

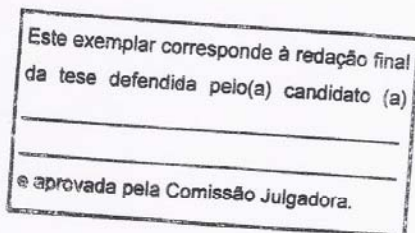
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

ALEXANDRE SILVA DE OLIVEIRA



FENOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE CINCO
ESPÉCIES DE *Psychotria* L. (RUBIACEAE) EM UM
REMANESCENTE FLORESTAL URBANO, ARAGUARI, MG



Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia para obtenção do Título de Mestre em Biologia Vegetal, na área de Ecologia Vegetal.

João Semir

Orientador: Prof. Dr. João Semir

Campinas, 2008

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

OI41f

Oliveira, Alexandre Silva de
Fenologia e biologia reprodutiva de cinco espécies de *Psychotria* L. (Rubiaceae), em um remanescente florestal urbano, Araguari, MG / Alexandre Silva de Oliveira. – Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: João Semir.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Fenologia. 2. Biologia - Reprodução. 3. *Psychotria*. 4. Rubiaceae. 5. Heterostilia. I. Semir, João. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

(scs/ib)

Título em inglês: Phenology and reproductive biology of five species of *Psychotria* L. (Rubiaceae) in an urban forest fragment, Araguari, MG.

Palavras-chave em inglês: Phenology; Reproductive biology; *Psychotria*; Rubiaceae; Heterostyly.

Área de concentração: Biologia Vegetal.

Titulação: Mestre em Biologia Vegetal.

Banca examinadora: João Semir, Kikyo Yamamoto, Zefa Valdivina Pereira.

Data da defesa: 28/11/2008.

Programa de Pós-Graduação: Biologia Vegetal.

Campinas, 28 de novembro de 2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Semir (Orientador)


Assinatura

Profa. Dra. Zefa Valdivina Pereira


Assinatura

Profa. Dra. Kikyo Yamamoto


Assinatura

Profa. Dra. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Assinatura

Prof. Dr. George John Shepherd

Assinatura

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que incondicionalmente, lutam pela minha sobrevivência.

Ao João Semir, pelo aceite de orientação, sugestões e paciência que foram fundamentais para que o projeto fosse executado.

Ao George Shepherd, pelas orientações e discussões durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Paulo Eugênio Oliveira, pelo apoio prestado nas mais diversas ocasiões, e também por permitir o uso do microscópio de imagens na Universidade Federal de Uberlândia.

À Cláudia Haddad, que disponibilizou o laboratório do Departamento de Fisiologia Vegetal da Unicamp para os testes sobre germinação das sementes.

Ao Cristiano, à Iara, à Eliana Martins e ao Juan pelo apoio técnico no laboratório de Biologia Reprodutiva e Citogenética.

Ao Júlio Mendes, André Freitas e Fernando Silveira, pela identificação dos insetos.

Ao Jimi Nakajima, que permitiu o uso do herbário da Universidade Federal de Uberlândia, para preparação das exsiccatas.

À Kikyo Yamamoto, pelos valiosos ensinamentos nas aulas de Projetos em Botânica.

Ao Leonardo Galletto, pelas aulas construtivistas e pela ajuda na análise dos dados de produção de néctar.

À Maria Roseli, pela gentileza e agilidade no processamento dos tramites burocráticos.

Aos membros da banca do exame de qualificação, George Shepherd, Eliana Martins e Vera Solferini, pelas críticas e sugestões para melhoria do trabalho.

Aos membros da pré-banca, Cibele Castro, Kikyo Yamamoto e Hélder Consolaro por terem aceitado o convite e pelas sugestões.

À Maria Gabriela pelo auxílio na confecção dos gráficos de fenologia.

À Ana Carolina Rego e ao Heraldo Vasconcelos pela ajuda na análise estatística dos dados.

À Secretaria do Meio Ambiente de Araguari, por permitir o desenvolvimento deste trabalho no Parque Municipal.

Ao Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia, que cedeu os dados climáticos.

Ao CNPq pela bolsa concedida durante a realização deste trabalho.

Obrigado!

ÍNDICE

RESUMO	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS & DISCUSSÃO	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

RESUMO

Psychotria, com cerca de 1650 espécies, é o maior gênero da família Rubiaceae. A maior parte dos representantes desse grupo são arbustos que habitam o subosque das formações florestais tropicais do mundo inteiro. Muitas espécies são heterostílicas. Aspectos sobre a reprodução de algumas espécies desse grupo foram investigados em florestas do Panamá, Costa Rica e Brasil (sobretudo na Mata Atlântica dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Pernambuco). Como poucos estudos envolvendo espécies de *Psychotria* foram realizados nas formações florestais do Domínio Cerrado, este estudo teve como objetivo conhecer a fenologia e biologia reprodutiva de cinco espécies simpátricas de *Psychotria* que ocorrem nesse ecossistema. As espécies escolhidas foram *P. trichophoroides* Muell. Arg., *P. prunifolia* (Kunth.) Steyerl., *P. hoffmannseggiana* (Roem & Schult) Muell. Arg., *P. gracilentia* Muell. Arg. e *P. cephalatha* (Muell. Arg.) Standl. O estudo foi desenvolvido em um fragmento urbano (11 ha) de Floresta Estacional Semidecídua, localizado no município de Araguari, Minas Gerais. Antes do início da floração, 100 indivíduos de *Psychotria* (20 de cada espécie) foram marcados, aleatoriamente, em toda área de estudo e tiveram seu comportamento fenológico observado, mensalmente, entre março de 2006 e fevereiro de 2008. Durante as observações, determinou-se o período de mudança foliar (brotação e senescência), floração (produção de flores) e frutificação (produção de frutos). Os visitantes florais de cada espécie foram coletados ou fotografados e identificados por especialistas. A eficiência desses visitantes na frutificação foi averiguada por meio da comparação entre a taxa de produção de frutos em inflorescências ensacadas e abertas. Além disso, o sistema reprodutivo de cada espécie foi analisado por meio de polinizações manuais e análise da germinação dos grãos de pólen e crescimento dos tubos polínicos. A morfometria floral e produção de néctar foram descritas para *P. trichophoroides* e *P. prunifolia*. As espécies apresentaram pico de brotação no início da estação chuvosa. O desenvolvimento de novas folhas foi seguido pela emissão de inflorescências, no entanto, o pico de floração para cada espécie foi distinto e sequencial. A produção de flores em cada espécie ocorreu por, aproximadamente, um mês, e a sincronia entre os indivíduos da população foi alta. A frutificação e queda de folhas foram maiores durante a estação seca. *P. trichophoroides* e *P. prunifolia* possuem flores maiores que as demais espécies e foram visitadas, principalmente, por abelhas grandes (*Epicharis*, *Euglossa*, *Rhathymus* e *Bombus*). Vespas, borboletas, mariposas e dípteros também foram vistos visitando as flores dessas espécies. Os dados de morfometria floral mostraram a existência de dois grupos distintos de flores: flores brevistilas e longistilas de *P. trichophoroides*. O único tipo de flor encontrado em *P. prunifolia* é mais parecido com as flores longistilas de *P. trichophoroides*. Houve formação de frutos, através da autopolinização espontânea, nas inflorescências ensacadas de *P. prunifolia* e *P. gracilentia*. Nessas espécies, também, foi verificada a germinação dos grãos de pólen e crescimento dos tubos polínicos, nos tratamentos de autopolinização manual. As demais espécies apresentam um sistema de auto-incompatibilidade heteromórfico, no qual a formação de frutos só ocorre mediante polinizações entre flores longistilas e brevistilas. As espécies heterostílicas são xenógamas, apresentando um sistema de auto-incompatibilidade e incompatibilidade entre tipos florais semelhantes, como o descrito para outras espécies de Rubiaceae. Em contrapartida, as espécies não heterostílicas são autógamas. A produção de néctar não foi significativamente diferente entre os tipos florais encontrados. Os resultados obtidos nesse trabalho indicam que tanto os fatores abióticos (pluviosidade), quanto filogenéticos são importantes na regulação do ciclo fenológico das espécies de *Psychotria*. No que diz respeito aos fatores bióticos, a competição por polinizadores parece ser uma pressão seletiva que influencia a fenologia da floração. As espécies se mostraram generalistas, sendo visitadas por uma diversidade de insetos. No entanto, as abelhas foram os visitantes mais frequentes e parecem ser os mais eficientes na polinização dessas espécies.

Palavras-chave: *Psychotria*, fenologia, biologia reprodutiva, heterostilia, monomorfismo.

ABSTRACT

Psychotria, with about 1650 species, is the largest genus of the family Rubiaceae. Most of the representatives of that group are shrubs, which inhabit the subcanopy of tropical forest formations around the world. Many species are heterostyly and have a heteromorphic self-incompatibility. Issues on the reproduction of some species have been investigated in the forests of Panama, Costa Rica and Brazil (particularly in the Atlantic Forest in the states of Sao Paulo, Minas Gerais, Pernambuco and Rio de Janeiro). As few studies involving *Psychotria* species of forest formations were made in the Cerrado, this study aimed to know the reproductive biology of five *Psychotria* that occur together in that biome. The species were *P. trichophoroides* M. Arg., *P. prunifolia* (H.B.K.) Steyererm., *P. hoffmannseggiana* (Roem & Schult) M. Arg., *P. gracilentia* M. Arg., and *P. cephalata* (M. Arg.) Standl. The study was conducted in an urban fragment (11 ha) of semideciduous forest, located in the municipality of Araguari, Minas Gerais. The climate of the region is seasonal, with a dry season, from April to September, and a rainy season, between October and March. Before the beginning of flowering, one hundred individuals of *Psychotria* (twenty of each species) were marked at random, throughout the study area and had observed their behavior phenologic, monthly, between March 2006 and February 2008. It was determined the period of change leaf (shooting and senescence), flowering (production of flowers) and fruit (production of fruit). Visitors floral species were collected or photographed and identified by specialist. The efficiency of these visitors was investigated by the rate of production of fruits in inflorescences bagged and control. Moreover, the system of incompatibility of each species were examined by manual pollination and analysis of germination and growth of pollen tubes. The morphology floral and production of nectar were described for *P. trichophoroides* and *P. prunifolia*. The species had a single peak of shooting at the beginning of the rainy season. The development of new leaves was followed by the issuance of inflorescences. The peak of flowering for each species was distinct and sequential. The production of flowers occurred for roughly a month. Synchrony between individuals of the population was high. The fall of leaves and fruit were higher during the dry season. The two species, whose flowers are bigger, have been visited, mainly by large bees (*Epicharis*, *Euglossa*, *Rhathymus* and *Bombus*). The other species, with smaller flowers, were visited by small bees (*Augochloropsis*, *Apis* and *Trigona*). Wasps, butterflies, moths, flies and mosquitoes also were seen visiting the flowers of *Psychotria* species. There was formation of fruit in bagged head of *P. prunifolia* and *P. gracilentia*. In these species there was the germination and growth of pollen tubes in treatments of self-pollination. The other species are heterostyly and have a heteromorphic self-incompatibility, in which the formation of fruit only occurs through pollination between different kinds of flowers. Data from floral morphology showed the existence of two distinct groups of flowers. The thrum flowers can be characterized by greater length of fillets, floral tube and stigma surface. In contrast, the pin flowers have greater stylos. Three species are heterostyly and have a heteromorphic self-incompatibility system, as described for other species of Rubiaceae. However, the other two are monomorphic and self-compatibility. The production of nectar was not significantly different between flowers. The results in this study indicate that both the abiotic factors, as phylogenetic are important in regulating the cycle phenology of *Psychotria* species. The species were generalists, being visited by a diversity of insects. However, the bees were the most frequent visitors and seem to be more efficient in the pollination of these species.

Key-words: *Psychotria*, phenology, reproductive biology, heterostyly, monomorph

INTRODUÇÃO

Rubiaceae, com aproximadamente 650 gêneros e 13000 espécies, é a quarta maior família de plantas com flores, após Asteraceae, Orchidaceae e Fabaceae *lato sensu* (Delprete 2004). As espécies desse grupo são facilmente reconhecidas por possuírem folhas opostas com estípulas interpeciolares e ovário ínfero. Apesar da família possuir espécies distribuídas em todas as regiões do mundo, a maioria delas são encontradas em regiões tropicais onde os estudos sobre a flora são escassos e muitas espécies endêmicas ainda podem ser descobertas (Pailler & Thompson 1997). Estima-se que quase a metade das espécies e um terço dos gêneros descritos em Rubiaceae ocorram na região neotropical (Delprete 2004). A família é bem representada no Brasil, ocorrendo cerca de 130 gêneros e 1500 espécies (Souza & Lorenzi 2005). Segundo Delprete (2004), várias espécies de Rubiaceae têm sido utilizadas pelo homem na medicina (espécies do gênero *Cinchona* são fontes de quinina), como bebidas (o café, o jenipapo), em rituais religiosos (*Psychotria viridis* é utilizada na preparação da ayahuasca), na ornamentação (*Mussaenda*, *Ixora*, *Gardenia* e *Pentas*) e também como fontes naturais de corantes (*Genipa* sp. e *Rubia tinctorum*).

Psychotria, o maior gênero de Rubiaceae, pertence à subfamília Rubioideae e à tribo Psychotrieae (Robbrecht & Manen 2006). Da forma como o gênero está delimitado, estima-se que haja cerca de 1650 espécies, sendo que 700 ocorrem no Novo Mundo, 700 na Ásia e Oceania e 250 na África (Hamilton 1990). A maioria das espécies de *Psychotria* são arbustos ou subarbustos umbrófilos que habitam o subosque das florestas tropicais do mundo inteiro, mas árvores, lianas, ervas e epífitas também ocorrem no gênero. De uma forma geral, os membros desse grupo são caracterizados por possuírem flores pequenas, com tubo estreito e coloração esbranquiçada, reunidas em inflorescências com formas variadas (panículas, laxos, glomérulos) sendo polinizadas preferencialmente por insetos himenópteros, lepidópteros e dípteros (Delprete 2001). No entanto, inflorescências com brácteas atrativas surgiram em algumas linhagens em conjunção com a

polinização por aves (Taylor 1997). *Psychotria* pode ser utilizado para analisar a evolução do sistema reprodutivo nas Angiospermas, tendo em vista que espécies com diferentes mecanismos sexuais (hermafroditismo, heterostilia e unisexualidade funcional) podem ser encontrados no gênero (Nepokroeff *et al.* 1999).

A heterostilia é um polimorfismo floral, no qual, a população possui dois (distília) ou três (tristília) tipos de indivíduos, cujas flores diferem reciprocamente entre si na altura dos estigmas e anteras (hercogamia recíproca). Indivíduos longistilos possuem flores com o estilete longo e o estigma localizado acima das anteras. Em contrapartida, nos indivíduos brevistilos o estilete é curto e o estigma está abaixo das anteras (Ganders 1979, Barrett 1992). Na tristília, além da presença dos indivíduos longistilos e brevistilos, há também os indivíduos medistilos na população (Ganders 1979). Espera-se que a população de uma espécie heterostílica seja isoplética, isto é, constituída por indivíduos de diferentes tipos em proporções semelhantes (Hamilton 1990). Além da hercogamia recíproca e isopleia, a maioria das espécies heterostílicas possui um sistema heteromórfico de incompatibilidade, no qual os cruzamentos viáveis só ocorrem entre flores de tipos diferentes (Barrett 1992). De acordo com Barrett *et al.* (2000), a heterostilia parece ter surgido independentemente em 28 famílias botânicas, o que lhe confere certa variabilidade. Porém, como muitas características morfológicas (hercogamia recíproca) e até mesmo fisiológicas (sistema heteromórfico de incompatibilidade) são semelhantes entre espécies heterostílicas de grupos distintos, acredita-se que a presença da heterostilia seja um tipo de evolução convergente.

Darwin (1877), no livro “Flores diferentes em plantas da mesma espécie”, mostrou-se surpreso com o maior número de gêneros heterostílicos dentro da família Rubiaceae e relatou a presença desse polimorfismo em duas ou três espécies de *Psychotria* nativas do Brasil. Ao todo ele citou a presença da distília em 17 gêneros de Rubiaceae. Mais de noventa anos depois do livro escrito por Darwin, Bir Bahadur (1968) fez uma revisão sobre a ocorrência da heterostilia em Rubiaceae, citando 416 espécies e 91 gêneros distílicos, sendo relatada a presença desse mecanismo reprodutivo em espécies de diferentes subfamílias, sobretudo em Rubioideae.

Nos últimos anos, diversos trabalhos descrevendo a biologia reprodutiva de espécies de Rubiaceae foram realizados em distintas localidades do mundo (Barrett 1992). Na região neotropical, estudos com espécies da tribo Psychotrieae (principalmente *Palicourea*, *Psychotria* e *Rudgea*) já foram conduzidos no México por Pérez-Nasser *et al.* (1993) e Contreras & Ornelas (1999); na Costa Rica por Bawa & Beach (1983), Hamilton (1990), Stone (1995), Ree (1997) e Faivre & McDade (2001), e na Venezuela por Sobrevila *et al.* (1983). No Brasil, a maioria dos estudos de biologia reprodutiva com espécies da tribo Psychotrieae foi realizada na região sudeste principalmente no Domínio da Mata Atlântica. Grandisoli (1997) realizou estudo pioneiro sobre a biologia reprodutiva de *Psychotria suterella*, num fragmento de vegetação localizado na cidade de São Paulo. A reprodução de *P. birotula*, *P. mapourioides*, *P. pubigera*, *Rudgea jasminoides* e *P. nuda* foi investigada num fragmento de Floresta Ombrófila Densa no litoral norte do estado de São Paulo (Castro *et al.* 2004, Castro & Araújo 2004). Na Zona da Mata, no estado de Minas Gerais, Rossi *et al.* (2005) compararam a morfologia floral de *P. ipecacuanha* em três populações. Nessa mesma região, Pereira *et al.* (2006) investigaram alguns aspectos da reprodução de oito espécies de Psychotrieae. A biologia reprodutiva de *P. tenuinervis* foi analisada por Virilo *et al.* (2007) numa reserva particular em Saquarema, RJ, enquanto Fonseca *et al.* (2008) estudaram a biologia reprodutiva de *P. brachypoda* na Ilha Grande - RJ. A biologia reprodutiva de diversas espécies de Rubiaceae também foi estudada por Pereira (2007) numa formação vegetacional localizada na Várzea do rio Ivinhena – MS. Na região nordeste, Teixeira & Machado (2004) realizaram estudo com *Psychotria barbiflora* num fragmento de Mata Atlântica em Recife – PE. No Domínio do Cerrado, os primeiros trabalhos de biologia reprodutiva com espécies heterostílicas de Psychotrieae foram conduzidos por Silva (1995) em *Palicourea rigida* numa área de Campo Sujo do Distrito Federal. Coelho & Barbosa (2003, 2004) também investigaram a biologia reprodutiva de *Palicourea macrobotrys* e *Psychotria poeppigiana* numa Mata de Galeria Inundável, no município de Uberlândia - MG. Mais recentemente, Consolaro (2008) estudou a reprodução de várias espécies

dessa tribo em Brasília – DF. No Domínio Amazônico, Santos *et al.* (2008) analisaram a reprodução de *Psychotria spectabilis* e *Palicourea cf. virens*.

Apesar de existir um grande número de trabalhos descrevendo a biologia reprodutiva de espécies de Rubiaceae, nem todos se preocuparam em abordar a fenologia. Geralmente, quando essa é tratada, maior importância se dá para as fenofases de floração e frutificação, sendo poucos os trabalhos que analisaram a brotação e a senescência (San Martin-Gajardo & Morellato 2003). No Brasil, estudos fenológicos com espécies de *Psychotria* foram conduzidos principalmente na região litorânea, onde a sazonalidade climática é menor. No estado do Rio de Janeiro, Almeida & Alves (2000) descreveram a fenologia, polinização e dispersão dos frutos em *P. nuda* e *P. brasiliensis*, enquanto Ramos & Santos (2005) compararam os aspectos fenológicos de *P. tenuinervis* em diferentes fragmentos florestais. No estado de São Paulo, o comportamento fenológico de dez espécies de Rubiaceae foi descrito por San Martin-Gajardo & Morellato (2003), enquanto Lopes & Buzato (2005) estudaram a fenologia de *P. suterella* em fragmentos florestais distintos.

Os resultados encontrados nos trabalhos de biologia reprodutiva têm mostrado que a maioria das espécies de *Psychotria* possui as características tipicamente descritas para as espécies heterostílicas (Castro *et al.* 2004, Teixeira & Machado 2004, Coelho & Barbosa 2004, Lopes & Buzato 2005, Virillo *et al.* 2007). No entanto, casos de homostilia, monomorfismo, e quebra no mecanismo heteromórfico de incompatibilidade têm sido relatados em algumas espécies (Coelho & Barbosa 2003, Pereira *et al.* 2006, Pereira 2007, Consolaro 2004, 2008, Santos *et al.* 2008). Além do mais, os estudos de fenologia têm mostrado que a floração na maioria das espécies polinizadas por insetos ocorre na estação chuvosa (Castro & Oliveira 2002, Teixeira & Machado 2004, Lopes & Buzato 2005, Ramos & Santos 2005, 2006), enquanto as espécies polinizadas por beija flores tendem a florescer nos meses com menor pluviosidade (Almeida & Alves 2000, Coelho & Barbosa 2004, Santos *et al.* 2008). Quanto à frutificação, parece existir uma relação filogenética entre as espécies, fazendo com que elas frutifiquem numa mesma época (Poulin *et al.* 1999).

Tendo em vista o que foi exposto, o presente estudo teve como objetivo descrever as características fenológicas e reprodutivas de cinco espécies arbustivas de *Psychotria* que ocorrem em uma Floresta Estacional Semidecídua, no município de Araguari, Minas Gerais. Além disso, os resultados encontrados nesse trabalho foram comparados com os dados existentes em literatura a fim de verificar se há padrões nos aspectos analisados, e quais as prováveis causas desses padrões.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento (11 ha) de Floresta Estacional Semidecídua, Bosque Municipal John Kennedy (Figura 1), localizado no município de Araguari, Minas Gerais, Brasil (48° 11' O e 18° 38' S). A maior parte da área é coberta por floresta conservada, mas algumas clareiras naturais e outras antrópicas também podem ser encontradas. A vegetação possui um dossel contínuo, formado por árvores com até 25 m de altura. No levantamento fitossociológico realizado no subosque, por Souza & Araújo (2005), foram amostradas 118 espécies pertencentes a 49 famílias botânicas. De acordo com o hábito de vida, 83,9% dessas espécies são árvores e 16,1% são arbustos. As espécies de *Psychotria* amostradas por esses autores foram *P. cephalantha*, *P. prunifolia*, e *P. platypoda* (= *P. gracilentia*), ocupando respectivamente os 3º, 18º e 41º lugares no Índice de Valor de Importância (IVI). Além dessas espécies, *P. trichophoroides*, *P. hoffmannseggiana* e *P. deflexa* também ocorrem na área de estudo, mas o critério de inclusão adotado no levantamento fitossociológico não permitiu que as mesmas fossem incluídas na amostragem. Das seis espécies de *Psychotria* encontradas no local de estudo apenas *P. deflexa* não foi estudada no presente estudo, pois apresentou baixa densidade de indivíduos na população.

Os dados climáticos utilizados nesse trabalho foram cedidos pelo Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia e coletados na estação experimental que se localiza, aproximadamente, a 40 km da área de estudo. O clima da região é sazonal, sendo caracterizado por um período chuvoso que vai de outubro a abril e outro de estiagem entre maio e setembro. A média anual de precipitação nos últimos 26 anos (1981-2007) foi de 1586,3 mm, sendo 1864,3 mm e 1531,6 mm para os anos de 2006 e 2007, respectivamente. O solo sob a floresta foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro, apresentando textura franco argilosa. É considerado um solo distrófico com altos valores de alumínio trocável (Araújo *et al.* 1997).

Espécies analisadas

As cinco espécies estudadas foram escolhidas pela abundância na área de estudo e devido a facilidade de acesso. O material testemunho encontra-se depositado no herbário da Universidade Estadual de Campinas (UEC) sob os seguintes números: *Psychotria trichophoroides* (155024, 155025), *P. prunifolia* (145019), *P. cephalantha* (145020, 145021), *P. gracilenta* (145022) e *P. hoffmannseggiana* (145015, 145016).

Psychotria trichophoroides Muell. Arg. (Figura 2A) – subarbusto escandente, folhas 4,5-11 x 1-4,5 cm, estípulas persistentes; inflorescência terminal, capituliforme, brácteas 4-20 mm de comprimento, verdes; flores sésseis, corola branca, tubo 9-12 mm de comprimento; frutos subglobosos 3-4 x 3-4 mm, roxos até azuis. Ocorre principalmente nas áreas de borda e clareiras.

P. prunifolia (Kunth) Steyererm (Figura 2B) - Subarbusto ou arbusto com até 1,5m de altura; folhas 4-13 x 2-7 cm, estípulas persistentes; inflorescência terminal, capituliforme, brácteas 10-20 mm de comprimento, verdes; flores sésseis, corola branca, tubo 10-11 mm de comprimento; frutos elipsóides até subglobosos 4-5 x 3-4 mm, azuis até pretos. Ocorre principalmente no interior da floresta.

P. cephalantha (Muell. Arg.) Standl. (Figura 2C) – Arbustos com até 3m de altura; folhas 4-13 x 2-4,5 cm, estípulas persistentes; inflorescência terminal, esférica, ausência de brácteas; flores sésseis, corola branca, tubo 5-6,5 mm de comprimento; frutos subglobosos 4-5 x 3-4 mm, vermelhos. Ocorre principalmente no interior da floresta.

P. gracilenta Muell. Arg. (Figura 2D) – arbusto ou subarbusto com até 3m de altura; folhas 8-20 x 3-8,5 cm, estípulas persistentes; inflorescência terminal, capituliforme, brácteas 2,5-6 mm de

comprimento, verdes; flores sésseis, corola branca, tubo 5-6,5 mm de comprimento; frutos elipsóides 4-5 x 3,5-5 mm, roxos ou pretos. A inflorescência é capitada e envolta por brácteas, mas seu eixo começa a alongar assim que os frutos iniciam o desenvolvimento. Ocorre principalmente nas áreas de borda e clareiras.

P. hoffmannseggiana (Roem. & Schult.) Muell. Arg. (Figura 2E) – Subarbusto ou arbusto com até 2m de altura; folhas 3,5-13 x 1-6 cm, estípulas persistentes; inflorescência terminal, capituliforme, brácteas 3,5-12 mm de comprimento, verdes; flores sésseis, corola branca, tubo 2-5 mm de comprimento; frutos subglobosos 4-5 x 4-5 mm, roxos ou pretos. Ocorre principalmente no interior da floresta.

Acompanhamento fenológico

As observações fenológicas foram realizadas mensalmente de março de 2006 a fevereiro de 2008, em 20 indivíduos de cada espécie (Augsburger 1983). Durante a amostragem, determinou-se uma distância mínima de 10m entre cada indivíduo da mesma espécie. Além do mais, os indivíduos foram amostrados em quatro regiões distintas do fragmento florestal, procurando abranger toda a heterogeneidade ambiental existente na área (bordas, clareiras, e áreas sob dossel fechado). No período de floração as observações foram quinzenais. Procurou-se determinar a época de ocorrência das fases de: 1) brotamento: período que ocorre o aparecimento de brotos foliares até a expansão das folhas novas; 2) floração: período com flores abertas; 3) frutificação: período que compreende o início do desenvolvimento dos frutos até sua maturação; 4) senescência: período com folhas velhas e amareladas. A classificação dos padrões fenológicos encontrados nas espécies desse estudo seguiu Newstrom *et al.* (1994). Dois métodos de análise foram aplicados aos dados coletados:

- Índice de atividade: é constatada somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não estimando intensidade. Esse método de análise tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico. Ele também estima a sincronia entre os indivíduos de uma população, levando-se em conta que quanto maior o número de indivíduos de uma mesma espécie manifestando a fenofase ao mesmo tempo, maior é a sincronia da população (Bencke & Morellato 2002).

- Percentual de intensidade de Fournier: neste método, os valores obtidos em campo através de uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4) e intervalo de 25% entre cada categoria, permitem estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo. Em cada mês, faz-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e divide-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos amostrados multiplicado por quatro). O valor obtido, que corresponde a uma proporção, é então multiplicado por 100, para transformá-lo em um valor percentual (Fournier 1974).

Visitantes florais e polinizadores

Durante o período de floração das espécies, nos dois anos em que o acompanhamento fenológico foi realizado, os visitantes florais foram observados e tiveram a frequência de visitas anotadas (10 horas observação/espécie). Além disso, procurou-se registrar o comportamento apresentado pelos visitantes durante a exploração das flores a fim de verificar o tipo de recurso coletado, a maneira como o mesmo é coletado, se houve contato com os elementos sexuais, bem como as interações agonísticas entre os visitantes. Exemplos dos insetos visitantes que não puderam ser identificados diretamente no campo, ou fotografias deles foram enviadas a especialistas para posterior identificação.

A partir desses dados, os visitantes florais foram classificados em pilhadores, polinizadores ocasionais e polinizadores efetivos. A categoria dos pilhadores envolve os insetos que se alimentam de néctar sem contribuir com a reprodução da planta, visto que, comumente, eles perfuram o tubo floral e não contactam nas partes reprodutivas da flor. Em contrapartida, os polinizadores ocasionais e efetivos contribuem com a polinização dos indivíduos que compõem a população da espécie e distinguem-se entre si pela frequência de visitas.

Isoplethia

Para verificar se a razão de indivíduos brevistilos e longistilos nas populações é 1:1, vinte plantas de cada espécie foram marcadas em toda área de estudo. Durante a amostragem, determinou-se uma distância mínima de 10m entre cada indivíduo da mesma espécie. Além do mais, os indivíduos foram amostrados em quatro regiões distintas do fragmento florestal, procurando abranger toda a heterogeneidade ambiental existente na área (bordas, clareiras, e áreas sob dossel fechado). Na época da floração foi verificado o tipo floral de cada indivíduo. Considerando que numa espécie heterostílica típica o número de indivíduos brevistilos e longistilos é semelhante na população (1:1), a probabilidade de que vinte indivíduos sejam do mesmo tipo é baixíssima: $P = (1/2)^{20}$, ou seja, $P = 0,000000095$ (ver Hamilton 1990).

Análises de material herborizado das espécies estudadas (três a cinco exsicatas/espécie/herbário) foram conduzidas em cinco herbários do país com o intuito de verificar a ocorrência dos dois tipos florais em diferentes populações. Os herbários visitados foram HUFU (Universidade Federal de Uberlândia), UEC (Universidade Estadual de Campinas), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), UFG (Universidade Federal de Goiás) e RB (Jardim Botânico do Rio de Janeiro).

Sistema reprodutivo

Polinizações experimentais em flores previamente ensacadas foram realizadas para verificar se as espécies apresentam algum sistema de incompatibilidade. No mínimo seis indivíduos de cada espécie foram utilizados nos tratamentos, procurando amostrar tanto indivíduos brevistilos quanto longistilos. Os seguintes tratamentos foram realizados: autopolinizações, polinizações cruzadas ilegítimas entre flores do mesmo tipo e polinizações cruzadas legítimas entre os diferentes tipos florais. O estilete e o estigma das flores tratadas foram coletados e fixados em solução de formaldeído acético, aproximadamente, oito horas após as polinizações manuais. Em laboratório, eles foram amolecidos em solução de hidróxido de sódio, corados com azul de anilina e observados em foto-microscópio de fluorescência para análise da germinação dos grãos de pólen e do crescimento dos tubos polínicos (Martin 1959). A coleta dos estiletos e estigmas após oito horas baseou-se na longevidade das flores, que foi menor que 24 horas nas cinco espécies analisadas.

Como controle para verificar se as flores formam frutos por autopolinização espontânea, foram ensacadas três inflorescências por indivíduo, sendo dez indivíduos para cada espécie (nas espécies heterostílicas metade dos indivíduos amostrados foram brevistilos e a outra metade longistilos). A formação de frutos foi acompanhada da fase de botão até o fim da floração. Outras três inflorescências dos mesmos indivíduos utilizados no teste de autopolinização espontânea foram apenas marcadas (sem ensacar) e acompanhadas para verificar a formação de frutos em condições naturais (controle). A taxa de frutificação para cada espécie foi calculada através da razão de frutos formados por flores marcadas.

Variação floral e produção de néctar em *Psychotria prunifolia* e *P. trichophoroides*

A morfometria floral foi estudada em 55 flores de *P. prunifolia* (média quatro flores/indivíduo) e 70 flores de *Psychotria trichophoroides* (média seis flores/indivíduo). Essas duas espécies foram escolhidas por apresentarem flores maiores, sendo mais fáceis de serem manuseadas durante a obtenção das medidas. Além do mais, enquanto *P. trichophoroides* possui os dois tipos de indivíduos (longistilo e brevistilo) no local de estudo, *P. prunifolia* está representada apenas por indivíduos de um único tipo (ver resultados adiante). Utilizando-se paquímetro digital e estéreo microscópio, foram mensuradas as alturas do estigma e das anteras, bem como o comprimento do tubo floral, da superfície estigmática e das anteras. Além disso, a diferença entre a altura das anteras e a altura do estigma foi verificada. Para cada característica mensurada foram calculados a média e o desvio padrão. O teste-t foi utilizado para testar se as diferenças encontradas entre as flores brevistilas e longistilas de *P. trichophoroides* foram significativas, enquanto ANOVA foi utilizado para verificar a significância das diferenças encontradas entre os três tipos de flores. Esses dois testes foram realizados no programa Systat 8.0. Os dados de morfometria também foram analisados através de técnicas de análise multivariada de agrupamento a fim de averiguar até que ponto as flores longistilas e brevistilas de *Psychotria trichophoroides* juntamente com as flores de *P. prunifolia* formam grupos distintos e quais as características morfológicas que mais contribuem para essa diferenciação. Para realização dessas análises foi utilizado o programa Fitopac (Shepherd 1995).

A produção de néctar foi verificada em 51 flores distribuídas em seis indivíduos de *P. prunifolia* e 37 flores distribuídas em seis indivíduos de *P. trichophoroides* (sendo três indivíduos de cada tipo floral). As flores, previamente ensacadas, foram divididas em três tratamentos: no primeiro tratamento as extrações foram realizadas três vezes no dia (8h, 12h, 16h), no segundo tratamento o néctar foi quantificado duas vezes no dia (12h, 16h) e no terceiro tratamento (controle) foi feita apenas uma extração às 16 horas (néctar acumulado ao longo do dia). Todas as medidas

realizadas em cada tratamento foram conduzidas no mesmo dia e nas mesmas flores. O volume e concentração de néctar produzidos foram medidos e utilizados no cálculo para determinar a quantidade de néctar em miligramas. A partir das médias dos valores encontrados em cada tratamento foi construído o gráfico de produção de néctar (Galetto & Bernadello 2005). A diferença na produção de néctar entre as flores longistilas e brevistilas de *P. trichophoroides* foi analisada através do teste-t, enquanto ANOVA foi utilizada para testar o efeito da extração de néctar na produção total. Ambos os testes foram realizados no programa Systat 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento fenológico

Os resultados dos dois anos de estudo fenológico mostraram que apesar das cinco espécies de *Psychotria* ocorrerem sob clima estacional, todas elas apresentam aspecto sempre verde. Uma vez que essas espécies são comuns no subosque, onde a intensidade de luz é menor, a permanência de folhas fotossintetizantes durante a estação seca é de grande importância, pois algumas árvores do dossel perdem as folhas nessa época do ano, aumentando a quantidade de luz que alcança o subosque (observação pessoal). A senescência foliar foi contínua (*sensu* Newstrom *et. al.* 1994), mas a intensidade dessa fenofase foi baixa em praticamente todos os meses do ano (Figuras 3). Em 2006, no primeiro ano de observação, houve um maior aumento na perda de folhas durante a estação seca, principalmente entre os meses de abril a julho (Figura 3B). Durante esse período, a queda de folhas foi mais marcante em *P. gracilenta* e *P. prunifolia*. Essa situação não foi observada em 2007 (Figura 3B). A precipitação nos meses de dezembro/2005 e janeiro/2006 foi consideravelmente menor à verificada nos meses de dezembro/2006 e janeiro/2007 (Figura 3B). Diferenças na quantidade de precipitação entre as estações chuvosas que antecedem a estação seca podem influenciar o volume de água mantido no solo e conseqüentemente a perda de folhas nas plantas (observação pessoal).

A brotação vegetativa ocorreu somente na estação chuvosa, sendo observados dois picos com diferentes valores de atividade e intensidade (Figura 4). O primeiro pico ocorreu no início da estação chuvosa (out/2006, out-nov/2007), sendo que todos os indivíduos das cinco espécies apresentaram um alto índice de intensidade na produção de novas folhas. O segundo pico aconteceu depois que algumas espécies já haviam florescido (jan/2007, jan-fev/2008), sendo verificada a brotação vegetativa, principalmente, nos ramos em que não havia frutos ou inflorescências se desenvolvendo. Em comparação à *Psychotria trichophoroides*, as demais espécies mostraram menores valores de atividade e intensidade nesse segundo pico. Dessa forma, sugerimos que a

brotação das espécies de *Psychotria* é subanual (*sensu* Newstrom *et al.* 1994), já que existem dois picos de produção de folhas por ano. A maior intensidade no segundo pico de brotação foliar em *P. trichophoroides* talvez seja uma estratégia de reprodução assexuada, visto que essa espécie possui hábito subarbustivo escandente.

A senescência contínua e brotação vegetativa durante a estação chuvosa observadas nesse trabalho também foram registradas em estudos de fenologia com espécies de *Psychotria* que ocorrem em outras formações florestais. Porém, enquanto na Floresta Estacional Semidecídua de Araguari a produção de folhas ocorreu num curto espaço de tempo e no início da estação chuvosa, na Floresta Ombrófila Densa do litoral a brotação foi observada praticamente em todos os meses do ano (Almeida & Alves 2000, San Martín-Gajardo & Morellato 2003). Diferenças no tempo de duração da brotação de espécies arbustivas que ocorrem em comunidades vegetais com diferentes condições de pluviosidade também foram descritas por Opler *et al.* (1980) em um estudo fenológico conduzido na Costa Rica. De acordo com Coelho & Barbosa (2004), *P. poeppigiana* exibiu brotação contínua (*sensu* Newstrom *et al.* 1994) mesmo ocorrendo sob clima sazonal do Domínio Cerrado. No entanto, essa espécie ocorre na Mata de Galeria Inundável, onde o suprimento de água é constante o ano todo. Assim, parece evidente que na ausência de um período de estresse hídrico, a duração da brotação das espécies de *Psychotria* é maior.

Após a brotação, as cinco espécies de *Psychotria* iniciaram a produção de inflorescências. Em praticamente todos os meses da estação chuvosa pelo menos uma espécie estava florescendo, enquanto na estação seca não houve floração (Figura 5). A floração das cinco espécies foi anual e regular, apresentando curta duração (*sensu* Newstrom *et al.* 1994). Como a emissão de inflorescências nas espécies de Rubiaceae geralmente ocorre depois da brotação, parece existir uma tendência da maioria dos membros da família em florescer durante a estação chuvosa. Esse padrão parece ser mais evidente nas espécies polinizadas por insetos, já que algumas espécies visitadas por aves florescem na estação seca (Almeida & Alves 2000, Castro & Oliveira 2002, Santos *et al.* 2008). No Nordeste do Brasil, como o período chuvoso ocorre no inverno, Teixeira & Machado

(2004) encontraram *P. barbiflora* (= *P. hoffmannseggiana*) florescendo entre os meses de abril e junho. No estudo conduzido por nós essa espécie também floresceu durante a estação chuvosa, mas nos meses de dezembro e janeiro, mostrando que a pluviosidade tem uma maior importância no estímulo dessas espécies do que o comprimento do dia ou temperatura.

Mesmo havendo sobreposição no período de produção de flores em certas espécies, sobretudo entre *Psychotria prunifolia*/*P. hoffmannseggiana* e *P. gracilentia*/*P. cephalantha*, os picos de atividades e intensidades delas foram distintos e sequenciais (Figura 5). Os índices de atividade encontrados durante o pico de floração das cinco espécies de *Psychotria* apresentaram valores similares (acima de 80%), aos descritos por Augspurger (1983) para *P. horizontalis* em uma Floresta Estacional Semidecídua no Panamá. Esses resultados mostram que durante a floração, a sincronia entre os indivíduos parece ser maior nos ambientes sazonais. Além disso, a época de ocorrência e duração da floração tende a ser mais regular e curta nesses ambientes. Em contrapartida, estudos realizados com espécies de *Psychotria* nas regiões com baixa sazonalidade têm mostrado que muitas espécies florescem mais de uma vez por ano, apresentando floração extensa (sensu Newstrom *et al.* 1994) e menor sincronia entre os indivíduos (Opler *et al.* 1980, Ramos & Santos 2005).

Considerando a classificação fenológica proposta por Gentry (1974), interpretamos que as espécies de *Psychotria* encontradas na Floresta Estacional Semidecídua de Araguari apresentam padrão de floração do tipo cornucópia. A floração sequencial encontrada nessas espécies, como evidenciado por Gentry (1974) para as espécies de *Arrabidaea*, reforça o fato delas se enquadrarem no mesmo tipo de floração. De fato, espécies com morfologia floral semelhante, por serem polinizadas pelos mesmos animais, tendem a florescer em épocas distintas como forma de reduzir a competição por polinizadores e as taxas de cruzamentos interespecíficos. Outros estudos fenológicos, realizados com espécies simpátricas de Rubiaceae, também revelaram esse mesmo padrão (Sobrevila *et al.* 1983, Almeida & Alves 2000, San Martin-Gajardo & Morellato 2003, Pereira *et al.* 2006, Pereira 2007). Floração sequencial é uma estratégia bastante registrada até

mesmo entre as espécies de Rubiaceae filogeneticamente distintas, mas que são polinizadas pelos mesmos agentes. Como exemplos, podemos citar *Rudgea virbunoides* e *Coussarea hydrangeifolia*, visitadas principalmente por himenópteros, além de *Tocoyena formosa* e *Guettarda virbunoides* visitadas por lepidópteros (observação pessoal).

A alta produção diária de flores por indivíduo, apesar de chamar a atenção de um número maior de polinizadores, pode acarretar menor fluxo de visitas entre indivíduos da população, diminuindo assim as taxas de polinizações cruzadas. Porém, observações em espécies que produzem uma grande quantidade de flores por dia têm revelado que variações na quantidade e qualidade do néctar secretado é um fator importante para promover o deslocamento desses vetores entre os indivíduos (Gentry 1974). Em *Palicourea petiolaris* e *Palicourea fendleri* a produção de néctar é muito variável, sendo que em algumas flores o mesmo é produzido de manhã até a tarde, enquanto em outras flores do mesmo indivíduo não há produção alguma (Sobrevila *et al.* 1983). Tal situação parece se repetir nas espécies de *Psychotria* desse estudo, visto que os insetos visitavam apenas algumas flores em cada planta. Além disso, análises sobre a produção de néctar conduzidas em *Psychotria trichophoroides* e *Psychotria prunifolia* revelaram que a quantidade (volume) e qualidade (porcentagem de açúcar) desse recurso variaram entre as flores de um mesmo indivíduo, analisadas no mesmo dia. Outro problema que a alta produção de flores por dia pode acarretar é o risco dela ocorrer num período com condições climáticas desfavoráveis. Durante as observações dos visitantes florais nas espécies de *Psychotria* foi verificado ausência de visitas nos dias chuvosos, o que pode acarretar menor produção de frutos. Assim, apesar da chuva estimular a floração das espécies de *Psychotria*, a sua ocorrência durante a floração pode ser prejudicial à polinização por afastar os potenciais polinizadores.

Nas cinco espécies de *Psychotria* analisadas a frutificação foi anual e regular, apresentando duração extensa (*sensu* Newstrom *et al.* 1994). O índice de atividade dessa fenofase foi alto (Figura 6A), mas o índice de intensidade variou entre as espécies (Figura 6B). Os maiores valores foram encontrados em *P. prunifolia* e *P. gracilentia*, e os menores em *P. trichophoroides*. Os frutos

iniciaram o desenvolvimento logo após a floração e levaram cerca de quatro meses para amadurecerem. Em *P. trichophoroides*, os frutos maturaram no final da estação chuvosa (março-abril), enquanto que nas demais espécies a maturação ocorreu na metade do ano, durante a estação seca (maio-julho). O pico de frutificação para as espécies de *Psychotria* que ocorrem sob clima sazonal tende a ocorrer mais na metade do ano, enquanto que em locais com baixa sazonalidade climática uma alta porcentagem dessas espécies foi verificada frutificando na metade e no final do ano. A produção de frutos carnosos no subosque na metade do ano pode ser uma boa estratégia, tendo em vista que a maior parte das espécies zoocóricas do dossel tende a frutificar no final ou no início do ano (Morellato *et. al.* 2000). Cabe ressaltar que em *P. cephalantha* os frutos só iniciaram o desenvolvimento no início da estação chuvosa seguinte, estando maduros cerca de um ano após a floração.

A disponibilidade dos frutos durante a estação seca também pode ser uma estratégia de ajustamento fenológico ligado às características fisiológicas de dormência das sementes de *Psychotria* (Paz *et. al.* 1999) e ao período favorável de germinação durante a estação chuvosa (Oliveira 1998).

Da mesma forma que na floração, a segregação na época de frutificação entre espécies que compartilham os mesmos dispersores de sementes reduz a competição interespecífica e oferece recursos para os vetores bióticos de uma forma contínua (Poulin *et al.* 1999). Apesar disso, os picos de frutificação das espécies de *Psychotria* desse estudo ocorreram na mesma época, durante os meses da estação seca (abril a agosto). Poulin *et al.* (1999) também encontraram padrão de frutificação agregado para 21 espécies de *Psychotria* em Floresta Estacional Semidecídua do Panamá, sendo que os picos de frutificação dessas espécies coincidiram com a época de maior produção de frutos na floresta, e com o período de migração de algumas espécies de aves. Estudos fenológicos conduzidos em ambientes sem sazonalidade climática acentuada também tem encontrado frutificação agregada entre as espécies de *Psychotria* (Almeida & Alves 2000, San Martin-Gajardo & Morellato 2003). Porém, enquanto nesses ambientes as espécies dispersam seus

frutos na estação chuvosa, nas regiões sazonais o pico de maturação ocorre no final dessa estação, prolongando-se até a estação seca (Opler *et al.* 1980). Na estação seca a porcentagem de espécies arbóreas com frutos carnosos frutificando é menor (Oliveira 1998, Morellato *et. al.* 2000).

Visitantes florais e polinizadores

As flores diurnas e nectaríferas das cinco espécies de *Psychotria* foram visitadas por insetos, principalmente, himenópteros, lepidópteros e dípteros (Tabela 1, Figuras 7 e 8). *P. trichophoroides* e *P. prunifolia* possuem os mesmos visitantes florais possivelmente por apresentarem medidas semelhantes no tamanho do tubo da corola (Tabela 4). As abelhas *Epicharis flava*, *Euglossa* sp. e *Rhathymus* sp. foram consideradas os principais polinizadores para as duas espécies (Figura 7A-E), pois contactavam os órgãos reprodutivos durante a coleta do néctar e apresentaram uma alta frequência de visitas. Em *P. trichophoroides*, as abelhas *Pseudaugochlora* sp. e *Augochloropsis* sp. apesar de freqüentes, foram apenas pilhadoras de néctar. Uma espécie de beija flor, que não foi identificada, realizou duas visitas esporádicas nas flores dessa espécie. As outras três espécies de *Psychotria* analisadas possuem flores semelhantes, mas o tubo da corola é menor do que nas duas espécies já citadas. Os principais polinizadores de *P. hoffmannseggiana* foram as abelhas *Augochloropsis* sp. e *Apis mellifera*. As duas espécies restantes, *P. gracilentia* e *P. cephalantha*, foram visitadas principalmente por uma espécie de díptero da família Bombyllidae (Figura 8B). Diferenças na frequência e no tipo de visitantes em espécies vegetais que apresentam morfologia floral semelhante podem estar relacionadas com as condições climáticas, com a abundância de flores nas plantas bem como com a presença de outras espécies de plantas, também visitadas pelos mesmos grupos de polinizadores (Arruda 1990). Lepidópteros visitaram a maioria das espécies, mas com uma frequência menor que a dos himenópteros (Figura 8C-F). *Ithomia agnosia* foi o único visitante, dentre todos observados, que visitou as flores das cinco *Psychotria* estudadas (Figura 8C).

Os aspectos fenológicos da floração quando associados ao tipo de polinizadores nas espécies de Rubiaceae que ocorrem nas formações florestais (sobretudo, *Psychotria*) parecem revelar dois padrões. Espécies que possuem floração durante a estação chuvosa são polinizadas principalmente por insetos (Castro & Oliveira 2002, Teixeira & Machado 2004, Lopes & Buzato 2005, Ramos & Santos 2006), enquanto aquelas polinizadas por beija-flores tendem a florescer na estação seca

(Almeida & Alves 2000, Castro & Oliveira 2001, Coelho & Barbosa 2003, 2004, Castro & Araújo 2004, Consolaro *et al.* 2005, Santos *et al.* 2008). Esse comportamento pode ser uma adaptação às melhores condições de polinização, ou seja, as espécies tendem a florescer quando a disponibilidade de vetores é maior (San Martin-Gajardo & Morellato 2003). Becker *et al.* (1991) estudando a comunidade de Euglossine na região Amazônica, encontraram que a abundância dessas abelhas e a riqueza das espécies foram significativamente correlacionadas e maiores na estação úmida. Em outro estudo sobre a fauna de abelhas no Domínio do Cerrado, Carvalho & Bego (1996) também encontraram maior abundância e diversidade de espécies no início da estação chuvosa. A floração das espécies ornitófilas de Rubiaceae durante a estação seca pode estar relacionada ao baixo número de outras plantas ornitófilas florescendo na comunidade nessa época do ano (Araújo & Sazima 2003, Machado & Semir 2006).

Ao todo 21 espécies de insetos foram vistas visitando as flores das cinco espécies de *Psychotria* estudadas (Tabela 1). Apesar do estudo ter sido conduzido num pequeno fragmento de vegetação nativa, a riqueza de visitantes florais observada foi relevante e similar a encontrada em trabalhos realizados em fragmentos maiores. Em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, 26 espécies de insetos foram registradas nas flores de *P. tenuinervis*, sendo 15 himenópteros, sete lepidópteros e quatro dípteros (Ramos & Santos 2006). Numa área de Floresta Estacional Semidecídua localizado na cidade de São Paulo, Grandisoli (1997) descreveu 19 espécies de insetos nas flores de *P. suterella*, sendo 16 lepidópteros, dois himenópteros e um díptero. Enquanto que num fragmento vegetacional em Manaus, *P. rosea* foi visitada por 24 espécies, sendo 15 himenópteros, seis lepidópteros e três aves (Sayão 2006). Os demais estudos que analisaram a polinização de espécies de *Psychotria* encontraram menos que cinco espécies de visitantes florais (Almeida & Alves 2000, Castro & Oliveira 2002, Coelho & Barbosa 2004). Esses resultados indicam que as espécies vegetais desse gênero são visitadas por diferentes animais, sendo difícil classificá-las em alguma síndrome de polinização. Tendo em vista a importância dos polinizadores na reprodução das plantas e na manutenção da biodiversidade dos ecossistemas terrestres, plantas

com sistema de polinização generalistas, teoricamente, estão menos vulneráveis à extinção, do que aquelas que possuem polinização especialista (Harris & Johnson 2004). Além do mais, a existência de diferentes tipos de polinizadores é importante em espécies distílicas, pois potencializam o fluxo de pólen entre as flores longistilas e brevistilas (Hamilton 1990). Segundo Beach & Bawa (1980) insetos com aparelho bucal longo, como encontrado nos lepidópteros, polinizariam as flores brevistilas. E, himenópteros, sobretudo as abelhas, seriam mais eficientes na polinização das flores longistilas.

A fragmentação do ambiente natural é uma das principais causas da perda da biodiversidade mundial (Rodger *et al.* 2004). A ocorrência de determinadas espécies de polinizadores, nos diversos fragmentos vegetacionais, parece estar mais relacionada com a matriz na qual o fragmento está inserido e na distância do mesmo às outras áreas de vegetação nativa, do que com o tamanho que ele apresenta (Rodger *et al.* 2004). Assim, apesar desse trabalho ter sido conduzido num pequeno fragmento vegetacional inserido numa matriz urbana, os aspectos fenológicos encontrados são semelhantes aos apresentados por outras espécies de *Psychotria*. Além disso, a riqueza de visitantes florais que foi observada contribuiu com a frutificação nas cinco espécies analisadas.

Isopletia

O número de indivíduos longistilos e brevistilos na população amostrada variou entre as cinco espécies estudadas. *Psychotria cephalantha* (9:11) e *P. hoffmannseggiana* (8:12) foram as espécies que apresentaram maior isopletia, visto que a proporção de indivíduos longistilos e brevistilos na amostra foi a que mais se aproximou da esperada (10:10). *P. trichophoroides* (14:6) apesar de possuir os dois tipos de indivíduos na população, apresentou maior número de indivíduos longistilos, enquanto que todos os indivíduos de *P. prunifolia* e *P. gracilenta* apresentaram apenas flores longistilas.

Populações com número semelhante de indivíduos brevistilos e longistilos é o esperado para as espécies heterostílicas, e é o que ocorre na maioria das espécies de Rubiaceae que já foram estudadas (Sobrevila *et al.* 1983, Castro *et al.* 2004, Rossi *et al.* 2005). Na amostragem realizada na área de estudo, encontramos os dois tipos de indivíduos em *Psychotria trichophoroides*, *P. hoffmannseggiana* e *P. cephalantha*. No entanto, para as espécies *P. prunifolia* e *P. gracilenta*, apenas indivíduos com flores longistilas foram amostrados. Além disso, o tipo floral encontrado na natureza, para cada uma destas espécies, foi também o único encontrado no herbário, incluindo amostras de diferentes localidades (não só Araguari, MG).

O termo monomorfismo tem sido utilizado por diversos autores para caracterizar a população ou a espécie que possui um único tipo de flor. Segundo Hamilton (1990), quando apenas indivíduos longistilos são encontrados, fala-se de monomorfismo longistilo. Em contrapartida, o monomorfismo brevistilo se refere à população composta somente por indivíduos brevistilos. Em ambos os casos, a compatibilidade entre as formas florais semelhantes é condição obrigatória para que a reprodução sexual aconteça (Hamilton 1990). Em *Palicourea petiolaris* e *Hedyotis salzmannii*, ambas da família Rubiaceae, algumas populações possuem número semelhante de indivíduos longistilos e brevistilos, mas em outras apenas os primeiros podem ser encontrados (Sobrevila *et al.* 1983, Riveros *et al.* 1995). Situação semelhante ocorre em *Psychotria*

carthagenensis. Na Estação Ecológica do Panga – MG e no Parque Nacional de Brasília - DF, Consolaro (2004, 2008) encontrou apenas indivíduos longistilos dessa espécie. Porém, na Estação Ecológica de Águas Emendadas – DF e no Parque Nacional das Várzeas do Rio Ivinhema – MS foram encontrados os dois tipos (Consolaro 2008, Pereira 2007). Nesse último local, *Psychotria deflexa* também apresentou população constituída apenas por indivíduos longistilos (Pereira 2007). Em um fragmento de Floresta Estacional Semidecídua, no município de Viçosa – MG, a população de *Psychotria hydrophyloides* é composta apenas por indivíduos brevistilos (Pereira *et al.* 2006). Hamilton (1990), baseado em dados de herbário, encontrou apenas exsicatas com flores brevistilas em três espécies de *Psychotria*, enquanto em outras duas espécies possuíam somente exsicatas com flores longistilas.

Ausência de isopletia também já foi relatada para espécies heterostílicas de outras famílias botânicas. Segundo Arroyo *et al.* (2002), *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae), uma espécie que ocorre na região Mediterrânea, apresenta populações com dois tipos florais e populações com apenas um tipo floral (monomorfismo longistilo). As populações monomórficas foram as menores populações e apresentaram distribuição associada à periferia das áreas de distribuição da espécie. De acordo com Barrett (1988), na espécie tristílica *Eichhornia crassipes* (Pontederiacae) 77% das populações amostradas apresentaram apenas indivíduos de um único tipo (monomorfismo longistilo), 18,4% foram dimórficas e somente em 4,6% das populações, indivíduos com flores dos três tipos foram encontrados. A reprodução vegetativa foi apontada pelos autores como a principal responsável pelo desequilíbrio da estrutura populacional.

Diferenças no número de indivíduos longistilos e brevistilos na população podem ser explicadas por um ou mais fatores, como quebra do mecanismo de auto-incompatibilidade heteromórfico, levando à autopolinização e polinização cruzada entre indivíduos do mesmo tipo; mudanças na diversidade e comportamento dos polinizadores, causando fluxo assimétrico de pólen; propagação vegetativa; e/ou até mesmo fatores genéticos e históricos (Pailler & Thompson 1997).

Duas hipóteses foram levantadas para explicar a ocorrência de monomorfismo longistilo em populações monomórficas (Arroyo *et al.* 2002). A hipótese ecológica leva em consideração que indivíduos brevistilos têm mais dificuldade em colonizar novas áreas visto que o estigma está localizado no interior do tubo floral, sendo necessária a presença de himenópteros e lepidópteros com aparelho bucal comprido para que a polinização cruzada aconteça (Beach & Bawa 1980). Em contrapartida, a superfície estigmática nas flores longistilas está mais acessível permitindo que uma ampla variedade de visitantes faça a polinização cruzada (Beach & Bawa 1980). Em *Narcissus papyraceus* essa hipótese pode ser comprovada, uma vez que nas populações onde apenas um tipo floral foi encontrado os polinizadores com aparelho bucal comprido estavam ausentes (Arroyo *et al.* 2002). A hipótese genética considera que os indivíduos brevistilos são heterozigotos (Aa), assim se uma população for inicialmente constituída por esses indivíduos, em poucas gerações o tipo floral longistilo será restaurado. Já os indivíduos longistilos por serem homozigotos (aa) vão constituir uma população composta apenas por esse tipo floral (Arroyo *et al.* 2002).

Poliploidia frequentemente ocorre nas plantas e teve um papel significativo na especiação das Angiospermas. Dentre vários estudos da evolução da poliploidia poucos relatam a correlação entre o número cromossômico e a ocorrência da distília. Em *Turnera*, espécies diplóides e tetraplóides são distílicas, enquanto as espécies hexaplóides e octaplóides são monomórficas (Barrett & Shore 1987). Segundo Castro *et al.* (2007) *Oxalis pes-caprae* é uma espécie tristílica nativa da África, onde os três tipos florais podem ser encontrados. Na maioria das áreas onde ocorre como invasora, principalmente na região do Mediterrâneo, somente indivíduos brevistilos com reprodução vegetativa foram amostrados. Nas áreas onde é nativa os indivíduos possuem diferentes níveis de ploidia, enquanto que nas áreas invadidas todos indivíduos são pentaplóides. Em *Primula*, as espécies com menor nível de ploidia (2x, 4x) são distílicas, enquanto aquelas com nível de ploidia maiores (6x, 8x, 14x) são homostílicas, com estigma e anteras na mesma altura (Kelso 1992). Naiki & Nagamasu (2004) relataram que em *Damnacanthus*, gênero arbustivo de Rubiaceae comum nas florestas boreais do Oriente, algumas espécies apresentam monomorfismo longistilo.

Em outras espécies, populações distílicas e populações monomórficas podem ocorrer. Em todas as espécies houve uma correlação entre a distília e ploidia. Espécies distílicas são diplóides ($2n=22$) e espécies monomórficas são tetraplóides ($2n=44$). Além disso, em uma das espécies, *D. indicus*, as populações distílicas são diplóides e as monomórficas tetraplóides.

O número cromossômico, comumente, descrito para as espécies de Rubiaceae é $n=11$ (Corrêa 2007). Das espécies de Rubiaceae que já tiveram sua biologia reprodutiva estudada, Corrêa (2007) encontrou número cromossômico $2n=22$ para *Palicourea rígida*, *Psychotria hoffmannseggiana* e *Psychotria trichophora* (= *Psychotria trichophoroides*). Todas essas espécies foram descritas como apresentando heterostilia típica. *Coccocypselum lanceolatum* ($2n=20$), *Psychotria deflexa* ($n=32$) e *Psychotria gracilentia* ($2n=44$) apresentaram número cromossômico diferente de $2n=22$ (Corrêa 2007) e não foram consideradas heterostílicas nos estudos que descreveram a biologia reprodutiva das mesmas (Consolaro 2008, Pereira 2007). Assim, a poliploidia também pode ser um dos fatores responsáveis pela quebra da heterostilia em alguns gêneros de Rubiaceae, inclusive em *Psychotria*. No entanto, cabe ressaltar que outras espécies descritas como heterostílicas (*Psychotria suterella*, *Psychotria sessilis*) apresentaram número cromossômico $2n=44$, indicando que generalizações não podem ser feitas (Corrêa 2007). No entanto, seria interessante avaliar se nas populações onde a autora coletou material para extração de DNA os dois tipos de indivíduos estavam presentes, visto que, em algumas populações, podem ocorrer variações na heterostilia (monomorfismo, homostilia) e em outras não, como é o caso de *Psychotria carthagenensis*. Nessa espécie é comum a ocorrência de populações monomórficas o que pode ser resultado da poliploidia ($2n=44$).

Sistema reprodutivo

Nos experimentos de autopolinização e polinização cruzada realizados nas duas espécies monomórficas, *Psychotria prunifolia* e *P. gracilentia*, não houve diferença no crescimento dos tubos polínicos, sugerindo que essas espécies não possuem o mecanismo heteromórfico de incompatibilidade (Figura 9 e Tabela 2). Em contrapartida, nos experimentos de autopolinização e polinização cruzada ilegítima efetuados em *P. trichophoroides*, *P. hoffmannseggiana* e *P. cephalantha* houve a germinação dos grãos de pólen, mas o crescimento do tubo polínico foi interrompido no estilete das flores longistilas e no estigma das flores brevistilas (Figura 10). Nesses tratamentos, também foram observados que os tubos polínicos possuíam formato em espiral e a deposição de calose ocorreu de maneira irregular, formando “plugs” nos pontos onde os tubos foram interrompidos. Nos experimentos de polinização cruzada legítima os tubos polínicos cresceram de forma retilínea até a base do estilete e a deposição de calose foi regular (Figura 9).

O sucesso reprodutivo das inflorescências ensacadas de *Psychotria trichophoroides* e *P. hoffmannseggiana* foi baixo, quando comparado com aquele encontrado nas inflorescências que foram expostas aos polinizadores. Em contrapartida, *P. prunifolia* e *P. gracilentia* apresentaram valores altos de frutificação nos dois tratamentos (Tabela 3). Este resultado, combinado com os encontrados nas análises de crescimento do tubo polínico, evidenciam que ocorreu quebra no mecanismo de incompatibilidade nessas duas espécies.

Alguns estudos têm mostrado que espécies heterostílicas possuem uma relação entre o nível de incompatibilidade e a razão de indivíduos de cada tipo floral na população. *Palicourea petiolaris*, apesar de distílica, possui algumas populações onde apenas indivíduos longistilos são encontrados. Nessas populações, o nível de incompatibilidade foi menor que nas populações onde ocorreu isopletia (Sobrevila *et al.* 1983). Além disso, espécies que apresentam variações da distília, como monomorfismo e homostília, tendem a ser auto-compatíveis (Sobrevila *et al.* 1983, Coelho & Barbosa 2003). Exceções ocorrem em *Psychotria hydrophyloides* e *Manettia cordifolia*, onde não

houve formação de frutos na população constituída apenas por indivíduos do mesmo tipo floral (Pereira *et al.* 2006, Consolaro *et al.* 2005). Nesses casos, essas espécies monomórficas devem apresentar um sistema de incompatibilidade tardio, visto que tubos polínicos foram vistos percorrendo o estilete (Consolaro *et al.* 2005).

Na maioria das espécies heterostílicas, a inibição do tubo polínico nos tratamentos de autopolinização e polinização cruzada entre tipos florais semelhantes parece ocorrer no estigma das flores brevistilas e no estilete das flores longistilas (Bawa & Beach 1983). Porém, em *Palicourea officinalis* a interrupção ocorreu no estilete dos dois tipos florais (Consolaro 2008), enquanto que em outros gêneros de Rubiaceae, como *Faramea* e *Coussarea*, a inibição ocorreu no estigma tanto nos indivíduos longistilos, quanto nos brevistilos (Bawa & Beach 1983, Pereira 2007).

É preciso considerar que muitos estudos que tratam da heterostilia e do mecanismo de incompatibilidade usam o termo auto-incompatibilidade para a incompatibilidade entre tipos florais semelhantes. No entanto, trabalhos têm mostrado que certas espécies, apesar de serem auto-incompatíveis, são capazes de formar frutos nos tratamentos de polinização cruzada entre indivíduos do mesmo tipo. Pérez-Nasser *et al.* (1993) relataram a presença da autoincompatibilidade em *Psychotria faxlucens*, mas houve formação de frutos em polinizações cruzadas realizadas entre indivíduos brevistilos, situação semelhante àquela encontrada em *P. nuda* e *Gaertnera vaginata* (Castro & Araújo 2004, Pailler & Thompson 1997). Em *P. ipecacuanha*, a frutificação ocorreu após polinizações cruzadas entre indivíduos longistilos, enquanto que *P. poeppigiana* apresentou frutos em ambos os tratamentos mencionados acima (Coelho & Barbosa 2004). Os resultados encontrados nas espécies de *Psychotria* do presente estudo indicam a presença dos mecanismos de auto-incompatibilidade e incompatibilidade entre tipos florais semelhantes nas três espécies que possuem indivíduos longistilos e brevistilos na população. As espécies monomórficas, *P. prunifolia* e *P. gracilentia*, apresentaram autocompatibilidade e compatibilidade entre tipos florais semelhantes.

A comparação entre os três tipos de flores (Figura 11) mostrou que as flores longistilas de *Psychotria prunifolia* são mais semelhantes morfologicamente às flores longistilas de *P. trichophoroides*. Além disso, as flores brevistilas dessa última espécie apresentaram maiores médias para todas as características analisadas, exceto altura do estigma (Tabela 4).

De uma forma geral, os diferentes métodos utilizados na Análise de Agrupamento evidenciaram bem a formação de dois grupos (Figura 12). Um dos grupos corresponde às flores brevistilas de *Psychotria trichophoroides* e o outro é constituído por flores longistilas de ambas as espécies. Apesar das diferenças entre as flores longistilas das duas espécies ficarem evidentes em algumas análises (Camberra+UPGMA, Camberra+Ward), em todas elas pelo menos algumas flores longistilas de *P. trichophoroides* agruparam-se às flores longistilas de *P. prunifolia* (Figura 12). Vale ressaltar que em alguns métodos (Camberra+Ligação Mínima), a distinção entre esses grupos não foi verificada (Figura 13). A correlação cofenética foi alta (maior que 95%) em todas as análises realizadas (Tabela 5). Na ordenação, utilizando-se Análise de Componentes Principais (PCA) de Covariância, também foi observada a formação de dois grupos semelhantes aos descritos anteriormente. A variância encontrada no primeiro eixo (85,55%) foi quase o dobro da esperada, podendo ser explicada por mais de 97,11% nos dois eixos iniciais (Tabela 6). No gráfico biplot (Figura 14), a altura e o comprimento do estigma foram as variáveis que mais contribuíram para a separação das flores brevistilas de *P. trichophoroides*, das demais (Tabela 7). A separação entre as flores longistilas desta espécie com as flores de *P. prunifolia* não foi tão nítida.

A relação entre o tipo de flor e o comprimento do tubo floral sugere que a heterostilia deve estar sob efeito filogenético ou ontogênico em Rubiaceae, já que na maioria das espécies estudadas, as flores brevistilas apresentaram maior comprimento do tubo floral (Faivre & McDade 2001). Em *Guettarda scabra* (Rubiaceae) a altura da antera e estigma apresentaram distribuição contínua, mas a diferença entre altura da antera e estigma foi bimodal, graças ao maior comprimento do tubo floral

nas flores brevistilas (Richards & Koptur 1993). No entanto, estudos mais recentes têm mostrado que em algumas espécies as flores longistilas podem ser maiores (Massinga *et al.* 2005, Pereira 2007, Consolaro 2008). Outra característica morfológica que difere entre as flores é o tamanho do estigma. Diversas espécies, principalmente dentro da família Rubiaceae, apresentam valores maiores para essa medida nas flores brevistilas (Castro *et al.* 2004, Coelho & Barbosa 2004, Rossi *et al.* 2005, Pereira *et al.* 2006, Pereira 2007, Consolaro 2008), o que pode ocasionar um aumento no recebimento de pólen e um maior sucesso reprodutivo nesses indivíduos. Porém, outros autores afirmam que a deposição de pólen nas flores longistilas pode ser maior, já que o estigma está para fora do tubo floral e pode entrar em contato com os polinizadores mais facilmente (Hamilton 1990).

A produção de néctar por flor foi menor que 1mg nos diferentes tratamentos realizados. Não houve efeito da extração de néctar na produção total, indicando que independentemente do número de extrações realizadas por dia numa mesma flor, a quantidade de néctar encontrada no final do dia será a mesma. Além disso, não houve diferença na produção de néctar entre os tipos florais analisados (Tabela 8).

A quantidade de néctar em miligrama não variou muito nas duas espécies de *Psychotria* que são visitadas pelos mesmos insetos. Também não houve diferenças significativas entre as flores longistilas e brevistilas. Além disso, os resultados encontrados nesse trabalho são semelhantes ao descritos por Consolaro (2008) para quatro espécies de *Palicourea* que também ocorrem no Cerrado. No entanto, as espécies de *Palicourea* apesar de secretarem um maior volume de néctar, possuem uma menor concentração de açúcar. Em contrapartida, as espécies de *Psychotria*, produzem menor volume de néctar, mas com uma concentração maior. Essas diferenças podem estar relacionadas à polinização por aves em *Palicourea*, e polinização por insetos na maior parte das *Psychotria*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies de *Psychotria* que ocorrem em florestas sob clima sazonal, quando comparadas com aquelas que habitam as regiões com baixa sazonalidade climática, tendem a apresentar uma menor duração das fenofases e maior sincronia entre os indivíduos da população. Assim, a floração seqüencial parece ser mais evidente nessas espécies. Já nas regiões com baixa sazonalidade climática, como as espécies apresentam um maior período de floração e menor sincronia entre os indivíduos, a visualização da floração seqüencial não é tão nítida. Quanto à frutificação, existe apenas um pico nas florestas sazonais, enquanto que nas florestas úmidas há dois picos. A queda de folhas contínua e brotação na estação chuvosa também foram descritas em ambos locais, mas nas florestas sazonais, a brotação tende a ocorrer no início das chuvas e nas áreas sem sazonalidade climática acentuada, ela ocorre mais na metade da estação chuvosa.

As espécies cujas populações possuem tanto indivíduos brevistilos quanto indivíduos longistilos apresentaram sistema de incompatibilidade típico de outras espécies heterostílicas de *Psychotria* que já foram analisadas, com inibição do tubo polínico ocorrendo no estigma das flores brevistilas e no terço médio do estilete nas flores longistilas, tanto nos tratamentos de autopolinização, quanto nos de polinização cruzada ilegítima. Nos tratamentos de polinização cruzada legítima, houve o crescimento dos tubos polínicos até a base do estilete. Em contrapartida, nas espécies monomórficas, os tubos polínicos cresceram até a base do estilete tanto nos tratamentos de polinizações legítimas quanto de autopolinizações. Além do mais, a taxa de frutificação resultante dos tratamentos de autopolinização espontânea nas espécies com heterostilia típica resultaram em baixas porcentagens de frutos formados, enquanto que os resultados para as espécies monomórficas demonstraram uma quantidade significativa de frutos sendo formada nesse tratamento.

Estudos cromossômicos têm revelado que a ploidia pode ser uma das causas da quebra da heterostilia. Considerando que *Psychotria prunifolia* e *P. gracilentia* são espécies monomórficas,

pelo menos na área de estudo, sugerimos que elas podem ser oriundas de homostilia e posterior seleção da hercogamia para evitar autopolinização e aprimorar as polinizações cruzadas (Barrett & Shore (1987). Ou então, elas podem ser poliplóides, visto que *P. hoffmannseggiana* e *P. trichophoroides* são espécies distílicas e possuem número de cromossomos $2n= 22$, e *P. gracilenta* tem número cromossômico $2n= 44$ (Corrêa 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.M. & ALVES, M.A.S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14: 335-346.
- ARAÚJO, A.C. & SAZIMA, M. 2003. The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the “capões” of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora* 198: 427-435.
- ARAÚJO, G.M, GUIMARÃES, A.J.M., NAKAJIMA, J.N. 1997. Fitossociologia de um remanescente de mata mesófila semidecídua urbana, Bosque John Kennedy, Araguari, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 20: 67-77.
- ARROYO, J.; BARRETT, S.C.H.; HIDALGO, R.; COLE, W.W. 2002. Evolutionary maintenance of stigma-height dimorphism in *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae). *American Journal of Botany* 89: 1242-1249.
- ARRUDA, V.L.V. 1990. Utilização de recursos florais de beira mata por sirfídeos (Díptera, Syrphidae). Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Programa de Pós-graduação em Ecologia. 488p.
- AUGSPURGER, C.K. 1983. Phenology, Flowering Synchrony, and Fruit of Six Neotropical Shrubs. *Biotropica* 15: 257-267.
- BARRETT, S.C.H. & SHORE, J.S. 1987. Variation and evolution of breeding systems in the *Turnera ulmifolia* L. complex (Turneraceae). *Evolution* 41: 340-354.
- BARRETT, S.C.H. 1988. Evolution of breeding systems in *Eichhornia* (Pontederiaceae): a review. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 741-760.
- BARRETT, S.C.H. 1992. Evolution and function of heterostyly. New York: Springer-Verlag, 279p.
- BARRETT, S.C.H.; JESSON, L.K. & BAKER, A.M. 2000. The evolution and function and stylar polymorphisms in flowering plants. *Annals of Botany* 85 (Supplement A): 253-265.

- BAWA, K.S. & BEACH, J.H. 1983. Self-incompatibility systems in the Rubiaceae of a tropical lowland wet forest. *American Journal of Botany* 70: 1281-1288.
- BEACH, J.H. & BAWA, K.S. 1980. Role of pollinators in the evolution of dioecy from distyly. *Evolution* 34: 1138-1142.
- BECKER, P., MOURE, J.S., PERALTA, F.J.A. 1991. More about Euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 23: 586-591.
- BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 269-275.
- BIR BAHADUR 1968. Heterostyly in Rubiaceae: a review. *Journal of Osmania University (Science) Golden Jubilee Special Volume*: 207-238.
- CARVALHO, A.M.C. & BEGO, L.R. 1996. Studies on Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga ecological reserve, Uberlândia, MG, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 40: 147-156.
- CASTRO, C.C. & OLIVEIRA, P.E.A.M. 2001. Reproductive biology of the protandrous *Ferdinandusa speciosa* Pohl (Rubiaceae) in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 24: 167-172.
- CASTRO, C.C. & OLIVEIRA, P.E. 2002. Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic rain forest, SE Brazil. *Plant Biology* 4: 640-646.
- CASTRO, C.C., OLIVEIRA, P.E.A.M., ALVES, M.C. 2004. Breeding system and floral morphometry of distylous *Psychotria* L. species in the Atlantic rain forest, SE Brazil. *Plant Biology* 6: 1-6.
- CASTRO, C.C. & ARAÚJO, A.C. 2004. Distyly and sequential pollinators of *Psychotria nuda* (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, Brazil. *Plant Systematics & Evolution* 244: 131-139.

- CASTRO, S.; LOUREIRO, J.; SANTOS, C.; GARBIN, M.A.; NAVARRO, L. 2007. Distribution of flower morphs, ploidy level and sexual reproduction of the invasive weed *Oxalis pes-caprae* in the western area of the Mediterranean region. *Annals of Botany* 99: 507-517.
- COELHO, C.P. & BARBOSA, A.A.A. 2003. Biologia reprodutiva de *Palicourea macrobotrys* (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 403-413.
- COELHO, C.P. & BARBOSA, A.A.A. 2004. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* (Rubiaceae) em mata de galeria. *Acta Botanica Brasílica* 18: 481-489.
- CONSOLARO, H. 2004. Biologia reprodutiva de duas espécies de Rubiaceae de mata de galeria do Triângulo Mineiro, MG. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. 58p.
- CONSOLARO, H., SILVA, E.B., OLIVEIRA, P.E. 2005. Variação floral e biologia reprodutiva de *Manettia cordifolia* Mart. (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 28: 85-94.
- CONSOLARO, H. 2008. A distilia em espécies de Rubiaceae do bioma Cerrado. Tese de doutorado. Universidade de Brasília. Pós-Graduação em Ecologia. 115p.
- CONTRERAS, P.S. & ORNELAS, J.F. 1999. Reproductive conflicts of *Palicourea padifolia* (Rubiaceae) a distylous shrub of a tropical cloud forest in Mexico. *Plant Systematic and Evolution* 219: 225-241.
- CORRÊA, A.M. 2007. Citotaxonomia de representantes da subfamília Rubioideae (Rubiaceae) nos cerrados do estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Pós-Graduação em Biologia Vegetal. 114p.
- DARWIN, C. 1877. The different forms of flowers on plants of the same species. Jonh Murray, London, UK.
- DELPRETE, P.G. 2001. Notes on some South American species of *Psychotria* subgenus *Heteropsychotria* (Rubiaceae), with observations on rubiaceous taxonomic characters. *Brittonia* 53: 396-404.

- DELPRETE, P. G. 2004. Rubiaceae. In: SMITH, N. *et al.* (Eds.), Flowering plants of the Neotropics. New Jersey: Princeton University Press, p.328-333.
- FAIVRE, A.E. & MCDADE, L.A. 2001. Population-level variation in the expression of heterostyly in three species of Rubiaceae: Does reciprocal placement of anther and stigmas characterize heterostyly? American Journal of Botany 88: 841-853.
- FONSECA, L.C.N.; ALMEIDA, E.M.; ALVES, M.A.S. 2008. Fenologia, morfologia floral e visitantes de *Psychotria brachypoda* (Mull. Arg.) Britton (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, sudeste do Brasil. Acta Botanica Brasilica 22: 63-69.
- FORNUIER, L.A. 1974. Um método cuatitativo para la medición de características fenológicas em árboles. Turrialba 24: 422-423.
- GALETTO, L. & BERNADELLO, G. 2005. Nectar. In: DAFNI A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND B.C. eds. Practical pollinations biology. 261-313.
- GANDERS, F.R. 1979. The biology of heterostyly. New Zealand Journal of Botany 17: 607-635
- GENTRY A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. Biotropica 6: 64-68.
- GRANDISOLI, E.A.C. 1997. Biologia reprodutiva e estrutura da população de *Psychotria suterella* Muell. Arg. (Rubiaceae) em um fragmento de mata secundária em São Paulo, SP. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- HAMILTON, C.W. 1990. Variations on distylous theme in Mesoamerican *Psychotria* subgenus *Psychotria* (Rubiaceae). Memoirs of the New York Botanical Garden 55: 62-75.
- HARRIS, L.F. & JOHNSON, S.D. 2004. The consequences of habitat fragmentation for plant-pollinator mutualisms. International Journal of Tropical Insect Science 24: 29-43.
- KELSO, S. 1992. The genus *Prímula* as a model for evolution in the Alaskan flora. Arctic and Alpine Research 24: 82-87.

- LOPES, L.E. & BUZATO, S. 2005. Biologia reprodutiva de *Psychotria suterella* (Rubiaceae) e a abordagem de escalas ecológicas para a fenologia da floração e frutificação. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 785-795.
- MACHADO, C.G. & SEMIR, J. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área de Mata Atlântica do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 163-174.
- MARTIN, F.N. 1959. Staining and observation pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technology* 34: 125-128.
- MASSINGA, P.H., JOHNSON, S.D., HARDER, L.D. 2005. Heteromorphic incompatibility and efficiency of pollination in two distylous *Pentanisia* species (Rubiaceae). *Annals of Botany* 95: 389-399.
- MORELLATO, L.P.C., TALORA, D.C., TAKAHASI, A., BENCKE, C.S.C., ROMERA, E.C. & ZIPPARRO, V. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- NAIKI, A. & NAGAMASU, H. 2004. Correlation between distyly and ploidy level in *Damnacanthus* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 91: 664-671.
- NEPOKROEFF, M., BREMER, B., SYTSMA, K.J. 1999. Reorganization of the genus *Psychotria* and tribe Psychotrieae (Rubiaceae) inferred from ITS and *rbcL* sequence data. *Systematic Botany* 24: 5-27.
- 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: 141-159.
- OLIVEIRA, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. Pp. 169-192. In: S.M. SANO & S.P. ALMEIDA (orgs.) *Cerrado Ambiente e Flora*. Brasília, EMBRAPA-CPAC.

- OPLER, P.A., FRANKIE, G.W., BAKER, H.G. 1980. Comparative phonological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 68: 167-188.
- PAILLER, T. & THOMPSON, J.D. 1997. Distyly and variation in heteromorphic incompatibility in *Gaertnera vaginata* (Rubiaceae) endemic to La Reunion Island. *American Journal of Botany* 84: 315-327.
- PAZ, H., MAZER, S. J. & MARTINEZ-RAMOS, M. 1999. Seed mass, seedling emergence and environmental factors in seven rain forest *Psychotria* (Rubiaceae). *Ecology* 80(5): 1594-1606.
- PEREIRA Z.V., VIEIRA, M.F., CARVALHO-OKANO, R.M. 2006. Fenologia da floração, morfologia floral e sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragmento florestal do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 471-480.
- PEREIRA, Z.V. 2007. Rubiaceae Juss. do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, Mato Grosso do Sul: florística, sistema reprodutivo, distribuição espacial e relações alométricas de espécies distílicas. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Pós-Graduação em Biologia Vegetal. 223p.
- PÉREZ-NASSER, N.; EGUIARTE, L.E.; PIÑERO D. 1993. Mating system and genetic structure of the distylous tropical tree *Psychotria faxlucens* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 80: 45-52.
- 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: 213-227.
- RAMOS, F.N. & SANTOS, F.A.M. 2005. Phenology of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae) in Atlantic forest fragments: fragment and habitat scales. *Canadian Journal of Botany* 83: 1305-1316.

- RAMOS, F.N. & SANTOS, F.A.M. 2006. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic forest fragment. *Biotropica* 38: 383-389.
- REE, R.H. 1997. Pollen flow, fecundity, and the adaptive significance of heterostyly in *Palicourea padifolia* (Rubiaceae). *Biotropica* 29: 298-308.
- RICHARDS, J.H. & KOPTUR S. 1993. Floral variation and distyly in *Guettarda scabra* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 80: 31-40.
- RIVEROS, G.M., BARRIA, O.R., HUMAÑA, A.M. 1995. Self-compatibility in distylous *Hedyotis salzmannii* (Rubiaceae). *Plant Systematic and Evolution* 194: 1-8.
- ROBBRECHT, E. & MANEN J.F. 2006. Major lineages of Rubiaceae. *Systematic Geography Plant* 76.
- RODGER, J.G., BALKWILL, K., GEMMILL, B. 2004. African pollination studies: where are the gaps? *International Journal of Tropical Insect Science* 24: 5-28.
- ROSSI, A.A.B.; OLIVEIRA, L.O. & VIEIRA, M.F. 2005. Distyly and variation in floral traits in natural populations of *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae). *Revista Brasileira Botânica* 28: 285-294.
- SAN MARTIN-GAJARDO, I. & MORELLATO, L. P. C. 2003. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(3): 299-309.
- SANTOS, O.A.; WEBBER, A.C. & COSTA, F.R.C. 2008. Biologia reprodutiva de *Psychotria spectabilis* Steyrm. e *Palicourea* cf. *virens* (Poepp & Endl.) Standl. (Rubiaceae) em uma floresta tropical úmida na região de Manaus, AM, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 22: 275-285.
- SAYÃO, M.F. 2006. Biologia floral, polinização e fenologia de *Psychotria rosea* Benth. (Rubiaceae). Trabalho de iniciação científica. Universidade Federal do Amazonas, AM.
- SHEPHERD, G.J. 1995. FITOPAC 1. Manual de usuário. Departamento de Botânica, UNICAMP.

- SILVA, A.P. 1995. Biologia reprodutiva e polinização de *Palicourea rigida* Kunth (Rubiaceae). Tese de mestrado. Universidade de Brasília. Departamento de Botânica. 106p.
- SOBREVILA, C., RAMIREZ, N., ENRECH, N.X. 1983. Reproductive biology of *Palicourea fendleri* and *P. petiolaris* (Rubiaceae), heterostylous shrubs of a tropical cloud forest in Venezuela. *Biotropica* 15: 161-169.
- SOUZA, V. C. & LORENZI, H. 2005. Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640p.
- STONE, J.L. 1995. Pollen donation patterns in a tropical distylous shrub (*Psychotria suerrensii*; Rubiaceae). *American Journal of Botany* 82: 1390-1398.
- TAYLOR, C.M. 1997. Conspectus of the genus *Palicourea* (Rubiaceae: Psychotrieae) with the description of the some new species from Ecuador and Colombia. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 224-262.
- TEIXEIRA, L.A.G. & MACHADO, I.C. 2004. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). *Acta Botanica Brasílica* 18: 853-862.
- VIRILLO, C.B.; RAMOS, F.N.; CASTRO, C.C.; SEMIR, J. 2007. Floral biology and breeding system of *Psychotria tenuinervis* Muell. Arg. (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, SE Brazil. *Acta Botanica Brasílica* 21: 879-884.



Figura 1. Local de estudo: Bosque John Kennedy, fragmento de Floresta Estacional Semidecídua localizado no município de Araguari, Minas Gerais, Brasil.

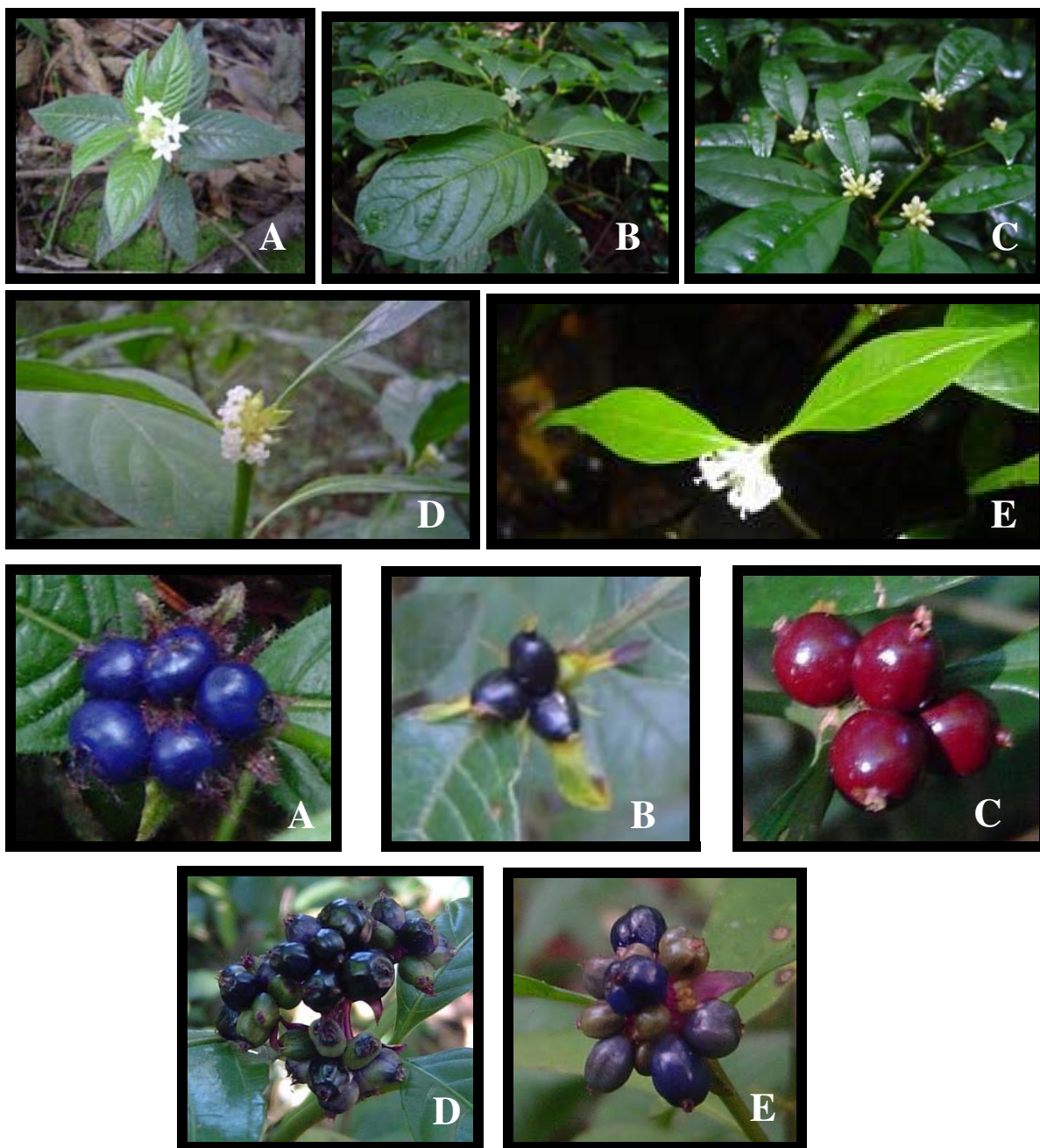


Figura 2. Flores e frutos das espécies de *Psychotria* L. (Rubiaceae) que foram estudadas na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais: A) *P. trichophoroides*, B) *P. prunifolia*, C) *P. cephalantha*, D) *P. gracilentia*, E) *P. hoffmannseggiana*.

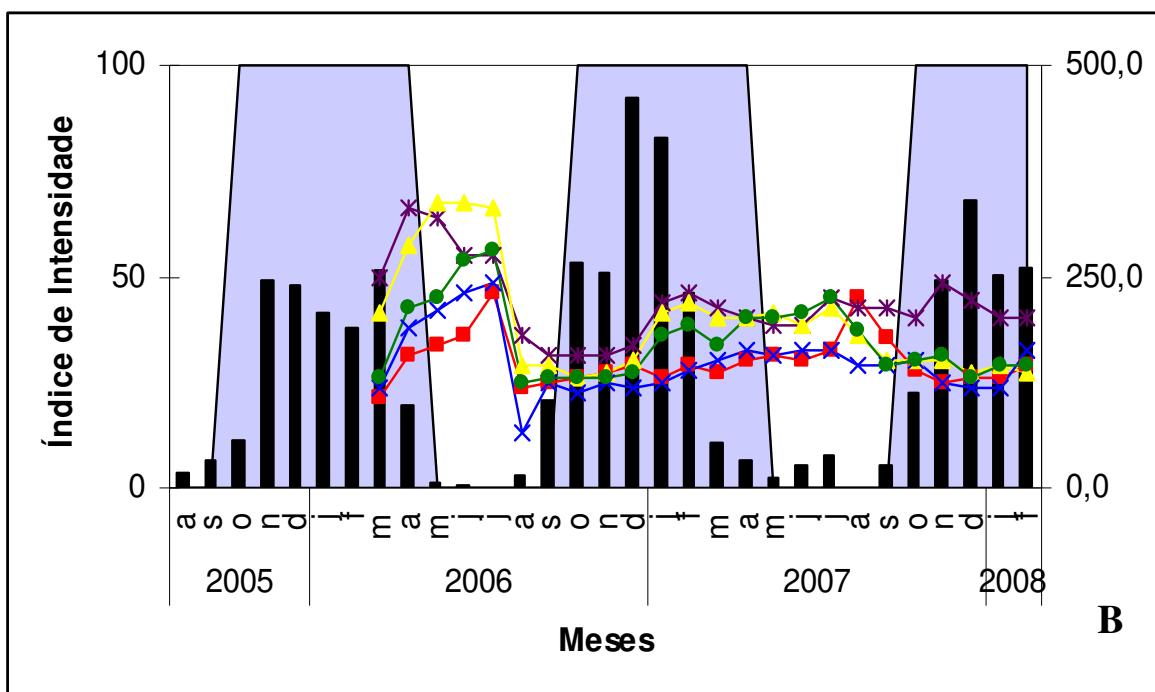
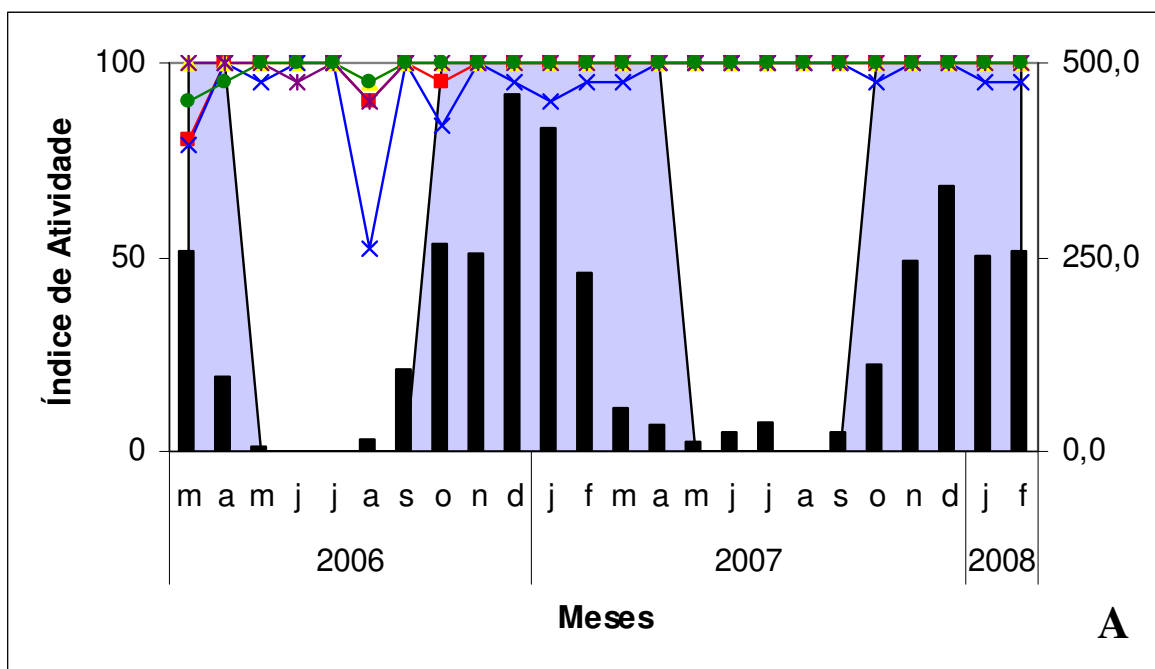


Figura 3. Índice de atividade (A) e intensidade de Fournier (B) da fase de senescência foliar nas espécies de *Psychotria trichophoroides* (—■—), *P. prunifolia* (—▲—), *P. hoffmannseggiana* (—^x—), *P. gracilentia* (—*—) e *P. cephalantha* (—●—) na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. Barras = precipitação total mensal do período de estudo; área em azul = estação chuvosa.

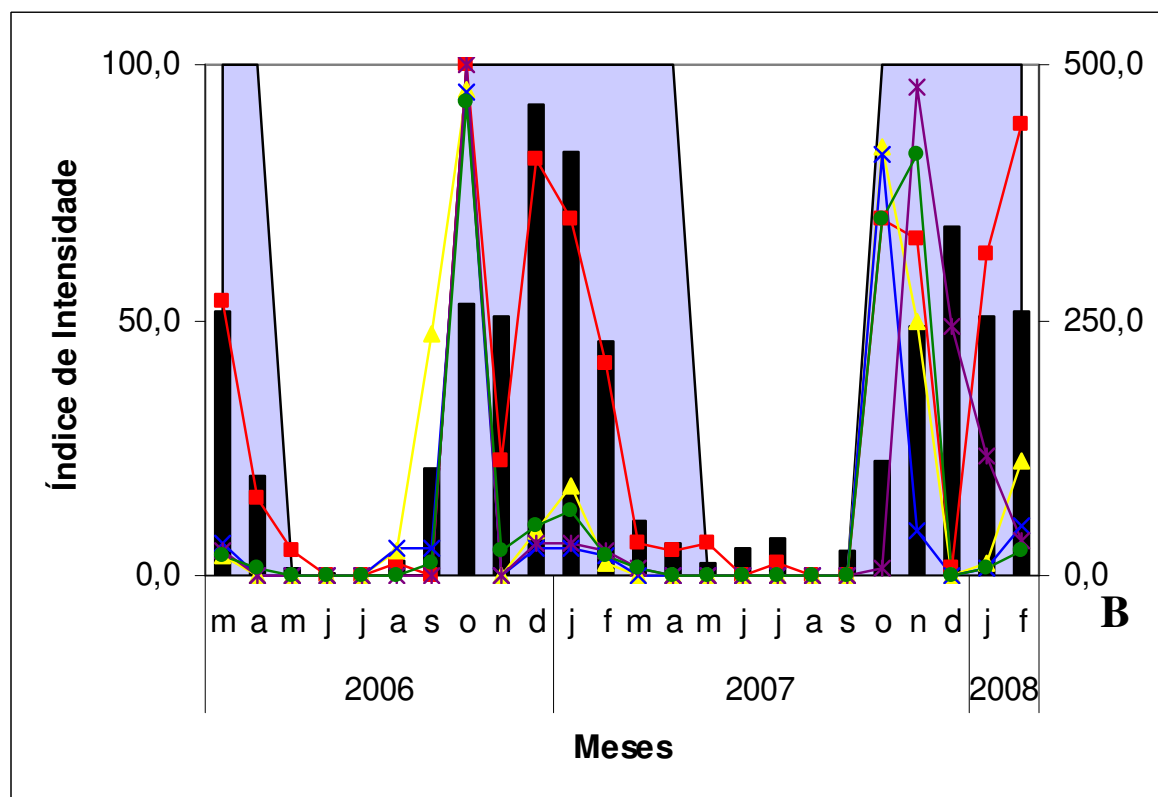
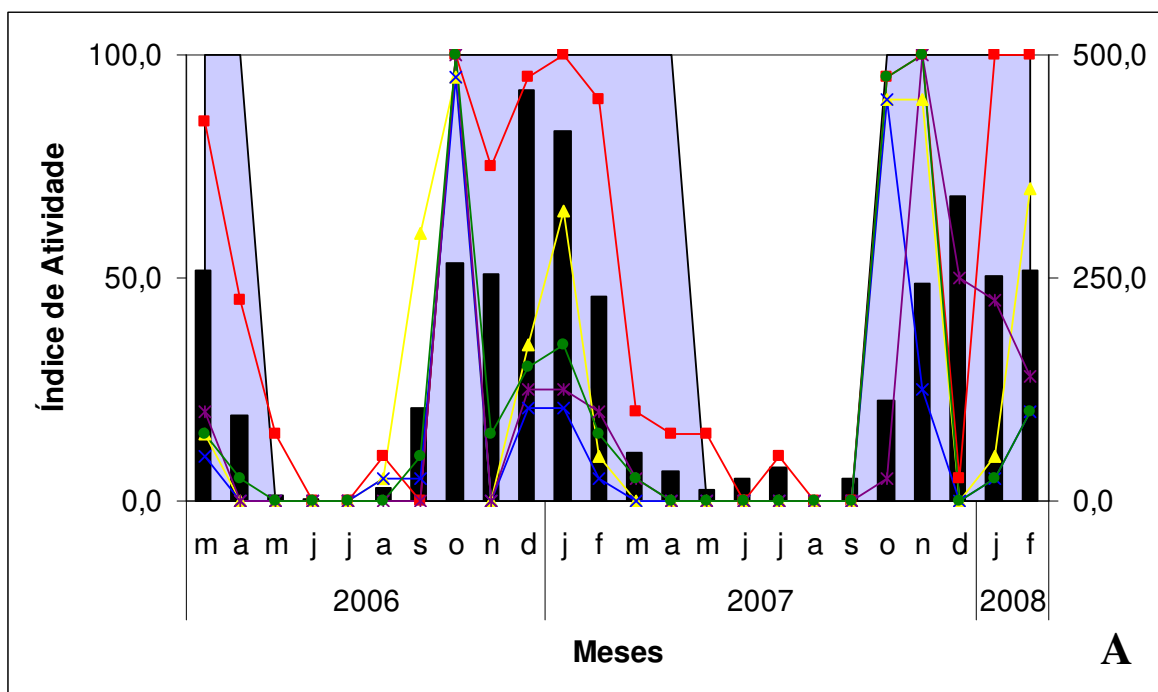


Figura 4. Índice de atividade (A) e intensidade de Fournier (B) da fase de brotamento nas espécies de *Psychotria trichophoroides* (—■—), *P. prunifolia* (—▲—), *P. hoffmannseggiana* (—x—), *P. gracilentia* (—*—) e *P. cephalantha* (—●—) na Floresta Estacional Semidecídua, município de

Araguari, Minas Gerais. Barras = precipitação total mensal do período de estudo; área em azul = estação chuvosa.

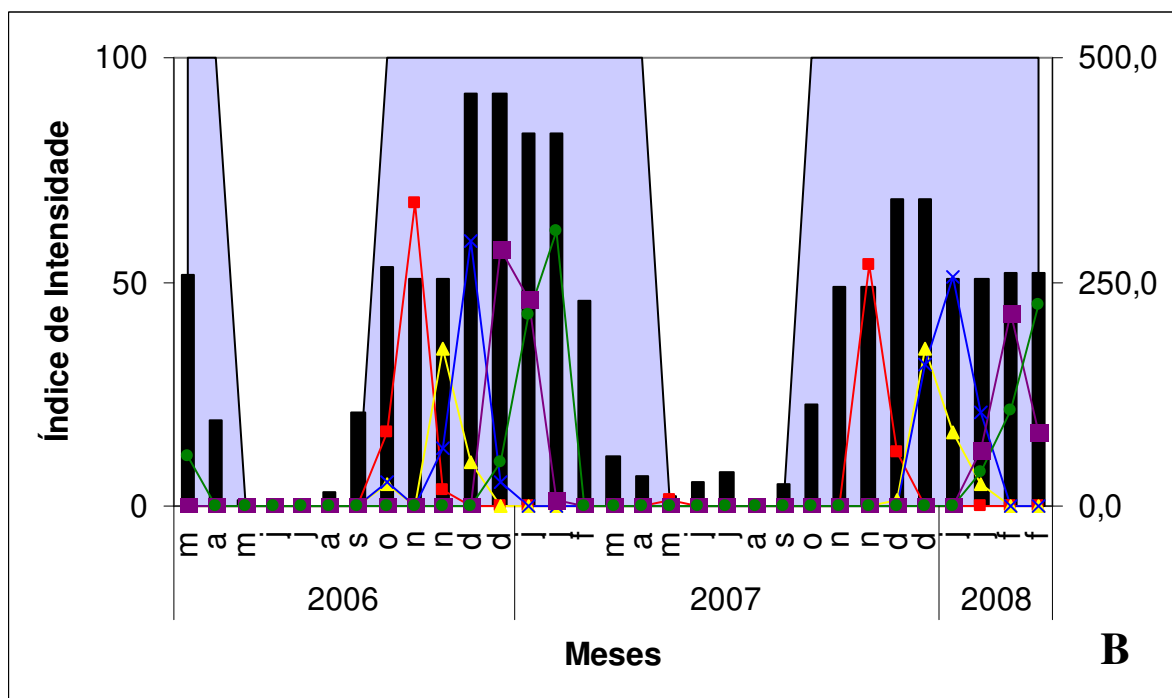
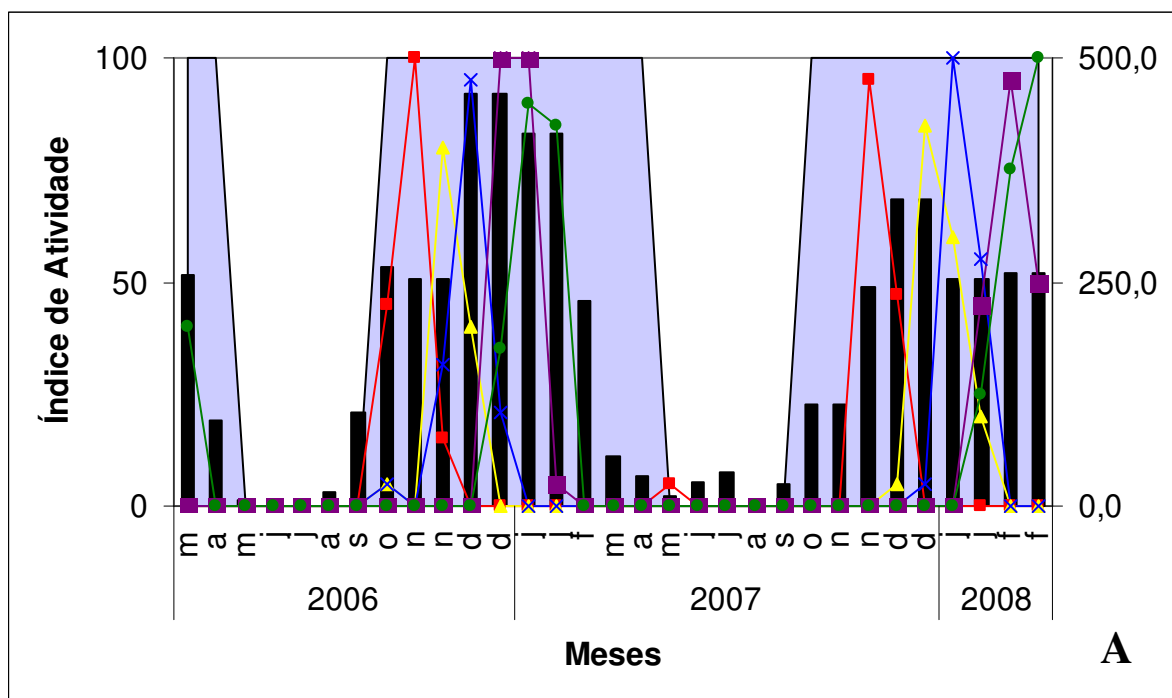


Figura 5. Índice de atividade (A) e intensidade de Fournier (B) da fase de floração nas espécies de *Psychotria trichophoroides* (—■—), *P. prunifolia* (—▲—), *P. hoffmannseggiana* (—^x—), *P. gracilenta* (—*—) e *P. cephalantha* (—●—) na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. Barras = precipitação total mensal do período de estudo; área em azul = estação chuvosa.

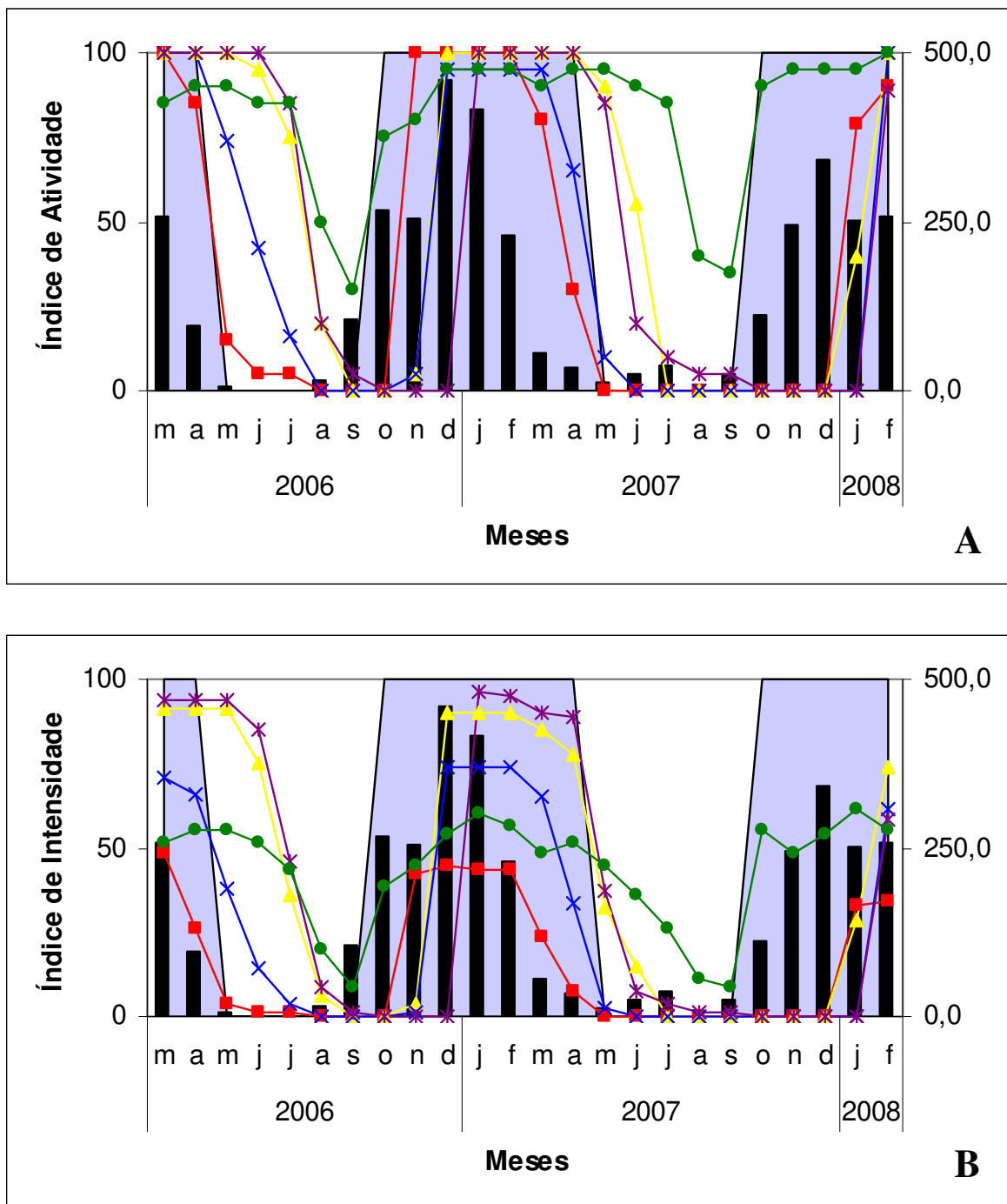


Figura 6. Índice de atividade (A) e intensidade de Fournier (B) da fase de frutificação nas espécies de *Psychotria trichophoroides* (—■—), *P. prunifolia* (—▲—), *P. hoffmannseggiana* (—^x—), *P. gracilenta* (—*—) e *P. cephalantha* (—●—) na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. Barras = precipitação total mensal do período de estudo; área em azul = estação chuvosa.

Tabela 1. Visitantes florais observados nas flores de *Psychotria trichophoroides* (Pt), *P. prunifolia* (Pp), *P. hoffmannseggiana* (Ph), *P. gracilentia* (Pg) e *P. cephalantha* (Pc) na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. As categorias de visitas são polinizador efetivo (Pe), polinizador ocasional (Po) e pilhador (Pi).

Espécies	Pt	Pp	Ph	Pg	Pc
Hymenoptera					
<i>Epicharis flava</i>	Pe	Pe			
<i>Rhathymus</i> sp.	Pe	Pe			
<i>Bombus morio</i>	Po	Po			
<i>Euglossa</i> sp.	Pe	Pe		Po	
<i>Apis mellifera</i> sp.	Pi		Pe	Pe	Pe
Vespidae sp1	Pi		Po	Po	
<i>Pseudaugochlora</i> sp.	Pi		Po		
<i>Augochloropsis</i> sp.	Pi		Pe		Pe
<i>Ceratinula</i> sp.	Po		Po		Po
<i>Trigona spinipes</i> sp.			Pe		
Diptera					
Bombyllidae sp1			Po	Pe	Pe
Syrphidae sp1	Po				
Lepidoptera					
<i>Ithomia agnosia</i>	Po	Po	Po	Po	Po
Indeterminado sp1	Po	Po	Po		
<i>Urbanus proteus</i>	Pe	Po			
<i>Aeria elara</i>	Po		Po	Po	Po
<i>Pythonides jovianus</i>	Po	Po	Po	Po	
<i>Heliconius ethilla</i>	Po				Po
<i>Aellops titan</i>	Po				
<i>Mechanitis</i> sp.		Po			



Figura 7. Abelhas dos gêneros *Epicharis* (A e B), *Rhathymus* (C e D) e *Euglossa* (E e F) visitando as flores de *P. trichophoroides* (A, C, E), *P. prunifolia* (B e D) e *P. gracilentia* (F) na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais.

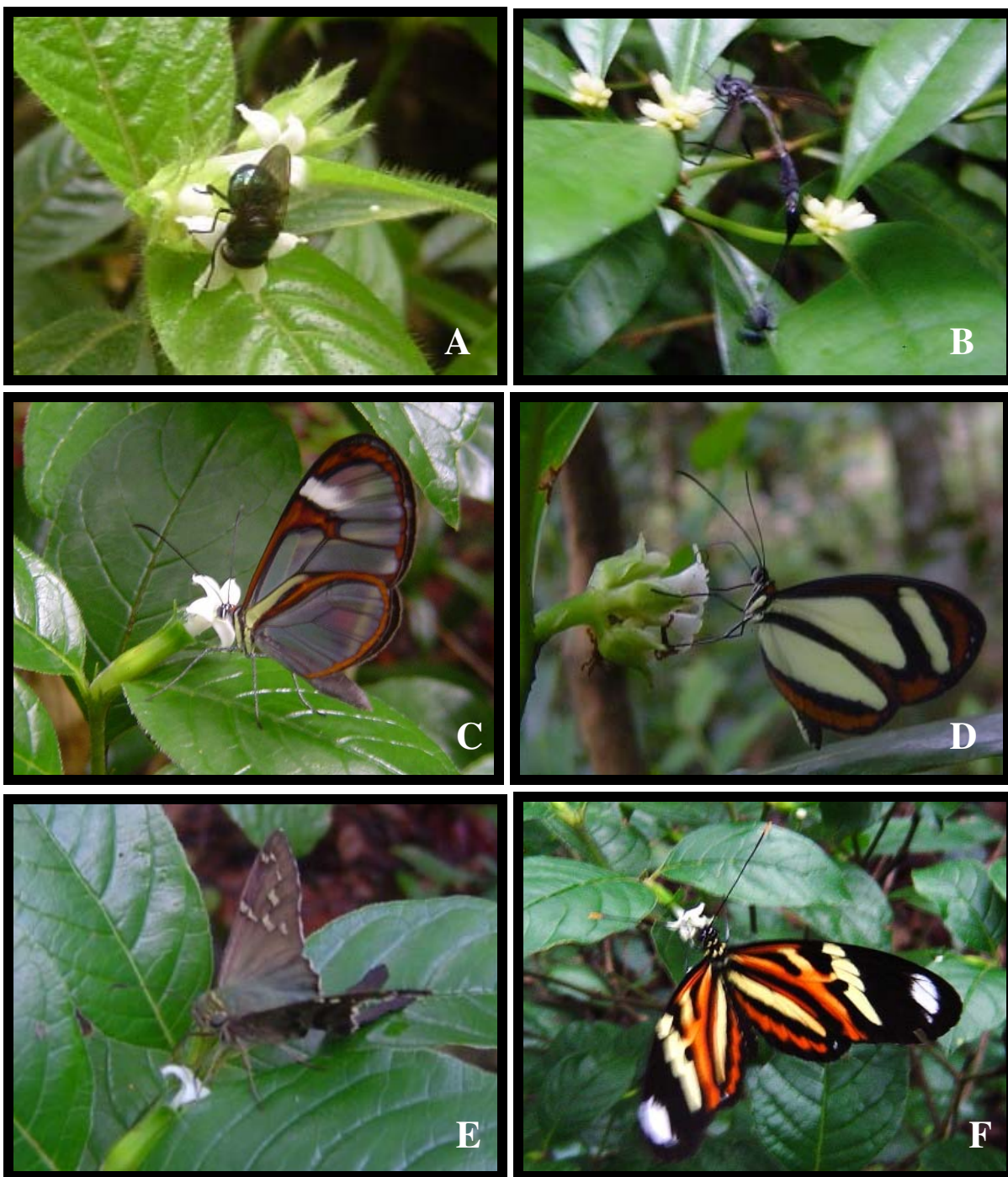


Figura 8. Mosca da família Syrphidae visitando flores de *P. trichophoroides* (A); díptero da família Bombyllidae em *P. cephalantha* (B); as borboletas *Ithomia agnosia* (C), *Aeria elara* (D) e *Mechanitis polymnia* (F) nas flores de *P. prunifolia* (C e F) e *P. gracilentia* (D); e a mariposa *Urbanus proteus* em *P. prunifolia* (E) na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais.

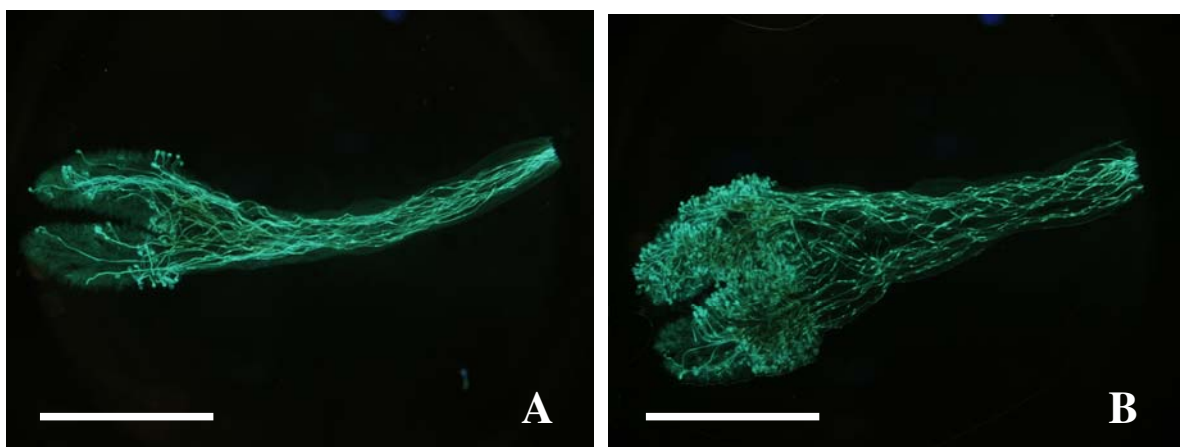


Figura 9. Tubos polínicos crescendo em intensidade semelhante até a base do estilete após autopolinização manual (A) e polinização cruzada (B) realizadas nas flores de *P. gracilentia*. Barra = 2.0mm.

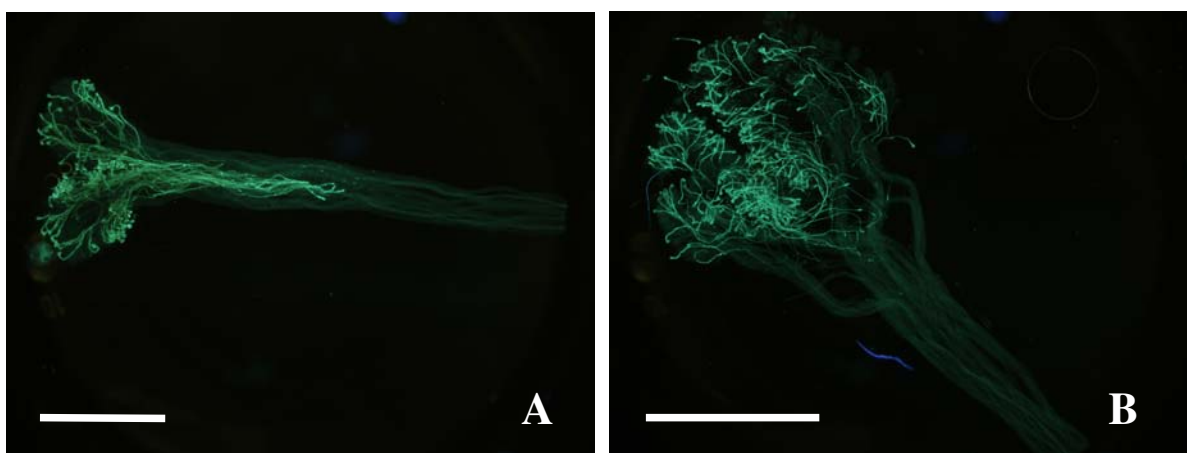


Figura 10. Tubos polínicos sendo interrompidos no estilete das flores longistilas (A) e no estigma das flores brevistilas (B) após tratamento de autopolinização manual em *P. cephalantha*. Barra = 2.0mm.

Tabela 2. Resultados dos experimentos de polinizações manuais para observação da germinação dos grãos de pólen e crescimento dos tubos polínicos nas espécies de *Psychotria* L. da Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. Entre parênteses está o número de pistilos polinizados em cada tratamento.

Espécie (Tipo de flor)	Autopolinização	Polinização Cruzada	
		Ilegítima	Legítima
<i>P. trichophoroides</i> (L)	0 (31)	0 (20)	25 (25)
<i>P. trichophoroides</i> (B)	0 (25)	0 (12)	13 (13)
<i>P. hoffmannseggiana</i> (L)	1 (09)	0 (9)	10 (10)
<i>P. hoffmannseggiana</i> (B)	2 (15)	0 (12)	7 (07)
<i>P. cephalantha</i> (L)	1 (15)	1 (12)	15 (15)
<i>P. cephalantha</i> (B)	1 (04)	0 (03)	3 (03)
<i>P. prunifolia</i>	41 (42)	26 (26)	-
<i>P. gracilenta</i>	27 (27)	22 (22)	-

Tabela 3. Sucesso reprodutivo nas inflorescências ensacadas e nas inflorescências não ensacadas (controle) das espécies de *Psychotria* L da Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. Número entre parênteses refere-se à quantidade de flores que foram acompanhadas.

Espécies (tipo de flor)	Número de Indivíduos	Sucesso Reprodutivo (%)	
		Controle Fechado	Controle Aberto
<i>P. hoffmannseggiana</i> (L)	5	4.25 (423)	42.35 (458)
<i>P. hoffmannseggiana</i> (B)	7	0.62 (640)	32.58 (626)
<i>P. trichophoroides</i> (L)	7	1.11 (450)	19.28 (140)
<i>P. trichophoroides</i> (B)	8	0.48 (615)	18.00 (100)
<i>P. gracilenta</i>	9	42.80 (563)	75.54 (368)
<i>P. prunifolia</i>	9	50.00 (142)	96.25 (187)



Figura 11. Flores de *Psychotria prunifolia* (A) e *P. trichophoroides*, flor longistila (B) e brevistila (C) coletadas na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. Barra = 1cm.

Tabela 4. Média (mm) $\pm$ desvio padrão das características analisadas nas flores de *P. trichophoroides* (Pt), flores longistilas (L) e brevistilas (B) e *Psychotria prunifolia* (Pp). Valores de t e F para $p < 0,05$. Letras semelhantes indicam que as diferenças não foram significativas.

	N	Tubo Floral	Altura Estilete	Comp. Estigma	Altura Antera	Comp. Antera	Estilete – Antera
PtL	25	10.4 ± 0.8^a	12.2 ± 1.5^a	1.5 ± 0.2^a	6.5 ± 0.5^a	2.0 ± 0.1^a	5.7 ± 1.3^a
PtB	25	12.2 ± 1.0^b	6.2 ± 0.7^b	3.0 ± 0.4^b	11.4 ± 0.8^b	2.2 ± 0.3^b	5.2 ± 0.7^a
t		6.7	-6.0	14.8	24.8	3.2	-1.6
Pp	50	11.2 ± 0.4^c	12.0 ± 0.4^a	1.1 ± 0.1^c	7.9 ± 0.2^c	2.0 ± 0.1^a	4.0 ± 0.4^b
F		41.3	399.0	421.6	600.6	12.4	35.3

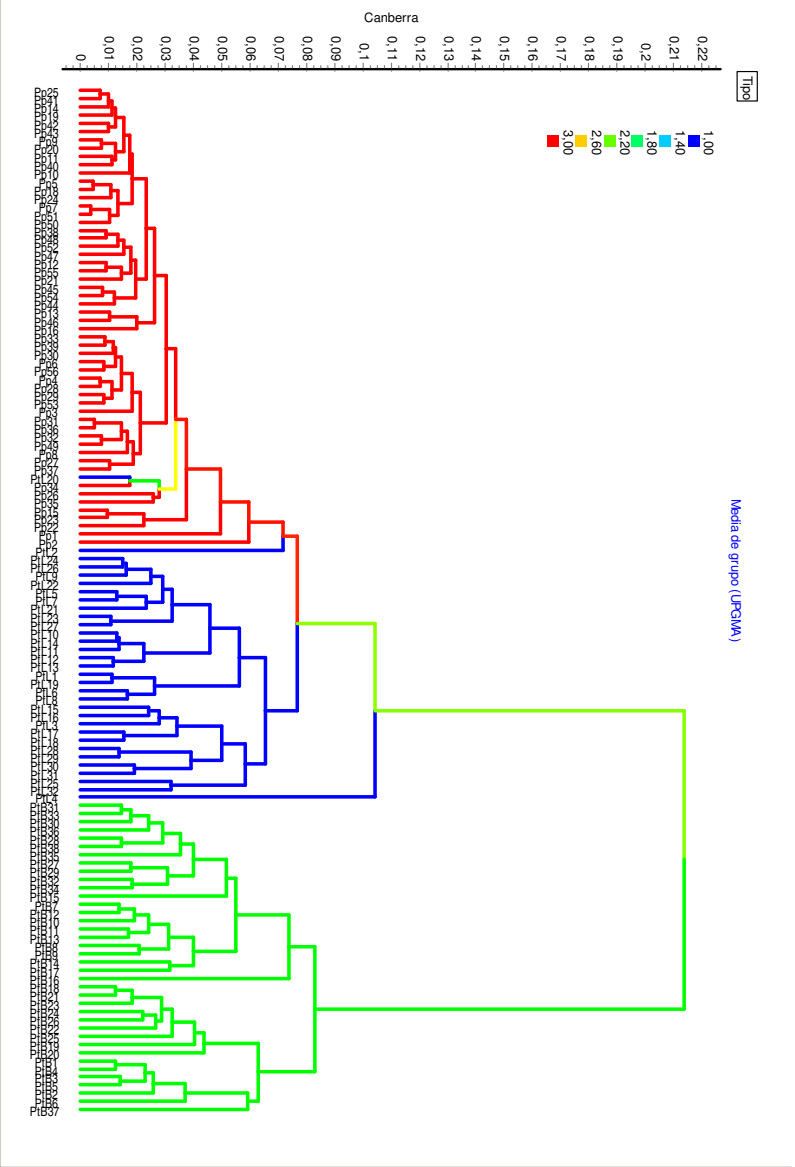


Figura 12. Análise de Agrupamento (UPGMA), utilizando o coeficiente de Canberra. As flores longistilas de *Psychotria prunifolia* estão representadas pela cor vermelha, enquanto que as flores longistilas e brevistilas de *P. trichophoroides* estão representadas pelas cores azul e verde, respectivamente.

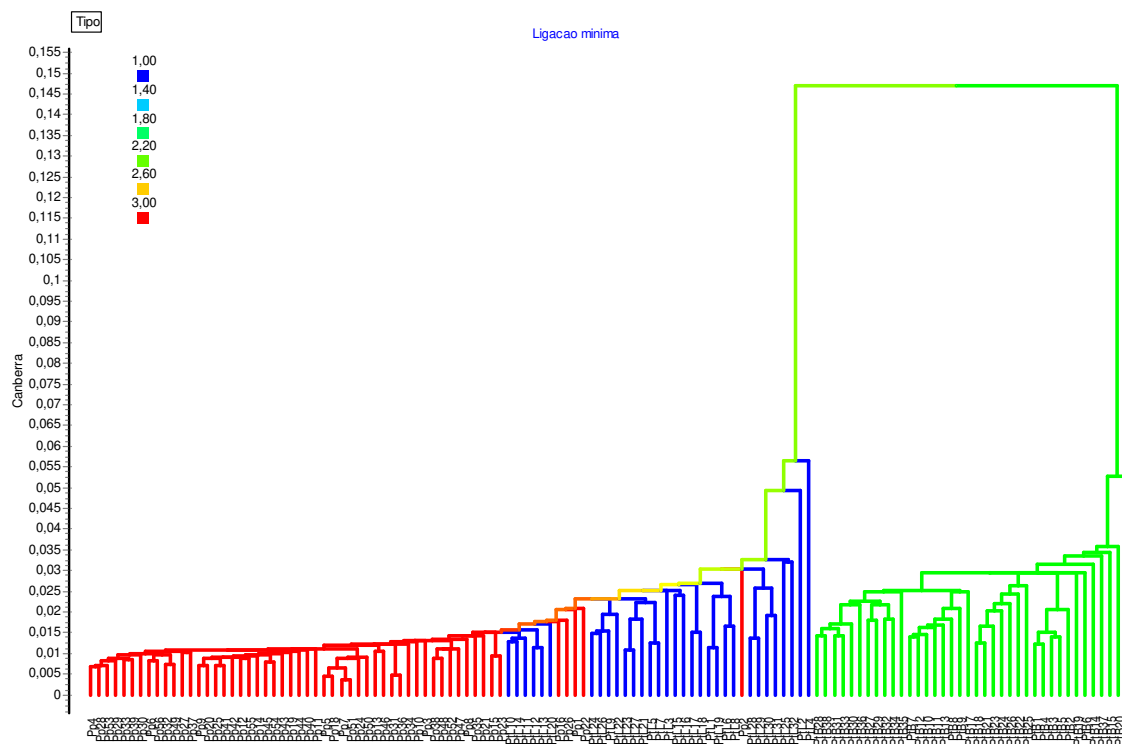


Figura 13. Análise de Agrupamento (Ligação Mínima), utilizando o coeficiente de Camberra. As flores longistilas de *Psychotria prunifolia* estão representadas pela cor vermelha, enquanto que as flores longistilas e brevistilas de *P. trichophoroides* estão representadas pelas cores azul e verde, respectivamente.

Tabela 5. Correlação cofenética encontrada utilizando diferentes coeficientes e métodos de agrupamentos.

Coeficiente	Método de Agrupamento	Correlação Cofenética
Distância Camberra	UPGMA	96.78%
	Ward	95.89%
	Ligação Mínima	95.85%
Distância Bray Curtis	UPGMA	96.01%

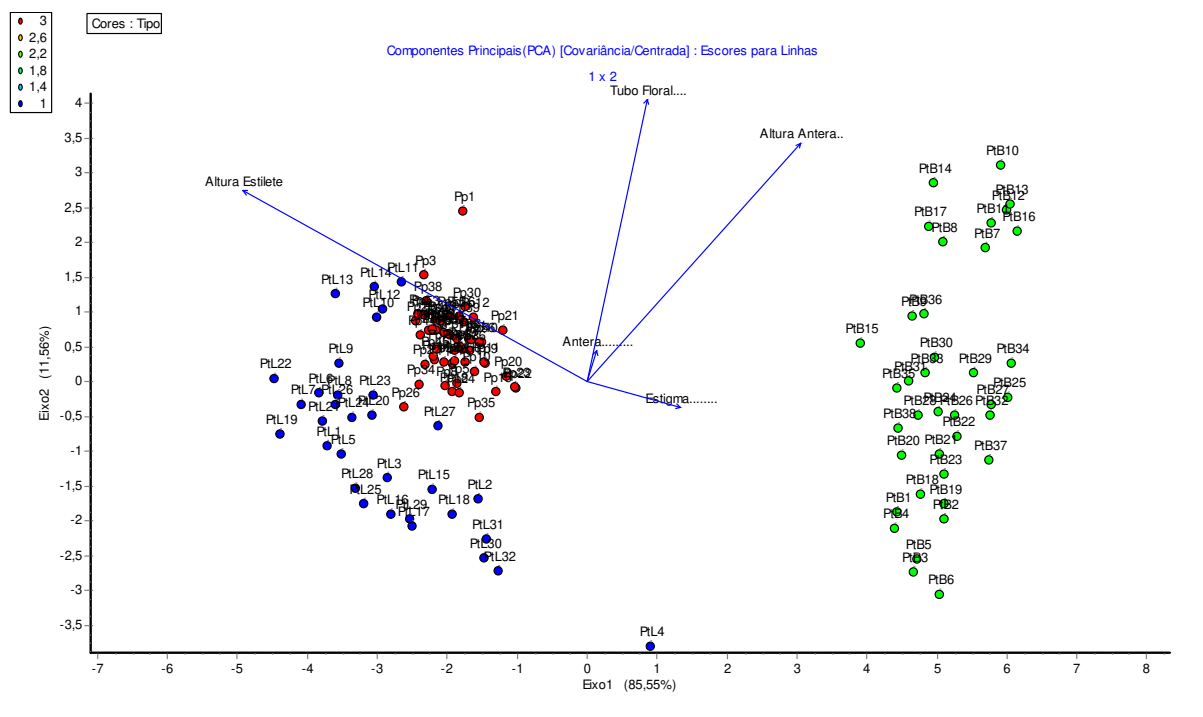


Figura 14. Biplot (PCA/Covariância). As flores de *Psychotria prunifolia* estão representadas pela cor vermelha, enquanto que as flores longistilas e brevistilas de *P. trichophoroides* estão representadas pelas cores azul e verde, respectivamente.

Tabela 6. Autovalores e porcentagem de Variância encontrados no PCA/Covariância.

	Autovalores	% Variância	Var. Cumulada	% Var. Esperada
AV1	12.14	85.55	85.54	45.66
AV2	1.64	11.55	97.11	25.66
AV3	0.16	1.17	98.28	15.66
AV4	0.10	0.73	99.01	9.00
AV5	0.02	0.18	99.20	4.00

Tabela 7. Autovetores do PCA/Covariância.

	Eixo1	Eixo2	Eixo3	Eixo4	Eixo5
Altura Estilete	-0.81	0.45	0.31	-0.13	0.04
Altura Antera	0.50	0.57	0.23	-0.60	0.02
Comp. Tubo Floral	0.14	0.67	-0.34	0.62	0.07
Comp. Antera	0.02	0.07	0.12	0.09	-0.98
Comp. Estigma	0.22	-0.06	0.84	0.46	0.15

Tabela 8. Média (mg) $\pm$ desvio padrão da produção de néctar após diferentes números de extrações em flores de *Psychotria prunifolia* e *P. trichophoroides*, na Floresta Estacional Semidecídua, município de Araguari, Minas Gerais. P: valores da análise ANOVA.

Espécie (Tipo de flor)	Uma extração	Duas extrações	Três extrações	P
<i>P. prunifolia</i>	0.83 $\pm$ 0.57	1.07 $\pm$ 0.56	0.73 $\pm$ 0.43	0.19
<i>P. trichophoroides</i> (L)	0.66 $\pm$ 0.28	0.72 $\pm$ 0.39	0.83 $\pm$ 0.24	0.71
<i>P. trichophoroides</i> (B)	0.78 $\pm$ 0.18	0.57 $\pm$ 0.36	0.69 $\pm$ 0.41	0.60
P	0.60	0.48	0.54	