

Fenologia e visitantes florais de *Psychotria nuda* (Rubiaceae) em um fragmento urbano de Mata Atlântica no sul do Brasil

Phenology and floral visitors of *Psychotria nuda* (Rubiaceae) in an urban fragment of the Atlantic Forest in south Brazil

Carolina Lopes Ribeiro¹
ccarol.lr@gmail.com

João Carlos Ferreira de Melo Jr¹
joao.melo@univille.br

Denise Monique Dubet da
Silva Mougá²
dmougá@terra.com

Eduardo Carneiro³
eduardo.carneiro@ufpr.br

Resumo

Psychotria nuda é uma árvore nativa do Brasil, ocorrente na Floresta Ombrófila Densa, que possui floração e frutificação maciças, atraindo muitos polinizadores e dispersores. Este estudo objetivou conhecer as fenofases de *P. nuda* e seus polinizadores, relacionando-os com os fatores ambientais em escala temporal, com ênfase à floração, assim como com a diversidade de polinizadores e sua fenologia. A área de estudo compreende um remanescente de floresta localizado em Santa Catarina, sul do Brasil. As observações fenológicas e de polinização foram realizadas quinzenalmente, no período de julho/2016 a julho/2017. Os resultados indicaram que o pico de folhas senescentes, brotação, floração e de frutos maduros coincidiu com os meses mais quentes e chuvosos do ano. Frutos imaturos persistiram quase o ano inteiro. Houve baixa sincronia de atividade fenológica na população. Foram registradas 13 espécies de polinizadores, sendo oito novas interações para *P. nuda*. A síndrome entomófila foi preponderante, mas as espécies polinizadoras não possuem o mesmo padrão temporal de visitação. Conclui-se que *P. nuda* possui polinização compartilhada, predominantemente entomófila, variação de atividade fenológica intrapopulacional e se constitui como um importante recurso para a ornitofauna e entomofauna na Floresta Atlântica, uma vez que seus polinizadores usam seus recursos de maneira não uniforme.

Palavras-chave: atividade fenológica, entomofilia, floresta ombrófila densa, interação animal-planta.

Abstract

Psychotria nuda is a tree native to Brazil, occurring in the Dense Ombrophylous Forest, which has massive flowering and fruiting, attracting many pollinators and dispersers. This study aimed to know the phenophases of *P. nuda* and its pollinators, relating them to environmental factors on a temporal scale, with emphasis on flowering, as well as the diversity of pollinators and their phenology. The study area comprises a remnant of forest located in Santa Catarina, southern Brazil. Phenological and pollination observations were performed fortnightly, from July/2016 to July/2017. The results indicated that the peak of senescent leaves, budding, flowering and mature fruits coincided with the hottest and rainy months of the year. Immature fruits persisted almost year-round. There was a low synchrony of phenological activity in the population. Thirteen species of pollinators were recorded, with eight new interactions for *P. nuda*. The entomophilic syndrome was preponderant, but the pollinator species do not have the same temporal pattern of visitation. It is concluded that *P. nuda* has shared pollination, predominantly entomophilic, variation of intrapopulational phenological activity and constitutes an important resource for the ornithofauna and entomofauna in the Atlantic Forest since its pollinators use their resources in a non-uniform way.

Keywords: phenological activity, entomophilia, dense ombrophillous forest, animal-plant interaction.

¹ Universidade da Região de Joinville, Programa de Pesquisa em Ciências Ambientais, Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal. Rua Paulo Maschitzki, 10, Zona Industrial Norte, Joinville, SC, Brasil.

² Universidade da Região de Joinville. Laboratório de Abe-lhas da Univille. Rua Paulo Maschitzki, 10, Zona Industrial Norte, Joinville, SC, Brasil.

³ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoo-logia, Laboratório de Estudos de Lepidoptera Neotropical. Caixa Postal 19020, Curitiba, PR, Brasil.

Introdução

A Mata Atlântica é uma floresta tropical úmida que possui flora e fauna ímpares, além de uma grande diversidade de formas de vida e ecossistemas (Klein, 1980). Devido ao seu alto grau de endemismo, vulnerabilidade e avançada fragmentação da área original, é considerada um *hotspot* para conservação (Peixoto *et al.*, 2016). A fragmentação causa efeitos diretos nas relações ecológicas, além da perda de diversidade genética (Dantas *et al.*, 2017). Para as espécies arbóreas, mudanças na composição e na abundância de polinizadores e dispersores alteram as taxas de recrutamento de plântulas, impactando a história evolutiva de populações naturais de plantas e animais (Viana e Pinheiro, 1998).

Em florestas tropicais como a Atlântica, a polinização biótica chega a representar 99% das interações interespecíficas (Bawa, 1990). Levando em consideração o declínio dos agentes polinizadores, com atenção especial às populações de abelhas (Ghazoul, 2005; Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Santos, 2010), os estudos que mostram a relação das espécies vegetais nativas e seus potenciais polinizadores, mediados pela caracterização fenológica da planta, têm grande relevância para subsidiar estratégias de manejo e conservação da biodiversidade (Mesquita Neto, 2013), uma vez que evidenciam a dinâmica das comunidades e seu processo de regeneração (Kinoshita *et al.*, 2006).

Estudos fenológicos e sobre síndromes de polinização são, em geral, realizados de forma dissociada e também não interagem com as informações ambientais do local de ocorrência da espécie em estudo (Almeida e Alves, 2000; Martin-Gajardo e Morellato, 2003). Essa lacuna é apontada na literatura como uma possibilidade importante de produzir dados ecológicos sobre as plantas para melhor conhecer suas estratégias de desenvolvimento e reprodução (Almeida e Alves, 2000; Martin-Gajardo e Morellato, 2003).

Em particular, as espécies de Rubiaceae, típicas nos sub-bosques da Floresta Atlântica (Gentry e Emmons, 1987), ainda carecem de informações mais sistematizadas sobre seus aspectos reprodutivos no que tange à relação planta-polinizador (Martin-Gajardo e Morellato, 2003). Rubiaceae apresenta 1.384 espécies e 126 gêneros (Flora do Brasil, 2017), sendo *Psychotria* L. o maior gênero desta família, com cerca de 1.600 espécies de distribuição tropical (Almeida e Alves, 2000).

A espécie *P. nuda* (CHAM & SCHLECHT.) WAWRA (Rubiaceae) é uma planta nativa do Brasil, de hábito arbóreo, encontrada na Floresta Ombrófila Densa da encosta atlântica com distribuição nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Delprete *et al.*, 2005; Taylor, 2007). É esciófita, higrófito, situada nos estratos inferiores de florestas primárias bem desenvolvidas ou antropizadas (Iza,

2002; Fermínio Junior *et al.*, 2004; Gorenstein, 2007; Prata *et al.*, 2011). Possui padrão de distribuição agregado com cerca de 144 indivíduos/ha (Almeida e Alves, 2000). Pode chegar até seis metros de altura. As inflorescências são terminais, com uma a seis flores tubulares, gamossépala, gamopétala, nectaríferas e de ovário ínfero. As flores têm corola amarela e cálice persistente e avermelhado. Como em outras espécies da família Rubiaceae, ocorre heterostília com flores longistilas e brevistilas (Almeida e Alves, 2000; Almeida, 2005; Delprete *et al.*, 2005), onde os grãos de pólen viáveis são significativamente mais numerosos em flores longistilas que em brevistilas (Almeida, 2005).

A espécie *P. nuda* é abundante em áreas de floresta atlântica e apresenta sistema reprodutivo caracterizado pela heterostília (promove fertilização cruzada e dificulta a autofecundação) aliado a uma floração maciça, que serve como recurso alimentar para diferentes animais (Castro e Araújo, 2004; Almeida, 2005). Apesar desta constatação que eleva seu status ecológico nas regiões em que ocorre (Klein *et al.*, 2007), não há na literatura a identificação de suas espécies polinizadoras e tampouco a relação destas espécies ao longo da fenofase reprodutiva da floração. Assim, há uma necessidade de preencher essa lacuna sobre o conhecimento das interações de planta-polinizador em *P. nuda*. O período de floração da espécie inicia-se em abril, encerrando-se no mês de julho e o maior número de frutos ocorre entre dezembro e fevereiro (Almeida e Alves, 2000).

Este estudo objetiva caracterizar, em sincronia com dados da temperatura média e pluviosidade média, as fenofases de *P. nuda*, identificar suas espécies polinizadoras e a dinâmica temporal floração-polinizadores. São hipóteses desse estudo: (a) as fenofases de *P. nuda* estão diretamente relacionadas às condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento vegetal; (b) *P. nuda* sofre polinização entomófila compartilhada; (c) em razão das características florais de *P. nuda* espera-se que a maior frequência de interações ocorra com a entomofauna polinizadora.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende um remanescente urbano de Floresta Atlântica pertencente à formação Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, localizado no Jardim Botânico da Universidade da Região de Joinville, região nordeste do estado de Santa Catarina (26°15'12"S e 48°51'26"W, Figura 1). Possui área de 13 ha de formação secundária em estágio médio de regeneração, cortado por diversas trilhas (Arriola e Melo Junior, 2017). O clima predominante da região é do tipo mesotérmico úmido sem estação seca (Cfa de Köppen) (Alvares *et al.*, 2014). A temperatura média anual é de 22,18°C, sendo janeiro o

mês mais quente com temperatura média de 26,15°C, e junho o mês mais frio com temperatura média de 16,5°C. A precipitação média anual é de 2.132 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com 313 mm. A umidade relativa do ar gira em torno de 79,04% (IPPUJ, 2016).

Seleção dos indivíduos amostrais e fenologia

Foram selecionados 15 indivíduos amostrais de *P. nuda* completamente inseridos no subosque do remanescente florestal, aproximadamente a uma distância de 30 metros da borda. Como critério de inclusão foram considerados os indivíduos adultos com maior porte dentro do fragmento, o que representou uma variação de 1,94 e 5,76 m de altura e diâmetro do caule à altura do peito (DAP) entre 9,55 e 22,60 cm. A altura média foi de 4,01 m e o DAP médio de 8,96 cm.

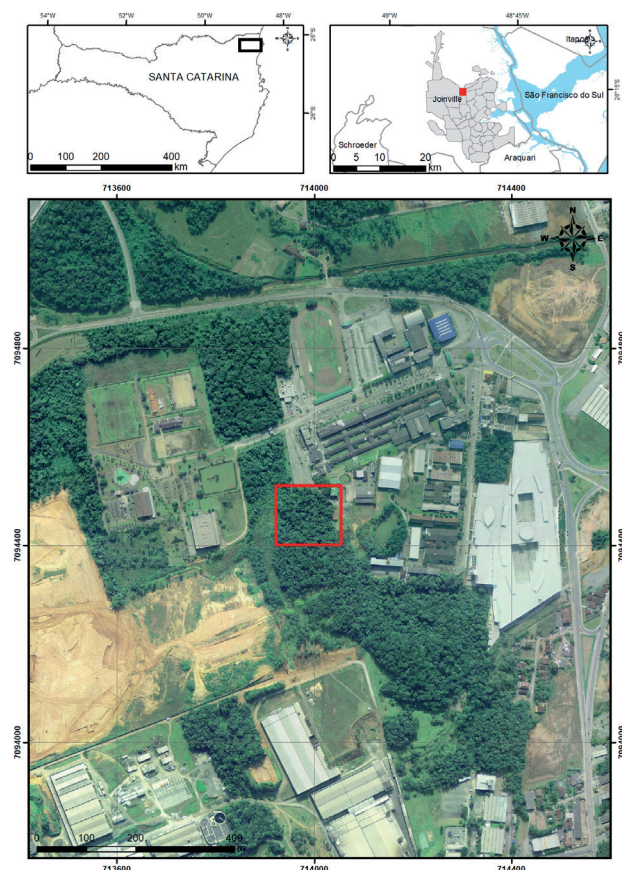


Figura 1. Localização do remanescente urbano de Floresta Atlântica, no qual se situa a área de estudo (indicada pela área demarcada em vermelho) da fenologia e polinização de *P. nuda* (Rubiaceae) na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017.

Figure 1. Location of the urban remnant of Atlantic Rain Forest, where the study area is situated (delimited in red) of phenology and pollination of *P. nuda* (Rubiaceae) in the northeast region of Santa Catarina, southern Brazil, from 2016 to 2017.

As observações fenológicas das árvores foram realizadas quinzenalmente, por meio dos métodos do índice de atividade e de intensidade de Fournier. O primeiro método leva em consideração somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico e não estimando intensidade ou quantidade (Bencke e Morellato, 2002). Já o segundo aponta quando uma fenofase ocorre de forma mais intensa, através de categorias (0 a 4) de intensidade com intervalos de 25% entre elas (Bencke e Morellato, 2002). As seguintes fenofases vegetativas foram aqui consideradas: (i) brotamento; (ii) folhas maduras; (iii) folhas em senescência. Já para as fenofases reprodutivas, foram considerados: (iv) período de floração; (v) frutos imaturos; e (vi) frutos maduros. Para fins de padronização das fenofases, foi entendido como floração o período em que as árvores se encontram com as flores abertas e, para a frutificação, o período em que os frutos se encontram verdes ou maduros, prontos para serem dispersados.

Para avaliar as relações de fenofases foram adotados os testes de percentual de intensidade de Fournier (1974) ou índice de intensidade e o índice de atividade ou porcentagem de indivíduos. O primeiro permite estimar a intensidade da fenofase em cada indivíduo e o segundo constata a presença ou ausência da fenofase em cada indivíduo e a sincronia entre os indivíduos da população (Bencke e Morellato, 2002).

Variáveis ambientais

Dados de temperatura média e pluviosidade média foram obtidos em banco de dados da Defesa Civil de Joinville/SC para fins de construção de climatograma baseado nos meses de observação das fenofases de *P. nuda*.

Coleta, montagem e identificação dos agentes polinizadores

As observações das interações planta-polinizador foram realizadas quinzenalmente, em geral das 9 horas às 14 horas, sendo de 30 minutos o tempo de permanência por indivíduo de *P. nuda*. A permanência em campo variou conforme a quantidade de polinizadores observada no dia, de forma que se houvesse uma grande atividade a permanência era maior. Para cada observação realizada, dados de temperatura e umidade eram aferidos por meio de um luxímetro digital, bem como o horário de visita de cada polinizador. Ao final das observações em campo, o esforço amostral totalizou 31 horas e 30 minutos.

Para as abelhas, a observação direta e a coleta na flor seguiram a metodologia proposta por Sakagami *et al.* (1967). A coleta dos insetos foi realizada através de redes de varredura. As abelhas foram sacrificadas com acetato

de etila. Para as borboletas, foi também realizada observação visual e a coleta por meio de rede entomológica com adaptação de cabo longo. Os lepidópteros foram sacrificados com compressão do tórax, com os dedos indicador e polegar, na altura do segundo par de pernas (Duarte *et al.*, 2012). Os insetos foram guardados em recipientes com tampa, numerados e registrados. Posteriormente foram montados com alfinetes entomológicos segundo Almeida *et al.* (2003) e as abelhas identificadas com chaves taxonômicas (Michener *et al.*, 1994; Silveira *et al.*, 2002, dentre outros) e auxílio de especialistas, até o menor nível taxonômico possível. A identificação dos lepidópteros, foi realizada através de comparações diretas com ilustrações dos tipos disponíveis no banco de dados de referência em Warren *et al.* (2016).

Análises estatísticas

A sincronia dos eventos fenológicos de um indivíduo com o seu coespecífico e a sobreposição desses eventos na população foram estimadas utilizando-se o índice de sincronia individual e de sincronia da população (Z), proposto por Augspurger (1983). Quando $Z = 0$, o índice indica que não há sincronia ou que não há sobreposição dos eventos fenológicos entre todos os indivíduos na população. O índice $Z = 1$ indica perfeita sincronia ou que determinada fenofase todos os indivíduos da população ocorrem na mesma época do ano. O teste de correlação de Pearson foi usado para relacionar os dados climáticos com as fenofases, considerando-se o índice de significância de 5% ($p < 0,05$).

A frequências das visitas dos polinizadores foi analisada com métodos de estatística circular, transformando os dias das observações em ângulos de 1 a 360°. Realizou-se o teste Watson U^2 para verificar não uniformidade da distribuição. Confirmada esta premissa, os padrões fenológicos de cada espécie foram comparados entre si, utilizando teste de homogeneidade de duas amostras de Watson. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa R, sendo o índice de sincronia com o pacote Flower (Augspurger, 1983) e as análises circulares com o pacote CircStats (Agostinelli e Agostinelli, 2009).

Resultados

Fenologia

O resultado geral do índice de atividade apontou que, para a fenofase de brotamento, os picos foram em setembro/2016 e fevereiro/2017, enquanto a de folha madura persistiu de forma ininterrupta durante os meses de estudo. A fenofase de folha senescente ocorreu na primeira quinzena de agosto/2016 e de setembro/2016, e, também de outubro/2016 a fevereiro/2017 e junho/2017 a julho/2017.

A fenofase de floração foi observada na primeira quinzena de abril/2017, a de fruto imaturo, de setembro/2016 a março/2017 e a de fruto maduro, na primeira quinzena de março/2017 (Figura 2). Os picos de atividade fenológica coincidiram com os meses mais quentes e chuvosos do ano, e o teste de correlação de Pearson indicou fortes correlações entre a temperatura e o brotamento ($r=0,87$, $df=22$, $p<0,0001$), folha senescente ($r=0,60$, $df=22$, $p=0,002$) e fruto imaturo ($r=0,66$, $df=22$, $p=0,0003$). Já para a precipitação, ocorreram correlações com a floração ($r=0,37$, $df=22$, $p=0,05$) e fruto imaturo ($r=0,55$, $df=22$, $p=0,005$). Os frutos maduros ocorrem logo antes da queda de temperatura e queda de pluviosidade.

Quanto ao percentual de intensidade de Fournier, o pico de intensidade para o brotamento foi em fevereiro/2017, o de folha madura, de agosto/2016 a novembro/2016 e de fevereiro/2017 a julho/2017 e o de folha senescente, em dezembro/2016. Já o pico de intensidade de floração ocorreu em abril/2017, o de fruto imaturo, de setembro/2016 a outubro/2016 e o de fruto maduro, em março/2017 (Figura 3).

Os picos de atividade e de intensidade nem sempre coincidiram entre os 15 espécimes do estudo, porém houve confluência para as fenofases de floração e fruto maduro. Em relação às demais fenofases, o pico de atividade e intensidade coincidiram apenas em alguns meses, como no brotamento em fevereiro/2017; folha madura do primeiro semestre de novembro/2016 a janeiro/2017; folha senescente no mês de dezembro/2016; e de fruto imaturo no mês de outubro/2016.

Alguns indivíduos mostraram semelhanças nos padrões de intensidade de Fournier, como para brotamento em 40% da população, folha senescente também com 40%, fruto maduro, 33%, fruto imaturo, 20% e floração, 13%. Já no caso de folhas maduras, houve um padrão comum na população de *P. nuda*.

A análise de sincronia mostrou haver variação entre os indivíduos da população para todos os eventos fenológicos, exceto para folhas senescentes (Tabela 1). Considerando a população estudada de *P. nuda*, foi obtido um elevado sincronismo para as fenofases de floração (0,87) e frutos maduros (0,85), seguido sincronismo mediano para brotamento (0,68) e frutos verdes (0,61) (Tabela 1).

Polinização

Ao todo foram registradas 13 espécies de polinizadores interagindo com *P. nuda*, sendo a maioria Lepidoptera, a saber *Carystoides* sp., *Eurybia molochina molochina* (STICHEL 1910), *Heliconius ethilla narcaea* (GODART 1819), *Heliconius sara apseudes* (HÜBNER 1813), *Parides anchises nephalion* (GODART 1819), *Posttaygetis penelea* (CRAMER 1777), *Saliana* sp. (EVANS 1955), e *Vettius umbrata* (ERSCHOFF 1876), além de dois indivíduos não identificados (Hesperiidae e Nymphalidae). Adicionalmente,

Tabela 1. Índice de sincronia do indivíduo e da população de *P. nuda* (Rubiaceae) em remanescente de Floresta Ombrófila Densa na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017. (i) brotamento; (ii) folhas maduras; (iii) folhas em senescência; (iv) período de floração; (v) frutos imaturos; (vi) frutos maduros.

Table 1. Individual and populational synchrony index of *P. nuda* (Rubiaceae) in a Dense Ombrophillous Forest remnant in the northeast region of Santa Catarina, southern Brazil, from 2016 to 2017. (i) spout; (ii) ripe leaf; (iii) leaf fall; (iv) flowering period; (v) immature fruits; (vi) ripe fruit.

Indivíduo	Fenofases					
	i	ii	iii	iv	v	vi
1	0,67	1	>0,000	0,98	1	0,81
2	0,63	1	0,14	0,88	0,50	0,91
3	0,53	1	1	0,79	1	0,91
4	0,38	1	>0,000	0,00	0,000	0,000
5	0,66	1	1	0,75	0,15	0,85
6	0,75	1	1	0,87	0,37	0,76
7	0,82	1	1	0,82	0,44	0,73
8	0,82	1	>0,000	0,85	0,41	0,94
9	0,58	1	1	0,73	0,90	0,83
10	0,63	1	0,14	0,95	0,66	0,90
11	0,74	1	0,14	0,94	0,90	0,93
12	0,62	1	>0,000	0,90	0,66	0,95
13	0,79	1	1	0,85	0,90	0,84
14	0,77	1	>0,000	0,93	1	0,83
15	0,82	1	1	0,85	0,90	0,78
População	0,68	1	0,05	0,87	0,61	0,85

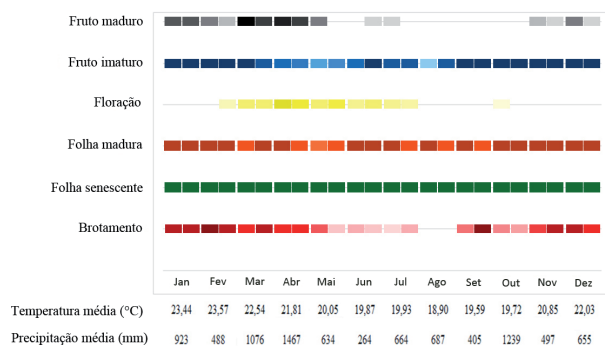


Figura 2. Índice de atividade fenológica de *P. nuda* (Rubiaceae) em remanescente de Floresta Ombrófila Densa na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017. Cada retângulo corresponde às observações feitas quinzenalmente e as cores mais escuras representam as atividades mais intensas.

Figure 2. Phenological activity index of *P. nuda* (Rubiaceae) in a remnant of Dense Ombrophillous Forest in the northeast region of Santa Catarina, south Brazil, from 2016 to 2017. Each rectangle corresponds to the observations done for nightly and darker colors represent the most intense activities.

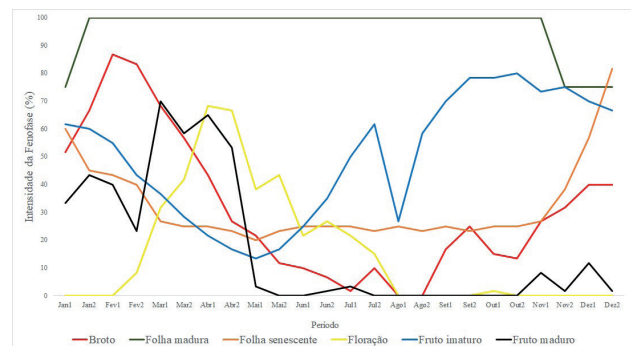


Figura 3. Percentual de Fournier indicando os picos de intensidade das fenofases da população de *P. nuda* (Rubiaceae) em Floresta Ombrófila Densa na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017.

Figure 3. Percentage of Fournier indicating intensity peaks of the phenophases of the population of *P. nuda* (Rubiaceae) in Dense Ombrophillous Forest in the northeast region of Santa Catarina, sul do Brazil, from 2016 to 2017.

foram registradas duas espécies de Hymenoptera, *Euglossa* cf. *annectans* (DRESSIER, 1982) e uma mamangava não identificada e uma espécie de Apodiformes, *Thalurania* cf. *glaucopsis* (GMELIN 1788) (Figura 4).

O mês com maior registro de interações foi o de abril de 2017 (n= 514), que coincidiu com o pico de atividade e intensidade da fenofase de floração. De acordo com as observações, a espécie polinizadora mais frequente de *P. nuda* foi *P. anchises nephalion* com o total de 402 interações, seguido de *E. cf. annectans* com 174, *T. cf. glaucopsis* com 141 e *H. ethilla narcaea* com 105 interações (Tabela 2).

As espécies polinizadoras mais abundantes (*P. anchises nephalion*, *H. ethilla narcae*, *Saliana* sp., *T. cf. glaucopsis*, *E. cf. annectans* e *Carystoides* sp.) apresentaram diferenças significativas nos padrões temporais de visitação floral (teste de homogeneidade de Watson, Tabela 2), ou seja, não compartilharam o recurso de forma sincrônica. No caso das espécies *P. anchises nephalion*, *H. ethilla narcae* e *Saliana* sp., a interação com *P. nuda* ficou concentrada no final do mês de abril. Já para *T. cf. glaucopsis*, *E. cf. annectans* e *Carystoides* sp., a visitação concentrou-se no mês de maio. A maioria das espécies distribuiu suas visitas durante todo o período de floração, com exceção de *P. anchises nephalion* que ficou concentrada nos meses de abril e maio (Figura 5).

Discussão

Fenologia

De acordo com Bencke e Morellato (2002), o pico de atividade ocorre quando o maior número de indivíduos apresenta a fenofase, porém não necessariamente com intensidade máxima. Já o pico de intensidade ocorre quando seus níveis são mais elevados, porém não necessariamente se manifesta em todos os indivíduos, similarmente ao observado com os indivíduos de *P. nuda* no presente estudo.

O pico de atividade de brotamento em fevereiro/2017 (período de altas temperaturas) corrobora com o que foi observado por Martin-Gajardo e Morellato (2003) em um estudo com *P. nuda* realizado em subosque de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. Já o de frutos maduros ocorreu logo antes do início da queda de temperatura e pluviosidade. Essa pode ser uma estratégia da planta para que, após a maturação e dispersão dos frutos, quando estiver quente e úmido novamente, as sementes possam iniciar sua germinação, ou seja, sob condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Quanto ao índice de Fournier, no que se trata do pico de intensidade para floração, o presente estudo apontou que o mesmo ocorre em abril/2017. Esses resultados concordam com os resultados dos estudos com *P. nuda* realizados por Almeida e Alves (2000) e Martin-Gajardo e Morellato (2003), ambos desenvolvidos em subosque de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil.

Os resultados apresentados neste estudo evidenciam uma elevada sincronia para a floração, o que sugere que esse comportamento corresponde à hipótese de facilitação, na qual tal sincronia favorece a atração de mais polinizadores para a espécie (Staggemeier *et al.*, 2010; Luith *et al.*, 2013). O mesmo é observado para frutificação, que pode possibilitar uma atividade maior dos dispersores (Poulin *et al.*, 1999; Luith *et al.*, 2013).

A longa duração da fenofase reprodutiva de frutos imaturos também foi observada no estudo de Almeida e Alves (2000) e no trabalho de Newstron *et al.* (1994), que cita *P. nuda* como uma espécie de frutificação contínua. Martin-Gajardo e Morellato (2003) afirmam que a família Rubiaceae possui um padrão não sazonal, sugerindo que a produção anual de frutos não é restringida por ambientes com baixa sazonalidade. Essa constatação também foi feita por Talora e Morellato (2000), que discutem os fatores climáticos como não limitantes ao desenvolvimento de frutos na Floresta Atlântica. Já Howe e Smalwood (1982)

Tabela 2. Testes pareados de homogeneidade de Watson, comparando os padrões fenológicos das espécies de polinizadores mais abundantes de *P. nuda* (Rubiaceae) em Floresta Ombrófila Densa na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017. n.s.: resultado não significativo; *: p< 0,05; **: p< 0,01; ***: p<0,001.

Table 2. Paired tests of homogeneity of Watson, comparing the phenological patterns of the most abundant pollinator species of *P. nuda* (Rubiaceae) in Dense Ombrophillous Forest in the northeast region of Santa Catarina, southern Brazil, from 2016 to 2017. n.s.: non-significant result; *: p< 0.05; **: p< 0.01; ***: p<0.001.

	Carystoides	Euglossa	Heliconius	Parides	Saliana	Thaluriana
Carystoides	-	0,28**	n.s.	0,53***	n.s.	n.s.
Euglossa	-	-	0,62***	1,31***	n.s.	0,35**
Heliconius	-	-	-	0,72***	n.s.	n.s.
Parides	-	-	-	-	0,26*	0,68***
Saliana	-	-	-	-	-	0,26*
Thaluriana	-	-	-	-	-	-

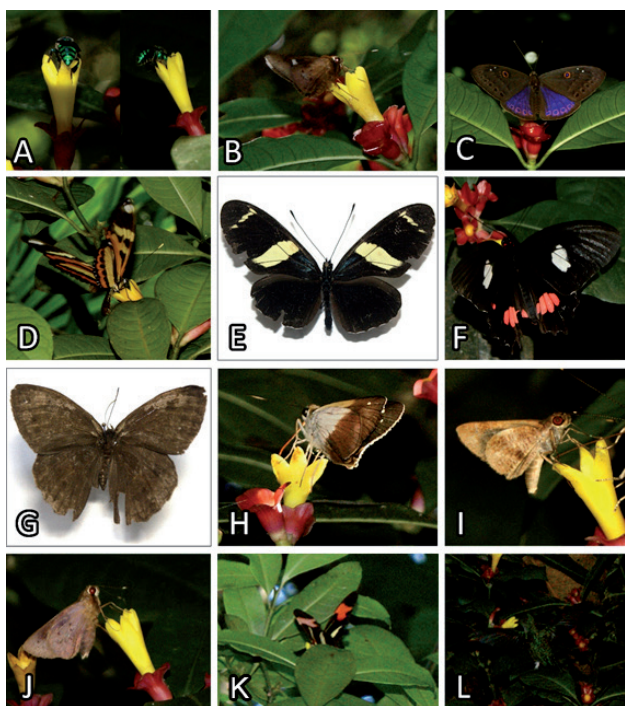


Figura 4. Registros de interações dos visitantes florais de *P. nuda* (Rubiaceae) em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Densa na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017. A: *Euglossa* cf. *annectans*; B: *Carystoides* sp.; C: *Eurybia molochina molochina*; D: *Heliconius ethilla narcaea*; E: *Heliconius sara apseudes*; F: *Parides anchises nephalion*; G: *Posttaygetis penelea*; H: *Salaria* sp.; I: *Vettius umbrata*; J: *Hesperidae*; K: *Nymphalidae*; L: *Thalurania* cf. *glaucopis*.

Figure 4. Registers of interactions of the pollinators of *P. nuda* (Rubiaceae) in an urban fragment of Dense Ombrophillous Forest in the northeast region of Santa Catarina, southern Brazil, from 2016 to 2017. A: *Euglossa* cf. *annectans*; B: *Carystoides* sp.; C: *Eurybia molochina molochina*; D: *Heliconius ethilla narcaea*; E: *Heliconius sara apseudes*; F: *Parides anchises nephalion*; G: *Posttaygetis penelea*; H: *Salaria* sp.; I: *Vettius umbrata*; J: *Hesperidae*; K: *Nymphalidae*; L: *Thalurania* cf. *glaucopis*.

comentam que, com os frutos amadurecendo aos poucos, as plantas conseguem diminuir a exposição dos frutos maduros a ataques por herbívoros.

O presente estudo apontou um padrão contínuo da fenofase vegetativa de folhas senescentes, com pico de intensidade em dezembro/2016. Resultados similares foram observados no estudo de Martin-Gajardo e Morellato (2000) para as espécies de Rubiaceae por eles estudadas.

Polinização

Conforme a literatura atual (Almeida e Alves, 2000; Castro e Araújo, 2004), ainda não havia identificação dos polinizadores em nível de espécie. Dessa forma com o presente estudo foram feitos nove novos registros de intera-

ção planta-animal, tais como um para Hymenoptera (*E. cf. annectans*) e oito em Lepidoptera (*Carystoides* sp., *E. molochina molochina*, *H. ethilla narcaea*, *H. sara apseudes*, *P. anchises nephalion*, *P. penelea*, *Salaria* sp. e *V. umbrata*). Algumas das interações de polinização observadas refletem registros realizados por outros autores, como no estudo de Almeida e Alves (2000), com o registro da abelha do gênero *Euglossa*, as famílias Nymphalidae e Hesperidae de Lepidoptera e o beija-flor da espécie *T. cf. glaucopis* (Gmelin, 1788), também registrados nos trabalhos de Araújo (1996) e Castro e Araújo (2004), em planície costeira no sudeste do Brasil. Porém no estudo mencionado, não são apresentadas caracterizações em nível específico dos táxons observados em interação com *P. nuda*. Castro e Araújo (2004) também registraram borboletas do gênero *Heliconius* como polinizadores de *P. nuda*, bem como abelhas do gênero *Bombus*.

Em trabalhos com outras espécies do gênero *Psychotria*, também foram registrados polinizadores em comum com *P. nuda*, como, por exemplo, com *P. brasiliensis* polinizada por *T. glaucopis*, abelhas do gênero *Euglossa* e borboletas das famílias Hesperidae e Nymphalidae (Almeida e Alves, 2000). No estudo de Fonseca *et al.* (2007), com *P. brachypoda* em floresta atlântica no sudeste do Brasil, observaram-se *T. glaucopis* e abelhas do gênero *Euglossa* como polinizadores para a espécie.

Parides anchises nephalion, *T. cf. glaucopis* e *E. cf. annectans* foram os visitantes com mais interações e apresentam comportamento de polinizadores (Cortinóz *et al.*, 2008; Beach e Bawa, 1980), sendo que esses números de interações podem indicar que são importantes polinizadores para a espécie. No estudo de Cortinóz *et al.* (2008), foi sugerido que a espirotromba das borboletas pode misturar o pólen, porém a reciprocidade dos morfos florais (brevistilo e longistilo) não afeta a polinização. Os mesmos autores também observaram que *T. glaucopis* ao polinizar *P. nuda*, apresentou uma deposição diferencial no bico do beija-flor para os dois morfos e dessa forma, a polinização se torna mais eficiente, já que a mistura de pólen fica reduzida e a correspondência na transferência de pólen se torna mais precisa. Já o trabalho de Beach e Bawa (1980) apontou que as abelhas, especialmente, seriam polinizadores mais eficientes em espécies com flores longistilas, o que é o caso de *P. nuda* (Cortinóz *et al.*, 2008).

Apesar das plantas apresentarem características morfológicas associadas a um tipo de polinizador, diferentes visitantes também podem ser eficientes (Fenster *et al.*, 2004). A variação de polinizadores gera efeitos sobre o sucesso reprodutivo e a diversidade vegetal (Mayer *et al.*, 2011). De acordo com Mesquita Neto (2013), o gênero *Psychotria* apresenta compartilhamento de espécies polinizadoras, indicando que possui uma polinização generalista, o que poderia ser considerado uma adaptação evolutiva, uma vez que a polinização generalista é menos suscetível à extinção

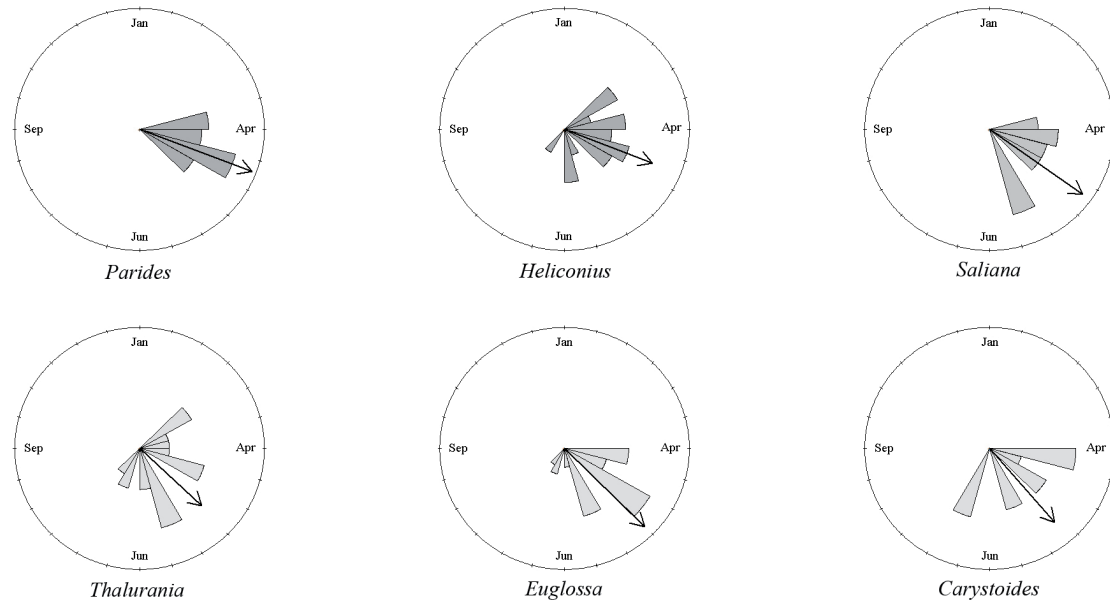


Figura 5. Distribuição das visitas dos polinizadores de *P. nuda* (Rubiaceae) em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Densa na região nordeste de Santa Catarina, sul do Brasil, no período de 2016 a 2017. Os triângulos representam a abundância observada nos meses e a flecha indica uma propensão para maior abundância.

Figure 5. Visit distribution of the pollinators of *P. nuda* (Rubiaceae) in an urban fragment of Dense Ombrophillous Forest in the northeast region of Santa Catarina, south Brazil, from 2016 to 2017. The triangles represent the observed abundance in the months and the arrow indicates a tendency to the greatest abundance.

do que a especializada (Harris e Johnson, 2004). O presente estudo, no entanto, revelou que todas as diferentes espécies polinizadoras não compartilham do mesmo recurso ao mesmo tempo e que há uma segregação temporal na visitação das flores ao longo do ano. Dessa forma, espécies que apresentam um período de floração mais amplo, podem também se beneficiar de uma maior gama de organismos polinizadores, utilizando deste recurso em diferentes condições climáticas. O clima mostrou-se determinante para a fenologia e para a atividade dos polinizadores, tendo em vista que em condições mais favoráveis (maiores temperatura e precipitação) há uma maior oferta de recursos para a planta e a oferta de recursos florais aos seus visitantes.

Conclusão

Psychotria nuda apresentou um ciclo fenológico contínuo no tocante à produção de frutos e um ciclo fenológico anual na produção de brotos, flores e senescência foliar. Os resultados do estudo apontam que as fenofases de *P. nuda* em Floresta Atlântica, estão relacionadas às condições ambientais mais favoráveis, com picos para brotamento, folha senescente, floração e fruto imaturo associados a altas temperaturas e pluviosidade. O trabalho também sugere que a espécie *P. nuda* é um importante recurso para es-

pécies polinizadoras no sub-bosque da Floresta Atlântica, com polinização compartilhada e de predominância entomófila. Os diferentes padrões fenológicos das espécies polinizadoras indicam que há uma repartição de nicho que evita a ocorrência de uma alta competição pelo recurso. Os novos registros de polinização realizados para a espécie e as informações fenológicas obtidas, constituem-se importantes informações sobre a ecologia de *P. nuda*, o que evidencia a necessidade de mais estudos sobre as interações planta-animal na Floresta Atlântica.

Agradecimentos

Aos Laboratórios de Morfologia e Ecologia Vegetal da Univille, de Abelhas da Univille e de Estudos de Lepidoptera Neotropical da Universidade Federal do Paraná pelo suporte ao estudo. Ao Dr. Celso V. Vieira pela confecção do mapa da área de estudo.

Referências

- AGOSTINELLI, C.; AGOSTINELLI, M.C. 2009. *Package 'CircStats'*. Disponível em: <http://cran.r-project.org/package=CircStats>. Acesso em: 20/07/2017.
- ALMEIDA, E.M. 2005. *Ecologia reprodutiva e comportamento dos visitantes florais e dos frugívoros em duas espécies de Psychotria L. (Rubi-*

- aceae) em uma área de Floresta Atlântica, Ilha Grande, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 227 p.
- ALMEIDA, E.M.; ALVES, M.A.S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (RUBIACEAE) em uma Área de Floresta Atlântica no Sudoeste do Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, **14**(3):335-346. <https://doi.org/10.1590/S0102-3306200000300010>
- ALMEIDA, L.M.; RIBEIRO-COSTA, C.S.; MARINONI, L. 2003. *Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos*. Holos, Ribeirão Preto, 78 p.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **22**(6):711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARAUJO, A.C. 1996. *Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo*. Campinas, SP. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 69 p.
- ARRIOLA, I.A.; MELO JUNIOR, J.C.F. 2017. A Diversidade de galhas pode prever o estado de conservação de remanescentes florestais da Mata Atlântica? In: J.C.F. MELO JUNIOR; T.M.N. OLIVEIRA. *Ciências ambientais: ensaios e perspectivas*. Joinville, Editora Univille, p. 63-101.
- AUGSPURGER, C.K. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotropica*, **15**(4):257-267. <https://doi.org/10.2307/2387650>
- BAWA, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual review of Ecology and Systematics*, **21**(1):399-422. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.21.110190.002151>
- BEACH, J.H.; BAWA, K.S. 1980. Role of pollinators in the evolution of dioecy from distyly. *Evolution*, **34**(6):1138-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1980.tb04055.x>
- BENCKE C.S.C.; MORELLATO L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, interpretação e representação. *Revista Brasileira de Biologia*, **25**(3):269-275. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000300003>
- CASTRO, C.C.; ARAUJO, A.C. 2004. Distyly and sequential pollinators of *Psychotria nuda* (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, Brazil. *Plant Systematics and Evolution*, **244**(3-4):131-139. <https://doi.org/10.1007/s00606-003-0036-8>
- CORTINÓZ, J.; ILHA, P.; RODRIGUES, P.; DINIZ, S. 2008. *Heterostilia e deposição diferencial de pólen sobre o polinizador em Psychotria nuda (Rubiaceae)*. Projetos orientados 4, Curso de campo: Prática da Pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica, p. 1-3. Disponível em: http://www.ecologia.ib.usp.br/curso/2008/pdf/O_04_01.pdf. Acesso em: 23/03/2016.
- DANTAS, M. de S.; ALMEIDA, N.V.; MEDEIROS, I. dos S.; SILVA, M.D. da. 2017. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, **2**(1):87-97. <https://doi.org/10.24221/jcap.2.1.2017.1128.87-97>
- DELPRETE, P.G.; SMITH, L.B.; KLEIN, R.M. 2005. Rubiaceae. In: A. REIS (ed.), *Flora Ilustrada Catarinense. Vol. 2*, gêneros de H-T. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, p. 345-842.
- DUARTE, M. et al. 2012. Lepidoptera. In: J.A. RAFAEL et al., *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Ribeirão Preto, Holos Editora, p. 625-682.
- FENSTER, C.B.; ARMBRUSTER, W.S.; WILSON, P.; DUDASH, M.R.; THOMSON, J.D. 2004. Pollination Syndromes and Floral Specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **35**:375-403. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132347>
- FERMINO JUNIOR, P.C.P.; PAULILO, M.T.S.; REIS, A.; SANTOS, M. 2004. Espécies pioneiras e climáticas da Floresta Ombrófila Densa: anatomia foliar comparada. *Insula Revista de Botânica*, **33**(33):21-37.
- FLORA DO BRASIL 2020. 2017. *Rubiaceae*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB210>. Acesso em: 29/03/2017.
- FONSECA, L.C.N.; ALMEIDA, E.M.; ALVES, M.A.S. 2008. Fenologia, morfologia floral e visitantes de *Psychotria brachypoda* (Müll.Arg.) Britton (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Sudeste Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, **22**(1):63-69. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000100008>
- FOURNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, **24**(4):422-423.
- GENTRY, A.H.; EMMONS, L.H. 1987. The biology of heterostyly. *New Zealand Journal of Botany*, **17**:607-635.
- GHAZOU, J. 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in ecology & evolution*, **20**(7):367-373. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.026>
- GORENSTEIN, M.R. 2007. Estrutura populacional de *Psychotria nuda* (Cham & Schltdl.) Wawra, Hyeronima alchorneoides Allemão e *Marlierea obscura* Berg. em floresta Ombrófila Densa Submontana na Ilha do Cardoso, litoral sul de São Paulo. In: *Prática da Pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica*. Cananéia, p. 1-6.
- HARRIS, L.F.; JOHNSON, S.D. 2004. The consequences of habitat fragmentation for plant-pollinator mutualisms. *International Journal of Tropical Insect Science*, **24**(1):29-43.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **13**(1):201-228. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE (IPPUJ). (org.). 2016. *Joinville Cidade em Dados 2015*. Joinville, Prefeitura Municipal, 180 p.
- IZA, O.B. 2002. *Parâmetros de autoecologia de uma comunidade arbórea de Floresta Ombrófila Densa, no Parque Botânico do Morro Baú, Ilhota, SC*. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 92 p.
- KINOSHITA, L.S.; TORRES, R.B.; FORNI-MARTINS, L.R.; SPINELLI, T.; AHN, Y.J.; CONSTÂNCIO, S.S. 2006. Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, **20**(2):313-327. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000200007>
- KLEIN, D.E.; MORAES, T.M.S.; SILVA, A.S.; ALEXANDRINO, C.R.; MORAES, D.G.; DA CUNHA, M. 2007. Micromorfologia da superfície aérea de *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Biociências*, **5**(1):729-731.
- KLEIN, R.M. 1980. Ecologia e flora do vale do Itajaí. *Sellowia*, **32**(2):16-389.
- LIUTH, H.S.; TALORA, D.C.; AMORIM, A.M. 2013. Phenological synchrony and seasonality of understory Rubiaceae in the Atlantic Forest, Bahia, Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, **27**(1):195-204. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000100019>
- MARTIN-GAJADO, I.S.; MORELLATO L.P.C. 2003. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em Floresta Atlântica no sudoeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **26**(3):299-309. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000300003>
- MAYER, C.; ADLER, L.; ARMBRUSTER, W. S.; DAFNI, A.; EARDLEY, C.; HUANG, S.Q.; STOUT, J.C. 2011. Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. *Journal of Pollination Ecology*, **3**(2):8-23.
- MESQUITA NETO, J.N. 2013. *Interação planta-polinizador em espécies sincronopátricas de Psychotria (RUBIACEAE)*. Goiânia, GO. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Goiás, 73 p.
- MICHENER, C.D.; MCGINLEY, R.J.; DANFORTH, B.N. 1994. *The bee genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea)*. Washington, Smithsonian Institution Press, 209p.
- NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, **26**(2):141-159. <https://doi.org/10.2307/2388804>
- PEIXOTO A.L.; LUZ J.R.P.; BRITO M.A. 2016. *Conhecendo a Biodiversidade*. Brasília, MCTIC, CNPq, PPBio, 197 p.

- POULIN, B.; WRIGHT, S.J.; LEFEBVRE, G.; CALDERÓN, O. 1999. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-dispersed plants in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, **15**(2):213-227. <https://doi.org/10.1017/S0266467499000760>
- PRATA, B.E.M.; ASSIS M.A.; JOLY, C.A. 2011. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea na transição da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, **11**(2):1-15. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200029>
- SAKAGAMI, S.F.; LAROCA, S.; MOURE, J.S. 1967. Wild bees biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil - preliminary report. *Journal of the Faculty of Science Hokkaido University (Ser. 6, Zoology)*, **19**(2):253-91.
- SANTOS, A.B. 2010. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. *Natureza Online*, **8**(3):103-106. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/01_santosab_103106.pdf. Acesso em: 26/09/2018.
- SILVEIRA, F.A.; MELO, G.A.R.; ALMEIDA, E.D.A. 2002. *Abelhas brasileiras. Sistemática e identificação*. Belo Horizonte, Fernando A. Silveira, 253p.
- STAGGEMEIER, V.G.; DINIZ-FILHO, J.A.S.; MORELLATO, L.P.C. 2010. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrtaceae (Myrtaceae). *Journal of Ecology*, **98**(6):1409-1421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01717.x>
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S.G.; PACKER, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution*, **20**(12):651-652. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.09.004>
- TALORA, D.C.; MORELLATO, P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **23**(1):13-26. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000100002>
- TAYLOR, C.M.; DOMÍNGUEZ-LICONA, E.; OCHOTERENA, H. 2007. A New Species of *Psychotria* subg. *Psychotria* (Rubiaceae, Psychotrieae) from West-Central Mexico. *A Journal of Botanical Nomenclature*, **17**(1):105-109. [https://doi.org/10.3417/1055-3177\(2007\)17\[105:ANSOPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3417/1055-3177(2007)17[105:ANSOPS]2.0.CO;2)
- VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF. ESALQ, USP*, **32**(12):25-42.
- WARREN, A.D.; DAVIS, K.J.; STANGELAND, E.M.; PELHAM, J.P.; WILLMOTT, K.R.N. 2016. *Illustrated Lists of American Butterflies*. [15/09/2016]. Disponível em: <http://www.butterfliesofamerica.com/>. Acesso em: 15/09/2017.

Submitted on December 19, 2017

Accepted on June 30, 2018