

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

MORFOLOGIA DA FLOR DE *Ludwigia nervosa* (POIR.) H.
HARA (ONAGRACEAE) VS. ABELHAS VISITANTES, HÁ
ALGUMA RELAÇÃO?

Eliana Aparecida Ferreira

Dourados-MS
Março de 2017

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Eliana Aparecida Ferreira

MORFOLOGIA DA FLOR DE *Ludwigia nervosa* (POIR.) H. HARA
(ONAGRACEAE) VS. ABELHAS VISITANTES, HÁ ALGUMA
RELAÇÃO?

Dissertação apresentada à Universidade Federal
da Grande Dourados (UFGD), como parte dos
requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ENTOMOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.
Área de Concentração: Entomologia

Orientadora: Rosilda Mara Mussury

Dourados-MS
Março de 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F368m Ferreira, Eliana Aparecida.
Morfologia da flor de *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara
(Onagraceae) Vs. abelhas visitantes, há alguma relação? /
Eliana Aparecida Ferreira. – Dourados, MS : UFGD, 2017.
48f.

Orientadora: Rosilda Mara Mussury.
Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da
Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Biologia floral. 2. Germinação. 3. Polinizadores. 4.
Sucesso reprodutivo. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

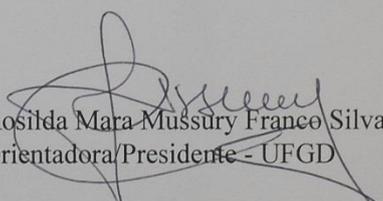
©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

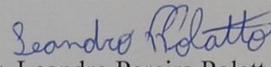
“MORFOLOGIA DA FLOR DE *Ludwigia nervosa* (POIR.) H. HARA
(ONAGRACEAE) X ABELHAS VISITANTES, HÁ ALGUMA
RELAÇÃO?”

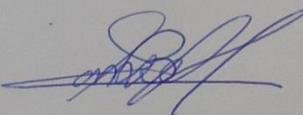
Por

ELIANA APARECIDA FERREIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de concentração: Biodiversidade e Conservação


Dr.^a Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Orientadora/Presidente - UFGD


Dr. Leandro Pereira Polatto
Membro titular - UEMS



Dr. Samuel Vieira Boff
Membro titular - UFGD

() APROVADO

() REPROVADO

Aprovada em: 01 de março de 2017

Biografia

Eliana Aparecida Ferreira é natural de Ivinhema, cidade de Mato Grosso do Sul. Filha de Antonio Cesar Ferreira e Maria Aparecida dos Santos Ferreira, cursou Ensino Fundamental (de 1999 a 2007) e Médio (de 2008 a 2010) na Escola Estadual Angelina Jaime Tebet na mesma cidade em que nasceu. Em fevereiro de 2011 iniciou os estudos na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, na unidade de Ivinhema, no curso de Ciências Biológicas (Licenciatura) onde desenvolveu atividades no *Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)* por um ano. Concluiu a graduação no ano de 2014. Em março de 2015 iniciou as atividades no Programa de Pós- Graduação de Entomologia e Conservação da Biodiversidade na Universidade Federal da Grande Dourados.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, por Ele tornar tudo possível. Por Ele ter me dado sabedoria para fazer as melhores escolhas, e força para enfrentar os momentos difíceis que surgiram ao longo destes dois anos.

Agradeço a minha querida e belíssima Orientadora e amiga, Prof^a Dr^a Mara Mussury, ou melhor, Mara Maravilhosa, por ter me acolhido como membro do seu grupo de estudos, pelos novos ensinamentos, e puxões de orelhas (quando necessário)... Com ela aprendi a superar muitos dos meus limites no meio científico. Espero ter sido uma orientada a altura.

Ao Prof^o Dr. Leandro Pereira Polatto pelas boas conversas e incentivo. Sua dedicação sempre me serviu de inspiração, e desde criança eu o observava isolando flores para testes reprodutivos. Naquela época eu não sabia o porquê daquele procedimento, mas me encantava. Obrigada por ter aceitado o convite e fazer parte da banca de defesa.

Ao Prof^o Dr. Samuel Vieira Boff pelas sugestões e disposição em auxiliar na pré-identificação das abelhas. Em tão pouco tempo já aprendi muito com ele.

A minha família, principalmente aos meus abençoados pais, pelo total apoio nesta jornada que se iniciou na infância quando sempre priorizavam o estudo. Eles que quando preciso colocavam o cansaço de lado e com a maior alegria me acompanhavam nas coletas a campo. Eles são meus amores.

Aos amigos e companheiros das alegrias e tristezas, saúde e doença, Adrielly Torres, Eduardo Faca, Manuela Scarpa e Karla Ribeiro e tantos outros que estiveram torcendo pelo meu sucesso ao longo desses anos, agradeço pela amizade sincera, paciência e risadas. Eles fizeram e fazem a diferença em minha vida.

Aos amigos da minha cidade natal Ivinhema. Não citarei nomes, mas aqui me refiro a aqueles que me viram nascer, ou crescer, e que de alguma forma marcaram minha vida com seus ensinamentos.

Aos amigos Stefanny Monique Barbosa, Adriana Silva e Felipe Giacomelli, pela amizade e auxílio nas coletas. Graças a eles diversão e o compartilhamento de experiências não faltaram.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho, a minha sincera gratidão.

Sumário

MORFOLOGIA DA FLOR DE *Ludwigia nervosa* (POIR.) H. HARA (ONAGRACEAE) VS. ABELHAS VISITANTES, HÁ ALGUMA RELAÇÃO?

Resumo	1
Abstract	2
Introdução Geral	3
Revisão Bibliográfica	5
Objetivo	7
Hipótese	7
Referências	8
Manuscrito 1 - MORFOLOGIA DA FLOR DE <i>Ludwigia nervosa</i> (POIR.) H. HARA (ONAGRACEAE) VS. ABELHAS VISITANTES, HÁ ALGUMA RELAÇÃO?	14
Abstract	15
Introdução	17
Material e métodos	18
Resultados	22
Discussão	26
Conclusão	33
Agradecimentos	34
Referências	35
Tabelas e figuras	42

RESUMO - O presente estudo investigou a biologia floral e reprodutiva, fenologia e a diversidade de abelhas visitantes de *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara. A pesquisa foi desenvolvida em um fragmento de mata ciliar no município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul, Brasil. Para tal, descreveu-se morfologicamente as diferentes fases florais, os visitantes florais e os recursos disponibilizados a eles pelas flores. Investigou-se a receptividade do estigma, viabilidade polínica e picos de atividade das fenofases de floração e frutificação. Foram realizados testes para avaliar o sistema reprodutivo (tratamentos), entre eles: autopolinização manual, autopolinização espontânea, geitonogamia, xenogamia, apomixia e polinização natural. Após a formação dos frutos, estes foram contabilizados, mensurados e as sementes colocadas para germinar. *Ludwigia nervosa* apresenta flores que duram um dia e durante esse período disponibilizam os recursos florais como pólen e néctar. A receptividade do estigma inicia-se na pré-antese às 5 horas, período em que o percentual de viabilidade polínica é maior (82,87%), e decresce até a senescência (21,38%) que inicia-se após as 13 horas. As abelhas visitantes foram: espécies de *Exomalopsis*, *Xylocopa*, *Megachile* e *Apis mellifera*. Constatou-se a presença de polinizadores efetivos como as espécies de *Megachile* e ocasionais como espécies de *Exomalopsis*, *Xylocopa* e *Apis mellifera*. Assim, características morfológicas típicas para atender a síndrome de polinização do tipo melitofilia foram predominante, no entanto outros tipos de síndromes com menor contribuição foram observadas. A floração é anual e prolongada com pico de atividade na estação chuvosa. Nos testes reprodutivos houve formação de frutos somente por pólen xenogâmico. Constata-se assim, que os polinizadores da espécie são eficientes, pois maior número de frutos (76%) e porcentagem de germinação (78%) foi observado no tratamento de polinização natural. Em função disso, afirma-se que o sucesso reprodutivo de *Ludwigia nervosa* está intimamente ligado ao comportamento de forrageio dos polinizadores efetivos promovendo o transporte de pólen de forma eficiente.

Palavras chaves: Biologia floral, Germinação, Polinizadores, Sucesso reprodutivo.

ABSTRACT- This study investigated the floral and reproductive biology, phenology and diversity of bees visiting *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara. The research was conducted in a forest fragment in the city of Ivinhema, Mato Grosso do Sul, Brazil. For this, the floral phases, floral visitors and the floral resources available to these insects were all described. The stigma receptivity, pollen viability, flowering and fruiting peaks were investigated. Reproductive tests (treatments) were performed through manual self-pollination, spontaneous self-pollination, geitonogamy, xenogamy, apomixis and natural pollination. After the fruits formation, they were counted, measured and their seeds were placed in a plastic box in order to germinate. *Ludwigia nervosa* blossomed and had a prolonged flowering period during the year, with a peak activity in the rainy season. Flowers lasted a whole day, providing floral resources like pollen and nectar. The stigma receptivity was noticed in the pre-anteroom phase at 5 am, the period in which pollen viability was higher (82.87%), and decreased until senescence (21.38%), that could be noticed after 13 pm. The visiting species were: *Exomalopsis*, *Xylocopa*, *Megachile* and *Apis mellifera*, including effective pollinators such as *Megachile* species and occasional species such as *Exomalopsis*, *Xylocopa* and *Apis mellifera*. Typical morphological characteristics that attend the melitophilia pollination type syndrome were predominant, however, other types of syndromes with a less important contribution in pollination processes were also observed. In reproductive tests, there were fruits formation only by xenogamic pollen. Therefore, the species pollinators are proven efficient since a greater number of fruits (76%) and germination processes (78%) were verified in tests under natural condition (natural pollination). As a result, the reproductive success of *Ludwigia nervosa* is closely related to the foraging behavior of effective pollinators that promote efficient pollen transport.

Keywords: Floral biology, Germination, Pollinators, Reproductive success.

INTRODUÇÃO

As relações de cooperação estão entre as mais importantes interações ecológicas nos ecossistemas, sendo responsáveis por promover equilíbrio local, manutenção e conservação nos ambientes naturais (COSTA & OLIVEIRA, 2014). A polinização é uma dessas interações e é responsável por manter a conservação da diversidade biológica. Em sua ausência ou insuficiência, a manutenção da variabilidade genética entre os vegetais reduz, o que leva a um déficit na produção de sementes ou ocorrência de frutos deformados (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004; CHACOFF & AIZEN, 2006).

Os insetos são considerados os principais visitantes florais e polinizadores. (GRANT, 1963). Entre estes, as abelhas merecem papel de destaque, uma vez que dependem das flores para sobrevivência e a manutenção da ninho ou colônia no caso das abelhas eussociais (ROUBIK, 1989; MICHENER, 2007). O pólen é coletado como fonte de proteína para prole, o néctar como fonte de alimento para os adultos e imaturos, e as resinas para construção de ninhos (MICHENER, 2007). Assim sendo, as abelhas estabeleceram relações estreitas com as angiospermas ao longo de sua evolução (ENDRESS, 1996).

A flexibilidade comportamental apresentada pelas abelhas, a qual determina o sucesso no forrageamento e a intensidade de visitas às flores, é dependente de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos incluem a informação sensorial durante o forrageio, a memória, o conhecimento prévio e a necessidade fisiológica para obter recursos (WADDINGTON, 1983). Por sua vez, os fatores extrínsecos estão relacionados à fenologia e biologia floral da planta, ou seja, a parâmetros bióticos como cor, formato, densidade floral, distribuição dos recursos no ambiente e competição por recursos florais e físicos como as condições ambientais da área de forrageio (ROUBIK, 1989).

A redução nas comunidades de insetos e conseqüentemente dos serviços de polinização realizados pelo grupo (KAGEYAMA et al., 2003; STEFFAN-DEWENTER & WESTPHAL, 2008), alterações ambientais como introdução de espécies exóticas, fragmentação de habitats, diminuição do tamanho populacional e redução da disponibilidade de polinizadores nativos podem resultar em aumento da limitação polínica, ocasionando impactos negativos para a conservação biológica dos ecossistemas naturais (FREITAS et al., 2010). Sendo assim, a redução da

biodiversidade das abelhas, por possíveis perturbações no ecossistema, intensifica a limitação polínica que outrora reduz o sucesso reprodutivo das plantas (ASHMAN et al., 2004; KNIGHT et al., 2005).

As 650 espécies, da família botânica Onagraceae possuem distribuição cosmopolita, e no Brasil são encontradas cerca de 60 espécies nos gêneros *Epilobium* L., *Fuchsia* L., *Oenothera* L. e *Ludwigia* L. (Souza & Lorenz, 2012). Na Europa algumas espécies de *Ludwigia* foram implantadas como ornamentais, mas, devido à sua elevada plasticidade fenotípica elas foram responsáveis por afetar a irrigação e a drenagem em lagos comprometendo algumas atividades humanas, como a pesca (SHEPPARD et al., 2006). No Brasil, espécies de *Ludwigia* são usadas como ornamentais em lagos ou tanques, enquanto outras podem ser pioneiras em ambientes úmidos ou alagados (KISSMANN & GROTH, 2000).

Plantas infestantes, também denominadas de pioneiras, são as primeiras espécies vegetais a se estabelecerem naturalmente em áreas perturbadas, possibilitando um posterior estabelecimento de outras espécies de fase tardio, porém melhores sucedidas que as espécies pioneiras (RICKLEFS, 2010). Quando uma planta pioneira se estabelece ocorre a atração de uma entomofauna diversificada e com eficiente atividade de forrageio em suas flores, garantindo a polinização das mesmas.

Assim as pioneiras influenciam na manutenção das abelhas em áreas de ambientes alterados, garantindo recursos como pólen, néctar, resina e óleos. Em estudo com uma espécie também pioneira, Melo-Silva et. al. (2014), concluíram que os visitantes florais são a base do sucesso reprodutivo da planta e que a posterior colonização, e o processo de polinização devem ser vistos como recursos importantes na criação e perpetuação dos habitats.

O conhecimento de padrões fenológicos, biologia floral, vetores de fluxo de pólen, além do entendimento do sistema reprodutivo, são pontos fundamentais para a compreensão da biologia e sucesso reprodutivo das espécies vegetais (MAUÉS & COUTURIER, 2002). Além disso, o conhecimento da diversidade dos polinizadores e das relações que estes estabelecem com a comunidade vegetal é de fundamental importância já que a polinização é um processo extremamente importante para a conservação da biodiversidade (RODARTE et al., 2008).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A família botânica Onagraceae, pertencente à ordem Myrtales, certamente originou na América do Sul (RAVEN & AXELROD, 1975). Apesar da distribuição por quase todo o mundo, está melhor representada na América do Sul e do Norte (MIGUEL-VÁZQUEZ & CERROS-TLATILP, 2013). Com cerca de 650 espécies distribuídas em 20 gêneros, no Brasil estão presentes cerca de 60 espécies de quatro gêneros, *Epilobium* L., *Fuchsia* L., *Oenothera* L. e *Ludwigia* L., o último com ocorrência em todo o Brasil, estando mais associado a regiões úmidas ou alagadas (SOUZA & LORENZ, 2012).

Na Europa *Ludwigia plepoides* e *Ludwigia grandiflora* foram introduzidas como ornamentais, mas com a plasticidade fenotípica do gênero, tais espécies estão se espalhando rapidamente pelos países do norte europeu (SHEPPARD et al., 2006). O rápido desenvolvimento de populações de *L. grandiflora* chegou a perturbar atividades humanas como caça e pesca ou até mesmo afetar irrigação e drenagem em lagos (SHEPPARD et al., 2006). Em um estudo com a mesma espécie e outras duas plantas invasoras (STIERS et al., 2011), conclui que a presença de espécies invasoras causa alterações ecológicas de efeito negativo em relação as espécies de plantas nativas em lagoas temperadas e na abundância de invertebrados.

Os frutos e sementes de *Ludwigia* flutuam em áreas alagadas (BARRETT et al., 1993, SANTAMARIA, 2002), assim podem ser facilmente dispersos (RUAUX et al., 2009) e com estabelecimento longe da planta-mãe (VAN WIJK, 1989) o que permite ampliar áreas colonizadas. O gênero é um modelo para o estudo da evolução dos caracteres que respondem às pressões impostas pelos ecossistemas aquáticos em dicotiledôneas, bem como nas plantas aquáticas em geral (BEDOYA & MADRINÁN, 2015).

Em Zaria, na Nigéria, as folhas de *Ludwigia abyssinica* são utilizadas na alimentação humana, e as de *Ludwigia adscendens* para alimentar gado em Mali (OYEDEJI et al., 2011). O extrato metanólico de *L. adscendens* possui atividade antibacteriana (AHMED et al., 2005), e é fonte promissora de fitoquímicos anticancerígenos e antioxidantes (CHAI et al., 2015).

Ludwigia helminorrhiza, *Ludwigia lagunae* e *Ludwigia leptocarpa*, são consideradas plantas medicinais, a primeira utilizada contra diarreia (CORREA, 1974),

e as outras duas para cura de feridas (BRAGA, 1976). As folhas de *L. leptocarpa* são comestíveis (CORREA, 1931) e possuem atividade antibacteriana e antioxidante (MABOU, 2016), assim como *Ludwigia octovalvis* (YAKOB et al., 2012).

Em relação os visitantes florais, há registros na região sul do Brasil, em que constatou-se que o período de nidificação de *Megachile (Moureapis)* sp. está sincronizado ao pico de florescimento de *Ludwigia peruviana* e *Ludwigia sericea*, e o pólen destas espécies representa 99,6% da quantidade total de pólen coletado para o provisionamento larval, ou seja, *Megachile (Moureapis)* sp. é uma espécie oligolética e essas espécies vegetais são importantes fontes de pólen para o desenvolvimento de imaturos (BUSCHINI et al., 2009).

Em análise de grãos de pólen de *Ludwigia* sp. em ninhos de *Augochlora amphitrite*, tal pólen foi encontrado em 56% dos ninhos, e tais abelhas combinam o pólen de *Ludwigia* com os de outras espécies como *Ipomoea alba*, *Ipomoea carica*, *Spilanthoides gymnocoronis* e espécies de *Pavonia* (DALMAZZO & VOSSLER, 2015).

Abelhas coletoras de pólen nas flores de Onagraceae são frequentemente especializadas e oligoléticas (RAVEN, 1979), pois em geral essas abelhas possuem adaptações morfológicas e /ou comportamentais para coleta de recursos. A escopa ventral em espécies de Megachilidae é um traço morfológico que provavelmente permite que essas abelhas colem pólen de flores de *Ludwigia*. Abelhas com essa característica são bem-sucedidas para a coleta de pólen em Onagraceae (RAVEN, 1979).

Tetraglossula anthracina é uma abelha especializada e um polinizador eficaz de *Ludwigia elegans* devido suas adaptações morfológicas e seu comportamento eficaz durante a coleta de néctar e pólen (movimentos abdominais rápidos durante a coleta) (GIMENES, 2002). *Apis mellifera*, embora generalista, foi considerada polinizador eficiente devido tamanho corpóreo e seu comportamento (GIMENES, 2002).

Os estudos que focam na manutenção da estrutura de comunidades vegetais, levando-se em conta a importância da polinização, tanto para a produção de frutos (servindo como alimento aos animais) como para colonização (produção de sementes) são poucos para o gênero *Ludwigia*.

OBJETIVO

Investigar a biologia reprodutiva, fenologia de *Ludwigia nervosa*, identificar as abelhas visitantes das flores da espécie e analisar o comportamento de forrageio das abelhas de modo a sugerir a ocorrência de potenciais polinizadores.

HIPÓTESE

Em ambientes fragmentados *Ludwigia nervosa* possui uma importante contribuição na atração de abelhas, dada a sua morfologia e produção de flores garantindo sucesso reprodutivo a espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, F.; SELIM, M. S. T.; SHILPI, J. A. Antibacterial activity of *Ludwigia adscendens*. **Fitoterapia**, v. 76, n. 5, p. 473-475, 2005.

ASHMAN, T. L.; KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; AMARASEKARE, P.; BURD, M.; CAMPBELL, D. R.; DUDASH, M. R.; JOHNSTON, M. O.; MAZER, S. J.; MITCHELL, R. J.; MORGAN, M. T.; WILSON, W. G. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2408-2421, 2004.

BARRETT, S. C. H., ECKERT, C. G., HUSBAND, B. C. Evolutionary processes in aquatic plant populations. **Aquatic Botany**. v. 44, n.1, p. 105–145, 1993.

BEDOYA, A. M.; MADRINÁN, S. Evolution of the aquatic habit in *Ludwigia* (Onagraceae): Morpho-anatomical adaptive strategies in the Neotropics. **Aquatic Botany**, v. 120, n. 1, p. 352-362, 2015.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3. ed. Fortaleza: Escola superior de agricultura de Mossoró, 1976.

BUSCHINI, M. L. T.; RIGON, J.; CORDEIRO, J. Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 1187-1194, 2009.

CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 1, p. 18-27, 2006.

CHAI, T. T.; OOH, K. F.; QUAH, Y.; WONG, F. C. Edible freshwater macrophytes: a source of anticancer and antioxidative natural products—a mini-review. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n. 3, p. 443-457, 2015.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. V. 2.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1974. V. 5.

COSTA, C. C. A.; OLIVEIRA, F. L. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 1-10, 2014.

DALMAZZO, M.; VOSSLER, F. G. Assessment of the pollen diet in a wood-dwelling Augochlorine bee (Halictidae) using different approaches. **Apidologie**, v. 46, n. 4, p. 478-488, 2015.

ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge University Press, 1996.

FREITAS, L.; WOLOWSKI, M.; SIGILIANO, M. I. Ocorrência de limitação polínica em plantas de Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, v.14, n. 1, p. 251-265, 2010.

GIMENES, M. Interactions between bees and *Ludwigia elegans* (Camb.) Hara (Onagraceae) flowers at different altitudes in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 3, p. 681-689, 2002.

GRANT, V. **The origin of adaptations**. New York: Columbia University Press, 1963. 606 p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização. São Paulo: USP, 2004.

KAGEYAMA, P. H.; GANDARA, F.B; OLIVEIRA, R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. H.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ANGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu - SP: FEPAF; 1. ed., . 2003. p. 27-48.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed, São Paulo: BASF, 2000. 726p.

KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; VAMOSI, J. C.; MAZER, S. J.; BURD, M.; CAMPBELL, D. R.; DUDASH, M. R.; JOHNSTON, M. O.; MITCHELL, R. J.; ASHMAN, T. L. Pollen limitation of plant reproduction: pattern and process. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 36, p. 467-497, 2005.

MABOU, F. D.; NGNOKAM, D.; VOUTQUENNE-NAZABADIOKO, L.; KUIATE, J. R.; BAG, P. K. Complex secondary metabolites from *Ludwigia leptocarpa* with potent antibacterial and antioxidant activities. **Drug Discoveries & Therapeutics**, v. 10, n. 3, p. 141-149, 2016.

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

MELO-SILVA, C.; PERES, M. P.; NETO, M.; NEIVA, J.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, B.; ANDERSON, I. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae: Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 9, n. 2, p?? 2014.

MICHENER C. **The bees of the world**. 2 ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007. 953p.

MIGUEL-VÁZQUEZ, M. I.; CERROS-TLATILPA, R. Onagraceae de Morelos, México. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 84, n. 4, p. 1309-1315, 2013.

OYEDEJI, O.; OZIEGBE, M.; TAIWO, F. O. Antibacterial, antifungal and phytochemical analysis of crude extracts from the leaves of *Ludwigia abyssinica* A. Rich. and *Ludwigia decurrens* Walter. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 7, p. 1192-1199, 2011.

RAVEN, P. H.; AXELROD, D. I. Angiosperm biogeography and past continental movements. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 61, n.1, p. 539-673, 1975

RAVEN, P. H. A survey of reproductive biology in Onagraceae. **New Zealand Journal of Botany**, v. 17, n. 4, p. 575-593, 1979.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

RODARTE, A. T. A.; SILVA, F. O.; VIANA, B. F. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de Caatinga, estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 22, n. 2, p. 301-312, 2008.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. New York: Cambridge University Press, 1989. 514 p.

RUAUX, B.; GREULICH, S.; HAURY, J.; BERTON, J. P. Sexual reproduction of two alien invasive *Ludwigia* (Onagraceae) on the middle Loire River, France. **Aquatic Botany**, v. 90, n. 1, p. 143-148, 2009.

SANTAMARIA, L. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologica**. v. 23, n. 1, p.137-154, 2002.

SHEPPARD, A. W.; SHAW, R.; SFORZA, R. Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe a review of opportunities, regulations and other barriers to adaptation. **Weed Research**. v. 46, n.1, p. 93–117, 2006.

SOUZA, V. C.; LORENZ, H. **Botânica Sistemática: Guia Ilustrado para Identificação das Famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG III**. 3ª Edição. Nova Odessa, SP. Editora Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA. 2012. 768 p.

STEFFAN-DEWENTER, I.; WESTPHAL, C. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 737-741, 2008.

STIERS I.; CROHAIN N.; JOSENS G.; TRIEST L. Impact of three aquatic invasive species on native plants and macroinvertebrates in temperate ponds. **Biological Invasions** v.13, n. 1, p. 2715–2726, 2011.

VAN WIJK, R. J. Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. III. Reproductive strategies and germination ecology. **Aquatic Botany**, v. 33, n. 1, p. 271-299, 1989.

WADDINGTON, K. D. Foraging behavior of pollinators. In: REAL, L. (Ed.). **Pollination biology**. Orlando, Academic Press., 1983. 338p.

YAKOB, H. K.; SULAIMAN, S. F.; UYUB, A. M. Antioxidant and antibacterial activity of *Ludwigia octovalvis* on *Escherichia coli* O157: H7 and some pathogenic bacteria. **World Applied Sciences Journal**, v. 16, p. 22-29, 2012.

MANUSCRITO I

Morfologia da flor de *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara (Onagraceae) Vs. abelhas visitantes, há alguma relação?

(De acordo com as normas do periódico “Sociobiology”, com adaptações para as normas de “Redação de Dissertação” da Universidade Federal da Grande Dourados).

1 Artigo

2 Morfologia da flor de *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara (Onagraceae) Vs. abelhas
3 visitantes, há alguma relação?

4 EA FERREIRA, RM MUSSURY

5 Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados- MS, Brasil

6 Palavras-chave: Biologia floral, Sucesso reprodutivo, Visitantes florais

7 Endereço para correspondência: Universidade Federal da Grande Dourados - Faculdade de

8 Ciências Biológicas e Ambientais; Programa de Pós-Graduação em Entomologia e

9 Conservação da Biodiversidade. Unidade II - Rodovia Dourados- Itahum, Km 12, CEP

10 79804-970- Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

11

12 Autor correspondente: maramussury@ufgd.edu.br

13

14 ABSTRACT- This study investigated the floral and reproductive biology, phenology and
15 diversity of bees visiting *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara. The research was conducted in
16 a forest fragment in the city of Ivinhema, Mato Grosso do Sul, Brazil. For this, the floral
17 phases, floral visitors and the floral resources available to these insects were all described.
18 The stigma receptivity, pollen viability, flowering and fruiting peaks were investigated.
19 Reproductive tests (treatments) were performed through manual self-pollination,
20 spontaneous self-pollination, geitonogamy, xenogamy, apomixis and natural pollination.
21 After the fruits formation, they were counted, measured and their seeds were placed in a
22 plastic box in order to germinate. *Ludwigia nervosa* blossomed and had a prolonged
23 flowering period during the year, with a peak activity in the rainy season. Flowers lasted a
24 whole day, providing floral resources like pollen and nectar. The stigma receptivity was
25 noticed in the pre-anteroom phase at 5 am, the period in which pollen viability was higher
26 (82.87%), and decreased until senescence (21.38%), that could be noticed after 13 pm. The
27 visiting species were: *Exomalopsis*, *Xylocopa*, *Megachile* and *Apis mellifera*, including
28 effective pollinators such as *Megachile* species and occasional species such as
29 *Exomalopsis*, *Xylocopa* and *Apis mellifera*. Typical morphological characteristics that
30 attend the melitophilia pollination type syndrome were predominant, however, other types
31 of syndromes with a less important contribution in pollination processes were also
32 observed. In reproductive tests, there were fruits formation only by xenogamic pollen.
33 Therefore, the species pollinators are proven efficient since a greater number of fruits
34 (76%) and germination processes (78%) were verified in tests under natural condition
35 (natural pollination). As a result, the reproductive success of *Ludwigia nervosa* is closely

36 related to the foraging behavior of effective pollinators that promote efficient pollen
37 transport.

38

39 **Keywords:** Floral biology, Germination, Pollinators, Reproductive success.

40

41 **INTRODUÇÃO**

42 A polinização é uma interação responsável por manter a conservação da diversidade
43 biológica, sendo que os polinizadores estão diretamente ligados ao sucesso reprodutivo das
44 angiospermas (Bascompte & Jordano, 2007; Ollerton et al., 2011). A ausência ou
45 insuficiência de tais agentes leva a um déficit na produção de sementes ou ocorrência de
46 frutos deformados (Imperatriz-Fonseca, 2004; Chacoff & Aizen, 2006).

47 A família botânica Onagraceae, pertencente à ordem Myrtales, e possivelmente
48 originou-se na América do Sul (Raven & Axelrod, 1975) e possui distribuição por quase
49 todo o mundo (Miguel-Vázquez & Cerros-Tlatilp, 2013). No Brasil estão presentes quatro
50 gêneros, *Epilobium* L., *Fuchsia* L., *Oenothera* L. e *Ludwigia* L., sendo que *Ludwigia*,
51 ocorre em todo o Brasil (Souza & Lorenz, 2012), e ser pioneira em ambientes úmidos ou
52 alagados (KISSMANN & GROTH, 2000).

53 A presença de espécies pioneiras em habitats que passam por processo de
54 regeneração proporcionam a rápida cobertura e recuperação do solo devido seu rápido
55 crescimento (Souza & Batista, 2004) e a produção de grande quantidade de frutos (Rickefs,
56 1996). Avaliar o sucesso reprodutivo de espécies pioneiras pode ser muito útil, uma vez que
57 diagnosticada com baixa produtividade, servirá de alerta para toda comunidade vegetal em
58 processo de restauração.

59 O conhecimento de biologia floral e reprodutiva são pontos fundamentais para a
60 compreensão do sucesso reprodutivo das espécies vegetais (Maués & Couturier, 2002).
61 Apesar da ampla distribuição das espécies de *Ludwigia*, são poucas as que possuem
62 estudos. Merecem destaque estudos sobre o sistema reprodutivo de *Ludwigia peploides*
63 (Kunth) Raven e *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet (Ruaux, 2009); sobre os

64 visitantes florais de *Ludwigia sericea* (Camb) Hara (Sazima & Santos, 1982; Buschini et
65 al., 2009), de *Ludwigia elegans* (Camb) Hara (Gimenes, 2002; Gimenes, 2003), e de
66 *Ludwigia peruviana* (L.) Hara (Buschini et al.,2009).

67 A espécie vegetal *Ludwigia nervosa* (Poir.) H. Hara é um arbusto perene que pode
68 dominar áreas em processo de regeneração (Pott & Pott, 2000), ou ser empregada em
69 reposição de mata ciliar como fase pioneira (Souza & Lorenz, 2012). A espécie foi
70 selecionada para este estudo em função de sua ocorrência em local fragmentado, e assim
71 hipotetizamos que neste ambiente a espécie teria uma importante contribuição na atração de
72 abelhas, dada a sua morfologia e produção de flores garantindo sucesso reprodutivo a
73 espécie.

74 Portanto, o presente estudo procurou investigar a relação entre o formato floral de *L.*
75 *nervosa* e a composição de abelhas atraídas por suas flores. Para isso, a pesquisa deu ênfase
76 em: (1) descrever a biologia e fenologia reprodutiva de *L. nervosa*; (2) Identificar as
77 espécies de abelhas visitantes das flores da espécie; (3) analisar o comportamento de
78 forrageio das abelhas; (4) investigar se o sucesso reprodutivo da espécie está relacionado
79 com a atividade forrageadora das abelhas em suas flores.

80

81 MATERIAL E MÉTODOS

82 Área de estudo e espécie vegetal

83 A pesquisa foi desenvolvida no Sitio Nova Esperança, localizado na Gleba Azul,
84 município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul (22° 16' 03, 5" S, 53° 55' 27,17" W), entre os
85 meses de junho/2015 e setembro/2016. A área amostral é um fragmento de mata ciliar com
86 26.449,5 m² em brejo e em início de regeneração (sucessão secundária), onde há

87 predomínio de vegetação herbácea (gramíneas e samambaias) e vegetação arbustiva, com
88 *Ludwigia nervosa*, *Miconia* sp., seguida de outras espécies de Asteraceae (Fig. 1). O clima
89 da região se enquadra no tipo subtropical, variando de úmido a subúmido (Zavattini, 1992).

90

91 **Biologia floral e fenologia de floração e frutificação**

92 Para a descrição morfológica dos verticilos florais nas fenofases de floração, foram
93 coletados botões (n=20), flores em pré antese (n=20), antese (n=20), e pós antese ou
94 senescência (n=20), e posteriormente analisados em laboratório. Para melhor descrição da
95 morfologia das fases de floração determinou-se três fases de botões, pré antese, antese e pós
96 antese ou senescência em *L. nervosa*.

97 Observou-se quais os recursos disponibilizados aos visitantes florais, horário de
98 antese das flores, deiscência das anteras e longevidade floral por meio de observações
99 diretas a campo. A presença de odor floral foi verificada mantendo algumas flores de *L.*
100 *nervosa* em um recipiente fechado por 24 horas para concentração do odor, seguindo
101 metodologia proposta por Dafni (1992). A presença e localização dos osmóforos foi
102 detectada utilizando-se o método de Oliveira-filho & Oliveira (1988) com aplicação do
103 corante vermelho neutro sobre as peças florais, os locais corados corresponderam a
104 localização dos osmóforos. E a receptividade do estigma foi avaliada por meio da aplicação
105 de peróxido de hidrogênio (20 vols.) (Kearns & Inouye, 1997).

106 A viabilidade polínica foi avaliada por microscopia óptica, por meio da coleta de
107 anteras de flores de diferentes plantas (n=12). As lâminas histológicas preparadas (n=6)
108 foram fracionadas até a obtenção de 200 grãos de pólen dos diferentes fases de
109 desenvolvimentos (pré-antese, antese e pós-antese). Foram analisadas no aumento de 400

110 vezes o total de 1.200 tétrades de pólen por estágio das flores. Utilizou-se gotas de carmim
111 acético (Radford et al., 1974) para coloração do citoplasma.

112 O comportamento fenológico da população estudada foi observado semanalmente
113 entre os meses de outubro/2015 e setembro/2016, registrando-se a presença das fenofases
114 de floração (botão floral e flores em antese) e de frutificação (frutos imaturos e maduros). O
115 método utilizado foi o Índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos), utilizado para
116 constatar a presença ou ausência da fenofase na planta, indicando a porcentagem de
117 indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico (Bencke e
118 Morellato, 2002), e o número médio de cada fenofase no decorrer dos meses.

119

120 **Sistema reprodutivo**

121 Antes do início da atividade forrageadora dos visitantes florais, 50 flores para cada
122 tratamento, foram isoladas por sacos de tecido voal impedindo o contato dos visitantes com
123 as flores. Vale ressaltar que para a realização dos tratamentos as flores foram desensacadas
124 e posteriormente, após a realização dos testes, ensacadas novamente.

125 Os respectivos tratamentos foram desenvolvidos na espécie vegetal: (1)
126 autopolinização manual, a partir da transferência manual de pólen ao estigma da flor; (2)
127 autopolinização espontânea, em que a flor foi isolada e não passou por manuseio posterior;
128 (3) geitonogamia, cujo pólen foi transferido manualmente para o estigma de flores
129 diferentes da mesma planta; (4) xenogamia, a qual envolveu a transferência manual de
130 pólen ao estigma entre flores de plantas diferentes; (5) apomixia, pela emasculação das
131 flores; e (6) polinização natural, em que as flores foram apenas etiquetadas, sem passar por
132 manuseio posterior, para verificar a produção de frutos em condições naturais. Com

133 exceção da autopolinização espontânea e polinização natural, todos os demais tratamentos
134 tiveram suas flores emasculadas após a realização da polinização.

135 A fecundidade, razão entre o número de frutos e flores produzidas, foi estimada na
136 fase final de desenvolvimento dos frutos oriundos de cada tratamento. Posteriormente foi
137 calculado o Índice de Autoincompatibilidade ($ISI = \text{percentual de frutificações provenientes}$
138 $\text{de autopolinização manual} / \text{percentual de frutos formados por xenogamia}$), seguindo a
139 metodologia de Oliveira e Gibbs (2000).

140 A limitação polínica na espécie vegetal foi avaliada pelo Índice de Limitação
141 Polínica [$ILP = 1 - (F_c / F_{pc})$], onde F_c é a porcentagem de frutificação em condições
142 naturais e F_{pc} é a porcentagem de frutificação proveniente da xenogamia (Larson & Barret,
143 2000).

144 As sementes obtidas nos experimentos foram utilizadas para os testes de
145 germinação. Dez frutos obtidos de cada tratamento foram separados e destes retiradas as
146 sementes, que foram misturadas, sendo posteriormente separadas em dez repetições de 75
147 sementes ($n = 750$) para cada tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em
148 papel filtro tipo “germitest”, embebido em água destilada, essas foram mantidas em
149 germinador tipo B.O.D. As sementes foram submetidas à temperatura constante de 25°C.
150 Considerou-se como germinadas as sementes que apresentaram raiz primária desenvolvida.
151 As avaliações de germinação foram diárias por 40 dias consecutivos e após está data as
152 plântulas tiveram as raízes e parte área mensurados com paquímetro digital, e número de
153 folhas contabilizadas.

154

155 **Comportamento de forrageio dos visitantes florais**

156

157 Os visitantes florais foram coletados semanalmente, em plantas aleatórias, durante a
158 floração (11 semanas) nos meses de fevereiro, março, abril e maio de 2016. As coletas
159 foram realizadas com rede entomológica nos horários 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00
160 horas, sendo 40 minutos dedicados a coleta e 20 minutos a observação do comportamento
161 de forrageio, e as abelhas foram sacrificadas em câmara mortífera..

162 A caracterização das visitas foi realizada por meio de observações diretas e com
163 registro através de máquina fotográfica e filmagens. Concomitantemente ao registro da
164 atividade de forrageio dos visitantes florais, foram registrados o recurso coletado e o
165 contato do corpo deles com as anteras e o estigma da flor a fim de caracterizar o tipo de
166 visitação na flor (visitação legítima- possível polinizador ou ilegítima- pilhagem) com base
167 na metodologia de Inouye (1980).

168

169 **Análise Estatística**

170 O comprimento médio dos frutos, o número médio de sementes, o tamanho da parte
171 aérea, o desenvolvimento da raiz e número de folhas entre os tratamentos foram avaliados
172 pelo teste de Mann Whitney a 5% de significância. A porcentagem de germinação, o índice
173 de germinação, o tempo médio de germinação entre os tratamentos foram analisados por
174 meio do teste *t* de Student a 5% de significância. Para verificação da normalidade dos dados
175 foi utilizado o teste de Lilliefors. O software utilizado foi Bioestat versão 5.0 (Ayres et al.,
176 2007).

177

178 **RESULTADOS**

179 **Biologia floral e fenologia**

180 *Ludwigia nervosa* é uma espécie vegetal de flores tetrâmeras, epígenas, bissexuadas,
181 actinomorfas, diclamídeas com corola dialipétala amarela e cálice gamossépalo verde
182 (Fig.2.A). Há oito estames extrorsos, sendo esses diplostêmones, heterodínamos e
183 dialistêmones. As anteras são rimosas e com inserção do filete dorsifixa (Fig 2.B.). Ovário é
184 tetralocular, tetracarpelar e ínfero. A placentação axial e o fruto é polispérmico, seco e
185 deiscente. Os recursos disponibilizados aos visitantes florais são pólen em tétrades e néctar.

186 Na fase de botão ($1,11 \pm 0,07$ cm de altura) em seu interior a corola está em
187 formação, representada por uma delgada membrana de coloração amarela e os estames de
188 coloração clara circundam o estigma (Fig 2. C). Quando botões atingem $1,84 \pm 0,14$ cm, a
189 fina corola atinge o ápice dos botões, porém ainda é totalmente recoberta pelo cálice.

190 Com $1,88 \pm 0,09$ cm, as pétalas dos botões aparecem entre as sépalas, mas não é
191 possível visualizar os estames e nem o estigma quando observado exteriormente. Nesta fase
192 o estigma apresenta-se coberto por papilas de aspecto úmido (Fig 2.D.). As anteras podem
193 iniciar a liberação de grãos de pólen ainda de coloração esbranquiçada.

194 Na fase de pré-antese o diâmetro da abertura da corola foi de ($0,66 \pm 0,20$ cm),
195 diferindo-se da fase de antese quando o diâmetro da corola atinge $2,15 \pm 0,62$ cm e os
196 verticilos reprodutores ficam expostos. O estigma é capitado, coberto por papilas, úmido e
197 brilhante e os nectários florais apresentam tricomas, localizados ao redor da base do estilete
198 entre os estames (Fig 2.D, E e F).

199 As flores apresentam duração variando de 8 a 10 horas, com início de antese às 5
200 horas e senescência a partir das 13 horas, com a queda das pétalas, seguida pelos estames.

201 Na pós- antese o estigma apresenta coloração escura (Fig. 2.G), assim como as anteras que
202 já não possuem carga polínica (Fig 2.H).

203 Constatou-se que as flores de *L. nervosa* apresentam forte odor adocicado
204 (percepção humana) com osmóforos localizados nas anteras na região dorsal das tecas e nos
205 filetes. A receptividade do estigma inicia-se na pré-antese e estende-se até a senescência da
206 flor. A viabilidade polínica é de 82,87% na fase de pré-antese, 69,55% em antese e 21,38%
207 para pós-antese.

208 As maiores médias de botões/planta, flores e frutos ocorreram final da estação
209 chuvosa, nos meses de março e abril (Fig 3.A). O pico de produção dos botões em *L.*
210 *nervosa* ocorreu nos meses de abril e setembro com aproximadamente 54% (Fig 3.B) não
211 decorrendo em setembro em sucesso na formação de flores (Fig 3.C). *L. nervosa* apresentou
212 pico de floração no mês de março a abril com 62,1% dos indivíduos manifestando a
213 fenofase (Fig 3.C). As maiores médias de frutos ocorreram nos meses de outubro e abril
214 com taxas de 62,9% e 75,1% de indivíduos (Fig 3.D). Os frutos maduros estão presentes
215 praticamente o ano todo, com picos de produção nos meses de outubro, novembro e abril.
216 Outubro e abril foram os meses de maiores médias de frutos maduros produzidos (Fig 3.E).

217

218 **Sistema reprodutivo**

219 Houve formação de frutos nos tratamentos de polinização natural e xenogamia. A
220 polinização natural foi responsável pela maior porcentagem de formação de frutos
221 formados (Tabela 1). Para os demais testes – geitonogamia, apomixia, autopolinização
222 manual e autopolinização espontânea – não houve formação de frutos.

223 O ISI apresentou valor zero, indicando a autoincompatibilidade da espécie.
224 *Ludwigia nervosa* mostra-se totalmente dependente da ação de polinizadores e a
225 polinização cruzada é imprescindível para a fecundação dos óvulos e conseqüentemente o
226 desenvolvimento dos frutos. O ILP foi de - 1,92 representando ausência de limitação
227 polínica, concomitante a deposição suficiente e eficiente de pólen pelos visitantes florais.

228 Entre os tratamentos de xenogamia e polinização natural não houve diferença
229 significativa no número de sementes (U= 199,50; p= 0,3046), entretanto houve no
230 comprimento dos frutos (U=99,50; p=0,0014) (Tabela 1).

231 A porcentagem de germinação (%) foi significativamente maior para as sementes
232 originadas da polinização natural (t = 2,02; p = 0,04), entretanto não houve diferença entre
233 o Índice de Velocidade de Germinação e o tempo médio de germinação dos tratamentos
234 (Tabela 2). Houve diferença significativa entre o desenvolvimento da parte aérea das
235 plântulas (U = 30.765,50; p = 0,009), comprimento da raiz (U = 21.261,5; p < 0,0001), e
236 número médio de folhas (U = 2.031,5; p < 0,0001) entre os tratamentos de xenogamia e a
237 polinização natural (Tabela 3).

238

239 **Comportamento de forrageio dos visitantes florais**

240 Foram coletadas 133 abelha distribuídas entre as famílias Apidae e Megachilidae
241 (Tabela 4). Foi amostrado maior quantidade de polinizadores ocasionais (94,75 %), seguido
242 de polinizadores efetivos (3,75%) (Tabela 4). Não houve visitas ilegítimas no grupo de
243 abelhas. As abelhas amostradas em *L. nervosa* foram *Apis mellifera*, *Xylocopa* cf.
244 *brasilianorum*, *Xylocopa* cf. *frontalis*, *Exomalopsis* cf. *auropilosa*, *Exomalopsis* sp.1,

245 *Exomalopsis* cf. *fulvopilosa*. 3, *Centris* sp. 1, Anthophoridae sp. 1, *Megachile* sp. 1,
246 *Megachile* sp. 2. (Tabela 4).

247 O maior percentual de abelhas coletadas foi de *A. mellifera* (Tabela 4). Devido as
248 rápidas visitas as flores, não foi possível diagnosticar qual recurso coletado por *Centris* sp.
249 1 e Anthophoridae sp. 1 (Tabela 4).

250 Além das abelhas, foi observada raramente a presença de outros visitantes florais
251 como: *Bicyrtis* sp. (Crabronidae), *Polybia* sp. (Vespidae), *Camposomeris* sp. (Scoliidae),
252 *Macraspis morio* (Scarabaeidae), *Phymatinae* sp. (Reduviidae) e *Richardia* sp.
253 (Platystomatidae). Não foi possível verificar a legitimidade das visitas, com exceção de *M.*
254 *morio* que possui hábito pilhador em *L. nervosa*.

255

256 **DISCUSSÃO**

257 **Morfologia, biologia floral, fenologia e aspectos ambientais**

258 A síndrome de polinização do tipo melitofilia é característica de *L. nervosa* em
259 função das características florais observadas, chamando atenção especial à antese diurna,
260 pétalas de coloração amarela, odor agradável ao olfato humano, recursos nutritivos como
261 pólen e néctar. O formato morfológico da flor do tipo aberto, como é o caso de *L. nervosa*,
262 garante a diversos insetos uma plataforma de pouso acolhedora. Sazima e Santos (1982)
263 descrevem para as espécies do gênero *Ludwigia* síndrome de melitofilia completando as
264 características citadas acima com néctar abrigado e produzido em quantidades moderadas.
265 Poucos trabalhos direcionam dados sobre os polinizadores, no entanto abordam estudos de
266 abelhas para o gênero, adaptações morfológicas, cronobiologia e relação de visitantes

267 (Estes e Thorp, 1974; Sazina e Santos, 1982; Martins e Antoni, 1994; Gimenes
268 1988.19991;1993 e Gimenes et al. 1993).

269 O estigma com aspecto úmido observado na fenofase de botão é decorrente da
270 presença de células papiladas - com secreção estigmática - também registrada em outras
271 espécies do gênero *Ludwigia* (Heslop-Harrison,1990), e estão diretamente ligadas à sua
272 receptividade.

273 Nesta espécie, o pólen e néctar são recursos nutritivos. O primeiro integra a dieta
274 principalmente de larvas de abelhas, porém também é fonte de proteína para os demais
275 visitantes florais como mamífero, aves e outros insetos. A quantidade de proteína nos grãos
276 de pólen está diretamente ligada a germinação, formação de tubo polínico e proteção da
277 radiação ultravioleta (Willmer, 2011). Os grãos de pólen dispostos em tétrades (Fig.1.B') é
278 uma característica tanto de *Ludwigia* como de *Epilobium* (Punt & Hoen, 2003).

279 Em Onagraceae é comum essas tétrades estarem ligadas por fios de viscina
280 (Fig.1.B') que podem variar em comprimento, espessura e estrutura (Skvarla et al., 1978).
281 Para o sucesso na coleta desse tipo de pólen os visitantes precisam apresentar estruturas
282 especializadas como, por exemplo, cerdas nas tíbias ou região ventral rígidas e esparsas
283 (Raven, 1979; Gimenes, 2002). Em *Megachile (Moureapis)* sp. (Megachilidae), abelhas
284 oligolélicas, a escopa ventral é um traço morfológico que provavelmente permite que essas
285 abelhas colem pólen de flores de *Ludwigia* de forma eficiente (Buschini, et al., 2009).

286 Em *L. nervosa* a localização estratégica dos nectários é um meio de garantir que
287 durante a coleta do recurso os visitantes florais contatem as anteras e o estigma e se tornem
288 mediadores da polinização.

289 Outra estrutura que permite a atração dos polinizadores por *L. nervosa* é a
290 localização dos osmóforos, localizados nos filetes e tecas, enquanto é muito comum serem
291 encontrados em pétalas, sépalas, ou receptáculo floral (Rech et al., 2014). Acredita-se que
292 em função do modo de abertura da flor e exposição das anteras de forma extrorsa, os
293 osmóforos localizados nos filetes e tecas funcione como um atrativo importante aos
294 visitantes florais.

295 A viabilidade polínica de *L. nervosa* entre as fases de pré- antese, antese e
296 senescência das flores estiveram reduzida, provavelmente devido a umidade relativa do ar e
297 a temperatura ambiente que influenciam diretamente na viabilidade dos grãos de pólen
298 (Dafni, 1992).

299 De acordo com a classificação de Newstrom et al. (1994), o padrão de floração de *L.*
300 *nervosa* é anual, e prolongada. Um dos fatores ambientais que está relacionado às
301 diferentes fenofases reprodutivas é a precipitação (Alencar et al., 1979). Por esse motivo
302 houve o aumento da floração durante a estação chuvosa. Tal período propicia vantagens
303 como o aumento de nutrientes disponíveis para plantas (Morellato & Leitão-Filho, 1992) e
304 a atividade de polinizadores intensificada (Wikander, 1984) devido a aproximação da
305 estação seca e conseqüentemente ocorrência de baixas temperaturas. Esse padrão de
306 floração foi relatado para *L. peruviana* na Austrália (Jacobs et al., 1994).

307 O maior percentual de frutos maduros pouco antes da estação chuvosa é explicado
308 pelas condições mais favoráveis para germinação de sementes e instalação das plântulas. O
309 decréscimo na produção de flores e frutos nos meses próximos ao inverno deve-se ao fato
310 de as plantas estarem sujeitas às variações ambientais locais que podem ter influência na
311 fenologia (Marques & Oliveira, 2004).

312 **Biologia reprodutiva**

313 Os resultados dos testes de polinização em *L. nervosa* e a autoincompatibilidade
314 registrada demonstram que a fecundação dos óvulos por pólen xenogâmico é
315 imprescindível para o desenvolvimento dos frutos, uma vez que não ocorre formação de
316 frutos por geitonogamia, apomixia, autopolinização espontânea ou manual. Sendo assim há
317 a necessidade obrigatória de polinizadores para atuarem como mediadores no transporte de
318 pólen entre as plantas. Plantas autoincompatíveis são mais vulneráveis aos efeitos de
319 fragmentações (Morales & Galetto, 2003; Aguilar et al., 2006), pois a produção de frutos é
320 influenciada pela diversidade de visitantes florais, qualidade de forrageios, disponibilidade
321 de recursos e interferência humana (Aizen & Feinenger, 1994).

322 A média de frutificação maior em condições naturais, juntamente com a ausência de
323 limitação de pólen, indica que os polinizadores na área de estudo são altamente eficientes.
324 Em plantas cultivadas, a polinização melhora a produtividade e garante a produção de
325 frutos e sementes de boa qualidade (Free, 1993).

326 O maior percentual de germinação nas sementes oriundas de polinização natural
327 mostra a importância dos polinizadores sobre a qualidade fisiológica das sementes e
328 conseqüentemente no desenvolvimento das plântulas em geral (parte aérea, comprimento
329 da raiz e números de folhas). As sementes maiores podem conter uma quantidade maior de
330 reservas e oferecer vantagem para as plântulas (Moles & Westoby, 2006; Elliott et al.,
331 2007).

332 Foi observado *in loco* que as sementes de *L. nervosa* podem ser dispersas pelo
333 vento sendo carregadas a diferentes locais, entre eles curso d'água, próximos às áreas de

334 ocorrência, assim como as plântulas recém-emergidas. Esta forma de dispersão de
335 sementes e plântulas também é encontrada em *L. peruviana* (Jacobs et al., 1994).

336 A produção de grande número de sementes viáveis aumenta as chances de
337 estabelecimento após perturbações (Van Wijk, 1989). Mediante o alto percentual de
338 germinação, a reprodução sexuada é um mecanismo importante para a disseminação das
339 espécies e estabelecimento de plântulas de *Ludwigia* (Oziegbe & Faluyi, 2012).

340

341 **Comportamento de forrageio dos visitantes florais**

342 Os indivíduos de *Exomalopsis* são polinizadores ocasionais de *L. nervosa*. Essas
343 abelhas geralmente não possuíam pólen aderido ao corpo, pois se apoiavam nas pétalas e
344 então inseriam o aparelho bucal no nectário. Com visitas pouco frequentes e geralmente
345 rápidas para coleta de néctar, ocasionalmente contactavam os órgãos reprodutivos das flores
346 ao tentarem coletar o recurso em mais de uma câmara nectarífera.

347 As espécies de *Xylocopa* também foram consideradas polinizadores ocasionais, e
348 apesar da baixa frequência de visitas, foram observadas coletando pólen e néctar. Durante
349 a coleta de pólen foi observado a presença de grãos aderidos a pilosidade ventral do corpo
350 da abelha, caracterizando uma polinização esternotribica e ocasional contato com os órgãos
351 reprodutivos de *L. nervosa*. Contudo, para a coleta de néctar devido o grande tamanho
352 corpóreo ocasionalmente contactavam o estigma da flor.

353 Sendo um visitante dominante tanto em áreas naturais como na agricultura,
354 especialmente nos trópicos, *A. mellifera* foi a espécie mais frequente nas coletas, isso
355 provavelmente devido seu eficiente sistema de localização de fontes florais e elevada taxa

356 reprodutiva (Harrison et al. 2006). Além do mais são comumente encontradas em áreas
357 abertas. O ninho, super povoado, colabora com a visitação massiva.

358 Durante as coletas de recursos a abelha sempre mantinha contato com os órgãos
359 reprodutivos das flores, realizando polinização esternotribica. Como as coletas de pólen
360 ocorriam em mais de uma antera, na região ventral do corpo de *A. mellifera* ficavam
361 aderidos os grãos de pólen, que ao visitarem outras flores, ao contatarem o estigma,
362 transferem o pólen. Para a coleta de néctar, as abelhas pousavam sobre a corola ou sobre
363 os verticilos reprodutivos, seguiam em direção ao nectário e inseriam as peças bucais na
364 câmara nectarífera. Esses movimentos eram ágeis e a região ventral do corpo da abelha
365 sempre entrava em contato com as anteras na busca por néctar nos demais nectários. Por
366 esse motivo *A. mellifera* geralmente possuía grande quantidade grãos de pólen aderido ao
367 corpo.

368 As abelhas coletoras de pólen nas flores de Onagraceae são frequentemente
369 especializadas e oligoléticas (Raven, 1979). Em estudo com *L. elegans*, Gimenes (2002)
370 considerou *A. mellifera* como polinizador efetivo devido ao grande tamanho corpóreo, e
371 aos movimentos ágeis sempre contatando os verticilos reprodutores das flores. Entretanto
372 *L. elegans* forma frutos por geitonogamia, o que não ocorre em *L. nervosa*. No presente
373 estudo *A. mellifera* foi considerado como polinizador ocasional, uma vez que parte das
374 visitas são realizadas em flores da mesma planta, assim ocorrendo a transferência de pólen,
375 mas não a formação de frutos.

376 *Apis mellifera* apresenta elevada plasticidade ecológica, reforçada pelo mosaico de
377 habitats produzidos pela ação antropogênica na natureza (Roubik, 1989), ao mesmo tempo
378 que essas paisagens podem facilitar declínio regional na diversidade de insetos

379 polinizadores nativos. As mudanças na composição e atratividade de forrageios dos
380 visitantes florais são evidentes nos locais em que houve fragmentação (Aizen & Feinenger,
381 1994).

382 Tanto as abelhas *Megachile* sp.1 como as *Megachile* sp.2, também foram
383 consideradas polinizadores efetivos. Os movimentos para coleta de recursos foram ágeis e
384 visitavam flores de diversas plantas por forrageio, assim favorecendo a polinização por
385 pólen xenogâmico. *Megachile* sp.1, em todas as visitas contactou a escopa e as tíbias
386 cobertas de pólen com os órgãos reprodutivos das flores. *Megachile* sp.2 realizou
387 polinização esternotrípica, com pólen aderido a pilosidade ventral do corpo.

388 As espécies de Megachilidae, exercendo papel de potenciais polinizadores de *L.*
389 *nervosa*, corroboram resultados de outros estudos que relatam que *Megachile* (*Moureapis*)
390 sp.é um potencial polinizador de *L. peruviana* e *L. sericea* e que o período de nidificação
391 da abelha está sincronizado ao pico de florescimento de tais plantas (Buschini et al., 2009).
392 Entretanto, para afirmar que existe uma sincronia entre a nidificação das espécies de
393 *Megachile* com a floração de *L. nervosa* serão necessários outros estudos.

394 Dois argumentos são levantados sobre o declínio no percentual de abelhas
395 coletadas. O primeiro deles está ligado a fatores climáticos, pois as abelhas são capazes de
396 se ajustarem para a coleta de recursos em resposta às condições climáticas (Hofstede &
397 Sommeijer, 2006), sendo que algumas espécies de abelhas intensificam a atividade de
398 forrageio nos períodos em que a intensidade luminosa e a temperatura estão elevadas, e
399 tanto a umidade relativa do ar, quanto a velocidade do vento estejam baixas (Kasper et al.,
400 2008; Polatto et al., 2014). Como coletas de abelhas também ocorreram na transição entre
401 as estações chuvosa e seca é provável que a queda de temperatura em maio tenha

402 influenciado nos forrageios. Contudo, cada espécie está adaptada às condições climáticas
403 específicas, sendo necessários estudos para obter conhecimento de tais adaptações.

404 O segundo argumento está ligado à disponibilidade de recursos. O período em que
405 iniciou-se a estação seca e queda da temperatura, houve queda na produção de flores de *L.*
406 *nervosa* e redução na quantidade de indivíduos, conseqüentemente reduziu o recurso
407 disponível. As oscilações dos fatores ambientais ao longo do dia (Silva et al., 2013), a taxa
408 de produção de néctar possivelmente interferem na intensidade diária de forrageios das
409 abelhas (Polatto et al. 2014).

410 As espécies vegetais são beneficiadas quando há a presença do respectivo
411 polinizador, pois com poucas visitas de polinizadores efetivos o sucesso reprodutivo da
412 espécie estará garantido.

413 Apesar do fragmento de mata ciliar estudado ter sofrido perturbações e estar em
414 processo de regeneração, a população de *L. nervosa* está bem estabelecida. Os melhores
415 resultados para o tratamento de polinização natural, tanto para formação de frutos como
416 para germinação das sementes, são indícios de que as abelhas visitantes das flores estão
417 promovendo o transporte de pólen de forma eficiente.

418

419 **CONCLUSÃO**

420 A floração de *L. nervosa* é anual e prolongada com pico de atividade na estação
421 chuvosa. Os frutos são formados somente por pólen xenogâmico.

422 As abelhas visitantes de *L. nervosa* foram: espécies de *Exomalopsis*, *Xylocopa*,
423 *Megachile* e *Apis mellifera*. Sendo que as espécies de *Megachile* são os únicos
424 polinizadores efetivos.

425 A maior porcentagem de frutos (76%) e porcentagem de germinação (78%) foi
426 encontrado em condições naturais nos tratamentos de polinização, mostrando que o
427 sucesso reprodutivo da espécie vegetal está intimamente ligado a presença de
428 polinizadores.

429

430 **AGRADECIMENTOS**

431 Ao professor visitante da Universidade Federal da Grande Dourados Samuel Vieira
432 Boff pela pré-identificação das abelhas. Aos acadêmicos da Universidade Estadual de Mato
433 Grosso do Sul – UEMS, Stefanny Monique Nascimento Barbosa e Felipe Brancalion
434 Giacomelli, pelo auxílio nas coletas.

435 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 436 Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L., Aizen, M. A. (2006). Plant reproductive
437 susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a
438 meta-analysis. *Ecology letters*, 9: 968-980. doi:10.1111/j.1461-0248.2006.00927.
- 439 Aizen, M.A., Feinsinger, P. (1994). Forest Fragmentation, Pollination and Plant
440 Reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology*, 75: 330-351.
441 doi: 10.2307/1939538
- 442 Alencar, J.D.C., Almeida, R.A., Fernandes, N.P. (1979). Fenologia de espécies florestais
443 em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*. 9:163-
444 198.
- 445 Ayres M, Ayres-Jr M, Ayres D.L, Santos A.A.S. (2007). BioEstat: aplicações estatísticas
446 nas áreas das ciências biomédicas. Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq, Belém.
- 447 Bascompte, J., Jordano, P. (2007). Plant-animal mutualistic networks: the architecture of
448 biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 567-593. doi:
449 10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818
- 450 Bencke, C.S., Morellato, L.P.C. (2002). Comparação de dois métodos de avaliação da
451 fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de*
452 *Botânica*, 25: 269-275. Doi: [10.1590/S0100-84042002000300003](https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000300003).
- 453 Buschini, M.L.T., Rigon, J., Cordeiro, J. (2009). Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp.
454 (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. *Brazilian Journal of*
455 *Biology*, 69: 1187-1194. doi: 10.1590/S1519-69842009000500025

456 Chacoff, N.P., Aizen, M.A. (2006). Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit
457 plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43:
458 18-27. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005. 01116.x

459 Dafni, A. (1992). *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford University Press, 250 p.

460 Elliott, R.H., Franke, C., Rakow, G.F.W. (2007). Effects of seed size and seed weight on
461 seedling establishment, vigor and tolerance of Argentine canola (*Brassica napus*) to flea
462 beetles, *Phyllotreta* spp. *Canadian Journal of Plant Science*, 88: 207-217. doi:
463 10.4141/CJPS07059

464 Free, J.B. (1993). *Insect pollination of crops*. Second Edition. London: Academic Press,
465 arcourt Brace Jovanovich, Publishers, 684 p.

466 Gimenes, M. (2002). Interactions between bees and *Ludwigia elegans* (Camb.) Hara
467 (Onagraceae) flowers at different altitudes in São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de*
468 *Zoologia*, 19: 681-689. doi:10.1590/S0101-81752002000300005

469 Gimenes, M. (2003). Interaction between visiting bees (Hymenoptera, Apoidea) and
470 flowers of *Ludwigia elegans* (Camb.) hara (Onagraceae) during the year in two different
471 areas in São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63: 617-625. doi:
472 10.1590/S1519-69842003000400008

473 Harrison, J.F., Fewell, J.H., Anderson, K.E., Loper, G.M. (2006). Environmental
474 physiology of the invasion of the Americas by Africanized honeybees. *Integrative and*
475 *Comparative Biology*, 46: 6, 1110-1122. doi: 10.1093/icb/icl046

476 Heslop-Harrison, Y. (1990). Stigma form and surface in relation to self-incompatibility in
477 the Onagraceae. *Nordic Journal of Botany*, 10: 1-19. doi: 10.1111/j.1756-
478 1051.1990.tb01746.x

479 Hofstede F.E., Sommeijer, M.J. (2006). Influence of environmental and colony factors on
480 the initial commodity choice of foragers of the stingless bee *Plebeia tobagoensis*
481 (Hymenoptera, Meliponini). *Insectes Sociaux*, 53: 258-264. doi: 10.1007/s00040-006-
482 0866-9

483 Imperatriz-Fonseca, V. L. (2004). Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores
484 e polinização. São Paulo: USP.

485 Inouye, D.W. (1980). The terminology of floral larceny. *Ecology*, 61: 1251-1253. doi:
486 0.2307/1936841

487 Jacobs, S.W.L., Perrett, F., Sainty, G.R., Bowmer, K.H., Jacobs, B.J. (1994) *Ludwigia*
488 *peruviana* (Onagraceae) in the botany wetlands near Sydney, Australia. *Marine and*
489 *Freshwater Research*, 45: 1481-1490. doi: 10.1071/MF9941481

490 Kasper, M.L., Reeson, A.F., Mackay, D. A., Austin, A. D. (2008). Environmental factors
491 influencing daily foraging activity of *Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in
492 Mediterranean Australia. *Insectes Sociaux*, 55: 288-295. doi: 10.1155/2011/542487

493 Kearns, C.A., Inouye, D.W. (1997). Pollinators, flowering plants and conservation
494 biology. *Bioscience*, 47: 297-306, 1997 doi: 10.2307/1313191

495 Kissmann, K. G.; Groth, D. Plantas infestantes e nocivas. 2. ed, São Paulo: BASF, 2000.
496 726p.

497 Larson, B.M., Barrett, S.C. (2000). A comparative analysis of pollen limitation in flowering
498 plants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 69: 503-520. doi: 10.1111/j.1095-
499 8312.2000.tb01221.x

500 Marques, M.C., Oliveira, P.E.A.M. (2004). Fenologia de espécies do dossel e do sub-
501 bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de*
502 *Botânica*, 27: 713-723. Doi: 10.1590/S0100-84042004000400011.

503 Maués, M.M.; Couturier, G. (2002). Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu
504 (*Myrciaria dúbia* (H. B. K.) Mc Vaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. *Revista*
505 *Brasileira de Botânica*, 25: 441-448.

506 Miguel-Vázquez, M.I., Cerros-Tlatilpa, R. (2013). Onagraceae de Morelos,
507 México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 1309-1315. doi: 10.7550/rmb.24854

508 Moles, A.T., Westoby, M. (2006). Seed size and plant strategy across the whole life
509 cycle. *Oikos*, 113: 91-105. doi: 10.1111/j.0030-1299.2006.14194.x

510 Morales, C.L., Galetto, L. (2003). Influence of compatibility system and life form on plant
511 reproductive success. *Plant biology*, 5: 567-573.

512 Morellato, L.P.C., Leitão-Filho, H.F. (1992). Padrões de frutificação e dispersão na Serra
513 do Japi. In *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal*
514 *no Sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, p. 112-140.

515 Newstrom, L.E., Frankie, G.W., Baker, H., George. (1994). A new classification for plant
516 phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva,
517 Costa Rica. *Biotropica*, 26: 141-159, doi: 10.2307/2388804

518 Ollerton, J., Winfree, R. Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by
519 animals? *Oikos*, 120: 321-326. doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

520 Oliveira-Filho, A.D., Oliveira, L.D.A. (1988). Biologia floral de uma população de
521 *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) em Lavras, MG. Revista Brasileira de
522 Botânica, 11: 23-32. doi: 10.1590/S0102-33062003000200007

523 Oliveira, P.E., Gibbs, P.E. (2000). Reproductive biology of wood plants in Cerrado
524 community of Central Brazil. Flora, 195: 311-329

525 Oziegbe, M., Faluyi, J.O. (2012). Reproductive biology of *Ludwigia leptocarpa* and
526 *Ludwigia adscendens* subsp. diffusa in Ile Ife, Nigeria. Turkish Journal of Botany, 36:
527 167-173. doi: 10.3906/bot-1101-21

528 Polatto, L.P., Chaud-Netto, J., Alves-Junior, V.V. (2014). Influence of Abiotic Factors and
529 Floral Resource Availability on Daily Foraging Activity of Bees. Journal of Insect
530 Behavior, 27: 593-612. doi: 10.1007/s10905-014-9452-6

531 Pott, V.J.; Pott, A. (2000). Plantas aquáticas do Pantanal. Brasília: Embrapa, 404p.

532 Punt, W., Rovers, J., Hoen, P.P. (2003). Onagraceae. Review of Palaeobotany and
533 Palynology, 123: 107-161. doi: 10.1016/S0034-6667(02)00158-6

534 Radford, A.E., Dickinson, W.C., Massey, J.R., Bell, C.R. (1974). Vascular plant
535 systematics, Harper & Row Publishers, New York, 891p.

536 Raven, P.H., Axelrod, D.I. (1975). History of the Flora and Fauna of Latin America: The
537 theory of plate tectonics provides a basis for reinterpreting the origins and distribution of
538 the biota. American Scientist, 63: 420-429. doi: stable/27845577

539 Raven, P.H. (1979). A survey of reproductive biology in Onagraceae. New Zealand Journal
540 of Botany, 17: 575-593. doi: 10.1080/0028825X.1979.10432572

541 Rech, A.R., Agostini, K., Oliveira, P.E., Machado, I.C. (2014). Biologia da Polinização.
542 Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 532 p.

543 Ricklefs, R.E. (1996). A economia da natureza, 3ª edição, Trad. Bueno, CS e Lima, PP Rio
544 de Janeiro: Guanabara Koogan S. A.

545 Roubik, D. W. (1989). Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge
546 University Press, 514p

547 Ruaux, B., Greulich, S., Haury, J., Berton, J.P. (2009). Sexual reproduction of two alien
548 invasive *Ludwigia* (Onagraceae) on the middle Loire River, France. Aquatic Botany, 90:
549 143-148. doi: 10.1016/j.aquabot.2008.08.003

550 Sazima, M., Santos, J.U.M. (1982). Biologia floral e insetos visitantes de *Ludwigia sericea*
551 (Onagraceae). Série Botânica, 54: 1-12.

552 Silva, K.N., Dutra, J.C.S., Nucci, M., Polatto, L.P. (2013). Influência dos fatores ambientais
553 e da quantidade de néctar na atividade de forrageio de abelhas em flores de
554 *Adenocalymma bracteatum* (Cham.) DC. (Bignoniaceae). EntomoBrasilis, 6: 193-201,
555 2013. doi: 10.12741/ebrasilis.v6i3.295

556 Skvarla, J.J., Raven, P.H., Chissoe, W.F., Sharp, M., (1978). An ultrastructural study of
557 viscin threads in Onagraceae pollen. Pollen Spores, 20: 5-143.

558 Souza, F.M., Batista, J.L.F. (2004). Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil:
559 influence of age and restoration design on forest structure. Forest ecology and
560 Management, 191: 185-200. doi: 10.1016/j.foreco.2003.12.006

561 Souza, V. C.; Lorenz, H. (2012). Botânica Sistemática: Guia Ilustrado para Identificação
562 das Famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG III. 3ª
563 Edição. Nova Odessa, SP. Editora Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 768p.

- 564 Van Wijk, R.J. (1989). Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. III. Reproductive
565 strategies and germination ecology. *Aquatic Botany*, 33: 271-299. doi: 10.1016/0304-
566 3770(89)90042-9
- 567 Wikander, T. (1984). Mecanismos de dispersión de diasporas de una selva decidua en
568 Venezuela. *Biotropica*, 16: 276-283. doi: 10.2307/2387936
- 569 Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton, Princeton University Press,
570 778pp.
- 571 Zavattini, J. A. (1992). Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. *Geografia*, 17: 65-91,

572 **Tabela1.** Taxa de polinização, número de sementes e comprimentos dos frutos resultantes
 573 em *Ludwigia nervosa*,

Tratamentos	Nº de flores	Fecundidade (%)	Nº médio de sementes	Comprimento do fruto (mm)
Autopolinização manual	50	0	-	-
Autopolinização espontânea	50	0	-	-
Geitonogamia	50	0	-	-
Xenogamia	50	26	309,23±116,1 a	12,83±0,93 b
Polinização natural	50	76	383,30±183,3 a	14,53±1,65 a
Apomixia	50	0	-	-

574 *Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann
 575 Whitney ($P \leq 0,05$).

576 **Tabela 2.** Percentual de germinação (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e
577 Tempo Médio de Germinação (TMG) das sementes de *Ludwigia nervosa*, oriundas dos
578 testes de polinização.

579

Tratamentos	% G	IVG	TMG
Xenogamia	53 b	1,23 a	36,97 a
Polinização natural	78 a	2,47 a	37,26 a

580

581

582

583 *Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* ($P \leq 0,05$).

584 **Tabela 3.** Dados morfológicos de plântulas de *Ludwigia nervosa*, oriundas do teste de
585 germinação de sementes obtidas dos tratamentos de polinização.

Tratamentos	Parte Aérea	Cumprimento da Raiz	Nº de folhas
Xenogamia	4,99± 1,22 b	1,85±0,58 b	2±0 b
Polinização natural	5,31±1,41 a	2,54±1,17 a	4,33±1,00 a

586 *Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Mann
587 Whitney ($P \leq 0,05$).

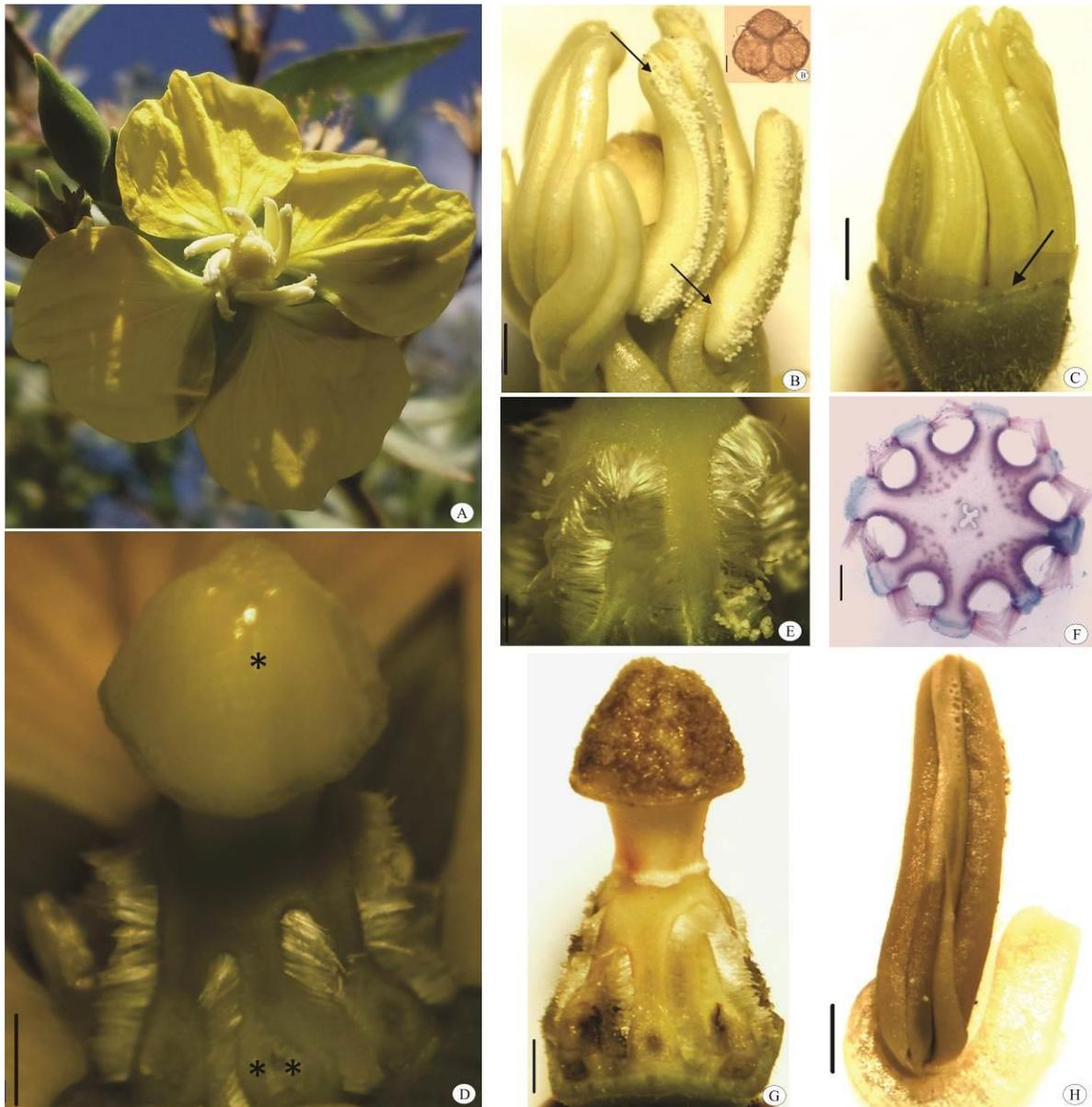
588 **Tabela 4-** Tipo de recurso coletado, comportamento e percentual de visitantes florais de
 589 *Ludwigia nervosa*. Legenda: P – pólen, N- néctar, ND – não definido, PE - polinizador
 590 efetivo, e PO - polinizador ocasional.

Visitantes Florais	Recurso coletado	Comportamento	Indivíduos coletados (%)
HYMENOPTERA			
APIDAE			
<i>Apis melífera</i>	P/N	PO	86,47
<i>Xylocopa</i> cf. <i>brasilianorum</i>	P/N	PO	1,50
<i>Xylocopa</i> cf. <i>frontalis</i>	P/N	PO	1,50
<i>Exomalopsis</i> cf. <i>auropilosa</i>	P	PO	3,76
<i>Exomalopsis</i> sp.1	N	PO	0,75
<i>Exomalopsis</i> cf. <i>fulvopilosa</i>	N	PO	0,75
<i>Centris</i> sp. 1	ND	ND	0,75
Anthophoridae sp. 1	ND	ND	0,75
MEGACHILIDAE			
<i>Megachile</i> sp. 1	P/N	PE	2,25
<i>Megachile</i> sp. 2	N	PE	1,50



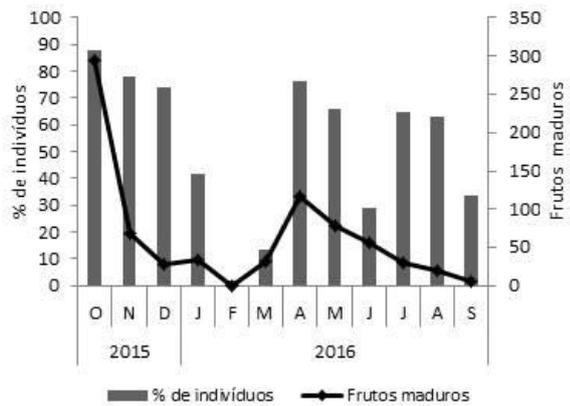
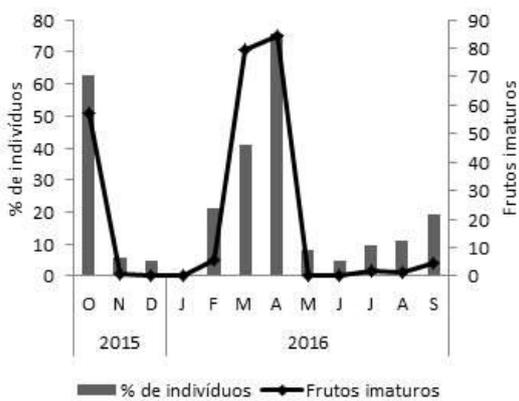
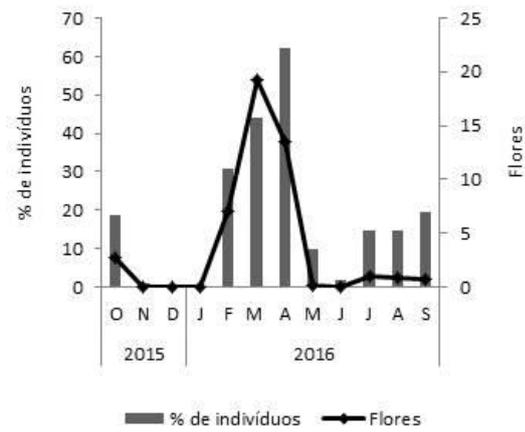
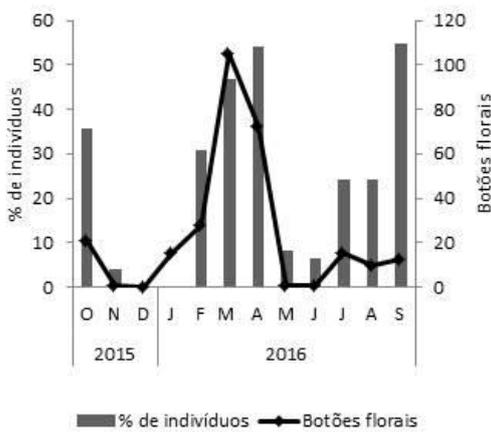
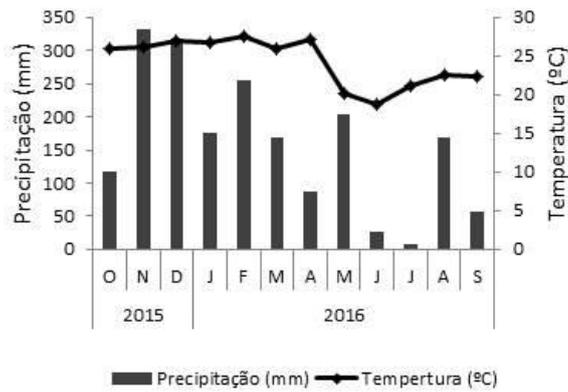
591

592 **Fig. 1 A-B** – Área de estudo. A- Fragmento de mata ciliar onde foi realizado estudo
593 (seta)(Google Earth, 2017). B – Vegetação do local de estudo.



594

595 **Fig.2A-F.** Aspectos da biologia floral de *Ludwigia nervosa*. A. Detalhe da morfologia
 596 floral; B. Antera ramosa dorsifixa (seta) iniciando liberação de pólen, B'. Tétrade de
 597 pólen com fios de viscina; C. Formação da corola; D Estigma com aspecto úmido (*);
 598 Nectário (**); E. Detalhe do nectário com tricomas; F. Corte transversal do nectário; G.
 599 Gineceu em fase de senescência; H. Antera em senescência. Barra= 0,10 cm (B, C, D,
 600 G, H), 10 μ m (B'), 0,05 cm (E) e 500 μ m (F).



601

602 **Fig.3 A-E.** Porcentagem de indivíduos nas fenofases de floração e frutificação em

603 *Ludwigia nervosa* de outubro/2015 a setembro/2016.