

Universidade Federal de Juiz de Fora
Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais

Marcela Cezar Tagliati

**ASPECTOS REPRODUTIVOS DE UMA COMUNIDADE DE BROMELIACEAE EM UM
FRAGMENTO URBANO DE FLORESTA ATLÂNTICA DO SUDESTE DO BRASIL**

JUIZ DE FORA

2012

Marcela Cezar Tagliati

**ASPECTOS REPRODUTIVOS DE UMA COMUNIDADE DE BROMELIACEAE EM UM
FRAGMENTO URBANO DE FLORESTA ATLÂNTICA DO SUDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Gelli de Faria.

Juiz de Fora - MG

Abril de 2012

Tagliati, Marcela Cezar

Aspectos reprodutivos de uma comunidade de Bromeliaceae em um fragmento urbano de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil/Marcela Cezar Tagliati. – 2012.

72f. : Il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

1. Mata Atlântica. 2. Bromeliaceae. I. Título

CDU 591.9:918.1

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente à minha família por ser meu porto seguro e não me deixar desistir nunca;

À Prof^ª Dr^ª Ana Paula Gelli de Faria, pela orientação e compreensão, sem você nada seria possível;

Ao José Carlos da Silva, um verdadeiro companheiro durante os trabalhos de campo;

À Vanessa Joana Darc da Silva, pela grande ajuda durante toda a realização do projeto;

Ao Prof. Dr. Pedro Nobre e seus alunos, pela ajuda com a captura e identificação taxonômica dos morcegos;

Ao Prof. Dr. Saulo Marçal de Sousa, pela orientação durante os experimentos de viabilidade polínica e crescimento do tubo polínico e ao Prof. Dr. Lyderson Faccio Viccini, por disponibilizar toda a infraestrutura do Laboratório de Genética (Dept^o de Biologia-ICB) para a realização deste trabalho;

À Prof^ª Dr^ª Andrea Pereira Luiz-Ponzo, por disponibilizar toda a infraestrutura do Laboratório de Briófitas (Dept^o de Botânica-ICB) para realização do trabalho palinológico e a Ester Maiolini Ribeiro, pela confecção das lâminas dos grãos de pólen;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, pelo apoio financeiro concedido para a realização dos trabalhos de campo e participação em eventos científicos;

Ao CNPq, pela bolsa concedida através do Programa de Capacitação em Taxonomia (PROTAX);

Aos novos companheiros: Anne, Flaviane, Paula, Thiago, Cristiano, Newton;

Ao Douglas, pelo amor, companheirismo e por aturar meus altos e baixos, me dando forças para continuar sempre em frente;

Aos membros da banca: Prof^{as} Dr^{as} Tânia Wendt, Andréa Pereira Luiz-Ponzo, Ivone San Martín Gajardo e Prof. Dr. Fabrício Alvim Carvalho pela leitura do trabalho, críticas e contribuições;

Enfim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para a concretização deste trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

Bromeliaceae figura como a quarta família de Angiospermas com maior riqueza de espécies do domínio Atlântico. Neste bioma, atua como uma das principais famílias responsáveis pela oferta e manutenção de recursos alimentares ao longo do ano para uma diversificada fauna de polinizadores, em especial beija-flores. Apesar da elevada importância ecológica, ainda existe pouco conhecimento sobre muitos aspectos da biologia reprodutiva da maioria das espécies de bromélias. Neste contexto, a presente dissertação está estruturada em dois capítulos, onde os estudos foram conduzidos em um remanescente de Floresta Atlântica localizado no município de Juiz de Fora (MG), sudeste do Brasil. **O Capítulo I** teve como objetivos caracterizar o padrão fenológico reprodutivo e levantar aspectos da biologia floral e polinização de nove espécies de Bromeliaceae. O padrão de floração sequencial das espécies na comunidade e a assincronia de floração entre os indivíduos dentro da população, não apenas garantem a oferta de recursos alimentares aos visitantes florais ao longo do ano, como também sugerem tratar-se de estratégias para evitar a competição inter e intraespecífica por polinizadores. Pólen foi o principal recurso floral oferecido e néctar apenas não foi produzido por duas espécies. Nove espécies de polinizadores foram registradas, sendo quatro de beija-flores, uma de morcego, três de lepidópteros e uma de himenóptero, onde o beija-flor *Phaethornis pretrei* parece atuar como “polinizador-chave” dentro da comunidade estudada. **O Capítulo II** teve como objetivos investigar os sistemas de cruzamento e sucesso reprodutivo de *Portea petropolitana* e *Billbergia horrida*, duas espécies endêmicas da Floresta Atlântica brasileira cujas populações naturais vêm sendo ameaçadas pela ação antrópica, especialmente pela fragmentação de habitats. Ambas as espécies são autoincompatíveis e alógamas, dependentes de polinizadores para formação de frutos e sementes, e na área de estudo, apresentam alta taxa de frutificação sob condições naturais. *Portea petropolitana* é polinizada efetivamente por beija-flores. Já *B. horrida* apresenta um sistema de polinização mais generalista, envolvendo

morcegos, mariposas e beija-flores. Em suma, este trabalho ampliou o conhecimento sobre aspectos da biologia reprodutiva da família Bromeliaceae, e gerou dados importantes para subsidiar o desenvolvimento de estratégias para a conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação e das espécies estudadas.

Palavras-chave: biologia reprodutiva; Bromeliaceae; Floresta Atlântica; fragmentos florestais urbanos.

ABSTRACT

Bromeliaceae is considered the fourth family of Angiosperms with the largest species richness of the Atlantic domain. In this biome, acts as one of the main families responsible for providing and maintaining food resources throughout the year for a diverse fauna of pollinators, especially hummingbirds. Despite the high ecological importance, there is still little knowledge about many aspects of reproductive biology of most species of bromeliads. In this context, this paper is structured in two chapters, where the studies were conducted in an Atlantic Forest remnant in the city of Juiz de Fora (MG), southeastern Brazil. **Chapter I** aimed to characterize the phenological pattern of breeding and investigate aspects of floral biology and pollination of nine species of Bromeliaceae. The sequential flowering of the species in the community and flowering asynchrony among individuals within the population, not only ensure the availability of food resources to flower visitors throughout the year, but also suggest to be strategies to avoid inter and intraspecific competition for pollinators. Pollen was the main floral resource offered and nectar was not produced by only two species. Nine species of pollinators were recorded, four of hummingbirds, one bat, three of Lepidoptera and one hymenopteran, where the hummingbird *Phaethornis pretrei* seems to act as "pollinator-key" within the community studied. **Chapter II** aimed to investigate the breeding systems and reproductive success of *Portea petropolitana* and *Billbergia horrida*, two endemic species of

the Brazilian Atlantic Forest whose natural populations are being threatened by human activity, especially by habitat fragmentation. Both species are allogamous and autoincompatible, and dependent of pollinators for fruit and seed formation, and in the study area, have a high rate of fruit set under natural conditions. *Portea petropolitana* is effectively pollinated by hummingbirds. *B. horrida*, on the other hand, has a generalist pollination system involving bats, moths and hummingbirds. In summary, this study extended the knowledge about aspects of the reproductive biology of Bromeliaceae, and generated important data to support the development of strategies for the conservation of natural habitats affected by fragmentation processes and the species studied.

Key-words: reproductive biology, Bromeliaceae, Atlantic Forest, urban forest fragments.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO

Figura 1. Área de estudo: Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG), Brasil. A: Principais fragmentos florestais e localização da Mata do Krambeck (seta) dentro da malha urbana do município (Fonte: Google Earth). B-C: Delimitação de parte da Mata do Krambeck (onde o presente estudo foi desenvolvido) em conectividade ao remanescente formando a Área de Proteção Ambiental (Fonte: Fontes *et al.* 2008). D: Detalhe da vegetação da área de estudo (Foto: A.P.G.de Faria)..... 6

CAPÍTULO 1

Figura 1. Fenologia reprodutiva das espécies de Bromeliaceae encontradas na Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG), Brasil, acompanhada entre os meses de julho de 2010 e junho de 2011. As iniciais dos meses destacadas em negrito e sublinhadas indicam o período da estação chuvosa na área de estudo..... 35

CAPÍTULO 2

Figura 1. Mapa do Brasil, com localização do estado de Minas Gerais (A) e do município de Juiz de Fora (B). C: Delimitação de parte da Mata do Krambeck (ca. 85 ha), onde o presente estudo foi desenvolvido..... 56

Figura 2. Espécies estudadas e seus polinizadores. A: *Portea petropolitana* e B: *Billbergia horrida*. Aspecto geral das plantas. Detalhe das inflorescências e das flores de *P. petropolitana* (C) e *B. horrida* (D). E: Beija-flor da espécie *Phaetornis pretrei* visitando a inflorescência de *P. petropolitana*. F: Morcego da espécie *Glossophaga soricina*, um dos polinizadores de *B. horrida* (detalhe do pólen esta espécie depositado na cabeça do animal)..... 57

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Dados sobre a biologia floral de oito espécies de Bromeliaceae ocorrentes na Mata do Krambeck, Juiz de Fora, MG, Brasil. ($X \pm s$ = Média \pm desvio padrão). Os números entre parênteses indicam a quantidade de flores amostradas para as análises de néctar..... 32

Tabela 2. Espécies de Bromeliaceae encontradas na Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG) Brasil e seus respectivos visitantes florais. T = beija-flores (família Trochilidae); H = abelhas (ordem Hymenoptera); C = morcegos (ordem Chiroptera); L = borboletas e mariposas (ordem Lepidoptera)..... 33

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Porcentagens de frutificação por tratamento de polinização controlada e respectivos índices de autogamia (AI) e auto-incompatibilidade (ISI) para as espécies *P. petropolitana* e *B. horrida*. O número de frutos formados e o número de flores testadas são mostrados entre parênteses. N indica o número de indivíduos amostrados para cada espécie. PC = polinização cruzada; AE = autopolinização espontânea; AM = autopolinização manual; A = agamospermia. $X \pm s$ = Média e desvio padrão..... 53

Tabela 2. Altura da planta e da inflorescência, número de flores produzidas/indivíduo, taxa de frutificação sob condições naturais, número de sementes produzidas/fruto e viabilidade polínica das espécies *P. petropolitana* e *B. horrida*. N indica o número de indivíduos amostrados/espécie para as análises do sucesso reprodutivo e viabilidade polínica. Para o cálculo da taxa de frutificação, o número de frutos formados e o número de flores testadas são mostrados entre parênteses. PN = polinização natural; $X \pm s$ = Média e desvio padrão..... 54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Área de estudo	4
2. OBJETIVOS	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO 1: “Fenologia reprodutiva, recursos florais e polinização de espécies de Bromeliaceae em um remanescente urbano de Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro”	13
Abstract.....	15
Introdução.....	16
Materiais e Métodos.....	18
Resultados.....	20
Discussão.....	23
Agradecimentos.....	26
Resumo.....	27
Referências Bibliográficas.....	28
CAPÍTULO 2: “Sistema de cruzamento e sucesso reprodutivo de duas espécies de Bromeliaceae em um remanescente de Floresta Atlântica Brasileira”	36
Abstract.....	38
Introdução.....	39
Área de estudo.....	41
Espécies estudadas.....	41
Métodos.....	42
Sistemas de cruzamento.....	42
Sucesso reprodutivo.....	43
Viabilidade polínica e crescimento do tubo polínico.....	43

Resultados.....	44
Sistemas de cruzamento.....	44
Sucesso reprodutivo.....	45
Viabilidade polínica e crescimento do tubo polínico.....	45
Discussão.....	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

1. INTRODUÇÃO

Bromeliaceae compreende aproximadamente 3.172 espécies distribuídas em 58 gêneros (Luther, 2008), sendo uma das famílias de monocotiledôneas mais representativas da flora Neotropical. As bromélias possuem notável versatilidade ecológica, habitando desde ambientes méxicos (ex. florestas úmidas tropicais) até xéricos (ex. páramos andinos) e demonstram uma ampla variação de hábitos: terrestre, rupícola, saxícola e epífita (Smith, 1934; Benzing, 2000). Algumas adaptações morfológicas e fisiológicas à habitats mais secos e à formas de vida fora do solo incluem a presença de um tanque central (permitindo que a planta colete água e matéria orgânica dentro da bainha alargada e sobreposta da folha), folhas com escamas de absorção (também conhecidos como tricomas peltados), armazenamento de água e tecidos mecânicos de sustentação, desenvolvimento de fotossíntese pelo “metabolismo do ácido das crassuláceas” (CAM), e a progressiva redução estrutural e funcional do sistema radicular em espécies epífitas e rupícolas (Tomlinson, 1969; Benzing, 1976, 2000).

Bromeliaceae é tradicionalmente dividida nas subfamílias Pitcairnoideae, Bromelioideae e Tillandsioideae, com base em características do hábito, folhas, frutos e sementes (Smith & Downs, 1974, 1977, 1979). No entanto, recentes estudos filogenéticos sugerem a existência de oito linhagens monofiléticas (incluindo Bromelioideae e Tillandsioideae) devido ao parafiletismo de Pitcairnoideae (Givnish *et al.*, 2007).

Muitas espécies da família desempenham importante função ecológica. As “bromélias-tanque” agem como espécies-chave para a manutenção da biodiversidade e da complexidade estrutural de diversos ambientes, uma vez que a água e a matéria orgânica acumulada na base de suas folhas funcionam como abrigo, locais de procriação e fonte de alimento para diversos animais, protistas, fungos e procariontes (Benzing, 2000). Por melhorarem as condições ambientais de determinados locais, também permitem o estabelecimento de novas espécies vegetais e a ocorrência de padrões de agrupamentos fisionomicamente diferenciados, e são

consideradas chaves na manutenção da Floresta Atlântica sob mudanças climáticas globais (Sampaio *et al.*, 2005; Scarano, 2009).

As Bromeliaceae também podem ser utilizadas como bioindicadoras da qualidade do ar (ex. certas espécies do gênero *Tillandsia* L.), na medicina popular, como fonte de fibras (como *Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam.) Mez) ou cultivadas como fonte de alimento, como o abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merr. (Benzing, 2000). Os frutos do abacaxi também contêm uma enzima denominada bromelina que os protege da predação por larvas de insetos e cuja importância está em ascensão devido a sua aplicabilidade nas indústrias farmacêutica (por sua atividade anti-helmíntica, anti-inflamatória e anti-cancerígena) e química (utilizado como amaciante de carnes vermelhas, hidrolizante de complexos proteína-taninos na produção de cerveja, pães, leite de soja e ovos desidratados). Outra enzima denominada hemisfericina, produzida por representantes do gênero *Bromelia* apresenta também grande potencialidade nestes mesmos segmentos industriais (Manetti *et al.*, 2009)

Nas últimas décadas, as bromélias passaram a ser amplamente empregadas como plantas ornamentais e hoje são consideradas elementos requintados e exóticos de jardins ao redor do mundo (BSI, 2005). Entretanto, o baixo investimento no setor de comercialização dessas plantas reforça o extrativismo como importante fonte de abastecimento do mercado horticultor. A situação se agrava pela falta de fiscalização nas áreas de comercialização e falta de legislação específica para proteção dos representantes desta família (Coffani-Nunes, 2002), resultando na inclusão de muitas bromélias em listas de espécies ameaçadas de extinção.

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano. Originalmente estendia-se de forma contínua ao longo da costa brasileira, penetrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul, cobrindo mais de 1,5 milhões de km², sendo 92% desta área localizada no Brasil. É constituída por um mosaico de ecossistemas florestais e outros ecossistemas associados: restingas, manguezais, formações

campestres de altitude e brejos (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2001; Botino *et al.*, 2009), e considerada um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade. Embora tenha sido em grande parte destruída, restando apenas 7,2% de sua área original, ainda abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares (Myers *et al.*, 2000).

Bromeliaceae figura como a quarta família de angiospermas com maior riqueza de espécies do domínio Atlântico (Stehmann *et al.*, 2009). As áreas de Floresta Atlântica que cobrem a costa leste brasileira e a porção leste e sudeste do estado de Minas Gerais são consideradas centros de diversidade e endemismo para diversos táxons da subfamília Bromelioideae (Smith, 1934, 1955; Benzing, 2000). A riqueza de Bromeliaceae em Minas Gerais corresponde a quase 9% do número total de espécies presentes na família (Versieux & Wendt, 2007) e está relacionada ao grande potencial adaptativo dessas plantas associado à variedade topográfica, geomorfológica, edáfica e climática ocorrente no estado, que abriga diferentes formações vegetacionais (Versieux & Wendt, 2006; Drummond *et al.*, 2005).

Apesar da expressiva riqueza de Bromeliaceae registrada para Minas Gerais, diversas espécies encontram-se seriamente ameaçadas de extinção, sendo a acelerada destruição da Floresta Atlântica considerada a principal causa do desaparecimento de muitas populações de bromélias no estado. A histórica ocupação do solo mineiro para o estabelecimento de áreas de cultivo, pastagens, mineração, além do desenvolvimento urbano, provocou grande fragmentação das áreas florestais. A região da Zona da Mata Mineira, por exemplo, integrava um *continuum* de Floresta Atlântica que acompanhava o vale do rio Doce, desde o litoral do estado do Espírito Santo até proximidades de Belo Horizonte (Aubréville, 1959). Versieux & Wendt (2007) ressaltaram que dentre os 283 táxons de Bromeliaceae ocorrentes em Minas Gerais, mais da metade encontra-se enquadrada em alguma categoria de ameaça de extinção.

As Angiospermas exibem grande variedade de características florais e mecanismos reprodutivos, e suas estratégias reprodutivas constituem uma etapa crucial do seu ciclo de

vida. O conhecimento desses aspectos é de grande importância para a compreensão dos processos responsáveis pela manutenção da diversidade e funcionamento dos ecossistemas. Além disso, os diferentes modos de reprodução e de sistemas de cruzamento estão diretamente relacionados com a composição genética das populações naturais, sendo o entendimento destas características essencial para os programas de conservação de espécies sob risco de extinção (Bodanese-Zanettini & Cavalli, 2003).

Considerando a grande riqueza de espécies encontrada em Bromeliaceae, estudos sobre biologia reprodutiva ainda são escassos na família (Martinelli, 1997). Grande parte dos trabalhos publicados refere-se a aspectos da fenologia reprodutiva, biologia floral e da polinização, sendo poucas as informações consistentes sobre os sistemas reprodutivos para muitas espécies de bromélias (Matallana *et al.*, 2010). Para a Floresta Atlântica, estudos sobre biologia reprodutiva de espécies de Bromeliaceae tem sido conduzidos em áreas de restinga (Lenzi *et al.*, 2006) e floresta ombrófila (Araújo *et al.* 1994; Fischer & Araújo, 1995; Martinelli, 1997; Kaehler *et al.*, 2005; Varassin & Sazima, 2000; Siqueira-Filho & Machado 2001; Matallana *et al.*, 2010) sendo desconhecido até o momento, trabalhos com este enfoque realizados em áreas de floresta estacional semidecidual.

1.1. Área de estudo

Localizado no sudeste do estado de Minas Gerais, mesorregião da Zona da Mata Mineira, o município de Juiz de Fora possui uma área de 1.429,875 km², sendo a estimativa de cobertura florestal pouco mais de 20% de sua área total (Scolforo & Carvalho, 2006). Segundo a classificação de Köppen (1948), possui clima do tipo Cwa, com verões quentes e invernos secos, e estações secas e chuvosas bem definidas. Os índices pluviométricos anuais variam em torno de 1.536 mm, sendo os maiores índices mensais no mês de janeiro, com aproximadamente 298 mm. A temperatura média anual oscila em torno de 18,9°C. O mês

mais quente (fevereiro) possui média próxima a 21,7°C e o mês mais frio (julho), 16,1°C (dados da Estação Climatológica Principal da UFJF, 2010).

Os fragmentos do município (Fig. 1A) integram o domínio da Floresta Atlântica e estão inseridos na formação de Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso *et al.*, 1991), onde destacam-se os localizados nas Reservas Biológicas Municipais de Santa Cândida (cerca de 113 ha) e Poço d'Anta (cerca de 277 ha), Parque Municipal da Lajinha (cerca de 88 ha), Reserva Particular do Patrimônio Natural Vale de Salvaterra (cerca de 263 ha), Morro do Cristo (cerca de 78 ha), Mata Fazenda da Floresta (cerca de 370 ha) e a Mata do Krambeck (cerca de 375 ha). Tais fragmentos apresentam alto potencial de conectividade, sendo importantes na criação e manutenção de corredores ecológicos, e considerados prioritários para a conservação da flora no estado (Drummond *et al.* 2005).

A Mata do Krambeck destaca-se como a maior reserva urbana privada de Floresta Atlântica no mundo (Lei Municipal 8527/94). A maior parte da sua área (ca. 290 ha) se encontra integrada à APA Mata do Krambeck (estabelecida pela lei estadual nº 10.943/92), sendo os 85 ha restantes (onde o presente estudo foi desenvolvido), atualmente de propriedade da Universidade Federal de Juiz de Fora (Fig. B-C). A área apresenta quase sua totalidade coberta por vegetação nativa em estágio médio a avançado de regeneração (Fig. D), com presença de diversas espécies arbóreas de grande porte, epífitas, cipós e um sub-bosque bastante denso (Fontes *et al.*, 2008).



Figura 1: Área de estudo: Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG), Brasil. A: Principais fragmentos florestais e localização da Mata do Krambeck (seta) dentro da malha urbana do município (Fonte: Google Earth). B-C: Delimitação de parte da Mata do Krambeck (onde o presente estudo foi desenvolvido) em conectividade ao remanescente formando a Área de Proteção Ambiental (Fonte: Fontes *et al.* 2008). D: Detalhe da vegetação da área de estudo (Foto: A.P.G.de Faria).

2. OBJETIVOS

- Caracterizar o padrão fenológico reprodutivo das espécies de Bromeliaceae de um remanescente urbano de Floresta Atlântica do sudeste brasileiro localizado no município de Juiz de Fora, região da Zona da Mata do estado de Minas Gerais;
- Levantar os recursos florais oferecidos pela comunidade de bromélias estudada e seus visitantes florais, identificando os potenciais polinizadores de cada espécie;
- Caracterizar os tipos de sistemas de cruzamento, investigar aspectos da biologia floral e ecologia da polinização e avaliar o sucesso reprodutivo de *Portea petropolitana* (Wawra) Mez e *Billbergia horrida* Regel, espécies endêmicas da Floresta Atlântica e representativas dos fragmentos florestais da Zona da Mata Mineira;
- Ampliar o conhecimento dos mecanismos de reprodução na família Bromeliaceae;
- Contribuir com dados que subsidiem a conservação da diversidade biológica e dos fragmentos florestais urbanos;

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. C., FISCHER, E. A., SAZIMA, M. Floração seqüencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.17, p. 113-118, 1994.
- AUBRÉVILLE, A. As florestas do Brasil – Estudo fitogeográfico florestal. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 11, p. 210-232, 1959.
- BENZING, D. H. Bromeliad trichomes: *structure, function* and ecological significance. **Selbyana**, v. 1, n. 1, p. 330-348, 1976.
- BENZING, D. H. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 690p.
- BODANESE-ZANETTINI M. H., CAVALLI, S. S. Variabilidade genética em função do modo de reprodução. In: FREITAS, L. B., BERED, F. (ed). **Genética e evolução vegetal**, 1ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003.
- BOTTINO, C. S.; RUEDA, M. M. M.; RODRIGUES, M. G. S. **Roteiro diversidade e evolução: tecendo redes por um planeta Terra saudável**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.
- BSI- BROMELIAD SOCIETY INTERNATIONAL. **What are Bromeliads?** Disponível em: <http://bsi.org/>. Acesso em julho de 2011.
- COFFANI-NUNES, J.V. Bromélia. In: **Sustentável Mata Atlântica: a exploração dos seus recursos florestais**. São Paulo: SENAC, 2002. p. 119-133.

- DRUMMOND, G. M., MARTINS, C. S., MACHADO, A. B. M., SEBAIO, F.A.;
ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.
- FISCHER, E. A., ARAUJO, A. C. Spatial organization of a bromeliad community in the Atlantic Rainforest, South-Eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.11, p.559–567, 1995.
- FONTES, N. R. L.; ALVES, L. M.; SIMIQUELI, R. F.; CASTRO, R. M.; FERREIRA, E. S.; LARA, G.; PUIDA, D. B. C. **Valoração Ambiental do Sítio Malícia: laudo técnico**. Juiz de Fora: Juiz de Fora Ambiental Consultoria e Projetos Ltda., 2008.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2001.
- GIVNISH, T. J., K. C. MILLAM, P. E. BERRY, K. J. SYTSMA. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography of Bromeliaceae inferred from ndhF sequence data. In: Columbus, J.T., Friar, E.A., Porter, J.M., Prince, L.M., Simpson, M.G. (ed). **Monocots: Comparative Biology and Evolution – Poales Rancho Santa Ana Botanic Garden**. Claremont, California, 2007. p. 3–26.
- KAEHLER, M.; VARASSIN, I. G.; GOLDENBERG, R. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-Montana no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 219-228, 2005.

- KÖEPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 466 p.
- LENZI, M.; MATOS, J. Z.; ORTH, A. I. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 2, p.487-500, 2006.
- LUTHER, H. E. **An alphabetical list of bromeliad binomials**. 11^a ed. Sarasota: The Marie Selby Botanical Gardens, 2008.
- MANETTI, L. M.; DELAPORTE, R. H.; JR., A. L. Metabólitos secundários da família Bromeliaceae. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1885-1897, 2009.
- MARTINELLI, G. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (ed). **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**. p. 213-250, 1997.
- MATALLANA, G.; GODINHO, M. A. S.; GUILHERME, F. A. G.; BELISARIO, M.; COSER, T. S.; WENDT, T. Breeding systems of Bromeliaceae species: evolution of selfing in the context of sympatric occurrence. **Plant Systematics and Evolution**, v. 289, p. 57-65, 2010.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-845, 2000.
- RIOS, P. A. F.; SILVA, J. B.; MOURA, F. B. P. Visitantes florais de *Aechmea constantinii* (Mez) L. B. Sm. (Bromeliaceae) em um remanescente da Mata Atlântica do Nordeste Oriental. **Biotemas**, v. 23, n. 4, p. 29-36, 2010.
- SAMPAIO, M. C. PICÓ, F. X.; SCARANO, F. R. Ramet Demography of a Nurse Bromeliad In Brazilian Restingas. **American Journal of Botany**, v. 4, n. 92, p. 674–681, 2005.

- SCARANO, F. R. Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: Rare-species bias and its risks for conservation. **Biological Conservation**, n. 142, p.1201–1208, 2009.
- SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 288p.
- SMITH, L. B. **Geographical** evidence on the lines of evolution in the Bromeliaceae. **Bot. Jahrb.**, v. 66, p. 446-465, 1934.
- SMITH, L. B. The Bromeliaceae of Brazil. **Smithsonian Miscellaneous Collections**, v. 126, p.1-290, 1955.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Pitcairnoideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica**. Monograph 14, part 1, p. 1-658, 1974.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Tillandsioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica**. Monograph 14, part 2, p. 663-1492, 1977.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Bromelioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica**. Monograph 14, part 3, p.1493-2142, 1979.
- STEHMANN, J. R.; FORZZA, R. C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D. P.; KAMINO, L. H. Y. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.
- TOMLINSON, P. B.. Commelinales-Zingiberales. In: METCALF, C. R. (ed.). **Anatomy of the Monocotyledons**. Oxford: Oxford University Press, v.3, p. 192-294, 1969.
- VARASSIN, I. G.; SAZIMA, M. **Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil**. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, N. sér. 11/12, 2000.

VELOSO, H. G.; FILHO, A. L. R. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.

VERSIEUX, L. M.; WENDT, T. Checklist of Bromeliaceae of Minas Gerais, Brazil, with notes on taxonomy and endemism. **Selbyana**, v. 27, n. 2, p. 107-146, 2006.

VERSIEUX, L. M.; WENDT, T. Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. **Biodiversity Conservation**, v. 16, p. 2989-3009, 2007.

CAPÍTULO 1

**Fenologia reprodutiva, recursos florais e polinização de espécies de Bromeliaceae em um
fragmento urbano de Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro**

Texto formatado segundo as normas do periódico “Anais da Academia Brasileira de Ciências”

**Fenologia reprodutiva, recursos florais e polinização de espécies de
Bromeliaceae em um fragmento urbano de Floresta
Atlântica do Sudeste Brasileiro**

MARCELA C. TAGLIATI¹, ANA PAULA G. DE FARIA²

¹ Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

² Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Key-words: Atlantic Rain Forest; bromeliads; floral biology; ornitophily

Título abreviado: FENOLOGIA, BIOLOGIA FLORAL E POLINIZAÇÃO EM BROMELIACEAE.

Autor para correspondência: Ana Paula Gelli de Faria

Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. Phone number: +55 (32) 2102-3207. E-mail: ana.gelli@ufjf.edu.br.

ABSTRACT

This study dealt with the reproductive phenology, floral biology and pollination of nine native Bromeliaceae species of an urban remnant of Atlantic Rain forest in Southeastern Brazil. The taxa have belonged to the genera *Tillandsia* L. (5 spp.), *Billbergia* Thunb. (2 spp.), *Ananas* Mill. (1 spp.) and *Portea* Brongn. & K. Koch (1 spp.). Flowering and fruiting phenology surveys were made fortnightly, from July 2010 to June 2011. Floral attractants, rewards, beginning and duration of anthesis were determined, as well as pollinators were characterized. The bromeliad community showed a sequential flowering all along the year and most species flowered during the rainy season. The flowering pattern at the population level was annual with intermediate duration and varied from short to intermediate at the individual level. All the species have offered pollen as a floral reward and only *T. recurvata* and *T. tricholepis* have not produced nectar. Eight species of pollinators were registered: four hummingbirds, one bat, and three Lepidoptera. *Tillandsia recurvata* and *T. tricholepis* have not been visited during the study. The hummingbird *Phaethornis pretrei* seems to be a “key-pollinator” in the community, since all the ornitophilous bromeliads were pollinated by it, being three of them exclusively by this species.

INTRODUÇÃO

A fenologia reprodutiva envolve o estudo dos eventos periódicos de floração e frutificação, fenômenos-chave na história de vida das angiospermas, uma vez que controlam a exposição dos indivíduos a condições bióticas e abióticas que influenciam seu sucesso reprodutivo (Kudo 2006). O conhecimento do padrão fenológico de uma comunidade vegetal é fundamental para o entendimento da organização espaço-temporal dos recursos disponíveis no ambiente aos animais associados (Talora e Morellato 2000), sendo relevante no estudo das interações planta-animal. Estudos fenológicos associados ao conhecimento de aspectos sobre biologia floral e da polinização também podem auxiliar no entendimento de várias questões relacionadas à manutenção do fluxo gênico entre espécies, sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores, gerando dados úteis no desenvolvimento de estratégias para a conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação (Machado e Lopes 2002) e programas que visem o manejo e conservação de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção (Marques e Lemos Filho 2008; Santana e Machado 2010).

Bromeliaceae (ca. 3.000 espécies; Luther 2008) possui distribuição predominantemente neotropical e figura como a quarta família de angiospermas com maior riqueza de espécies do domínio Atlântico (Stehmann et al. 2009). A ornitofilia predomina como síndrome de polinização na família, sendo os beija-flores os principais responsáveis por este processo. Em certas áreas da Floresta Atlântica do sudeste brasileiro, as bromélias chegam a representar mais de 30% dos recursos alimentares utilizados por essas aves (Sazima et al. 1996; Buzato et al. 2000). Morcegos também são polinizadores comumente observados para alguns táxons (ex. gênero *Vriesea*, subgênero *Xyphion*), e menos frequentemente, insetos (ex. himenópteros e lepidópteros) atuam como os principais agentes polinizadores na família (Sazima et al. 1995; Varassim e Sazima 2000; Kaehler et al. 2005).

Embora a maioria dos estudos reprodutivos em Bromeliaceae se concentre em áreas da Floresta Atlântica brasileira (Santana e Machado 2010), trabalhos com este enfoque ainda são escassos e extremamente necessários, tendo em vista a grande riqueza de espécies para este bioma (um dos principais centros de diversidade e endemismo da família) e o fato de quase a metade destas encontrar-se sob alguma categoria de ameaça de extinção (Martinelli et al. 2008).

Perturbações antropogênicas podem modificar diversos atributos reprodutivos das plantas (ex. fenologia, oferta de recompensas florais). O funcionamento e a performance das flores e seus polinizadores em habitats alterados, provavelmente difere daqueles em paisagens menos modificadas. Em habitats perturbados, diversos aspectos da polinização (ex. quantidade e qualidade do pólen recebido) e das relações planta-polinizador podem sofrer interferências negativas, influenciando o sucesso reprodutivo das plantas (Aizen e Vázquez 2006).

Os fragmentos florestais urbanos, definidos como resquícios de vegetação natural circundados pela matriz urbana (Melo et al. 2011), são exemplos de ecossistemas que tiveram suas condições naturais bastante alteradas ou degradadas por inúmeros fatores de perturbações antrópicas. Além da relevância social, estética e educativa, tais ambientes apresentam grande importância ecológica, sendo fundamentais na manutenção de uma considerável riqueza de espécies vegetais e animais e das interações ecológicas entre estas espécies. Áreas densamente habitadas têm sido negligenciadas em diversas pesquisas ecológicas, sendo essas paisagens as que mais necessitam de estudos. O percentual de publicações científicas em áreas urbanas é extremamente reduzido, quando comparado ao realizado em áreas protegidas como parques nacionais e estaduais (Corby 2010).

O presente estudo objetivou caracterizar o padrão fenológico da floração e frutificação, aspectos da biologia floral e da polinização de nove espécies nativas de Bromeliaceae em um remanescente de Floresta Atlântica do sudeste brasileiro, visando ampliar o conhecimento

sobre a biologia reprodutiva da família e contribuir com dados que subsidiem a conservação da diversidade biológica e dos fragmentos florestais urbanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O município de Juiz de Fora está situado no sudeste do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 21°34' 22°05'S e 43°09' 43°45'W. Possui clima do tipo Cwa (Köepen 1948), com verões quentes e chuvosos e invernos secos. A precipitação anual é em torno de 1.536 mm, sendo os maiores índices mensais no mês de janeiro, com aproximadamente 298 mm e julho o mês mais seco, com 18,8 mm. A temperatura média anual é de 19,25 °C. O mês mais quente (fevereiro) possui média próxima a 23 °C e o mês mais frio (julho), 17 °C (Fonte: Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Juiz de Fora, ano de 2010).

As áreas de cobertura florestal do município integram o domínio da Floresta Atlântica e correspondem a aproximadamente 20% de sua área total, sendo representadas por vários fragmentos inseridos em uma matriz composta principalmente por aglomerados urbanos (Fontes et al. 2008). Inseridos na tipologia Floresta Estacional Semidecidual Montana (Velooso et al. 1991), tais remanescentes apresentam alto potencial de conectividade, sendo importantes na criação e manutenção de corredores ecológicos e considerados prioritários para a conservação da flora (Drummond et al. 2005).

Localizada na região central do município e apresentando cerca de 370 ha, a Mata do Krambeck é considerada a maior reserva ambiental urbana tropical particular do mundo (Lei Municipal 8527/94). Este trabalho foi conduzido em uma área de aproximadamente 80 ha do fragmento, recém adquirida pela Universidade Federal de Juiz de Fora. No trecho estudado, a vegetação encontra-se em grande parte em estágios médio a avançado de regeneração, após

mais de cinco décadas de degradação devido aos cortes seletivos da vegetação nativa e desmatamento para plantios de café e espécies exóticas para lenha (Fontes et al. 2008).

FENOLOGIA REPRODUTIVA

As observações fenológicas foram realizadas entre julho de 2010 e junho de 2011. A ausência ou presença de cada fenofase de floração e frutificação (escapo floral/ inflorescência jovem; botão floral; flores abertas; frutos imaturos e frutos maduros) foi monitorada quinzenalmente, onde as observações foram realizadas a olho nu ou com o auxílio de um binóculo, em no mínimo dez indivíduos de cada espécie escolhidos aleatoriamente e espaçados entre si por no mínimo 1 m de distância. A classificação dos padrões fenológicos de floração seguiu Newstrom et al. (1994).

BIOLOGIA FLORAL E POLINIZAÇÃO

Dados sobre o número de flores abertas por dia, morfologia e cor da corola e brácteas, emissão de odor, horário da antese, período de disponibilidade da flor aos visitantes, volume e concentração de açúcares no néctar, foram registrados em no mínimo três indivíduos de cada espécie, entre janeiro e dezembro de 2011, exceto para *Tillandsia stricta*, uma vez que os indivíduos encontravam-se em locais de difícil acesso para coleta das informações. A coleta e determinação do volume de néctar foram realizadas com o uso de micro seringas em flores previamente isoladas com sacos de papel, em diferentes horários do dia. A concentração de açúcares no néctar foi determinada com o uso de um refratômetro de bolso.

O sistema de polinização foi primeiramente inferido pela análise dos atributos florais e respectivas síndromes de polinização relacionadas, conforme descrito por Faegri and Pijl (1979), sendo posteriormente confirmado através de observações diretas no campo. O comportamento dos visitantes florais foi acompanhado do início da manhã (08:00h) até o fim da tarde (17:00h) e durante a noite (18:00h às 22:30h) para a espécie *B. horrida*, no mês de

agosto de 2011. A variação do número total de horas de observação decorreu em função da duração da floração e número de dias de duração da flor em cada indivíduo, perfazendo um mínimo de 48 horas para cada espécie. Durante as observações foram registrados aspectos referentes ao horário e frequência das visitas, bem como o comportamento do animal e local de contato do corpo com o pólen e estigma. A atividade dos beija-flores, himenópteros e lepidópteros foi acompanhada a olho nu ou com o auxílio de um binóculo e registrada através de filmagens e fotografias, para posterior identificação por especialistas. Morcegos foram coletados com redes de neblina dispostas próximas às plantas, segundo método proposto por Kunz (1988), e identificados com o auxílio de especialistas. Após a captura, foi coletado pólen aderido à cabeça, pescoço, tórax e membros para montagem de lâminas temporárias utilizando-se fita adesiva transparente, para posterior análise em laboratório e comparação com laminário polínico de referência das espécies de bromélias da área de estudo obtido *in situ*.

RESULTADOS

FENOLOGIA REPRODUTIVA

Nove espécies de Bromeliaceae floresceram e frutificaram durante o estudo: *Ananas bracteatus* (Lindl.) Schult. & Schult. f., *Billbergia horrida* Regel, *B. zebrina* (Herb.) Lindl., *Portea petropolitana* (Wawra) Mez, *Tillandsia geminiflora* Brongn., *T. polystachia* (L.) L., *T. recurvata* (L.) L., *T. stricta* Sol. e *T. tricholepis* Baker. Cinco espécies (*A. bracteatus*, *B. zebrina*, *T. stricta*, *T. recurvata* e *T. tricholepis*) iniciaram a floração durante a estação chuvosa, entre os meses de outubro e março. As demais espécies tiveram o início da floração durante a estação seca, no entanto estenderam este evento ao longo dos meses mais chuvosos (Fig. 1). Exceto em *B. zebrina*, as demais espécies de fruto baga (*B. horrida*, *A. bracteatus* e *P. petropolitana*) concentraram toda ou a maior parte da frutificação na estação chuvosa. Para

as espécies de *Tillandsia* (que apresentam frutos secos do tipo cápsula), o período de frutificação abrangeu tanto a estação seca quanto a estação chuvosa (Fig. 1). Em *T. recurvata* e *T. tricholepis*, a dispersão das sementes (fenofase de frutos maduros) ocorreu nos meses mais secos e nas demais espécies do gênero, concentrou-se durante a estação chuvosa.

Os resultados obtidos ao longo dos 12 meses de observação mostram que, na área de estudo, a comunidade de bromélias apresenta floração seqüencial e contínua (em todos os meses do ano foram registradas espécies em flor). Considerando a frequência de floração, os padrões fenológicos individuais e populacionais para todas as espécies são anuais, com apenas um principal evento de floração/ano. Com relação à duração da floração, em nível populacional as espécies apresentaram padrão intermediário (um a cinco meses de floração). No entanto, os padrões individuais variaram de curto, com menos de um mês de floração (*A. bracteatus*, *B. zebrina*, *B. horrida*, *T. geminiflora*, *T. polystachia*, *T. recurvata*, *T. stricta* e *T. tricholepis*) a intermediário, em *P. petropolitana*.

BIOLOGIA FLORAL E POLINIZAÇÃO

Todas as espécies apresentaram corola de formato tubular, cuja coloração variou de roxo-azulada em *A. bracteatus*, *P. petropolitana*, *T. polystachia* e *T. stricta*, rosa em *T. geminiflora*, até cores pálidas, como esverdeado em *B. horrida* e *B. zebrina*, amarelado em *T. tricholepis* e branco-arroxeadado em *T. recurvata*. O número de flores abertas por dia variou entre as espécies: *T. recurvata*, *T. tricholepis* e *T. geminiflora* abrem somente uma flor a cada dia e *T. polystachia*, até quatro flores. Em *A. bracteatus*, há a abertura de cinco flores, em *B. horrida* e *B. zebrina* de duas a 10 flores a cada dia e em *P. petropolitana*, de 12 a 20 flores (Tabela 1).

Todas as espécies apresentaram antese diurna (entre 04:30h e 15:00h), exceto *B. horrida* cuja abertura da corola iniciou-se por volta de 20:30h. Em *A. bracteatus*, *T. geminiflora*, *T. recurvata* e *T. tricholepis*, o período de disponibilidade da flor (tempo em que a flor permanece aberta, disponível aos visitantes, desde sua antese até a senescência) variou de dois

a três dias, enquanto que para as demais espécies, este período compreendeu 24 horas. Apenas a flor de *B. horrida* apresentou odor adocicado após a antese, sendo as flores das demais espécies, inodoras (Tabela 1).

Todas as espécies ofereceram pólen como recompensa floral. A produção de néctar apenas não foi observada em *T. recurvata* e *T. tricholepis*. Nas demais, o volume médio de néctar produzido por flor foi de $41,5 \pm 13,8 \mu\text{L}$ e a concentração de açúcares variou de 17,7% a 26,7% com média de $22,2 \pm 3,5\%$ (Tabela 1). Nas espécies estudadas, o volume médio de néctar produzido foi constante ao longo do período de abertura da flor, exceto em *B. horrida*, onde foi observado um discreto aumento de volume desde a primeira medida tomada logo após o início da antese (média de 52,2 ml, n=12 flores) até o fim da manhã (média de 69,3 ml, n=12 flores).

Sete espécies de bromélias tiveram suas flores visitadas por beija-flores, uma espécie por morcegos e mariposas, três espécies por abelhas e duas por borboletas (Tabela 2). O sistema de polinização predominante na comunidade envolveu a participação de beija-flores, onde quatro espécies da família Trochilidae foram identificadas: *Amazilia lactea*, *Eupetomena macroura*, *Thalurania glaucopis* (subfamília Trochilinae) e *Phaetornis pretrei* (subfamília Phaethornithinae). As visitas às flores ocorreram em intervalos de aproximadamente uma hora, sendo os principais locais de deposição de pólen o bico e a frente, com exceção do pólen de *B. zebrina* que foi depositado no peito das aves. *Billbergia horrida* também foi polinizada por morcegos da espécie *Glossophaga soricina*, que teve o pólen depositado na cabeça e no tórax e por mariposas das famílias Noctuidae e Sphingidae. *Ananas bracteatus* recebeu visitas eventuais de uma espécie de borboleta da família Nymphalidae, que atuou como polinizadora ao contatar com a espirotromba as anteras e estigma das flores durante sua protrusão para coleta de néctar.

Portea petropolitana, *B. horrida* e *B. zebrina* foram visitadas esporadicamente por abelhas da espécie *Trigona spinipes*. O comportamento oportunista e pilhador deste himenóptero foi relatado para outros representantes de Bromeliaceae, muitas vezes até comprometendo a viabilidade das flores em algumas espécies ornitófilas (Siqueira-Filho e Machado 2006; Pereira e Quirino 2008). Em nosso estudo, este inseto também foi considerado pilhador de pólen e néctar em *P. petropolitana*, *B. zebrina* e *B. horrida*, uma vez que houve utilização dos recursos sem contato do animal com os estigmas das flores. O mesmo comportamento foi observado em borboletas da família Hesperiiidae ao visitarem as flores de *B. zebrina*. Em apenas duas espécies (*T. recurvata* e *T. tricholepis*) não foram observados visitantes durante o período de estudo.

DISCUSSÃO

Na comunidade estudada, o padrão de floração sequencial corrobora o observado em outros estudos fenológicos de Bromeliaceae realizados em áreas de Floresta Atlântica (Araújo et al. 1994; Martinelli 1997; Buzato et al. 2000; Machado e Semir 2006). A frutificação também foi observada ao longo de todo o ano. Diferente das demais espécies de fruto baga, com dispersão zoocórica, *B. zebrina* apresentou frutos maduros nos meses mais secos (Fig. 1). Tal padrão também foi observado por Marques e Lemos Filho (2008) para *B. amoena* (G. Lodd.) Lindl., em uma área de transição entre Cerrado e Floresta Atlântica, na Serra da Piedade, Minas Gerais. Embora seja comum a dispersão de sementes de muitos representantes da subfamília Tillandsioideae ocorrer durante a estação seca (uma vez que os diásporos plumosos precisam de baixa umidade para este evento), dentre as cinco espécies de *Tillandsia* aqui estudadas, apenas duas seguiram este padrão (*T. recurvata* e *T. tricholepis*). As demais espécies (*T. geminiflora*, *T. polystachia* e *T. stricta*) concentraram a dispersão durante a estação chuvosa. Tal fato também foi constatado por Marques e Lemos Filhos (2008) para

Dyckia saxatilis Mez e *Racinaea aerisincola* (Mez) M.A. Spencer & L.B. Sm. (Tillandsioideae), onde os autores discutiram ser uma estratégia destas espécies para garantir a germinabilidade de sementes e o crescimento de plântulas.

Para as espécies ornitófilas, a oferta contínua de néctar ao longo do ano garante a manutenção de recursos à avifauna, reduzindo a competição por seus serviços como vetores de pólen (Benzing et al. 2000). Em nosso estudo, mais da metade das espécies efetivamente polinizadas por beija-flores iniciou sua floração durante a estação chuvosa, e aquelas que a iniciaram durante a estação seca, também estendem a produção de flores durante a época mais úmida. Segundo Stiles (1984), a maior disponibilidade de flores ornitófilas durante este período coincide com a época de reprodução da maioria das espécies de beija-flores, evidenciando a estreita inter-relação entre estes organismos, em especial com representantes da família Trochilidae, considerados os agentes polinizadores mais importantes para as bromélias (Sick 1984).

Feinsinger (1983) sugere que plantas polinizadas por um mesmo conjunto de beija-flores tendem a não apresentar sobreposição em seus períodos de floração, como estratégia para evitar a competição entre elas. Tal fato não foi observado em nosso estudo, para a maioria das espécies efetivamente polinizadas por estas aves. *Tillandsia polystachia*, *T. stricta* e *T. geminiflora*, por exemplo, foram polinizadas exclusivamente por uma única espécie de beija-flor, e apresentaram sobreposição de suas florações nos meses de outubro e novembro. Araújo et al. (1994) observaram um padrão similar em espécies do gênero *Vriesea* de uma área de Floresta Atlântica no estado de São Paulo, e discutiram a possibilidade dos indivíduos destas espécies apresentarem um sucesso reprodutivo diminuído e/ou atuarem como competidoras.

Em nível individual, com exceção de *P. petropolitana*, as demais espécies estudadas apresentaram curta duração de floração (com menos de um mês), segundo os padrões estabelecidos por Newstrom et al. (1994). Em escala populacional, no entanto, tal padrão

caracterizou-se como intermediário (um a cinco meses de floração), demonstrando uma assincronia na floração entre os indivíduos. Além de estimular o movimento de polinizadores dentro de uma população, aumentando a possibilidade de fecundações cruzadas, tal fenômeno também pode contribuir para reduzir a competição intraespecífica por estes agentes (Kudo 2006).

Exceto por *B. horrida*, todas as demais espécies ornitófilas estudadas apresentaram como atributos florais típicos desta síndrome de polinização as flores inodoras, com antese diurna, e corola com cores vívidas (no caso de *B. zebrina*, a coloração pálido-esverdeada da corola era compensada pelas brácteas rosas, além dos estames e estigmas roxos). Embora *B. horrida* tenha apresentado atributos florais compatíveis com sistemas de polinização realizados por morcegos e mariposas (ex. flores com coloração pálida, odor adocicado, antese noturna e concentração de açúcares no néctar menor do que o observado em espécies ornitófilas), beija-flores das espécies *Thalurania glaucopis* e *Phaethornis pretrei* realizaram visitas esporádicas a esta bromélia, agindo como polinizadores ao contatar o pólen e estigma com o bico e a fronte. Segundo Machado e Lopes (2004), muitas vezes as características florais não são indicadores precisos na determinação do polinizador. O fato das flores de *B. horrida* permanecerem disponíveis aos visitantes durante o dia, associado ao observado aumento no volume de néctar desde o início da antese noturna até o final da manhã, poderia explicar a polinização por beija-flores, mesmo na presença de outras espécies de bromélias com características tipicamente ornitófilas florescendo na mesma época na área de estudo.

Os resultados indicam *Phaethornis pretrei* como polinizador-chave na comunidade estudada, uma vez que todas as bromélias visitadas por beija-flores foram polinizadas por esta ave, sendo três delas (*T. geminiflora*, *T. polystachia* e *T. stricta*) exclusivamente por esta espécie. Grande parte das bromélias aqui estudadas também ocorre em outros fragmentos do município de Juiz de Fora (Pifano et al. 2007; Nogueira 2011, dados não publicados), assim

como este beija-flor (Ribon et al. 2004; Manhães e Loures-Ribeiro 2005), o que destaca a importância desta espécie na manutenção da polinização, não apenas dentro da área estudada, como também entre os fragmentos, garantindo o fluxo gênico entre as espécies de bromélias.

O fato de *T. recurvata* e *T. tricholepis* frutificarem e formarem sementes, mesmo na ausência de polinizadores, provavelmente está relacionado ao tipo de sistema reprodutivo destas plantas. Mesmo apresentando flores diminutas, inconspícuas e sem atrativos para visitantes, o sucesso reprodutivo destas espécies é garantido pela autopolinização e autogamia (Benzing et al. 2000).

Este trabalho mostra que embora a condições naturais da área estudada tenha sido alterada por inúmeros fatores de perturbações antrópicas, a mesma apresenta relevante importância ecológica em sustentar a diversidade de espécies vegetais e animais, e conseqüentemente, as interações ecológicas entre estas espécies. A comunidade de bromélias estudada apresenta valor significativo para a manutenção da oferta de recursos alimentares para uma fauna de polinizadores bastante diversificada. Futuros trabalhos envolvendo a investigação dos sistemas de cruzamento e o sucesso reprodutivo destas espécies, serão importantes para avaliar a consequência da fragmentação do habitat na fertilidade de suas populações e nas relações com seus polinizadores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (PGECOL-UFJF) pelo apoio financeiro e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida (Programa de Capacitação em Taxonomia/PROTAX, processo nº 562218/2010-6); à Universidade Federal de Juiz de Fora pela autorização dos estudos na área; ao José Carlos da Silva e à Vanessa Silva, pelo apoio nas atividades no campo; ao Pedro H. Nobre, Sônia Brugiolo, Laodicéia

Lopes e Marco Antônio Manhães pelas identificações taxonômicas dos morcegos, lepidópteros e beija-flores, à Andrea P. Luizi-Ponzo e Ester M. Ribeiro, pela confecção do laminário polínico das espécies.

RESUMO

Este estudo tratou da fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de nove espécies nativas de Bromeliaceae em um remanescente de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. Os taxa pertenceram aos gêneros *Tillandsia* L. (5 spp.), *Billbergia* Thunb. (2 spp.), *Ananas* Mill. (1 spp.) and *Portea* Brongn. & K. Koch (1 spp.). Estudos de fenologia da floração e frutificação foram realizados quinzenalmente, de julho de 2010 a junho de 2011. Atrativos florais, recompensas, início e duração da antese foram determinados, bem como polinizadores foram caracterizados. A comunidade de bromeliáceas apresentou uma floração seqüencial ao longo do ano e a maioria das espécies floresceu durante a estação chuvosa. O padrão de floração a nível populacional foi anual com duração intermediária e variou de curto a intermediário a nível individual. Todas as espécies ofereceram pólen como recompensa e somente *T. recurvata* e *T. tricholepis* não produziram néctar. Oito espécies de polinizadores foram registradas: quatro beija-flores, um morcego e três lepidópteros. *Tillandsia recurvata* e *T. tricholepis* não foram visitadas durante o estudo. O beija-flor *Phaethornis pretrei* parece ser o “polinizador-chave” na comunidade, já que todas as bromélias ornitófilas foram polinizadas por ele, sendo três delas exclusivamente por esta espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN MA AND VÁZQUEZ DP. 2006. Flower performance in human-altered habitats In: HARDER ET AL (Ed), Ecology and Evolution of Flowers, Oxford: Oxford University Press, UK, p. 159-176.
- ARAUJO AC, FISCHER EA AND SAZIMA M. 1994. Floração seqüencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, sudeste do Brasil. *Revista Brasil Bot* 17:113-118.
- BENZING DH, LUTHER, H. AND BENNETT B. 2000. Reproduction and life history. In: Benzing DH (Ed), Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press, p. 246-326.
- BUZATO S, SAZIMA M AND SAZIMA I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32(4): 824-841.
- CORBYN Z. 2010. Ecologists shun the urban jungle. Published online 16 July 2010 | Nature | doi:10.1038/news.2010.359
- DRUMMOND GM, MARTINS CS, MACHADO ABM, SEBAIO FA AND ANTONINI Y. 2005. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2nd ed., Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 222 p.
- FAEGRI K AND VAN DER PIJL L. 1979. The principles of pollination ecology. 3rd ed. Pergamon Press, Oxford, New York. 291 p.
- FONTES NRL, ALVES LM, SIMIQUELI RF, CASTRO RM, FERREIRA ES, LARA G AND PUIDA DBC. 2008. Valoração Ambiental do Sítio Malícia: laudo técnico. Juiz de Fora Ambiental Consultoria e Projetos Ltda., Juiz de Fora. 89 p.

- KAEHLER M, VARASSIN IG AND GOLDENBERG R. 2005. Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasil Bot* 28: 219-228.
- KÖEPEN W. 1948. *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, México. 466 p.
- KUDO G. 2006. Flowering phonologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection In: HARDER ET AL (Ed), *Ecology and Evolution of Flowers*, Oxford: Oxford University Press, UK, p. 139-158.
- KUNZ TH AND KURTA A. 1988. Capture methods and holding devices. In: KUNZ TH (Ed) *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington. 533 p.
- LUTHER HE. 2008. An alphabetical list of bromeliad binomials. 11th ed. The Marie Selby Botanical Gardens, Sarasota. 114 p.
- MACHADO ICS AND LOPES AV. 2002. A polinização em ecossistema de Pernambuco: uma revisão do estado atual do conhecimento. In: TABARELLI M & SILVA JMC (Ed). *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente, Fundação Joaquim Nabuco e Editora Massangana, Recife. p. 583-596.
- MACHADO CG AND SEMIR J. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. *Revista Brasil Bot* 29(1): 163-174.
- MELO AGC, CARVALHO DA, CASTRO GC AND MACHADO ELM. 2011. Fragmentos florestais urbanos. *R. C. E. E. F.* 17 (1): 58-79.
- MACHADO IC AND LOPES AV. 2004. Floral traits and pollination systems in the caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Ann Bot* 94: 365-376.

- MANHÃES MA AND LOURES-RIBEIRO A. 2005. Spatial distribution and diversity of bird community in an urban area of Southeast Brazil. *Braz Arch Biol Technol* 48(2): 285-294.
- MARQUES AR AND LEMOS FILHO JP. 2008. Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. *Acta Bot Bras* 22(2):417-424.
- MARTINELLI G. 1997. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA HC & GUEDES-BRUNI RR (Ed), Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p. 213-250.
- MARTINELLI G, VIEIRA CM, GONZALEZ M, LEITMAN P, PIRATININGA A, COSTA AF AND FORZZA RC. 2008 Bromeliaceae da Mata Atlântica: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia* 59(1): 209-258.
- NEWSTROM LE, FRANKIE GW AND BAKER HG. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowlands tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- PEREIRA FRLP AND QUIRINO ZGM. 2008. Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) na caatinga paraibana. *Rodriguesia* 59(4): 835-844.
- PIFANO DS, VALENTE ASM, CASTRO RM, PIVARI MOD, SALIMENA FRG AND OLIVEIRA-FILHO AT. 2007. Similaridade entre os habitats da vegetação do Morro do Imperador, Juiz de Fora, Minas Gerais, com base na composição de sua flora fanerogâmica. *Rodriguésia* 58 (4): 885-904.
- RIBON R, LAMAS IR AND GOMES HB. 2004. Avifauna da Zona da Mata de Minas Gerais: municípios de Goianá e Rio novo, com alguns registros para Coronel Pacheco e Juiz de Fora. *Rev Árvore* 28(2): 291-305.

- SANTANA CS AND MACHADO CG. 2010. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. *Rev Bras Bot* 33: 469-477.
- SAZIMA M, BUZATO S AND SAZIMA I. 1995. Polinização de *Vriesea* por morcegos no sudeste brasileiro. *Bromélia* 2:29-37.
- SAZIMA I, BUZATO S AND SAZIMA M. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in Montane Forest in Southeastern Brazil. *Bot Acta* 109:149-160.
- SICK, H. 1984. *Ornitologia brasileira: uma introdução*. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- SIQUEIRA-FILHO, JA AND MACHADO IC. 2006. Floração e polinização das bromélias da Mata Atlântica nordestina. In: SIQUEIRA-FILHO JA AND LEME MC. *Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste – Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias*. Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro. Pp. 158-189.
- STEHMANN JR, FORZZA RC, SALINO A, SOBRAL M, COSTA DP AND KAMINO LHY. 2009. *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 516 p.
- TALORA DC AND MORELLATO LPC. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 1(23): 13-26.
- VARASSIN IG AND SAZIMA M. 2000. Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Bol Mus Biol Mello Leitão* (N. Sér.) 11/12: 57-70.
- VELOSO HP, RANGEL FILHO ALR AND LIMA JCA. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro, 89p.

Tabela 1: Dados sobre a biologia floral de oito espécies de Bromeliaceae ocorrentes na Mata do Krambeck, Juiz de Fora, MG, Brasil. ($X \pm s$ = Média \pm desvio padrão). Os números entre parênteses indicam a quantidade de flores amostradas para as análises de néctar.

Espécie	Cor corola/bráctea	Odor	Néctar	Concentração do néctar (%) $X \pm s$	Volume de néctar (μ L) $X \pm s$	Horário da antese	Disponibilidade da flor aos visitantes	Número de flores abertas/dia	Horas de observação
<i>Ananas bracteatus</i>	roxo-azulada	-	+	22.7 ± 0.9 (10)	21.4 ± 4 (10)	06:00 h diurna	2 dias	5	48
<i>Billbergia horrida</i>	verde	+	+	17.7 ± 1.3 (37)	64.1 ± 14 (37)	20:30 h noturna	1 dia	04 - 09	65
<i>Billbergia zebrina</i>	verde/rosa	-	+	26.8 ± 1.2 (18)	43.3 ± 6.7 (18)	04:30 h diurna	1 dia	02 - 10	60
<i>Portea petropolitana</i>	roxo-azulada	-	+	21.8 ± 1.1 (45)	37.4 ± 11.2 (45)	06:30 h diurna	1 dia	12 - 20	80
<i>Tillandsia geminiflora</i>	rosa	-	+	19.0 ± 7.7 (6)	39.1 ± 13.1 (6)	06:00 h diurna	2 dias	1	48
<i>Tillandsia polystachia</i>	roxo-azulada	-	+	25.0 ± 0.0 (6)	43.7 ± 22.9 (6)	05:00 h diurna	1 dia	0 - 4	48
<i>Tillandsia recurvata</i>	branco-arroxeadada	-	-	-	-	15:00 h diurna	2-3 dias	1	48
<i>Tillandsia tricholepis</i>	amarelada	-	-	-	-	8:00 h diurna	2-3 dias	1	48

Tabela 2: Espécies de Bromeliaceae encontradas na Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG) Brasil e seus respectivos visitantes florais. T = beija-flores (família Trochilidae); H = abelhas (ordem Hymenoptera); C = morcegos (ordem Chiroptera); L = borboletas e mariposas (ordem Lepidoptera).

BROMELIACEAE	POLINIZADOR	PILHADOR
<i>Ananas bracteatus</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T) <i>Thalurania glaucopis</i> (T) Nymphalidae sp. (L)	
<i>Billbergia horrida</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T) <i>Thalurania glaucopis</i> (T) <i>Glossophaga soricina</i> (C) Noctuidae sp. (L) Esfingidae sp. (L)	<i>Trigona spinipes</i> (H)
<i>Billbergia zebrina</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T) <i>Thalurania glaucopis</i> (T)	<i>Trigona spinipes</i> (H) Hesperiidae sp. (L)
<i>Portea petropolitana</i>	<i>Amazilia lactea</i> (T) <i>Eupetomena macroura</i> (T) <i>Phaetornis pretrei</i> (T) <i>Thalurania glaucopis</i> (T)	<i>Trigona spinipes</i> (H)
<i>Tillandsia geminiflora</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T)	
<i>Tillandsia polystachia</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T)	
<i>Tillandsia stricta</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T)	

LEGENDA DA FIGURA

Figura 1 - Fenologia reprodutiva das espécies de Bromeliaceae encontradas na Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG), Brasil, acompanhada entre os meses de julho de 2010 e junho de 2011. As iniciais dos meses destacadas em negrito e sublinhadas indicam o período da estação chuvosa na área de estudo.

FIGURA 1

 Floração

 Frutificação



Sistema de cruzamento e sucesso reprodutivo de duas espécies de Bromeliaceae em um fragmento urbano de Floresta Atlântica brasileira

Texto formatado segundo as normas do periódico “Journal of Tropical Ecology”

Sistema de cruzamento e sucesso reprodutivo de duas espécies de Bromeliaceae em um fragmento urbano de Floresta Atlântica brasileira

Marcela Cezar Tagliati*, Saulo Marçal de Sousa, Aryane Campos Reis, Lyderson Faccio Viccini† e Ana Paula Gelli de Faria‡

* Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

† Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

‡ Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Key words: alogamy, Bromeliaceae, reproductive biology, self-incompatibility.

Título abreviado: REPRODUCTIVE BIOLOGY OF BROMELIACEAE IN BRAZILIAN ATLANTIC FOREST

Autor para correspondência: Ana Paula Gelli de Faria

Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. Phone number: +55 (32) 2102-3207. E-mail: ana.gelli@ufjf.edu.br.

Abstract

Reproductive studies in Bromeliaceae are usually focused on descriptions of floral phenology and behavior of pollinators. Knowledge about the mating systems, as well as other related aspects, such as the reproductive success of populations, is still scarce for many species of the family. We investigated the breeding systems, reproductive success and aspects of pollination and floral biology of populations of *Portea petropolitana* and *Billbergia horrida* in a remnant of Atlantic Forest in southeast Brazil, over two flowering seasons. Both species are endemic of this biome, and at the study area, their natural populations have been threatened by anthropogenic actions, especially habitat fragmentation. *Portea petropolitana* and *B. horrida* are self-incompatible and alogamous, being dependent of pollinators to fruit and seed set. The self-incompatibility mechanism occurs by the interruption of the pollen tube growth along the style. The two species have presented a high reproductive success, despite the very low pollen viability presented by *B. horrida*. *Portea petropolitana* has odorless purple flowers with diurnal anthesis, with hummingbirds as its principal pollinator. On the other hand, *B. horrida* has greenish flowers with nocturnal anthesis and sweetish odor, being pollinated by bats, moths and hummingbirds. The results suggest that in the study area, the plant-pollinator relationships seemed not to be disrupted by habitat fragmentation, not affecting the viability of populations, strengthening the necessity of its conservation. Long term studies will be important to investigate if the high reproductive success exhibited by both species will be sustained over time to ensure their population stability.

INTRODUÇÃO

Bromeliaceae engloba aproximadamente 3.000 espécies (Luther 2008) e possui distribuição predominantemente Neotropical. No Brasil, as espécies de bromélias são reconhecidamente importantes em termos de diversidade e abundância, com a ocorrência de cerca de 70% dos gêneros e 40% das espécies conhecidas (Wanderley & Martins 2007). Bromeliaceae também figura como a quarta família de angiospermas com maior riqueza de espécies do domínio Atlântico (Stehmann *et al.* 2009). Neste bioma, seus representantes apresentam valor significativo na oferta e manutenção ao longo do ano de recursos alimentares para uma fauna de polinizadores bastante diversificada (ex. beija-flores, morcegos, insetos). Em certas áreas da Floresta Atlântica do sudeste brasileiro, as bromélias chegam a representar mais de 30% dos recursos alimentares utilizados por beija-flores (Sazima *et al.* 1996, Buzato *et al.* 2000), sendo estas aves consideradas os agentes polinizadores mais importantes da família.

Além da ampla diversidade relacionada aos vetores de polinização, estudos indicam a existência de diferentes sistemas de cruzamento entre as espécies de Bromeliaceae, onde a fecundação pode ocorrer por autogamia ou alogamia, através de mecanismos que variam deste a dioícia até a auto-incompatibilidade (Benzing *et al.* 2000). Apesar de sua importância ecológica nas florestas neotropicais, estudos reprodutivos em Bromeliaceae ainda são escassos, e no geral envolvem descrições de eventos da fenologia da floração e comportamento de polinizadores. São poucas as informações consistentes sobre os sistemas reprodutivos para muitas espécies da família, e sobre aspectos relacionados ao sucesso reprodutivo e fertilidade de suas populações naturais (Benzing *et al.* 2000, Matallana *et al.* 2010).

Perturbações antropogênicas podem modificar diversos atributos reprodutivos das plantas (ex. fenologia, oferta de recompensas florais), além de interferir negativamente em aspectos da polinização e das relações planta-polinizador (Aizen & Vázquez 2006). A fragmentação florestal, e conseqüentemente, o isolamento espacial de populações vegetais, pode modificar a atividade dos

polinizadores, implicando no sucesso reprodutivo das plantas, uma vez que a limitação de um polinizador pode levar a uma baixa taxa de frutificação e de formação de sementes (Schemske & Lande 1985).

Em plantas, o sistema reprodutivo desempenha profundo efeito na composição genética das populações naturais, sendo que as taxas de autofecundação e fecundação cruzada podem variar em função de diversos fatores (Hamrick 1982). Quando populações são reduzidas ou experimentam uma redução na população de polinizadores, por exemplo, as taxas de fecundação cruzada podem sofrer uma redução. Em espécies de plantas autoincompatíveis e dependentes de vetores bióticos de pólen para formação de frutos e sementes, a conservação de seus habitats naturais e da fauna de polinizadores associada torna-se fundamental para garantir o sucesso reprodutivo de suas populações.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivos investigar o tipo de sistema de cruzamento e avaliar o sucesso reprodutivo de *Portea petropolitana* (Wawra) Mez e *Billbergia horrida* Regel em um remanescente de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. Na área de estudo, as populações naturais dessas espécies vêm sendo reduzidas em função da ação antropogênica, especialmente pela fragmentação de habitats. Sendo a Floresta Atlântica reconhecida como prioridade em termos de conservação devido à histórica fragmentação a que foi submetida, trabalhos com este enfoque são extremamente necessários, tendo em vista a grande riqueza de espécies de Bromeliaceae para este bioma, considerado um dos principais centros de diversidade e endemismo da família (Smith 1934), e o fato de quase a metade destas encontrar-se sob alguma categoria de ameaça de extinção (Martinelli *et al.* 2008). Com os dados gerados, esperamos ampliar o conhecimento sobre os mecanismos reprodutivos na família e contribuir para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo das populações das espécies estudadas.

ÁREA DE ESTUDO

As populações estudadas localizam-se na Mata do Krambeck, um remanescente urbano de Floresta Atlântica do município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil (Fig. 1). O município está situado entre as coordenadas 21°34' 22°05'S e 43°09' 43°45'W e possui clima do tipo Cwa (Köepen 1948), com verões quentes e chuvosos e invernos secos. A precipitação anual é em torno de 1.536 mm e a temperatura média anual é de 19,25 °C (Fonte: Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Juiz de Fora, ano de 2010). Com aproximadamente 370 ha, a Mata do Krambeck é considerada a maior reserva ambiental urbana tropical particular do mundo. Apresenta a maior parte de sua vegetação em estágio médio a avançado de regeneração, após mais de cinco décadas de degradação devido aos cortes seletivos da vegetação nativa e desmatamento para plantios de café e espécies exóticas para lenha (Fontes *et al.* 2008). A área é considerada prioritária para conservação da flora no estado de Minas Gerais. Associada aos demais fragmentos do município, desempenham importante papel biológico, sendo importantes na criação e manutenção de corredores ecológicos devido ao alto potencial de conectividade (Drummond *et al.* 2005).

ESPÉCIES ESTUDADAS

Portea petropolitana e *B. horrida* são espécies endêmicas do domínio da Floresta Atlântica do nordeste (estado da Bahia) e sudeste (estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) do Brasil (Martinelli *et al.* 2008). Na área de estudo apresentam hábito epifítico, heliófilo ou esciófilo e ocorrem em simpatria, muitas vezes coabitando o mesmo forófito, onde *P. petropolitana* normalmente ocupa os estratos mais altos das árvores. Smith & Downs (1979) reconheceram duas variedades para esta espécie: *P. petropolitana* var. *extensa* L. B. Sm. (com distribuição para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo) e *P. petropolitana* var. *noetiggi* (Wawra) L. B. Sm. (com distribuição para os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais). Este último táxon, foco do

presente trabalho, foi enquadrado na categoria “Vulnerável” no estudo de Versieux & Wendt (2007), segundo critérios estabelecidos pela IUCN (2001).

Segundo Tagliati & Faria (dados não publicados), ambas as espécies apresentaram corola de formato tubular, cuja coloração varia de esverdeada em *B. horrida* a roxo-azulada em *P. petropolitana* (Fig. 2). Em *P. petropolitana*, as flores apresentam antese diurna, não possuem odor e produzem um volume médio de néctar de 37.4 μ l, com concentração média de açúcares de 21.8%. A polinização em *P. petropolitana* é realizada exclusivamente por beija-flores (Fig. 2). Em *B. horrida*, a antese das flores é noturna e as mesmas exalam um odor levemente adocicado. As flores produzem um volume médio de néctar maior que *P. petropolitana* (64.1 μ l). No entanto, a média de concentração de açúcares é mais baixa (17.7%). *Billbergia horrida* apresenta sistema de polinização mais generalista, envolvendo morcegos (Fig. 2), mariposas e beija-flores.

MÉTODOS

SISTEMAS DE CRUZAMENTO

Os sistemas de cruzamento foram investigados no campo, nos anos de 2010 e 2011, em 16 indivíduos de *P. petropolitana* e 17 indivíduos de *B. horrida*, abrangendo dois períodos de floração consecutivos das espécies. A inflorescência de cada indivíduo foi numerada e diferentes tratamentos de polinização controlada foram aplicados em diferentes flores, muitas vezes em uma mesma inflorescência. Cada flor recebeu um dos seguintes tratamentos: 1) Autopolinização espontânea: botões florais em pré-antese foram ensacados em saco de papel semipermeável e não mais manipulados; 2) Autopolinização manual: botões florais em pré-antese foram ensacados e polinizados no dia seguinte com pólen proveniente da mesma flor; 3) Polinização cruzada: botões florais em pré-antese foram emasculados e ensacados, sendo polinizados manualmente no dia seguinte com pólen de outros indivíduos da mesma espécie; 4) Agamospermia: botões florais em pré-antese foram emasculados, isolados e não mais manipulados. Cada tratamento foi codificado

utilizando-se uma determinada cor de cola plástica, depositada no ovário da flor. Adicionalmente, indivíduos foram aleatoriamente selecionados no campo para o tratamento polinização natural. O desenvolvimento dos frutos foi acompanhado periodicamente até sua maturação e o número de sementes produzidas foi avaliado em no mínimo 50 frutos, para cada tratamento. Para cada tratamento foi registrada a taxa de frutificação (n° de frutos formados dividido pelo n° de flores testadas). Os índices de autogamia (AI: *autogamy index*, conforme registrado na literatura) e de autoincompatibilidade (ISI: *self-incompatibility index*) foram estimados segundo Lloyd & Schoen (1992), sendo o ISI calculado como a porcentagem da frutificação produzida pela autopolinização manual dividido pela porcentagem de frutificação produzida pela polinização cruzada, e o AI calculado pela divisão da porcentagem de frutificação produzida pela autopolinização espontânea pela porcentagem de frutificação produzida pela polinização cruzada.

SUCESSO REPRODUTIVO

O sucesso reprodutivo foi avaliado nos indivíduos selecionados para o tratamento polinização natural, através da estimativa dos seguintes parâmetros: 1) altura da planta e da inflorescência (cm); 2) potencial reprodutivo (número total de flores produzidas/indivíduo); 3) taxa de frutificação (fração de flores que se desenvolve em frutos maduros); 4) número de sementes produzidas/fruto. A taxa de frutificação foi baseada na contagem dos frutos maduros, onde aqueles que não produziram sementes (frutos partenocárpicos) não foram incluídos na estimativa. O número de sementes foi determinado em uma subamostragem de 50 frutos para cada uma das espécies.

VIABILIDADE POLÍNICA E CRESCIMENTO DO TUBO POLÍNICO

A fim de verificar a viabilidade polínica, 12 botões florais maduros próximos da antese foram coletados de três indivíduos diferentes de *P. petropolitana* e *B. horrida* (4 botões/indivíduo) e fixados em etanol absoluto e ácido acético 3:1 (v/v). Em seguida, os grãos de pólen provenientes de 4 anteras/flor foram colocados em lâminas e submetidos ao teste de coloração de Alexander

(Alexander 1969). As análises foram feitas em microscópio óptico, em objetiva de aumento 40x. Foram analisados e contados os grãos de pólen viáveis (grãos de conteúdo corado) e inviáveis (grãos com aspecto vazio e sem coloração), em 15 campos aleatórios, por lâmina, contando-se cerca de 700 grãos de pólen por lâmina.

Para o estudo do desenvolvimento do tubo polínico, foi utilizada a coloração com azul de anilina para detecção da calose em tubos polínicos em desenvolvimento. Para isso, experimentos de polinização cruzada e autopolinização manual foram realizados em três indivíduos diferentes de cada espécie. As flores submetidas aos experimentos de polinização foram coletadas após diferentes intervalos de tempo (6 h; 12h; 24 h e 72 h) e fixadas em solução de etanol absoluto e ácido acético 3:1 (v/v). Os estiletos foram colocados em placas de petri com NaOH 8N e, posteriormente, em estufa a 25°C por 10 a 15 minutos. Após lavagem com água destilada, foram transferidos para uma lâmina com uma gota de solução de azul de anilina 0,1% em K₃PO₄ (0,1 M). As observações foram feitas em microscópio de fluorescência Olympus BX 51 utilizando filtro para detecção de fluorescência com comprimento de onda na faixa de 450 nm. Foram observadas cinco lâminas para cada tratamento, contando-se o número de grãos de pólen germinados e o comprimento dos tubos polínicos encontrados nos estigmas e estiletos analisados.

RESULTADOS

SISTEMAS DE CRUZAMENTO

Considerando os experimentos de polinização controlada, *P. petropolitana* e *B. horrida* apresentaram maiores taxas de frutificação por polinização cruzada quando comparadas aos tratamentos de autopolinização espontânea, autopolinização manual e agamospermia. As porcentagens de frutificação obtidas para o tratamento agamospermia (9% para *P. petropolitana* e 13% para *B. horrida*) indicam que ambas as espécies não são capazes de produzir sementes na

ausência de polinização e fecundação dos óvulos. Os valores das taxas de frutificação, assim como o número médio de sementes produzidas por cada tratamento são apresentados na Tabela 1.

Os valores obtidos para os índices de autoincompatibilidade e autogamia, ambos abaixo de 0,3, indicam que *P. petropolitana* (ISI = 0,06; AI = 0,03) e *B. horrida* (ISI = 0,13; AI = 0,16) são espécies autoincompatíveis e alógamas (Tabela 1).

SUCESSO REPRODUTIVO

As médias de altura das plantas e inflorescências (cm) foi de 97,1 e 53,3, respectivamente, para *P. petropolitana* e de 50,7 e 11,3 para *B. horrida*. O número médio de flores/indivíduo e de sementes/frutos foi de 307 e 37,6, respectivamente, para *P. petropolitana* e de 84 e 73,9, respectivamente, para *B. horrida* (Tabela 2). Sob condições naturais, *P. petropolitana* apresentou taxa de frutificação de 85% e *B. horrida*, de 78% (Tabela 2).

VIABILIDADE POLÍNICA E CRESCIMENTO DO TUBO POLÍNICO

Os testes de viabilidade polínica demonstraram uma alta porcentagem (97%) de grãos viáveis para a espécie *P. petropolitana*, contrastando com baixos valores de viabilidade (26,8%) observados para *B. horrida* (Tabela 2).

A autoincompatibilidade sugerida pelos tratamentos de polinização controlada foi confirmada após análise do crescimento do tubo polínico nas flores submetidas às autopolinizações manuais. Tanto para *P. petropolitana* quanto para *B. horrida* houve a germinação dos grãos de pólen nos estigmas das flores submetidas aos dois tratamentos de polinização. No entanto, o crescimento dos tubos polínicos foi interrompido no intervalo de 24 horas após as autopolinizações. Já nas flores submetidas o tratamento de polinização cruzada, houve o crescimento completo dos tubos polínicos ao longo do estilete, os quais atingiram normalmente os óvulos para a fecundação.

DISCUSSÃO

Os experimentos de polinização controlada indicam que *P. petropolitana* e *B. horrida* são espécies autoincompatíveis e alógamas, e dependem estritamente da presença de vetores bióticos de pólen para a formação de frutos e de sementes. Embora os índices de AI e ISI aqui obtidos tenham sido maiores que os estimados por Matallana *et al.* (2010) para *B. horrida*, a autoincompatibilidade foi corroborada para esta espécie. Nas duas espécies estudadas, foi detectado que as barreiras de autoincompatibilidade são pré-zigóticas. Nas flores autopolinizadas, mesmo havendo a germinação do pólen no estigma, o crescimento do tubo polínico ao longo do estilete foi interrompido para a maioria dos grãos, impossibilitando a fecundação dos óvulos. Tal fato não foi observado nas flores submetidas às polinizações cruzadas, onde o desenvolvimento do tubo polínico até sua penetração no óvulo ocorreu normalmente.

Sistemas de cruzamento baseados na autocompatibilidade são amplamente distribuídos em Bromeliaceae (Martinelli 1994; Matallana *et al.* 2010), sendo a autoincompatibilidade apresentada pela minoria das espécies na família. Em espécies hermafroditas, a ocorrência de alogamia (proveniente tanto de mecanismos de autoincompatibilidade quanto de fenômenos de dicogamia e hercogamia em espécies autocompatíveis) foi vantajosa evolutivamente, devido a pressões seletivas favorecendo a variabilidade genética. Muitas vezes, no entanto, quando as condições para a realização de fecundação cruzada são desfavoráveis em uma população (ex. baixa densidade para atrair polinizadores, condições ambientais desfavoráveis), autofecundações também podem ser favorecidas pela seleção natural (Barrett 2003).

As espécies aqui estudadas pertencem à subfamília Bromelioideae (*sensu* Smith & Downs 1979), reconhecida por englobar a maior variabilidade de sistemas reprodutivos quando comparada às demais subfamílias reconhecidas para Bromeliaceae (Tillandsioideae e Pitcairnioideae), sendo comum a existência de mais de um tipo de sistema reprodutivo dentro de um mesmo gênero (Martinelli 1994, Matallana *et al.* 2010). Em *Billbergia* e *Portea*, a autoincompatibilidade e

alogamia parecem ser estratégias reprodutivas predominantes. Dentre as cinco espécies de *Billbergia* investigadas por Matallana *et al.* (2010), quatro mostraram-se autoincompatíveis, assim como a espécie *P. fosteriana* L. B. Sm. O trabalho aqui apresentado confirma a tendência observada para ambos os gêneros. Futuros estudos reprodutivos, associados a uma investigação filogenética, serão importantes para uma melhor compreensão sobre a evolução dos sistemas de cruzamento dentro desta subfamília.

Nossos dados mostram que na área de estudo, *P. petropolitana* e *B. horrida* apresentaram alto sucesso reprodutivo. As duas espécies produziram grande número de flores/indivíduo e de sementes/fruto, em relação às suas respectivas alturas e de suas inflorescências (Tabela 2). Paggi *et al.* (2007) investigaram estes mesmos parâmetros em quatro populações de *Vriesea gigantea* Gaudich. de uma área de Floresta Atlântica do sul do Brasil. Para esta espécie, cuja altura média dos indivíduos com as inflorescências foi de 2.46 m, os autores constataram um alto sucesso reprodutivo, com produção média de 143 flores/indivíduo; 303 sementes/fruto e estimativa de 18.753 sementes/indivíduo. Considerando o porte das espécies aqui estudadas, a média do número de flores produzidas por indivíduo, a porcentagem destas flores transformando-se em frutos e o número médio de sementes/fruto, o esforço empregado na emissão de flores é compensado por uma alta produção de sementes (estimativa de 9.620 sementes/indivíduo em *P. petropolitana* e 4.810 em *B. horrida*).

Os resultados obtidos mostram que, embora a condições naturais da área estudada tenham sido alteradas por inúmeros fatores de perturbações antrópicas, o sucesso reprodutivo das populações de *P. petropolitana* e *B. horrida* parece não ter sido afetado por limitação de pólen causada pela escassez de serviços de polinizadores. *Portea petropolitana* apresenta atributos florais típicos de sistemas de polinização realizados por aves. Quatro espécies de beija-flores da família Trochilidae foram identificados como polinizadores efetivos desta bromélia: *Amazilia lactea*, *Eupetomena macroura*, *Thalurania glaucopis* e *Phaetornis pretrei* (Tagliati & Faria, dados não publicados).

Embora *B. horrida* apresente atributos florais compatíveis com sistemas de polinização realizados por morcegos e mariposas, beija-flores da espécie *Thalurania glaucopis* e *Phaetornis pretrei* realizaram visitas esporádicas a esta planta, agindo como polinizadores ao contatar o pólen e estigma com o bico e a fronte. Conforme observado por Tagliati & Faria (dados não publicados), o fato das flores de *B. horrida* permanecerem disponíveis aos visitantes durante o dia, associado ao observado aumento no volume de néctar desde o início da antese noturna até o final da manhã, poderia explicar a polinização por beija-flores, mesmo na presença de outras espécies de bromélias com características tipicamente ornitófilas florescendo na mesma época. A alta taxa de frutificação e produção de sementes observada em *B. horrida* é intrigante, apesar de sua baixa viabilidade polínica (apenas 26.8 % de grãos viáveis). Estudos palinológicos mais aprofundados poderão revelar se a baixa viabilidade detectada é uma característica intrínseca da espécie (ex. anormalidade durante a formação dos grãos). O sistema de polinização mais generalista apresentado por *B. horrida* e a eficiência do mesmo, parece desempenhar papel crucial no sucesso reprodutivo da população desta espécie, na área de estudo.

Em resumo, este estudo demonstrou que, localmente, as populações das duas espécies analisadas são férteis e viáveis, considerando parâmetros relacionados à produção de flores, frutos e sementes. A área de estudo apresenta relevante importância ecológica, sendo sua conservação extremamente necessária para a proteção da fauna de polinizadores associada à comunidade de bromélias, garantindo, dessa forma, o sucesso reprodutivo de suas populações naturais e a consequente manutenção das espécies. Estudos a longo prazo, envolvendo outros aspectos relacionados à fertilidade (ex. viabilidade e taxa de germinação das sementes), serão importantes para avaliar se o alto sucesso reprodutivo exibido por essas espécies será sustentado ao longo do tempo, a fim de garantir a estabilidade de suas populações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (PGECOL-UFJF) pelo apoio financeiro e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida (Programa de Capacitação em Taxonomia/PROTAX, processo nº 562218/2010-6); à Universidade Federal de Juiz de Fora pela autorização dos estudos na área; ao José Carlos da Silva e à Vanessa Silva, pelo apoio nas atividades no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A. & VÁZQUEZ, D. P. 2006. Flower performance in human-altered habitats. Pp. 159-176 in Harder, L. D. & Barrett, S. C. H. (ed), *Ecology and Evolution of Flowers*. Oxford University Press, UK. 370 pp.
- ALEXANDER, M. P. 1969. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology* 62: 107-112.
- BARRETT, S. C. H. 2003. Mating strategies in flowering plants: the outcrossing-selfing paradigm and beyond. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences* 358: 991–1004.
- BENZING D. H., LUTHER, H. & BENNETT B. 2000. *Reproduction and life history*. In: Benzing DH (Ed), *Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 246-326.
- BUZATO, S., SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32(4): 824-841.

- DRUMMOND, G. M., MARTINS, C. S., MACHADO, A. B. M., SEBAIO, F. A. & ANTONINI, Y. 2005. *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. (Second edition). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 222 pp.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. (Third edition). Pergamon Press, Oxford, New York. 291 pp.
- HAMRICK, J. L. 1982. Plant population genetics and evolution. *American Journal of Botany* 69: 1685-1693.
- IUCN. 2001. *IUCN Red list categories and criteria: Version 3.1* IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland Switzerland and Cambridge, UK
- KÖEPEN, W. 1948. *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, México. 466 pp.
- KUNZ, T. H. & KURTA, A. 1988. Capture methods and holding devices. In: Kunz, T. H. (ed) *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington. 533 pp.
- LLOYD, D. G. & SCHOEN, D. J. 1992. Self- and crossfertilization in plants. I. Functional dimensions. *International Journal of Plant Sciences* 153: 358–369.
- LUTHER, H. E. 2008. *An alphabetical list of bromeliad binomials*. (Eleventh edition). The Marie Selby Botanical Gardens, Sarasota. 114 pp.
- MACHADO, I. C. S. & LOPES, A. V. 2002. A polinização em ecossistema de Pernambuco: uma revisão do estado atual do conhecimento. Pp. 583-596 in Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. (ed). *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente, Fundação Joaquim Nabuco e Editora Massangana, Recife.
- MARQUES, A. R. & LEMOS FILHO, J. P. 2008. Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2):417-424.

- MARTINELLI, G. 1994. Reproductive biology of Bromeliaceae in the Atlantic rainforest of southeastern Brazil. Ph.D. dissertation, University of St. Andrews, St. Andrews, UK.
- MARTINELLI, G., VIEIRA, C. M., GONZALEZ, M., LEITMAN, P., PIRATININGA, A., COSTA, A. F. & FORZZA, R. C. 2008 Bromeliaceae da Mata Atlântica: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia* 59(1): 209-258.
- MATALLANA, G., GODINHO, M. A. S., GUILHERME, F. A. G., BELISARIO, M., COSER, T. S. & WENDT, T. 2010. Breeding systems of Bromeliaceae species: evolution of selfing in the context of sympatric occurrence. *Plant Systematics and Evolution* 289:57-65.
- PAGGI, G. M., PALMA-SILVA C., SILVEIRA, L. C. T., KALTCHUK-SANTOS, E., BODANESE-ZANETTINI, M. H. & BERED, F. 2007. Fertility of *Vriesea gigantea* Gaud. (Bromeliaceae) in southern Brazil. *American Journal of Botany* 94:683–689
- RAMIREZ, N. & BRITO, Y. 1990. Reproductive biology of a tropical palm swamp community in the Venezuelan llanos. *American Journal of Botany* 77:1260–1271
- SAZIMA, I., BUZATO, S. & SAZIMA, M. 1996. An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in Montane Forest in Southeastern Brazil. *Botanica Acta* 109:149-160.
- SCHEMSKE, D. W. & LANDE, R. 1985. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. II. Empirical observations. *Evolution* 39: 41–52.
- SMITH, L. B. 1934. Geographical evidence on the lines of evolution in the Bromeliaceae. *Botanische Jahrbücher für Systematic Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 66: 446–468
- SMITH, L. B. & DOWNS, R. J. 1979. Bromelioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica. Monograph* 14(3): 1493-2142.
- STEHMANN, J. R., FORZZA, R. C., SALINO, A., SOBRAL, M., COSTA, D. P. & KAMINO, L. H. Y. 2009. *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 516 pp.

VERSIEUX, L. M. & WENDT, T. 2007. Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 16:2989-3009.

WANDERLEY, M. G. L. & MARTINS, S. E. 2007. Bromeliaceae. In: Wanderley, M. G. L., Shepherd, G. J., Melhem, T.S. & Giulietti, A. M. (ed). *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. Instituto de Botânica. São Paulo, Brasil.

Tabela 1: Porcentagens de frutificação por tratamento de polinização controlada e respectivos índices de autogamia (AI) e autoincompatibilidade (ISI) para as espécies *P. petropolitana* e *B. horrida*. O número de frutos formados e o número de flores testadas são mostrados entre parênteses. N indica o número de indivíduos amostrados para cada espécie. PC = polinização cruzada; AE = autopolinização espontânea; AM = autopolinização manual; A= agamospermia. $\bar{X} \pm s$ = Média e desvio padrão.

ESPÉCIE	N	PC	AE	AM	A	AI*	ISI*	SISTEMA REPRODUTIVO
<i>Billbergia horrida</i>	17	70% (136/193)	11% (35/322)	9% (25/267)	13% (16/119)	0.16	0.13	Autoincompatibilidade/ Alogamia
Nº sementes/fruto ($\bar{X} \pm s$)		60.7 ± 47 (n = 90 frutos)	7.5 ± 18.6 (n = 90 frutos)	7.4 ± 19.3 (n = 100 frutos)	4.1 ± 14 (n = 80 frutos)			
<i>Portea petropolitana</i>	16	67% (341/505)	2% (46/2524)	4% (25/624)	9% (41/464)	0.03	0.06	Autoincompatibilidade/ Alogamia
Nº sementes/fruto ($\bar{X} \pm s$)		48.8 ± 22 (n = 80 frutos)	15.8 ± 21.7 (n = 110 frutos)	12.7 ± 27 (n = 90 frutos)	27.1 ± 30.5 (n = 70 frutos)			

* **ISI:** valores iguais ou maiores do que 0,3 indicam total ou parcial autocompatibilidade e valores abaixo de 0,3 indicam autoincompatibilidade. **AI:** índices maiores que 0,3 indicam autogamia total ou parcial, valores abaixo de 0,3 indicam a presença de alogamia (Ramirez & Brito 1990).

Tabela 2: Altura da planta e da inflorescência, número de flores produzidas/indivíduo, taxa de frutificação sob condições naturais, número de sementes produzidas/fruto e viabilidade polínica das espécies *P. petropolitana* e *B. horrida*. N indica o número de indivíduos amostrados/espécie para as análises do sucesso reprodutivo e viabilidade polínica. Para o cálculo da taxa de frutificação, o número de frutos formados e o número de flores testadas são mostrados entre parênteses. PN = polinização natural; $\bar{X} \pm s$ = Média e desvio padrão.

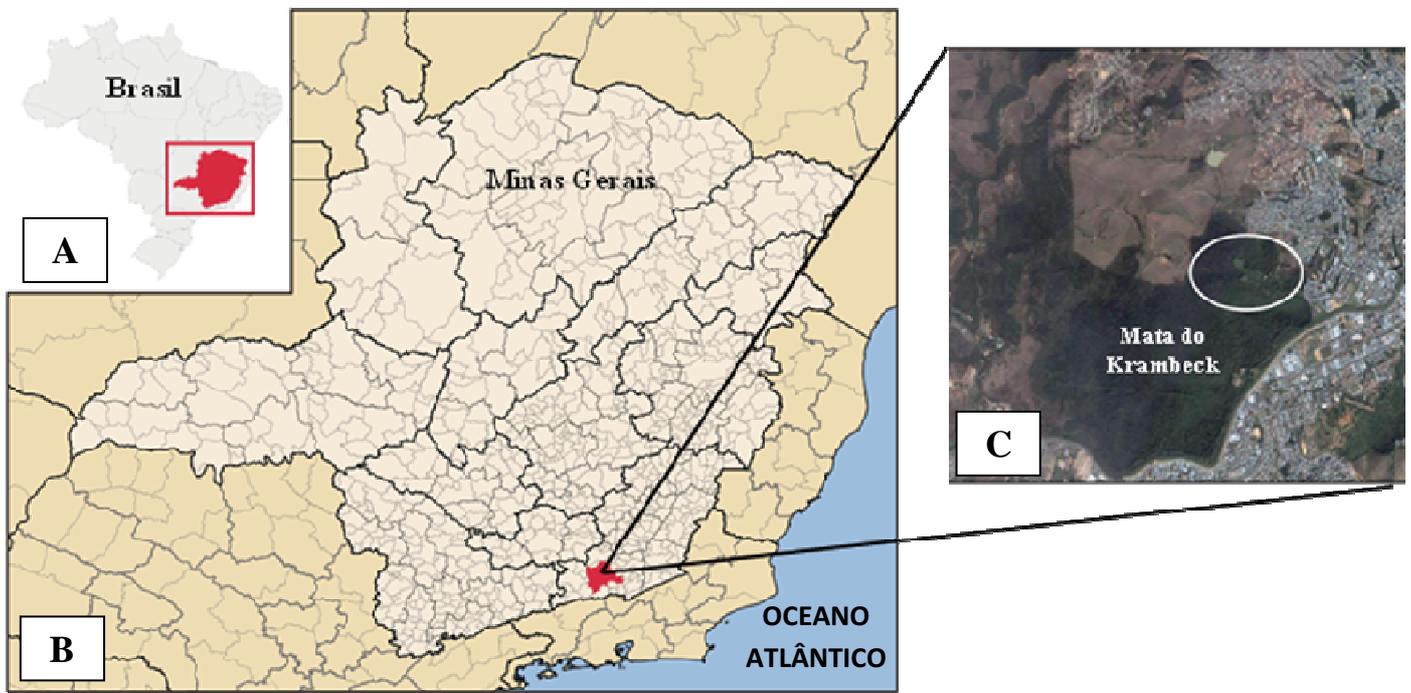
ESPÉCIE	N	Altura média da planta (cm)	Altura média da inflorescência (cm)	Nº flores/indivíduo	% Frutificação PN	Nº sementes /fruto	N	Viabilidade polínica (%)
<i>Billbergia horrida</i>	5	50.7	11.3	84 ± 40	78% (327/420)	73,9 ± 34,8 (n = 50 frutos)	3	26.8% (n = 12 flores)
<i>Portea petropolitana</i>	5	97.1	53.3	307 ± 97.7	85% (1302/1535)	37.6 ± 15.4 (n = 50 frutos)	3	97% (n = 12 flores)

LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1: Mapa do Brasil, com localização do estado de Minas Gerais (A) e do município de Juiz de Fora (B). C: Delimitação de parte da Mata do Krambeck (ca. 85 ha), onde o presente estudo foi desenvolvido.

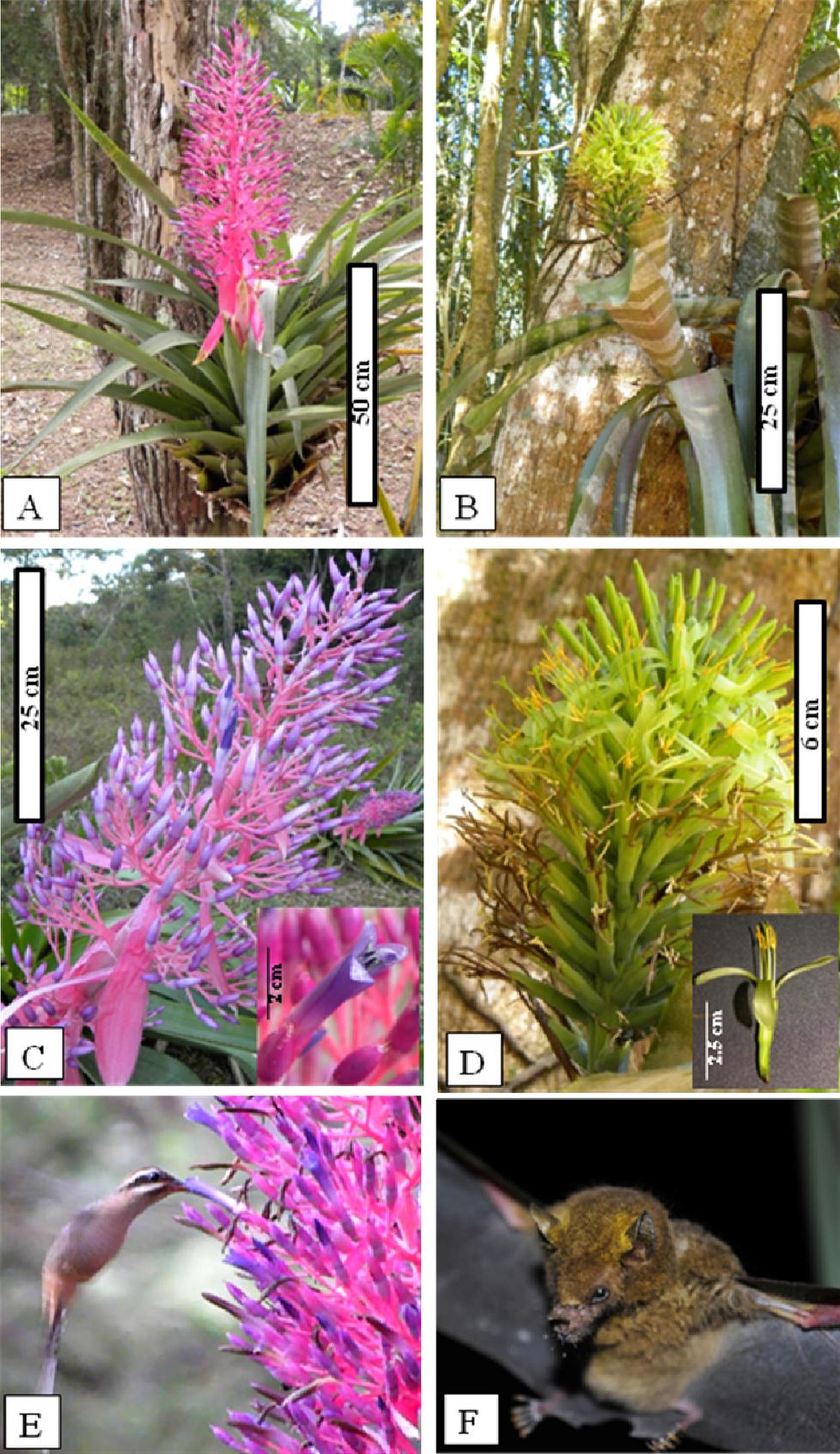
Figura 2: Espécies estudadas e seus polinizadores. A: *Portea petropolitana* e B: *Billbergia horrida*. Aspecto geral das plantas. Detalhe das inflorescências e das flores de *P. petropolitana* (C) e *B. horrida* (D). E: Beija-flor da espécie *Phaetornis pretrei* visitando a inflorescência de *P. petropolitana*. F: Morcego da espécie *Glossophaga soricina*, um dos polinizadores de *B. horrida* (detalhe do pólen esta espécie depositado na cabeça do animal).

FIGURA 1



Modificado de Raphael L. de Abreu e Fontes *et al.* (2008)

FIGURA 2



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram identificadas nove espécies de Bromeliaceae: *Ananas bracteatus* (Lindl.) Schult. & Schult. f., *Billbergia horrida* Regel, *Billbergia zebrina* (Herb.) Lindl., *Portea petropolitana* (Wawra) Mez, *Tillandsia geminiflora* Brongn., *Tillandsia polystachia* (L.) L., *Tillandsia recurvata* (L.) L., *Tillandsia stricta* Sol. e *Tillandsia tricholepis* Baker.

A comunidade de bromélias estudada apresentou floração sequencial e contínua (em todos os meses do ano foram registradas espécies em flor), sendo que o pico de espécies em floração ocorreu na estação chuvosa, entre os meses de outubro e março. Considerando a frequência de floração, os padrões fenológicos individuais e populacionais para todas as espécies foram anuais, com apenas um principal evento de floração/ano. Dentre as síndromes de polinização, a ornitofilia predominou e foi representada por 77,8 % das espécies, confirmando a tendência de polinização por beija-flores na família.

Billbergia horrida e *Portea petropolitana* são espécies autoincompatíveis e alógamas, dependendo de agentes polinizadores para garantir o sucesso reprodutivo. Localmente, ambas as espécies se mostraram férteis e viáveis, considerando parâmetros relacionados à produção de flores, frutos e sementes.

Este trabalho foi um dos pioneiros em biologia da reprodução realizados na Mata do Krambeck e contribui para o conhecimento da flora local, ampliando o conhecimento morfológico e reprodutivo dos táxons de Bromeliaceae. Além de contribuir com informações para o plano de manejo e conservação dessa área estudada, uma vez que a mesma apresenta relevante importância ecológica, sendo sua conservação extremamente necessária para a proteção da fauna de polinizadores associada à comunidade de bromélias, garantindo, dessa forma, o sucesso reprodutivo de suas populações naturais e a consequente manutenção das espécies. A comunidade de bromélias garante também a manutenção de outras espécies, já que agem como espécies-chave para a manutenção da biodiversidade e da complexidade

estrutural de diversos ambientes, uma vez que a água e a matéria orgânica acumulada na base de suas folhas funcionam como abrigo, locais de procriação e fonte de alimento para diversos animais, protistas, fungos e procariontes.

Diante das atitudes antrópicas degradativas, medidas devem ser adotadas para conservação do local, além de executar mais pesquisas sobre a fauna e flora local da região, principalmente porque, juntamente com outros fragmentos, apresenta alto potencial de conectividade, sendo importantes na criação e manutenção de corredores ecológicos e considerados prioritários para a conservação da flora.