

FENOLOGIA REPRODUTIVA, RECURSOS FLORAIS E POLINIZAÇÃO DE ESPÉCIES DE BROMELIACEAE EM UM REMANESCENTE URBANO DE FLORESTA ATLÂNTICA DO SUDESTE BRASILEIRO

Marcela Cezar Tagliati¹, Hagda Caetano de Oliveira² & Ana Paula Gelli de Faria^{2,3}

Resumo - Este estudo investigou a fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de nove espécies de Bromeliaceae em um remanescente de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. A fenologia da floração e frutificação foi acompanhada quinzenalmente, de Julho de 2010 a Junho de 2011. Atrativos florais, recompensas, início e duração da antese foram determinados e os 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 populacional foi anual com duração intermediária e o padrão individual variou de curto a intermediário. 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.

Palavras-chave: biologia floral; epífitas; ornitofilia; Zona da Mata Mineira.

Abstract - This study investigated the reproductive phenology, floral biology and pollination of nine Bromeliaceae species of an urban remnant of Atlantic Rain forest in Southeastern Brazil. 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 the 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 the individual pattern varied from short to intermediate. 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* were not 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.

Key-words: Atlantic Rain Forest; epiphytes; floral biology; ornitophily; Zona da Mata Mineira.

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 & 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 & Lopes 2002) e programas que visem o manejo e conservação de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção (Marques & Lemos Filho 2008, Santana & Machado 2010).

¹Instituto 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. ²Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. ³Autor de correspondência: ana.gelli@ufjf.edu.br

Bromeliaceae (3.582 espécies; Gouda *et al.* continuamente atualizado) 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 & Sazima 2000, Kaehler *et al.* 2005).

Embora a maioria dos estudos reprodutivos em Bromeliaceae se concentre em áreas da Floresta Atlântica brasileira (Santana & 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 & 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 (Corbyn 2010).

Estudos ecológicos sobre interações entre plantas e visitantes florais realizados em ambientes urbanos vem demonstrando que as cidades têm potencial para serem reservatórios de polinizadores, desempenhando importante papel na atração dos mesmos, e conseqüentemente, na manutenção da flora associada (Mc Intyre, 2000, Mc Kinney, 2008). Em áreas urbanas brasileiras, estes estudos corroboram o funcionamento dos fragmentos florestais como importantes áreas de refúgio, muitas vezes abrigando riqueza de polinizadores comparável às de diversas formações florestais de áreas protegidas (Rodrigues & Araujo 2011, Barbosa-Filho & Araujo 2013, Aleixo *et al.* 2014). 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. 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 (Veloso *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 pertencente ao Jardim Botânico da UFJF. 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 (pedúnculo floral/inflorescência jovem; botão floral; flores abertas; frutos imaturos e frutos maduros) foi monitorada quinzenalmente. As observações foram realizadas a olho nu ou com o auxílio de um binóculo, em no mínimo dez indivíduos de cada espécie 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* Sol., devido à dificuldade de acesso aos indivíduos para coleta das informações. A coleta e determinação do volume de néctar foram realizadas com o uso de seringas graduadas em microlitros (Hamilton, NV, USA) 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 (0-33 %; Atago, Tokyo, Japão).

O sistema de polinização foi primeiramente inferido pela análise dos atributos florais e respectivas síndromes de polinização relacionadas, conforme descrito por Faegri & Pijl (1979), sendo posteriormente confirmado através de observações diretas no campo. O comportamento dos visitantes florais foi acompanhado do início da manhã (8:00h) até o fim da tarde (17:00h) e durante a noite (18:00 às 22:30h) para a espécie *B. horrida*. 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 (procedimento conduzido sob aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Juiz de Fora, sob o número de protocolo 055/2009 referente ao projeto “Morcegos urbanos do município de Juiz de Fora – MG), 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 e Discussão

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 (Figura 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 (Figura 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 sequencial 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, as populações 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*.

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 lilás 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).

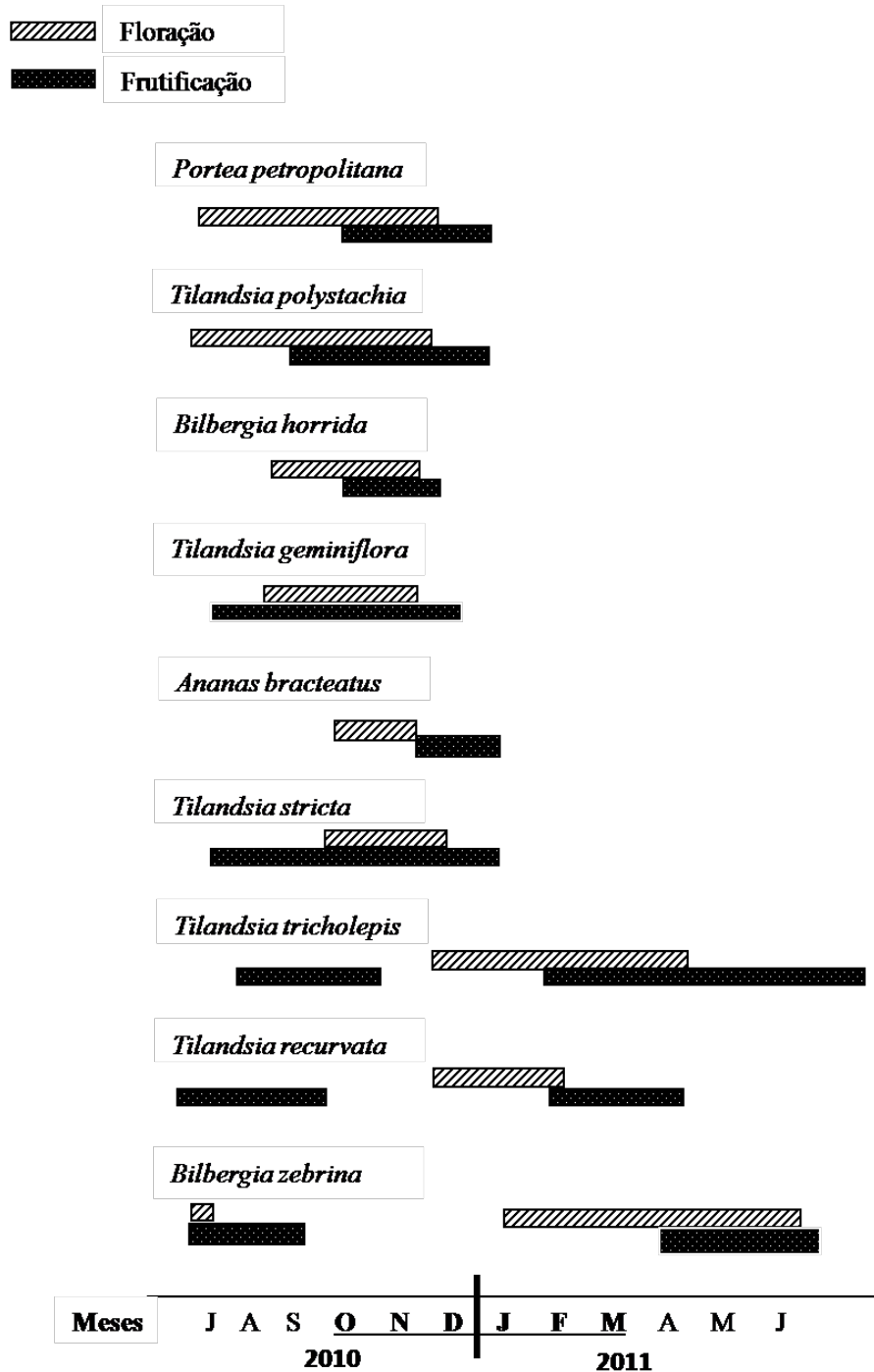


Figura 1. Fenologia reprodutiva das espécies de Bromeliaceae encontradas na Mata do Krambeck, Juiz de Fora (MG), Brasil, acompanhada entre os meses de julho de 2010 e Junho de 2011. As iniciais dos meses destacadas em negrito e sublinhadas indicam o período da estação chuvosa na área de estudo.

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: *Amazilialactea* (Lesson, 1832), *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), *Thalurania glaucopis* (Gmelin, 1788) (subfamília Trochilinae) e *Phaetornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839) (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 fronte, 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* (Pallas, 1766), 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* (Fabricius, 1793). 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 & Machado 2006, Pereira & 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 Hesperidae 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.

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 & 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 (Figura 1). Tal padrão também foi observado por Marques & 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 & Lemos Filhos (2008) para *Dyckia saxatilis* Mez e *Racinaea aerisicola* (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. 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.

Considerando padrões individuais, 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 polinizações 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 vividas (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 *Phaetornis pretrei* realizaram visitas esporádicas a esta bromélia, agindo como polinizadores ao contatar o pólen e estigma com o bico e a fronte. Segundo Machado & 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.

Tabela 1: Dados sobre a biologia floral de oito espécies de Bromeliaceae ocorrentes na Mata do Krambeck, Juiz de Fora, MG, Brasil. ($\bar{X} \pm s =$ 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 (%) $\bar{X} \pm s$	Volumede néctar (μ L) $\bar{X} \pm s$	Horário da antese	Disponibilidade da flor aos visitantes	Número de flores abertas/dia	Horas de observação
<i>Ananas bracteatus</i>	roxo-azulada	-	+	22.7 \pm 0.9 (10)	21.4 \pm 4 (10)	06:00 h diurna	2 dias	5	48
<i>Billbergia horrida</i>	verde	+	+	17.7 \pm 1.3 (37)	64.1 \pm 14 (37)	20:30 h noturna	1 dia	04 - 09	65
<i>Billbergia zebrina</i>	verderosa	-	+	26.8 \pm 1.2 (18)	43.3 \pm 6.7 (18)	04:30 h diurna	1 dia	02 - 10	60
<i>Portea petropolitana</i>	roxo-azulada	-	+	21.8 \pm 1.1 (45)	37.4 \pm 11.2 (45)	06:30 h diurna	1 dia	12 - 20	80
<i>Tillandsia geminiflora</i>	rosa	-	+	19.0 \pm 7.7 (6)	39.1 \pm 13.1 (6)	06:00 h diurna	2 dias	1	48
<i>Tillandsia polystachia</i>	roxo-azulada	-	+	25.0 \pm 0.0 (6)	43.7 \pm 22.9 (6)	05:00 h diurna	1 dia	0 - 4	48
<i>Tillandsia recurvata</i>	lilás	-	-	-	-	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)	
	<i>Nymphalidae</i> sp. (L)	
<i>Billbergia horrida</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T)	<i>Trigona spinipes</i> (H)
	<i>Thalurania glaucopis</i> (T)	
	<i>Glossophaga soricina</i> (C)	
	<i>Noctuidae</i> sp. (L)	
	<i>Esfingidae</i> sp. (L)	
<i>Billbergia zebrina</i>	<i>Phaetornis pretrei</i> (T)	<i>Trigona spinipes</i> (H)
	<i>Thalurania glaucopis</i> (T)	<i>Hesperiidae</i> sp. (L)
<i>Portea petropolitana</i>	<i>Amazilia lactea</i> (T)	<i>Trigona spinipes</i> (H)
	<i>Eupetomena macroura</i> (T)	
	<i>Phaetornis pretrei</i> (T)	
	<i>Thalurania glaucopis</i> (T)	
<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)	

O número de espécies de beija-flores registrado neste trabalho mostrou-se menor do que o reportado para algumas áreas de floresta bem preservadas da região da Zona da Mata de Minas Gerais. Pacheco *et al.* (2008), por exemplo, registraram 13 espécies de beija-flores para o Parque Estadual de Ibitipoca e Mendes *et al.* (2017) registraram 18 espécies destas aves para a região de Manhuaçu. Nossos 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), assim como este beija-flor (Ribon *et al.* 2004, Manhães & 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).

Conclusão

Este trabalho mostrou que embora as condições naturais da área estudada tenham sido alteradas 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 relevante para a manutenção da oferta de recursos alimentares para uma fauna de polinizadores bastante diversificada, mostrando que as iniciativas de restauração florestal podem de fato restaurar os serviços ecossistêmicos. 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 nº562218/2010-6); à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da 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. Luiz-Ponzo e Ester M. Ribeiro, pela confecção do laminário polínico das espécies.

Referências

- Aizen MA, 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.
- Aleixo KP, Faria LB, Groppo M, Castro MMN, Silva CI (2014) Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. Urban Forestry & Urban Greening 13: 689-696.
- Araújo AC, Fischer EA, Sazima M (1994) Floração sequencial e polinização de três espécies de *Vriesea* (Bromeliaceae) na região da Juréia, sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Botânica 17: 113-118.
- Barbosa-Filho WG, Araújo AC (2013) Flowers visited by hummingbirds in an urban Cerrado fragment, Mato Grosso do Sul, Brazil. Biota Neotropica 13(4): 21-27.
- Benzing DH, Luther H, Bennet 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.
- Corbyn Z (2010) Ecologists shun the urban jungle. Disponível: <https://www.nature.com/news/2010/100716/full/news.2010.359.html>.

- Drummond GM, Martins CS, Machado ABM, Sebaio FA, Antonini Y (2005) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2nd ed., Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 222 p.
- Faegri K, Van Der Pilj 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, Puida DBC (2008) Valoração Ambiental do Sítio Malícia: laudo técnico. Juiz de Fora Ambiental Consultoria e Projetos Ltda., Juiz de Fora. 89 p.
- Gouda EJ, Butcher D, Gouda K (11 de janeiro de 2019) Encyclopaedia of Bromeliads Version 4 Disponível: <http://botu07.bio.uu.nl/bcg/encyclopedia/brome/>.
- Kaehler M, Varassim IG, Goldenberg R (2005) Polinização em uma comunidade de bromélias em Floresta Atlântica Alto-montana no Estado do Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 28: 219-228.
- Köepen W (1948) Climatología: com um estudio de los climas de latierra. Fondo de Cultura Económica, México. 466 p.
- Kudo G (2006) Flowering phenologies 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, 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.
- Machado ICS, 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 IC, Lopes AV (2004) Floral traits and pollination systems in the caatinga, a Brazilian tropical dry forest. Annals of Botany 94: 365-376.
- Machado CG, Semir J (2006) Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. Revista Brasileira de Botânica 29(1): 163-174.
- Manhães MA, Loures-Ribeiro A (2005) Spatial distribution and diversity of bird community in an urban area of Southeast Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology 48(2): 285-294.
- Marques AR, Lemos Filho JP (2008) Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. Acta Botanica Brasílica 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, Forzza RC (2008) Bromeliaceae da Mata Atlântica: lista de espécies, distribuição e conservação. Rodriguésia 59(1): 209-258.
- Mc Intyre NE (2000) Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. Annals of the Entomological Society of America 93: 825-835.
- Mc Kinney ML (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. Urban Ecosystems 11: 161-176.
- Melo AGC, Carvalho DA, Castro GC, Machado ELM (2011) Fragmentos florestais urbanos. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Floresta 17 (1): 58-79.
- Mendes CLS, Coelho TS, Silva JF, Souza RMF (2017) Levantamento de beija-flores (Trochilidae) no município de Manhuaçu, Minas Gerais. Anais do Seminário Científico da FACIG 3: 1-6.
- Newstrom LE, Frankie GW, 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.
- Pacheco JF, Parrini R, Lopes LE, Vasconcelos MF (2008) A avifauna do Parque Estadual do Ibitipoca e áreas adjacentes, Minas Gerais, Brasil, com uma revisão crítica dos registros prévios e comentários sobre biogeografia e conservação. Cotinga 30: 16-32.
- Pereira FRLP, Quirino ZGM (2008) Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) na caatinga paraibana. Rodriguésia 59(4): 835-844.
- Pifano DS, Valente ASM, Castro RM, Pivari MOD, Salimena FRG, 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, 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. Revista Árvore 28(2): 291-305.

- Rodrigues LC, Araújo AC (2011) Comunidade de beija-flores e seus recursos florais em um fragmento florestal urbano no Brasil. *Brazilian Journal of Biology* 71(3): 611-622.
- Santana CS, Machado CG (2010) Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 33: 469-477.
- Sazima M Buzato S, Sazima I (1995) Polinização de *Vriesea* por morcegos no sudeste brasileiro. *Bromélia* 2:29-37.
- Sazima I, Buzato S, Sazima M (1996) An assemblage of hummingbird-pollinated flowers in Montane Forest in Southeastern Brazil. *Botanica Acta* 109:149-160.
- Sick H (1984) Ornitologia brasileira: uma introdução. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Siqueira-Filho JÁ, Machado IC (2006) Floração e polinização das bromélias da Mata Atlântica nordestina. *In*: Siqueira-Filho, 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, Kamino LHY (2009) Plantas da Floresta Atlântica. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 516 p.
- Talora DC, Morellato LPC (2000) Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira Botânica* 1(23): 13-26.
- Varassin IG, Sazima M (2000) Recursos de Bromeliaceae utilizados por beija-flores e borboletas em Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 11/12: 57-70.
- Veloso HP, Rangel Filho ALR, Lima JCA (1991) Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro. 89p.

Revisora: Dra. Fernanda dos Santos Silva
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia