The abstract must be usable as a stand-alone document and must not exceed 250 words. For all papers submitted from 2016 onwards, a structured abstract is required using four bullet points to indicate (1) the research conducted including its rationale, (2) central methods applied, (3) key results, and (4) main conclusions including key points of discussion. It should not contain citations of other papers. For reviews, bullet points do not apply.

The following sections cover the usual contents: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References (see below), Tables (see below), Figure legends (see below), Illustrations (see below).

In Materials and Methods, Results and Discussion subheadings are possible. If an author chooses to combine sections Results and Discussion, an additional section Conclusions can be added, but this must be brief.

**Concise review articles**

Choose subheadings as appropriate but do not use a numbering system. Title page, Key words, Abstract and other items as for full length papers.

**Tables**

Tables must be serially numbered in Arabic numerals and each must carry a brief descriptive heading. Tables reproduced from other publications must state their precise source. Only signs that can be typeset should be used in the tables and legends. Please provide Tables in Word and include them at the end of the manuscript after the References, each on a separate page. Refrain from using both tables and graphs to demonstrate the same results.

## Figures and Graphics

### *Electronic artwork*

It is essential that all artwork is provided in electronic format. Please save vector graphics (e.g. line artwork) in Encapsulated Post-script (EPS) format and bitmap files (e.g. half-tones) in Tagged Image Format (TIFF). Detailed information on our digital illustration standards is available at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>.

Please do not embed any tables and/or figures in the text document.

If you should encounter difficulties upon submitting figures and graphics, please contact the editorial office by e-mail under [annette.schlierenkamp@ctp.uni-freiburg.de](mailto:annette.schlierenkamp@ctp.uni-freiburg.de) or by telephone under ++ 49/(0)761/203-8300.

## References

The list of references must include all (but no additional) references quoted. Arrange references alphabetically according to author name, not chronologically. The name of the journals containing the cited papers should be given in full. Town/city and country names should be provided for non-journal refs.

Each article reference should be given as in the following example:

Alfano J.R., Collmer A. (2004) Type III secretion system effector proteins: double agents in bacterial disease and plant defence. *Annual Review Phytopathology*, **42**, 385–414.

Books or other non-serial publications which are quoted in the references must be cited as follows:

Gage J.D., Tyler P.A. (1991) *Deep-sea Biology: A Natural History of Organisms at the Deep-sea Floor*. Cambridge University Press, Cambridge, UK: 504 pp.

Lester R.N., Hasan S.M.Z. (1991) Origin and domestication of the brinjal eggplant, *Solanum melongena*, from *S. incanum*, in Africa and Asia. In: Hawkes J.G., Lester R.N., Nee M., Estrada N. (Eds), *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry, Evolution*. Royal Botanic Gardens, Kew; London, UK: 369-387.

Articles not yet published may only be cited if they have definitely been accepted for publication. They must be denoted by the expression 'in press'.

We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.

## Units

*Plant Biology* will follow the system of SI units (Système International d'Unités). Within a given paper chosen units must be uniform.

## Abbreviation

Note that common abbreviations can be used without explanation. Others must be explained. In case of doubt always give an explanation. Use FW = fresh weight and DW = dry weight.

### **Scientific Names**

Scientific names should be cited in their complete form when first mentioned with genus - species - authority - cultivar (cv.) or subspecies (ssp.) where appropriate. Latin names should be underlined or typed in *italics*. Subsequently the generic names should be abbreviated, but avoid confusion: e.g. use *A. comosus* if the only genus with a first letter A in your paper is *Ananas*; but use unambiguous abbreviations if you have more than one genus with the same first letter, e.g. *Ananas comosus*, *Aechmea nudicaulis* = *A. comosus*, *Ae. nudicaulis*, etc. Common names of organisms must be accompanied by the correct scientific name when first mentioned. For rare or exotic genera it may be useful to give the name of the family and/or higher taxon in brackets when first mentioned.

### **Copyright**

Authors will be required to assign copyright of their paper to the German Botanical Society, Royal Botanical Society of the Netherlands and Blackwell Publishing. Copyright assignment is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless copyright has been assigned. (Papers subject to government or Crown copyright should tick relevant box on the form). The publishers will not refuse any reasonable request by authors for permission to reproduce their contributions to the journal.

### **Reprints**

A PDF offprint of the online published article will be provided free of charge to the corresponding author, and may be distributed subject to the Publisher's terms and conditions. The corresponding author will be asked to provide up to seven email addresses for early distribution of a PDF offprint by the publisher. Paper offprints of the printed published article may be purchased if ordered via the method stipulated on the instructions that will accompany the proofs. Printed offprints are posted to the correspondence address given for the paper unless a different address is specified when ordered. Note that it is not uncommon for the printed offprints to take up to 8 weeks to arrive after publication of the journal. For further information please contact C.O.S. Printers PTe Ltd, 9 Kian Teck Crescent, Singapore 628875; Fax: +65 6265 9074; E-mail: [offprint@cosprinters.com](mailto:offprint@cosprinters.com).

### **Author material archive policy**

Please note that unless specifically requested, the Publisher will dispose of all hardcopy or electronic material submitted 2 months after publication. If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor as soon as possible after the final decision about publication.

### **Production**

You will receive a proof of your article approximately 4 weeks after acceptance. The proof will contain instructions on how to return corrections and answers to the queries listed at the end of the proof.

Last update: October 2014