UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP – DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

**“História natural e performance larval de *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897)
(Lepidoptera, Geometridae, Geometrinae): uma mariposa esmeralda do Cerrado.”**

“Versão corrigida”

Bruno de Sousa Lopes

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA.

RIBEIRÃO PRETO – SP

2016

Bruno de Sousa Lopes

**“História natural e performance larval de *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897)
(Lepidoptera, Geometridae, Geometrinae): uma mariposa esmeralda do Cerrado.”**

“Versão corrigida”

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte
das exigências para a obtenção do título de Mestre em
Ciências, Área: ENTOMOLOGIA.

Orientador: Prof. Titular Dr. Kleber Del Claro

Ribeirão Preto, 2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da publicação

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Sousa-Lopes, Bruno.

História natural e performance larval de *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897) (Lepidoptera, Geometridae, Geometrinae): uma mariposa esmeralda do Cerrado. Ribeirão Preto, 2016.

62 f.

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Área: Entomologia.

Orientador: Del-Claro, Kleber

Palavras-chave: 1. Interação inseto-planta. 2. Herbivoria. 3. Fenologia. 4. Dieta. 5. Estágios imaturos.

ATA DE DEFESA

Aluno: 59131 - 9145360 - 1 / Página 1 de 1

Ata de defesa pública de Dissertação do(a) Senhor(a) Bruno de Sousa Lopes no Programa: Entomologia, do(a) Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Aos 23 dias do mês de maio de 2016, no(a) Centro Didático - sala 05 realizou-se a Defesa da Dissertação do(a) Senhor(a) Bruno de Sousa Lopes, apresentada para a obtenção do título de Mestre intitulada:

"História natural e performance larval de *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897) (Lepidoptera, Geometridae, Geometrinae): uma mariposa esmeralda do cerrado"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Kleber Del Claro	Presidente	FFCLRP	Não Votante
Carlos Alberto Garofalo	Titular	FFCLRP - USP	<u>APROVADO</u>
Vanessa Stefani Sul Moreira	Suplente	Externo	<u>APROVADO</u>
Amábilio José Aires de Camargo	Suplente	FCSC - Externo	<u>APROVADO</u>

Resultado Final: APROVADO

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Cesar Pereira Brites Cesar Brites, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). Ribeirão Preto, aos 23 dias do mês de maio de 2016.

Carlos Alberto Garofalo

Vanessa Stefani Sul Moreira

Amábilio José Aires de Camargo

Kleber Del Claro
Presidente da Comissão Julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

A defesa foi homologada pela Comissão de Pós-Graduação em _____ e, portanto, o(a) aluno(a) faz jus ao título de Mestre em Ciências obtido no Programa Entomologia.

Presidente da Comissão de Pós-Graduação

AGRADECIMENTOS

- ✓ A **Deus** pela oportunidade concedida;
- ✓ Aos meus pais, **Heli Lopes** e **Silvana Sousa** e ao meu irmão **Heli Jr.**, por sempre me incentivarem e por serem fundamentais em toda a minha vida;
- ✓ À minha esposa **Nayane Alves** e minha filha **Melissa Lopes**, pelo amor, pelo incansável apoio, por compreenderem minha ausência, por me ajudarem na criação dos imaturos e pelas sugestões no manuscrito;
- ✓ Ao **Prof. Kleber Del Claro** pelo carinho, pelos conselhos e pela oportunidade de estar em um dos melhores laboratórios de pesquisa do país;
- ✓ À **Dr^a. Alexandra Bächtold** por me mostrar o “mundo dos lepidópteros” e pela paciência ao me coorientar;
- ✓ Ao **Dr. Estevão Alves Silva** pela ajuda nas análises estatísticas e sugestões no manuscrito;
- ✓ Ao **Prof. Rubens Queiroz** pela ajuda na identificação da planta hospedeira;
- ✓ Ao **Prof. Manoel Martins Dias Filho** pela ajuda na identificação da mariposa utilizada neste estudo;
- ✓ Ao **Dr. Geraldo Salgado** pela ajuda na identificação do parasitóide;
- ✓ A todos que fazem parte do **LECI** (Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações), em especial à **Prof^a. Helena Maura Silingardi, Eduardo Calixto, Diego Anjos, Diogo Vilela e Fernando Valdivia**;
- ✓ À **Universidade Federal de Uberlândia** por contribuir significativamente em minha formação e ceder espaço para trabalho;
- ✓ Ao **Instituto de Ciências Agrárias da UFU**, em especial ao **Prof. Elias** e ao técnico **Marco Aurélio**, pela ajuda na análise de material vegetal;
- ✓ À **Universidade de São Paulo** pela oportunidade, em especial ao **PPG Entomologia da FFCLRP** pelas importantes aulas que me proporcionaram aprimoramento profissional;
- ✓ Aos professores, que contribuíram para que ocorressem significativas mudanças em minhas concepções, em especial **Marco Del Lama e Fernando Zucoloto**;
- ✓ A todos os colegas da pós-graduação, pelas discussões em aulas e fora delas, em especial **Patrícia Pinhal, Reinanda Lima, Fábio Oliveira e Fabiano Stefanello**;

- ✓ À **Renata Cavallari** e **Vera de Lucca** por sempre me atenderem com carinho, respeito e me ajudarem na parte burocrática;
- ✓ À **Biblioteca Municipal de Uberlândia** pelo espaço cedido para estudos;
- ✓ A todos os **familiares, amigos e profissionais**, que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação;
- ✓ Ao **CNPq** pelo auxílio financeiro (Processo: 144025/2014-0) e
- ✓ Ao **Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia** por disponibilizar a reserva para estudo;
- ✓ Aos professores e membros de minha banca: **Amábilio José Aires de Camargo, Carlos Alberto Garófalo e Vanessa Stefani Sul Moreira**, por aceitarem o convite e darem importantes sugestões neste manuscrito.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

SOUSA-LOPES, B. **História natural e performance larval de *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897) (Lepidoptera, Geometridae, Geometrinae): uma mariposa esmeralda do Cerrado.** 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 2016.

São estimadas 90 mil espécies de insetos para o Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro, com enorme heterogeneidade de habitats e rica fauna. Dentre esses insetos, os Lepidoptera representam cerca de 10% do total de espécies. Entretanto, estudos sobre seus imaturos (ovo, larva e pupa) ainda são incipientes para o bioma, principalmente sobre as mariposas, cujas histórias naturais de muitas espécies ainda são desconhecidas. A falta desses estudos faz com que sejam ignoradas as interações multitróficas em que esses organismos estão envolvidos e, portanto, inviabiliza futuros estudos relacionados ao seu papel em comunidades e redes ecológicas. Esse é o caso de muitas espécies da família Geometridae, incluindo *Oospila pallidaria*, que é uma mariposa esmeralda (devido à coloração verde esmeralda das suas asas). *Oospila pallidaria* é uma espécie herbívora que não possuía até o momento nenhuma informação publicada sobre a sua biologia e fatores que condicionam sua ocorrência, tais como: a fenologia da planta hospedeira, que pode determinar o período de melhores condições para crescimento e reprodução; a qualidade nutricional dos recursos alimentares (e.g. quantidade de água e nitrogênio), que pode determinar quais recursos conferem melhor desenvolvimento/performance a um herbívoro; os inimigos naturais, que podem restringir a ocorrência dos herbívoros e a temperatura e pluviosidade, que podem alterar a qualidade e a distribuição geográfica dos recursos alimentares utilizados pelos herbívoros. Nesse sentido, o objetivo principal deste estudo foi descrever, pela primeira vez, aspectos da biologia e história natural de *O. pallidaria* (Capítulo 1) e avaliar a sua performance larval, a partir de diferentes dietas (Capítulo 2). Os resultados apresentados no Capítulo 1 mostraram que os ovos de *O. pallidaria*, verdes e com duração média de sete dias, foram solitários e ovipostos principalmente nos tricomas das folhas maduras. As larvas se alimentaram de folhas maduras predominantemente, mas utilizaram folhas jovens e botões florais oportunisticamente. As larvas tiveram coloração críptica, se camuflaram em meio às folhas de *Mimosa setosa* (Leguminosae: Mimosoideae), sua única hospedeira, e desenvolveram o comportamento de auto-limpeza. Há cinco ínstaras larvais, com coloração que variou de amarelo a verde. As

larvas apresentaram também um par de projeções no protórax e linha mediana marrom na região dorsal. O comprimento máximo do corpo das larvas foi de 28 mm. As pupas foram predominantemente verdes, com no máximo 10 mm de comprimento. O desenvolvimento do ovo ao adulto durou cerca de 50 dias ($\bar{x}$ = 42; S = 6; n = 11). Seu único inimigo natural registrado foi o microhimenóptero *Cotesia* sp. (Braconidae, Microgastrinae). Fêmeas de *O. pallidaria* produziram 65 ovos em média (S = 7,07; n = 2). A ocorrência de *O. pallidaria* foi sazonal e sobreposta ao pico de presença de folhas maduras. Larvas foram negativamente relacionadas à temperatura e pluviosidade, com significância estatística somente para a primeira (r = - 0.5889, P < 0.05). No Capítulo 2, foi mostrado que as folhas maduras de *M. setosa* foram o único recurso alimentar disponível durante todo o ano. Os botões florais foram o recurso com maior qualidade nutricional (conteúdo relativo de água e nitrogênio total), seguidos por folhas jovens e maduras respectivamente. Entretanto, a sobrevivência de *O. pallidaria* foi maior com folhas maduras. Os resultados indicam que para o herbívoro especialista *O. pallidaria*, a fenologia da planta hospedeira é crucial para sua sobrevivência, em especial a presença de folhas maduras de *M. setosa*. Por outro lado, os botões florais são recursos efêmeros, porém importantes para a sobrevivência das larvas de últimos instares no final da estação seca, quando as folhas maduras estão ressecadas e/ou senescentes.

PALAVRAS-CHAVE: 1. Interação inseto-planta. 2. Herbivoria. 3. Fenologia. 4. Dieta. 5. Estágios imaturos.

ABSTRACT

SOUSA-LOPES, B. **Natural history and larval performance of the *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897) (Lepidoptera, Geometridae, Geometrinae): a emerald moth of Cerrado.** 2016. 62 l. Thesis (Master) - Faculty of Philosophy, Sciences and Languages of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 2016.

It is estimated 90.000 species of insects for the Cerrado, the second largest Brazilian biome, with great diversity of habitats and rich fauna. Among these insects, Lepidoptera represents about 10% of all species. However, studies on their immature stages (egg, larvae and pupae) are incipient for the biome, mostly on moths, whose natural histories of many species are unknown. The lack of these studies makes the multitrophic interactions in that these organisms are involved ignored and, therefore, prevent future studies related to their role in communities and ecological networks. This is the case of many species of Geometridae, including *Oospila pallidaria*, which is an emerald moth (due to emerald green color of their wings). *Oospila pallidaria* is a herbivorous species that had not published any information on their biology and factors that influence their occurrence, such as: the phenology of the host plant, which can determine the time of better conditions for growth and reproduction; the nutritional quality of food resources (*e. g.* amount of water and nitrogen), which can determine what resources provide better development/performance to a herbivore; natural enemies, that could restrict the occurrence of herbivores and the temperature and rainfall, which can change the quality and geographical distribution of food resources used by herbivores. Accordingly, the aim of this study was to describe, for the first time, aspects of the biology and natural history of *O. pallidaria* (Chapter 1) and to assess their larval performance from different diets (Chapter 2). The results presented in Chapter 1 showed that eggs of *O. pallidaria*, green and lasting an average of seven days, were lonely and laid especially in trichomes of mature leaves. The larvae fed on mature leaves predominantly, but used young leaves and flower buds opportunistically. Larvae had cryptic coloration, they camouflaged among the leaves of *Mimosa setosa* (Leguminosae: Mimosoideae), a single host, and developed the self-cleaning behavior. There are five larval instars, with color ranging from yellow to green. The larvae also had a pair of projections on prothorax and brown midline in the dorsal region. The maximum length of the larvae's body was 28 mm. The pupae were predominantly green, with a maximum of 10 mm in length. The development from egg to

adult lasted about 50 days ($\bar{x}$ = 42, S = 6, n = 11). Their only natural enemy recorded was the microhymenopteran *Cotesia* sp. (Braconidae, Microgastrinae). *Oospila pallidaria* females produced 65 eggs on average (S = 7.07; n = 2). The occurrence of *O. pallidaria* was seasonal and overlapped on the peak presence of mature leaves. Larvae were negatively related to temperature and rainfall, with statistical significance only for the first ($r = -0.5889$, $P < 0.05$). In Chapter 2, it was shown that mature leaves of *M. setosa* were the only food source available throughout the year. The flower buds were the resource with higher nutritional quality (relative water content and total nitrogen), followed by young and mature leaves respectively. However, the survival of *O. pallidaria* was greater with mature leaves. The results indicate that for the specialist herbivore *O. pallidaria*, the host plant phenology is critical for its survival, especially the presence of mature leaves of *M. setosa*. On the other hand, the flower buds are ephemeral resources, but important for the survival of the last instar larvae in the dry season, when mature leaves are withered and/or senescent.

KEYWORDS: 1. Insect-plant interaction. 2. Herbivory. 3. Phenology. 4. Diet. 5. Immature stages.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	01
Objetivos gerais.....	06
Literatura citada.....	06
 CAPÍTULO I – Biologia, história natural e flutuação temporal do geometrídeo <i>Oospila pallidaria</i> associada à fenologia da planta hospedeira.....	 13
Resumo.....	14
Introdução.....	15
Material e métodos.....	17
Resultados.....	20
Discussão.....	25
Literatura citada.....	27
 CAPÍTULO II – A disponibilidade temporal e a qualidade nutricional dos itens alimentares influenciam a ocorrência e a performance larval de <i>Oospila</i> <i>pallidaria</i> (Geometridae) em uma savana tropical?.....	 33
Resumo.....	34
Introdução.....	36
Material e métodos.....	38
Resultados.....	41
Discussão.....	44
Literatura citada.....	47
 DISCUSSÃO GERAL.....	 51

INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, tendo ocupado aproximadamente 22% (ca. 2.000.000 km²) do território nacional (OLIVEIRA; MARQUIS, 2002). Esse bioma possui onze tipos de fitofisionomias (RIBEIRO; WALTER, 2008), entre elas: o campo cerrado (formação savânica com grande cobertura de plantas herbáceas e relativamente poucas arbóreas) e as veredas (agrupamentos densos de plantas arbustivo-herbáceas com presença dos Buritis, *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) e, úmidos, devido aos cursos de água que formam nascentes e lagos) (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). Além de toda a dimensão e heterogeneidade de ambientes, esse bioma também se destaca por possuir uma rica fauna (OLIVEIRA; MARQUIS, 2002; DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2009). Segundo Aguiar e Camargo (2004), o Cerrado detém mais de 30% da diversidade biológica brasileira, incluindo os insetos, dos quais possui cerca de 90 mil espécies (DIAS, 1992; KLINK; MACHADO, 2005).

Entre os insetos do Cerrado, Lepidoptera (do grego *lepido* = escamas e *pteron* = asas; asas com escamas) se destaca pela importância ecológica (*e. g.* herbivoria e polinização) e diversidade. São estimadas cerca de 10 mil espécies para o bioma (BROWN; GIFFORD, 2002; DINIZ et al., 2013). O conhecimento dessa diversidade é resultado principalmente de estudos com adultos como, por exemplo, listas de espécies e revisões taxonômicas (EMERY et al., 2006; FERRO; DINIZ, 2007; BOGIANI et al., 2012; SCHERRER et al., 2013). Sendo assim, há relativamente poucos estudos sobre os estágios imaturos dos Lepidoptera do Cerrado (*e. g.* MUNIZ et al., 2012; BÄCHTOLD et al., 2013; DINIZ et al., 2013; BRAGA; DINIZ, 2015).

As larvas de Lepidoptera desempenham importantes papéis ecológicos, entre eles: 1) a herbivoria, a qual mantém a composição e a estrutura das comunidades de plantas (SCOBLE, 1999); 2) a ciclagem de nutrientes (WAGNER, 2005) e 3) servem como alimento para diferentes grupos de animais (*e. g.* aranhas, louva-deuses, vespas, anfíbios, aves, morcegos e pequenos mamíferos) (DINIZ et al., 2013). Mesmo com todas essas funções desempenhadas e reconhecido papel ecológico, estudos voltados a esses estágios e informações sobre o uso de plantas hospedeiras ainda são incipientes (BENDICHO-LÓPEZ et al., 2006; DYER et al., 2010). Além disso, a maior parte desses estudos, quando feitos, é destinada às borboletas (CASAGRANDE; MIELKE, 2003; FREITAS; BROWN, 2004; BARBOSA et al., 2010;

SILVA et al., 2011), ainda que as mariposas representem cerca de 90% das espécies de Lepidoptera conhecidas (SCOBLE, 1992; YOUNG, 1997).

As mariposas podem ser distinguidas das borboletas por geralmente apresentarem antenas filiformes ou pectinadas, comportamento de manter as asas estendidas horizontalmente sobre o corpo, mesmo em repouso, e hábito noturno (SOUSA, 2007). A grande maioria delas possui aspectos básicos da biologia e história natural desconhecidos (e.g. morfologia, ecologia, comportamento e amplitude de dieta; MORAIS et al., 2005). A falta de estudos que forneçam esse tipo de informação faz com que sejam desconhecidas as interações multitróficas em que esses organismos estão envolvidos e, portanto, inviabiliza futuros estudos ecológicos (DEL-CLARO et al., 2013). Esse é o caso de muitas espécies da família Geometridae (PITKIN et al., 2007).

A família Geometridae (do grego *geo* = terra e *metron* = medida; mede terra, devido ao tipo de locomoção das larvas que se assemelha à medição por palmos das mãos) pertence à superfamília Geometroidea, a qual está inserida no clado Macrolepidoptera (as superfamílias pertencentes a esse clado são: Mimallonoidea, Lasiocampoidea, Bombycoideae, Axioidea, Calliduloidea, Hedyloidea, Hesperioidea, Papilionoidea, Drepanoidea, Geometroidea e Noctuoidea). O monofiletismo do clado é sustentado pela perda da veia CuP da asa posterior e presença de larvópodes com ganchos em mesossérie (DUARTE et al., 2012). Geometridae é a segunda família mais diversa de Lepidoptera, tendo aproximadamente 21 mil espécies conhecidas (SCOBLE, 1999; VARGAS et al., 2010). No Brasil, há cerca de cinco mil espécies, as quais são pertencentes a cinco subfamílias: Ennominae, Geometrinae, Larentiinae, Oenochrominae e Sterrhinae (DUARTE et al., 2012). Para o bioma Cerrado são conhecidas cerca de 60 espécies de geometrídeos (B. SOUSA-LOPES, obs. pessoal, 2015; pesquisa feita durante a preparação deste material). Os registros são relacionados principalmente aos estados de São Paulo (Corumbataí, Santa Rita do Passa Quatro e São Carlos), Distrito Federal (Brasília), Goiás (Chapada dos Veadeiros e Pirenópolis) e apenas quatro deles para Minas Gerais (ver HAMBLETON, 1935 *apud* COSTA-LIMA, 1950; DIAS, 1998; DINIZ; MORAIS, 2002; HOLTZ et al., 2003; OSORIO, 2003; MARCONATO; DIAS, 2004; OKI, 2005; MARCONATO et al., 2008; DINIZ et al., 2013).

As larvas de Geometridae se alimentam principalmente de folhas de uma grande variedade de plantas, incluindo árvores e arbustos (SCOBLE, 1992; MÉNDEZ-ABARCA et al., 2014). Nas plantas hospedeiras, elas geralmente são expostas e crípticas, algumas vezes verdes como as folhas e outras vezes marrons como os caules. Elas também podem apresentar

diferentes colorações com manchas ou estrias, todas elas associadas à defesa críptica (PITKIN et al., 2007). As larvas apresentam cabeça hipognata, seis estemas e corpo cilíndrico, muitas das vezes robusto e raramente achatado. No tegumento pode haver processos, protuberâncias ou filamentos. Seu desenvolvimento ocorre em cinco ou seis ínstares e podem atingir 60 mm de comprimento (SCOBLE, 1995). Quando perturbadas, algumas larvas (*e. g. Alsophila pometaria*) se soltam da planta hospedeira e ficam penduradas por um fio de seda que elas mesmas secretaram. Após cessar a perturbação, as larvas reabsorvem e usam o mesmo fio para voltar ao substrato da planta (DESHEFY, 1979; GULLAN; CRANSTON, 2010). Contudo, muitos gêneros de Geometridae ainda possuem aspectos bionômicos, comportamentais e ecológicos desconhecidos (mas ver MARCONATO et al., 2008; VARGAS et al., 2010). Esse é o caso do gênero *Oospila*.

O gênero *Oospila* Warren, 1897 pertence à família Geometridae, subfamília Geometrinae e tem ocorrência na região neotropical (COOK; SCOBLE, 1995), a qual inclui o Cerrado. Suas mariposas possuem asas com coloração verde esmeralda. Essa característica ocorre devido à presença de um pigmento denominado geoverdina (comum na subfamília Geometrinae; COOK, 1993). Por isso elas são chamadas de “mariposas esmeralda” (Figura 1). Na literatura há registro apenas das plantas hospedeiras de nove das 74 espécies desse gênero, sendo que três das hospedeiras são pertencentes à família Fabaceae/Leguminosae (JANZEN; HALLWACHS, 2009). Não há nenhuma informação publicada sobre quais são os fatores bióticos (plantas hospedeiras e inimigos naturais) e abióticos (época do ano, temperatura e pluviosidade) que determinam a ocorrência das espécies pertencentes ao gênero *Oospila* nos ambientes naturais em que ocorrem.

A fenologia da planta hospedeira é um importante fator temporal para muitos herbívoros, visto que representa o período de condições ótimas para reprodução e crescimento (WOLDA, 1988; WEISS et al., 1988; van ASCH; VISSER, 2007; VILELA et al., 2014). Além disso, a qualidade nutricional dos itens alimentares pode ser crucial para a sobrevivência dos herbívoros (SCHOONHOVEN et al., 2005). Por exemplo, folhas e inflorescências são recursos distintos para insetos herbívoros, pois apresentam diferentes composições e concentrações de nutrientes (HELD; POTTER, 2004). Esse é o caso do nitrogênio, cuja concentração pode ser maior em inflorescências quando comparado a folhas maduras e velhas (BANDEILI; MÜLLER, 2010). Assim, o desenvolvimento dos herbívoros ou performance larval (sobrevivência, período de crescimento larval e massa da pupa) pode ser positivamente relacionado a um tipo de dieta com maior qualidade nutricional (KURSAR

et al., 2006; RODRIGUES et al., 2010; BÄCHTOLD et al., 2013). Além dos fatores bióticos citados anteriormente, os inimigos naturais e os competidores também podem afetar a sobrevivência dos herbívoros (ver DE MORAES et al., 2001; SALAZAR; WHITMAN, 2001; SCHMITZ et al., 2004; SENDOYA et al., 2009; STEFANI et al., 2015), visto que restringem sua ocorrência a particulares estruturas das plantas.

Figura 1. A “mariposa esmeralda” do Cerrado, *Oospila pallidaria* (Schaus, 1897).

Já os fatores abióticos como, por exemplo, temperatura e pluviosidade podem influenciar a abundância e a riqueza de herbívoros, uma vez que alteram a qualidade e a distribuição geográfica de seus recursos (SCHWEIGER et al., 2008; BAUERFEIND; FISCHER, 2013). No caso de condições climáticas locais desfavoráveis, algumas espécies de lepidópteros podem obter melhor microclima através da construção e uso de refúgios foliares em sua própria planta hospedeira (LILL; MARQUIS, 2007). Enquanto que outras espécies, cujas larvas são consideradas expostas (que não constroem abrigos, como *Oospila pallidaria*), podem tolerar maiores amplitudes de temperatura através de ajustes fisiológicos (NGUYEN et al., 2014).

Em março de 2013 foram encontradas no cerrado mineiro de Uberlândia, várias larvas de *Oospila pallidaria* (nomeada *Comostola pallidaria* por SCHAUS, 1897; *Leptolopha*

pallidaria por PROUT, 1912 e com revisão do gênero por COOK; SCOBLE, 1995) em *Mimosa setosa* var. *paludosa* (Benth.) Barneby (Fabaceae, Mimosoideae) (B. SOUSA-LOPES, obs. pessoal). A planta hospedeira é um arbusto que possui acúleos, tricomas glandulares por todo o caule e folhas jovens com coloração avermelhada, durante o início do desenvolvimento. As larvas de *O. pallidaria* foram vistas se alimentando de folhas jovens, maduras e raramente de botões florais e frutos, sendo que dos dois últimos recursos foram vistas apenas larvas de quarto e quinto (últimos) ínstaes. Os adultos de *O. pallidaria* são caracterizados pela presença de antenas pectinadas também nas fêmeas (o que os difere de *O. decorata*, *O. flavilimes*, *O. nigripunctata* e *O. permagna*), presença de um disco pequeno e marrom em cada uma das asas anteriores e posteriores (nessa última os diferindo de *O. nigripunctata*, que possui dois discos) e genitália do macho com válvula e complexo anelar (para mais detalhes ver COOK; SCOBLE, 1995; algumas características podem ser vistas nas Figuras 1 e 2).

Figura 2. Adultos de *Oospila pallidaria*. (A) Macho; (B) Fêmea (à esquerda: vista dorsal; à direita: vista ventral).

Vista a escassez de informações sobre imaturos da família Geometridae, em especial do gênero *Oospila* (que ainda não tem estabelecida uma causalidade de sua ocorrência), o presente estudo teve como objetivo principal elucidar informações sobre a história natural e performance larval de *O. pallidaria*. Para isso, o trabalho foi dividido em dois capítulos, de acordo com seus **objetivos gerais**, para facilitar a compreensão dos diferentes assuntos abordados.

Capítulo I. Biologia, história natural e flutuação temporal do geometrídeo *Oospila pallidaria* associada à fenologia da planta hospedeira.

Objetivo geral:

- Descrever a história natural de *Oospila pallidaria*, a morfologia dos imaturos e correlacionar sua ocorrência aos fatores abióticos (temperatura e pluviosidade) e à fenologia da planta hospedeira.

Capítulo II. A disponibilidade temporal e a qualidade nutricional dos itens alimentares influenciam a ocorrência e a performance larval de *Oospila pallidaria* (Geometridae) em uma savana tropical?

Objetivo geral:

- Avaliar a disponibilidade de todos os itens alimentares utilizados por *Oospila pallidaria* ao longo do tempo, descrever a qualidade nutricional desses itens e avaliar a performance larval de *O. pallidaria* a partir de diferentes dietas.

Literatura citada

- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado:** ecologia e caracterização. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 249 p.
- BÄCHTOLD, A.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Influence, or the lack thereof, of host phenology, architecture and climate on the occurrence of *Udranomia sptizi* (Hesperiidae: Lepidoptera). **Entomological Science**, doi:10.1111/ens.12038, 2013.

- BANDEILI, B.; MÜLLER, C. Folivory versus florivory –adaptiveness of flower feeding. **Naturwissenschaften**, v. 97, p. 79-88, 2010.
- BARBOSA, E. P.; KAMINSKI, L. A.; FREITAS, A. V. L. Immatures staegs of the butterfly *Diaethria clymena janeira* (Lepidoptera: Nymphalidae: Biblidinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 27, n.5, p. 696-702, 2010.
- BAUERFEIND, S. S.; FISCHER, K. Testing the plant stress hypothesis: stressed plants offer better food to an insect herbivore. **Entomology Experimentalis et Applicatta**, v. 149, p. 148-158, 2013.
- BENDICHO-LÓPEZ, A.; MORAIS, H. C.; HAY, J. D.; DINIZ, I. R. Lepidópteros folívoros em *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) no Cerrado *sensu stricto*. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 182-191, 2006.
- BOGIANI, P. A.; ARANDA, R.; MACHADO, C. O. F. Riqueza de Borboletas (Lepidoptera) em um Fragmento Urbano de Cerrado em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Entomobrasilis**, v. 5, n.2, p. 93-98, 2012.
- BRAGA, L.; DINIZ, I. R. The abundance of specialist and generalist lepidopteran larvae on a single host plant species: Does spatial scale matter? **Florida Entomologist**, v. 98, n. 3, p. 954-961, 2015.
- BROWN, K. S. Jr.; GIFFORD, D. R. Lepidoptera in the Cerrado Landscape and the Conservation of Vegetation, Soil, and Topographical Mosaics. **The Animal Community**, v. 11, p. 201-205, 2002.
- CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, O. H. H. Larvas de quarto e quinto estádios e pupa de *Dasyophthalma creusa creusa* (Hübner) (Lepidoptera, Nymphalidae, Brassolinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 157-160, 2003.
- COOK, M. A. **The systematics of emerald moths (Geometridae: Geometrinae): wing pigments, tympanal organs and a revision of the neotropical genus *Oospila* Warren**. Tese de doutorado do Departamento de Zoologia e Entomologia da Universidade de Oxford, 1993. 347p.
- COOK, M. A.; SCOBLE, M. J. Revision of the Neotropical genus *Oospila* Warren (Lepidoptera: Geometridae). **Bulletin of the Natural History Museum Entomology**, v. 64(1), p. 1-115, 1995.
- COSTA-LIMA, A. M. **Insetos do Brasil**. 6º tomo, 2ª parte, Série Didática número 8, Capítulo XXVIII. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1950. 417p.

- DE MORAES, C. M.; MESCHER, M. C.; TUMLINSON, J. H. Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. **Nature**, v. 410, p. 577-580, 2001.
- DEL-CLARO, K.; STEFANI, V.; LANGE, D.; VILELA, A. A.; NAHAS, L.; VELASQUES, M.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. The importance of natural history studies for a better comprehension of animal-plant interactions networks. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 439-448, 2013.
- DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Insect-Plant Interactions: New Pathways to a Better Comprehension of Ecological Communities in Neotropical Savannas. **Neotropical Entomology**, v. 38, n.2, p. 159-164, 2009.
- DESHEFY, G. S. Predator escape behavior by fall cankerworm larvae, *Alsophila pometaria* (Lepidoptera, Geometridae). **Entomological News**, v. 90, n. 3, p. 145-146, 1979.
- DIAS, M. M. Considerações taxonômicas sobre o gênero *Cundinamarca* Rindge (Lepidoptera, Geometridae) e descrição de uma nova espécie. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, n.4, p. 951-958, 1998.
- DIAS, B. F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília, DF: Funatura, 1992. 97p.
- DINIZ I.R.; MORAIS H.C. Local pattern of host distribution by lepidopteran larvae in the cerrado vegetation. **Entomotropica**, v. 17, p. 115-119, 2002.
- DINIZ, I. R. BRAGA, L.; LEPESQUEUR, C.; SILVA, N.; MORAIS, H. C. **Lagartas do Cerrado: Guia de campo**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2013. 199p.
- DUARTE, M.; SPECHT, M. G.; CASAGRANDE, M. M. Lepidoptera. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Brasília: Holos, 2012. p. 625-682.
- DYER, L. A.; WALLA, T. R.; GREENERY, H. F.; STIREMAN, J. O.; HAZEN, R. F. Diversity of interactions: A metric for studies of biodiversity. **Biotropica**, v. 42, p. 181-189, 2010.
- EMERY, E. O.; BROW, K. Jr.; PINHEIRO, C. E. G. As borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea) do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 85-92, 2006.
- FERRO, V. G.; DINIZ, I. R. Composição de espécies de Arctiidae (Insecta, Lepidoptera) em áreas de cerrado. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 3, p. 635-646, 2007.
- FREITAS, A.; BROWN, K. S. Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). **Systematic Biology**, v. 53, p. 363-383, 2004.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **The insects: an outline of entomology**. 4ª. ed. Wiley-Blackwell Science, 2010. 565 p.

- HELD D.W.; POTTER D.A. Floral affinity and benefits of dietary mixing with flowers for a polyphagous scarab, *Popillia japonica* Newman. **Oecologia**, v. 140, p. 312-320, 2004.
- HOLTZ, A. M.; OLIVEIRA, H. G.; PALLINI, A.; VENZON, M.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, C. L.; MARINHO, J. S.; ROSADO, M. C. Desempenho de *thyrinteina arnobia* stoll Lepidoptera: (Geometridae) em eucalipto e goiaba: o hospedeiro nativo não é um bom hospedeiro? **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 3, p. 427-431, 2003.
- JANZEN, D. H.; HALLWACHS, W. Dynamic database for an inventory of the macrocaterpillar fauna, and its food plants and parasitoids, of Area de Conservacion Guanacaste (ACG), northwestern Costa Rica, 2009. Available at: <http://janzen.sas.upenn.edu>. Accessed: 14 Nov. 2014.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- KURSAR, T. A.; WOLFE, B. T.; EPPS, M. J.; COLEY, P. D. Food quality, competition and parasitism influence feeding preference in a Neotropical lepidopteran. **Ecology**, v. 87, n. 12, p. 3058-3069, 2006.
- LILL, J. T.; MARQUIS, R. J. Microhabitat manipulation: Ecosystem engineering by shelter-building insects. **Theoretical Ecology Series**, v. 4, p.107-138, 2007.
- MARCONATO, G.; DIAS, M. M. Estágios imaturos e bionomia de *Cyclomia mopsaria* Guenée (Lepidoptera, Geometridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, p. 1-8, 2004.
- MARCONATO, G.; DIAS, M. M.; PENTEADO-DIAS, M. A. Larvas de Geometridae (Lepidoptera) e seus parasitóides, associadas à *Erythroxylum microphyllum* St.- Hilaire (Erythroxylaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 2, p. 296-299, 2008.
- MÉNDEZ-ABARCA, F.; MÉNDEZ, C. F.; MUNDACA, E. A. Host plant specificity of the moth species *Glena mielkei* (Lepidoptera, Geometridae) in northern Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 87, n. 22, p. 1-4, 2014.
- MORAIS, H. C.; MAHAJAN, I. M.; DINIZ, I. R. História natural da mariposa *Chlamydatis smodicopa* Meyrick (Lepidoptera, Elasmobranchidae, Stenomatinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n.3, p. 633-638, 2005.
- MUNIZ, D. G.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Phenological relationships of *Eunica bechina* (Lepidoptera: Nymphalidae) and its host plant, *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), in a Neotropical savanna. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 47, p. 111-118, 2012.

- NGUYEN, C.; BAHAR, M H.; BAKER, G.; ANDREW, N. R. Thermal Tolerance Limits of Diamondback Moth in Ramping and Plunging Assays. **PloS One**, v. 9, e87535, 2014.
- OKI, M. **Interações entre larvas de Lepidoptera e as espécies de Malpighiaceae em dois fragmentos de Cerrado do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2005. 145 p.
- OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. 368 p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.
- OSORIO, T. C. **Estágios imaturos de Geometridae (Lepidoptera) associados à Stryphnodendron spp. (Mimosaceae) em área de Cerrado no município de São Carlos, SP**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, 2003. 77 p.
- PITKIN L. M.; HAN, H.; JAMES, S. Moths of the tribe Pseudoterpnini (Geometridae: Geometrinae): a review of the genera. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 150, p. 343-412, 2007.
- PROUT, L. B. Lepidoptera Heterocera fam. Geometridae subfam. Hemitheinae. In: WYTSMAN, P. (Ed.). **Genera Insectorum**. v. 129, p.1-274, 1912.
- RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. **Ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212.
- SALAZAR, B.; WHITMAN, D. **Defensive tactics of caterpillars against predators and parasitoids: Insect and plant defense dynamics**. Enfield, UK: Science Publisher, 2001. p. 161-207.
- SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, J. C.; SANTANA, D. L. Q.; ZANUNCIO, T. V. Descrição das lagartas desfolhadoras. In: ZANUNCIO, J. C. (Coord.). **Manual de pragas em florestas**. Lepidoptera desfolhadores de eucalipto: biologia, ecologia e controle. Viçosa: Folha de Viçosa Ltda., 1993. p. 12-66.
- SCHAUS, W. New species of Geometridae from Tropical America. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 5, p. 161-166, 1897.

- SCHERRER, S.; FERRO, V. G.; RAMOS, M. N.; DINIZ, I. R. Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two cerrado vegetation types. **Zoologia**, v. 30, n. 2, p. 200-210, 2013.
- SCHMITZ, O. J. Trophic cascades: the primacy of trait-mediated indirect interactions. **Ecology Letters**, v.7, p. 153-163, 2004.
- SCHOONHOVEN, L. M.; van LOON, J. A.; DICKE, M. **Insect-plant biology**. 2ª Edição. New York: Oxford University Press, 2005. p. 101-127.
- SCHWEIGER, O.; SETTELE, J.; KUDRNA, O.; KLOTZ, S.; KUHN, I. Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species. **Ecology**, v. 89, p. 3472-3479, 2008.
- SCOBLE, M. J. **The Lepidoptera: form, function, and diversity**. London: Oxford University Press, 1992.
- SCOBLE, M. J. **The Lepidoptera: form, function and diversity**. London: Oxford University, 1995. 404p.
- SCOBLE, M. J. **Geometrid moths of the world: a catalogue** (Lepidoptera, Geometridae). Collingwood: CSIRO, 1999. 532 p.
- SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. **American Naturalist**, v. 174, p. 134-140, 2009.
- SILVA N. A. P.; DUARTE, M.; DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C. Host plants of Lycaenidae on inflorescences in the central Brazilian cerrado. **Journal Research Lepidoptera**, v. 44, p. 95-105, 2011.
- SOUSA, E. S. Fauna de lepidópteros do bioma Cerrado. Agência de Informação Embrapa, 2007. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_81_911200585235.html. Acesso em: 22 set. 2015.
- STEFANI, V., PIRES, T. L., TOREZAN-SILINGARDI, H. M. & DEL-CLARO, K. Beneficial Effects of Ants and Spiders on the Reproductive Value of *Eriotheca gracilipes* (Malvaceae) in a Tropical Savanna. **PLoS ONE**, v. 10, n.7, e0131843.doi:10.1371/journal, 2015.
- van ASCH, M.; VISSER, M. E. Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 37-55, 2007.
- VARGAS, H. A.; MIELKE, O. H. H.; CASAGRANDE, M. M.; PARRA, L. E. Imaturos de *Chrysompteryx undularia* (Blanchard) (Lepidoptera, Geometridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 519-528, 2010.

- VILELA, A. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; DEL-CLARO, K. Conditional outcomes in ant–plant–herbivore interactions influenced by sequential flowering. **Flora**, v. 209, n. 7, p. 359-366, 2014.
- WAGNER, D. L. **Caterpillars of Eastern North America**: a guide to identification and natural history. Princeton: Princeton University Press, 2005.
- WEISS, S. B.; MURPHY, D. D.; WHITE, R. R. Sun, slope, and butterflies: topographic determinants of habitat quality for *Euphydryas editha*. **Ecology**, p. 1486-1496, 1988.
- WOLDA, H. Insect Seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, p. 1-18, 1988.
- YOUNG, M. **The natural history of moths**. London: Poyser, 1997.

CAPÍTULO I

BIOLOGIA, HISTÓRIA NATURAL E FLUTUAÇÃO TEMPORAL DO GEOMETRÍDEO *OOSPILA PALLIDARIA* ASSOCIADA À FENOLOGIA DA PLANTA HOSPEDEIRA.

Bruno de Sousa Lopes^a, Alexandra Bächtold^b & Kleber Del-Claro^b

^a Universidade de São Paulo, Avenida Bandeirantes nº. 3900, CEP 14040901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil; ^b Universidade Federal de Uberlândia, Rua Ceará, s/n. Bloco 2D - Campus Umuarama, CEP 38400902, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

*Artigo publicado em *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 2016.

Biologia, história natural e flutuação temporal do geometrídeo *Oospila pallidaria* associada à fenologia da planta hospedeira.

Bruno de Sousa-Lopes, Alexandra Bächtold & Kleber Del-Claro

Resumo

Nós investigamos a flutuação temporal do geometrídeo *Oospila pallidaria* e a relacionamos à disponibilidade de folhas de sua planta hospedeira, *Mimosa setosa*, e aos fatores abióticos (temperatura e pluviosidade). Aspectos da história natural dos adultos também foram descritos. *Mimosa setosa* produziu folhas durante todo o ano, mas a ocorrência de *O. pallidaria* no campo foi sazonal e relacionada à disponibilidade de folhas maduras. A abundância dos imaturos mostrou tendência a diminuir com o aumento da pluviosidade e temperatura. Nosso estudo é pioneiro em prover idéias sobre os fatores relacionados à ocorrência de *O. pallidaria* em áreas naturais. Em adição, a biologia dos imaturos também é provida pela primeira vez.

PALAVRAS-CHAVE: 1. Savana brasileira. 2. Fabaceae. 3. Herbivoria. 4. *Mimosa setosa*. 5. Arbusto paludoso.

Introdução

Dentre os insetos herbívoros conhecidos por se alimentarem de partes vegetativas das plantas, a ordem Lepidoptera se destaca pela diversidade e abundância (BERNAYS; CHAPMAN, 1994). Essa íntima relação que os herbívoros, em especial os lepidópteros, apresentam com as plantas fundamenta a necessidade de conhecimento sobre os principais fatores que influenciam a abundância e a distribuição desses insetos (PRICE, 1992).

A disponibilidade de alimento pode variar temporalmente e espacialmente. Sendo assim, a fenologia da planta hospedeira é um importante fator temporal que influencia a ocorrência dos herbívoros (WOLDA, 1988; van ASCH; VISSER, 2007). Cada fenofase (folhas jovens, folhas maduras, botões florais, flores e frutos) provém recursos alimentares para diferentes espécies e, portanto, representa o período de melhores condições para o desenvolvimento e reprodução desses insetos (WOLDA, 1988; VILELA et al., 2014). Para larvas de lepidópteros com dietas especializadas, a fenologia da planta hospedeira chega a ser crucial, visto que suas populações são sincronizadas com os eventos fenológicos (*e. g.* floração ou produção de folhas) da planta hospedeira (THOMPSON; GILBERT, 2014). Essa sincronia foi vista na larva polífaga *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758), uma espécie de Geometridae cuja eclosão dos ovos se sobrepôs ao período de brotação da planta hospedeira (ver TIKKANEN et al., 2006). Contudo, a íntima relação entre a fenologia da planta e a ocorrência de larvas especialistas nem sempre é sincronizada como visto em espécies polípagas. Por exemplo, Bächtold et al. (2014) mostraram que a ocorrência do folívoro especialista *Udranomia spitzzi* (HAYWARD, 1942) não foi estreitamente sincronizada com a produção de folhas de suas hospedeiras (duas espécies de *Ouratea*, Ochnaceae). Foi notada uma resposta tardia na ocorrência de imaturos em relação à produção de folhas. Portanto, generalizações sobre a relação entre lepidópteros neotropicais e a fenologia de suas plantas hospedeiras devem ser tratadas com cautela, visto que mais estudos são necessários para revelar as estreitas relações entre lepidópteros e suas plantas hospedeiras (ver MUNIZ et al., 2012).

Além dos recursos disponibilizados pelas plantas, fatores abióticos como pluviosidade e temperatura também podem influenciar a ocorrência e abundância dos herbívoros (LAWTON, 1983; CORNELISSEN, 2011; DEL-CLARO et al., 2013). Isso por que o clima modifica a qualidade, a abundância e a distribuição geográfica das plantas hospedeiras (SCHWEIGER et al., 2008; BAUERFEIND; FISCHER, 2013), afetando diretamente os herbívoros a elas associados. Por outro lado, a presença de inimigos naturais pode representar

risco à prole dos lepidópteros (SCHMITZ et al., 2004; SENDOYA et al., 2009), restringindo sua ocorrência a particulares estruturas das plantas e, assim, reduzindo o risco de predação (SENDOYA et al., 2009). Aves, formigas e vespas são as maiores ameaças às larvas de lepidópteros (SCOBLE, 1995; SALAZAR; WHITMAN, 2001). Entretanto, muitas espécies de lepidópteros têm desenvolvido mecanismos de defesa para evitar contato com predadores (*e. g.* construindo abrigos, apresentando coloração críptica e/ou apresentando o corpo cheio de cerdas urticantes) ou escapar de ataques (*e. g.* se debatendo e/ou regurgitando sobre os predadores) (GREENEY et al., 2012). Camuflar sobre a planta hospedeira também é uma estratégia de escape para evitar predadores visualmente orientados, como aves e algumas vespas (STAMP; WILKENS, 1993). Essa estratégia é comum e bem desenvolvida em larvas de Geometridae (MCFARLAND, 1988; WAGNER, 2005).

As mariposas da família Geometridae (ca. 21250 espécies em todo o mundo) são mais diversas na região Neotropical (HEPPNER, 1991), mas informações sobre seus estágios imaturos, plantas hospedeiras e distribuição ainda são poucas (PASSOA, 1983; VARGAS, 2007; MARCONATO et al., 2008; BODNER et al., 2010; VARGAS, 2014; ROBINSON et al., 2015). A história natural é o primeiro passo para se investigar e compreender as interações multitróficas no campo (BÄCHTOLD et al., 2012). Esse tipo de investigação dá suportes para futuros estudos ecológicos (DEL-CLARO et al., 2013). Além disso, para insetos com dietas especializadas é extremamente importante conhecer suas relações com as plantas hospedeiras. Isso por que mudanças (antrópicas ou naturais) no habitat, como o fogo, a fragmentação e o desmatamento, podem colocar em risco a permanência desses herbívoros especialistas na natureza (ARAÚJO et al., 2015).

O objetivo de nosso estudo foi descrever a biologia dos estágios imaturos do geometrídeo especialista *Oospila pallidaria* (SCHAUS, 1897). Essa mariposa foi registrada na Argentina, Bolívia, Paraguai e Brasil, mas registros de sua planta hospedeira ainda estão faltando (COOK; SCOBLE, 1995). No presente estudo, feito no cerrado mineiro, nós observamos larvas de *O. pallidaria* se alimentando principalmente de folhas maduras de *Mimosa setosa* var. *paludosa* (Benth.) Barneby (Fabaceae, Mimosoideae) (B. SOUSA-LOPES, obs. pessoal, 2014). Para investigar essa associação inseto-plantas nós realizamos observações em campo e laboratório para descrever o uso da planta hospedeira pelas larvas de *O. pallidaria*, sua história natural e comportamentos, bem como, suas interações com inimigos naturais. Nós também investigamos a flutuação anual de *O. pallidaria* relacionando-a à fenologia da planta hospedeira e fatores abióticos.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi feito de maio de 2013 a abril de 2014 em uma área de campo cerrado (*sensu* OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002) da Reserva Ecológica do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), Minas Gerais (18°59'S, 48°17'W). A área é dominada por gramíneas e arbustos, mas também são presentes árvores que portam de dois a quatro metros de altura. O clima da região é marcadamente sazonal, caracterizado por possuir duas estações: uma quente e chuvosa (de outubro a abril), que pode concentrar 75% da pluviosidade anual e uma quente e seca (de maio a setembro) (Laboratório de Climatologia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU).

Planta hospedeira

Mimosa setosa é um arbusto paludoso que raramente excede dois metros de altura (SIMON et al., 2011; DUTRA; GARCIA, 2014). As folhas são compostas e apresentam tricomas somente na parte abaxial. A planta possui acúleos e tricomas glandulares por todo o caule e inflorescências (BARNEBY, 1991). Todas as *M. setosa* utilizadas nesse estudo (n = 40) foram localizadas em uma trilha (Figura 1) dentro da reserva de cerrado, próxima da área natural (18°58'59"S, 48°17'44"W) e uma vereda. A trilha tem três metros de largura e aproximadamente 1.5 km de extensão (para mais detalhes da vereda ver GUILLERMO-FERREIRA; DEL-CLARO, 2011).

Biologia de Oospila pallidaria

A descrição dos estágios imaturos de *O. pallidaria* foi baseada em 17 ovos coletados em folhas e inflorescências de *M. setosa* (os mesmos indivíduos marcados anteriormente) de maio a novembro de 2014. Imaturos foram levados para laboratório e criados até o estágio adulto. Larvas foram mantidas em potes plásticos transparentes (500 mL), limpas diariamente e tiveram alimento (folhas) oferecido *ad libitum*. Durante o estágio de ovo, medidas de comprimento, largura e espessura foram tomadas (de acordo com SALKELD, 1983). O comprimento da cápsula cefálica larval foi registrado para cada ínstar. Todas as medidas foram feitas com estereomicroscópio equipado com escala micrométrica (µm).

A duração de cada ínstar e o desenvolvimento larval foram registrados em dias. Aspectos gerais da morfologia dos imaturos, incluindo coloração, foram registrados *in vivo* com a câmera digital Nikon Coolpix L810. As terminologias utilizadas para a descrição

seguiram Peterson (1962), McGuffin (1963), e Stehr (1987). O comportamento larval foi registrado para cada ínstar a partir de observações *ad libitum* (*sensu* ALTMANN, 1974) nas plantas ao longo da trilha na área de estudo. Dois pares de adultos, que foram obtidos da criação de imaturos em laboratório, foram observados durante a cópula.

Figura 1. Trilha percorrida durante as coletas em área de cerrado do CCPIU, Minas Gerais.

Fenologia de Mimosa setosa

Observações fenológicas foram feitas quinzenalmente de maio de 2013 a abril de 2014 em 40 indivíduos de *M. setosa*, anteriormente etiquetados. O índice de intensidade (%) de presença de folhas jovens e maduras foi registrado para cada planta (ver BENCKE; MORELLATO, 2002). O método utilizado para descrever a intensidade das fenofases foi o percentual de Fournier adaptado de Ribeiro e Castro (1986). Esse método apresenta quatro categorias, sendo 0 = ausência de determinada fenofase e 1, 2, 3 e 4 a fenofase registrada com 1-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% das plantas, respectivamente (ver MORELLATO et al., 2000).

Flutuação anual na abundância de Oospila pallidaria

A ocorrência de imaturos de *O. pallidaria* (ovos e larvas) foi avaliada de maio de 2013 a abril de 2014 nos mesmos indivíduos de *M. setosa* ($n = 40$) utilizados na investigação fenológica. Folhas, botões florais e flores foram cuidadosamente examinados. Quando imaturos de *O. pallidaria* foram encontrados, eles foram coletados com pincéis e colocados individualmente em potes plásticos, que foram etiquetados. Imaturos foram levados para laboratório e criados até o estágio adulto (seguindo BÄCHTOLD et al., 2012). Outras espécies de larvas de Lepidoptera encontradas em *M. setosa*, que não eram de *O. pallidaria*, também foram coletadas e criadas em laboratório para que esses dados servissem como banco de dados para os Lepidoptera do Cerrado. Dados climáticos como, temperatura e pluviosidade, foram providos pelo Laboratório de Climatologia da UFU e utilizados como possíveis fatores que influenciaram a ocorrência de *O. pallidaria*.

Análises estatísticas

Dados quantitativos dos ovos foram apresentados em média e desvio padrão (SD). O tamanho das larvas foi apresentado em comprimento máximo do corpo (seguindo BARBOSA et al., 2010). Para examinar se a ocorrência de *O. pallidaria* foi relacionada à produção de folhas, nós primeiramente examinamos a sazonalidade de larvas e folhas, para verificar se houve sobreposição entre elas. Para isso a análise estatística circular (Oriana) foi feita utilizando a abundância mensal de larvas e a porcentagem de plantas com folhas jovens e maduras (seguindo BÄCHTOLD et al., 2014). Os meses foram convertidos em ângulos (intervalos de 30°) e foram combinados com o respectivo valor da fenologia da planta hospedeira e abundância de larvas. A análise circular provém: (i) o ângulo médio μ , que é o período quando dada variável (e. g. folhas ou larvas) ocorrem mais amplamente; (ii) o vetor r , que é a medida direta da sazonalidade (quanto mais próximo de 1 mais sazonal) e (iii) o teste Rayleigh (z), que indica quando a sazonalidade é significativa. O efeito da interação entre ambas as estações (seca e chuvosa) e a fenofase folhas maduras sobre a ocorrência de *O. pallidaria* foi analisada com o teste ANOVA para duas medidas. A influência dos fatores abióticos (temperatura e pluviosidade) sobre a variação temporal de *O. pallidaria* foi analisada com o teste de correlação de Pearson. O teste de Lilliefors foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados.

Resultados

Descrição dos estágios imaturos de Oospila pallidaria

Ovo (Figura 2A)

Comprimento médio de 0.69 mm (SD = 0.07; n = 6), largura média de 0.35 mm (SD = 0.07; n = 6) e espessura média de 0.21 mm (SD = 0.03; n = 6). Esverdeado no início do desenvolvimento e amarelado próximo a eclosão. Formato oval sob vista superior e elíptica sob vista anterior, comprimidos lateralmente com laterais estreitas, achatadas e perpendiculares ao eixo longitudinal (comprimento). Aspecto liso e polo anterior (região da micrópila) mais profundo que o posterior sob vista lateral. Duração aproximada: 6-7 dias (n= 17).

Larva: primeiro ínstar (Figura 2B)

Comprimento máximo do corpo de 4.5 mm. Comprimento da cápsula cefálica de 0.20-0.24 mm (n = 7). Cabeça laranja, tegumento amarelo claro e liso até o segundo dia de desenvolvimento. Depois surge uma linha mediana dorsal marrom e uma linha mediana ventral laranja. Ambas as pernas e placa anal são amarelo claras. Larvópodes arranjados em mesossérie com oito colchetes. Duração aproximada: 5-6 dias (n= 11).

Larva: segundo ínstar (Figura 2C)

Comprimento máximo do corpo de 6.5 mm. Comprimento da cápsula cefálica de 0.30-0.34 mm (n = 7). Cabeça laranja, tegumento amarelo claro e liso. Presença da linha mediana dorsal marrom que permanece até o último (quinto) ínstar e linha ventral laranja que permanece até o terceiro ínstar. Cabeça e protórax com um par de projeções (indicadas pela seta na figura 2C) que também permanecem até o último ínstar. Duração aproximada: 4-5 dias (n= 11).

Larva: terceiro ínstar

Comprimento máximo do corpo de 10 mm. Comprimento da cápsula cefálica de 0.44-0.49 mm (n = 6). Similar ao segundo ínstar exceto pelo tamanho do corpo e projeções da cabeça e protórax. A partir do quinto dia o tegumento começa a esverdear. Duração aproximada: 5-6 dias (n = 11).

Larva: quarto ínstar (Figura 2D)

Comprimento máximo do corpo de 16 mm. Comprimento da cápsula cefálica de 0.67-0.70 mm (n = 7). Cabeça verde clara, tegumento verde claro com inúmeros pontos amarelos localizados latero-ventralmente formando manchas por todo o corpo e duas linhas, uma em cada lado do corpo. Pernas, larvópodes e placa anal verde claro. Duração aproximada: 6-7 dias (n = 11).

Larva: quinto (último) ínstar (Figura 2E)

Comprimento máximo do corpo de 28 mm. Comprimento da cápsula cefálica de 0.92-1.04 mm (n = 7). Similar ao quarto ínstar, exceto pelo tamanho e placa anal marrom. A linha mediana dorsal marrom torna-se mais fina no período pré-pupa. Duração aproximada: 8-9 dias (n = 11).

Pupa (Figuras 2F e 2G)

Comprimento máximo do corpo de 10 mm. Predominantemente verde com marrom escuro na região dorsal. Linha mediana dorsal marrom estreita. Depois de cinco dias torna-se bege e próximo a emergência o formato das asas e a venação são visíveis. Duração aproximada: 8-9 dias (n = 10).

História natural de *Oospila pallidaria*

Os ovos de *O. pallidaria*, vistos durante todo o período de estudo, foram encontrados sozinhos em diferentes partes de *M. setosa*, como a superfície abaxial das folhas (jovens e principalmente maduras), botões florais e tricomas do caule. Todos os ovos foram colocados horizontalmente com o eixo mais alongado sobre o substrato utilizado. Larvas se alimentaram predominantemente de folhas maduras e raramente botões florais e frutos (nos dois últimos recursos, as larvas foram vistas se alimentando apenas no 4º e 5º ínstars). Adultos (Figura 2H) foram vistos repousados no campo sobre as gramíneas próximas a *M. setosa*. O comportamento de imitar os folíolos das folhas compostas (Figura 2I) foi observado em larvas maduras (4º e 5º ínstars), quando a coloração é similar à coloração das folhas. Outro comportamento observado em *O. pallidaria* foi de se auto-limpar. Depois de expelir as pelotas de *frass*, as larvas se voltavam ao final do abdômen, pegavam as pelotas e as soltavam fora da planta. Treze larvas de *O. pallidaria* foram parasitadas pelo microhimenóptero *Cotesia* sp. (Braconidae, Microgastrinae), entre janeiro e março de 2014. Larvas parasitadas

apresentaram a metade posterior do abdômen intumescida (Figura 2J). As solitárias larvas parasitóides saíram pelo lado esquerdo do tegumento das hospedeiras, próximo ao quinto segmento abdominal. Depois disso, elas teceram casulo amarelo e os adultos (Figura 2K) emergiram após cinco dias. Durante a criação em laboratório, larvas de *O. pallidaria* foram vistas construindo abrigos antes de empuparem. Contudo, esse comportamento não foi observado em campo. As cópulas ocorreram na posição *end-to-end* e passaram de duas horas. Subsequentemente (10-15 minutos depois) as duas fêmeas colocaram 70 e 60 ovos, respectivamente.

Flutuação anual na abundância de Oospila pallidaria

A planta hospedeira produziu folhas jovens durante quase todo o ano, mas o pico de atividade foi relacionado à estação chuvosa, de outubro a fevereiro, quando mais que 75% dos indivíduos de *M. setosa* foram vistos com folhas jovens. Em comparação, apenas 25% dos indivíduos produziram folhas jovens nos outros meses. Folhas maduras tiveram dois picos de atividade, de março a abril e de agosto a setembro (Figura 3). Em outros períodos, os indivíduos ainda têm folhas maduras, visto que *M. setosa* não perde todas as suas folhas. Devido à presença de ambas as folhas jovens e maduras durante todo o ano, a fenologia de *M. setosa* não foi estatisticamente sazonal (Tabela 1). A ocorrência dos geometrídeos, por outro lado, foi sazonal e o ângulo médio μ coincidiu com o ângulo médio de folhas maduras (Tabela 1, Figura 3). Imaturos foram encontrados predominantemente na estação seca, com ocorrência de maio a setembro (56.4%, $n = 84$ imaturos); seu pico de abundância ocorreu em junho (21%, $n = 31$ imaturos) e foi mínimo em outubro (1.3%, $n = 2$ imaturos) (Figura 4A). O efeito da interação entre as estações (seca e chuvosa) e a fenofase folhas madura não mostrou afetar significativamente a ocorrência de *O. pallidaria* ($F = 3.0856$, $P = 0.0922$). Durante o período de estudo, junho foi o mês mais seco e dezembro apresentou maior pluviosidade (Figura 4B). As larvas foram negativamente relacionadas à temperatura e pluviosidade, mas o teste foi significativo somente para o primeiro caso ($r = -0.5889$, $gl = 10$, $P < 0.05$ e $r = -0.4252$, $gl = 10$, $P > 0.05$).

Além de *O. pallidaria*, espécies de Erebidæ (*Hypercompe* sp.; $n = 1$), Lycaenidæ (*Hemiargus hanno* (Stoll 1790); $n = 12$), Pieridæ (*Pyrisitia* sp.; $n = 2$) e outro geometrídeo (*Macaria* sp.; $n = 18$) também foram encontrados em *M. setosa*.

Figura 2. Imaturos e adulto de *Oospila pallidaria*: ovo (A), primeiro ínstar (B), segundo ínstar (C), quarto ínstar (D), quinto ínstar (E), pupa inicial (F), pupa madura (G), adulto (H), larva de quinto ínstar em postura mimética (seta) (I), larva de quarto ínstar com corpo intumescido na metade posterior (seta) (J) e seu respectivo parasitóide (K).

Tabela 1. Análise estatística circular da ocorrência e sazonalidade do geometrídeo *Oospila pallidaria* junto com folhas jovens e maduras de sua planta hospedeira, *Mimosa setosa*. O ângulo médio de larvas e folhas maduras foi muito similar, indicando que esse geometrídeo foi relacionado às folhas maduras.

Ocorrência de <i>O. pallidaria</i> e fenologia de <i>M. setosa</i> – estatística circular				
	Ângulo médio (μ)	Mês médio	Vetor r	Teste Rayleigh (Z) [†]
Geometrídeo	144.35°	Maio	0.322	15.455 ***
Folhas maduras	142.91°	Maio	0.147	0.54 n. s.
Folhas jovens	330.0°	Novembro	0.331	2.417 n. s.

[†] *** são significativos ($P < 0.0001$) e n. s. é não significativo ($P > 0.05$).

Figura 3. Flutuação anual de *Oospila pallidaria* (área cinza) e plantas com folhas maduras (setas, %) em *Mimosa setosa*. Note uma resposta tardia entre o pico de plantas com folhas maduras, de março a abril, e a ocorrência de larvas entre maio e junho. Números dentro dos círculos indicam a abundância de larvas. O ângulo médio (linha pontilhada) de ambas as larvas e folhas maduras se sobrepõem entre maio e junho.

Figura 4. (A) Ocorrência (média $\pm$ desvio padrão) de *Oospila pallidaria* e (B) temperatura e pluviosidade durante o período de estudo. A área cinza representa a estação seca.

Discussão

Em geral, a morfologia dos estágios imaturos de *O. pallidaria* é muito similar à de outros geometrídeos (SALKELD, 1983). Ovos são achatados e comprimidos, apresentando formato “pill-box”, como encontrado em outras espécies da subfamília Geometrinae. Larvas maduras de *O. pallidaria* apresentaram protórax bem desenvolvido, com um par de protuberantes projeções. Essa característica também é registrada em outras espécies de Geometridae, como *Nemoria glaucomarginaria* (PORTER, 1986) e *Iridopsis parrai* (VARGAS; PARRA, 2013). *Oospila pallidaria* tem pequenas projeções na cabeça como *O. venezuelata*, enquanto outras espécies do mesmo gênero apresentam projeções dorsais pronunciadas (e. g. *O. dicraspeda* e *O. permagna*, ver JANZEN; HALLWACHS, 2009).

Larvas de geometrídeos são conhecidas pela ausência de três pares de pernas no abdômen, o que caracteriza seu modo de locomoção (WAGNER, 2005). Esse tipo de locomoção reduz a superfície de contato do corpo da larva com o substrato. Para *O. pallidaria*, esse tipo de locomoção permite que as larvas se movimentem mais facilmente sobre os ramos cobertos por tricomas glandulares de *M. setosa*. A presença de tricomas pode restringir outros herbívoros, predadores e competidores de *O. pallidaria* em *M. setosa*. De fato, somente outros poucos lepidópteros herbívoros foram encontrados nessa planta, o mais abundante sendo outro geometrídeo (*Macaria* sp.) (B. SOUSA-LOPES, obs. pessoal, 2014).

Aspectos morfológicos e comportamentais das larvas de últimos ínstares (4º e 5º) de *O. pallidaria* revelaram a habilidade de camuflagem sobre sua planta hospedeira. Essas larvas

apresentaram coloração similar ao substrato (folhas) e se assemelharam a partes (e. g. folíolos) da planta hospedeira, devido a sua postura mimética. Essa é uma estratégia de coloração críptica combinada com o cripticismo comportamental, uma característica comum entre os geometrídeos (MONTGOMERY, 1983; JANZEN, 1988; PITKIN et al., 2007; CANFIELD et al., 2008), que representa um importante comportamento de defesa contra predadores visualmente orientados, como as aves e vespas (ver CASTELLANOS, 2010).

Oospila pallidaria ocorreu durante todo o ano em *M. setosa*, especialmente durante os meses da estação seca. Esse resultado está de acordo com o padrão de ocorrência de larvas em ambientes de cerrado (MORAIS et al., 1999; SCHERRER et al., 2010; DINIZ et al., 2012). De acordo com Moraes et al. (1999), a estação seca representa um período temporal com menor ocorrência de inimigos e, portanto, uma alta ocorrência de larvas pode ser esperada (DINIZ et al., 2012). Em nosso estudo, todos os parasitóides ocorreram na estação chuvosa (janeiro a março), corroborando o padrão descrito nos estudos anteriormente mencionados.

A abundância de *O. pallidaria* foi sazonal (comprovada pelo teste Rayleigh) e relacionada à fenologia da planta hospedeira, especialmente à disponibilidade de folhas maduras de *M. setosa*. Isso pode ser visto pelo valor do ângulo médio de ocorrência de larvas e folhas maduras, que se sobrepôs (Tabela 1; Figura 3). Esse resultado é oposto ao padrão encontrado para larvas do Cerrado. Como colocado por Moraes et al. (1995; 1999) a abundância de larvas no Cerrado não é relacionada à fenologia da planta hospedeira. Entretanto, esses autores não discriminaram se as larvas eram especialistas ou generalistas. Interessantemente, Pessoa-Queiroz e colaboradores (2008) mostraram que a abundância de larvas de *Gonioterma exquisita* Duckworth, 1964, uma espécie especialista do Cerrado, é associada à fenologia foliar da planta hospedeira. Assim, o conhecimento da amplitude de dieta, em particular para espécies especialistas, como *O. pallidaria*, permite entender como a fenologia da planta hospedeira pode ser um fator responsável pela flutuação na abundância desses herbívoros (BERNAYS; CHAPMAN, 1994; THOMPSON; GILBERT, 2014).

Em nosso estudo foi vista uma resposta tardia na ocorrência máxima de *O. pallidaria* (junho) seguindo a disponibilidade máxima de folhas maduras (março a abril). Isso pode ser explicado pelo tempo de desenvolvimento do ovo ao adulto, que pode passar de 50 dias, embora o tempo médio seja de 45 dias. Larvas oriundas de ovos colocados em março e abril provavelmente se tornaram adultas em maio e junho, quando então, as fêmeas fizeram as posturas. Bächtold et al. (2014) também notaram uma resposta tardia entre a ocorrência de uma larva de Hesperíidae e a disponibilidade de folhas novas em suas hospedeiras.

Interessantemente, o outro pico de folhas maduras em *M. setosa* (agosto a setembro) não foi relacionado à subsequente ocorrência de *O. pallidaria*. Presumivelmente, o início da estação chuvosa (aumento da temperatura e pluviosidade) influenciou negativamente os padrões de postura ou inibiu o comportamento de cópula nos adultos, refletindo a baixa abundância desses geometrídeos nos meses seguintes. Por outro lado, em agosto e setembro foi notado que muitas das folhas de *M. setosa* estavam ressacadas ou senescentes. Assim, possivelmente esses recursos tiveram menor qualidade nutricional nesse período e consequentemente refletiram uma baixa abundância na população de *O. pallidaria* nos meses subsequentes.

Para herbívoros com dieta restrita como, *O. pallidaria*, a disponibilidade de sua planta hospedeira é o mais importante fator que influencia sua ocorrência em áreas naturais. Como as mudanças em habitats tropicais causadas principalmente por fragmentação e desmatamento podem afetar negativamente as populações de herbívoros, especialmente larvas de Lepidoptera (ARNOLD; ASQUITH, 2002), o mesmo pode ser verdadeiro para *O. pallidaria*. Isso por que a sua população depende exclusivamente de *M. setosa*.

Oospila é um gênero neotropical com 74 espécies (COOK; SCOBLE, 1995). Entretanto, informações de plantas hospedeiras são disponíveis somente para nove espécies (JANZEN; HALLWACHS, 2009). Dessas nove espécies, três se alimentam de Fabaceae, como *O. pallidaria*. Informações ecológicas sobre esses geometrídeos são insuficientemente conhecidas, mas as poucas evidências indicam que as Fabaceae são importantes hospedeiras para suas larvas. O presente trabalho provém aspectos da história natural de *O. pallidaria* e nós entendemos que esse foi o primeiro passo para futuras investigações sobre o comportamento e interações multitróficas dessa mariposa com sua planta hospedeira e inimigos naturais.

Literatura citada

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**, v. 49, n. 3, p. 227-267, 1974.
- ARAÚJO, W. S.; VIEIRA, M. C.; LEWINSOHN, T. M.; ALMEIDA-NETO, M. Contrasting effects of land use intensity and exotic host plants on the specialization of interactions in plant-herbivore networks. **PloS One**, v. 10, n. 1, e0115606, 2015.

- ARNOLD, A.E.; ASQUITH, N. M. Herbivory in a fragmented tropical forest: patterns from islands at Lago Gatún, Panama. **Biodiversity Conservation**, v. 11, n. 9, p.1663-1680, 2002.
- BÄCHTOLD, A.; DEL-CLARO, K.; KAMINSKI, L. A.; FERITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Natural history of an ant–plant–butterfly interaction in a Neotropical savanna. **Journal of Natural History**, v. 46, p. 943-954, 2012.
- BÄCHTOLD, A.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Influence, or the lack thereof, of host phenology, architecture and climate on the occurrence of *Udranomia spitzi* (Hesperiidae: Lepidoptera). **Entomological Science**, v.17, p. 66-74, 2014.
- BARBOSA, E. P.; KAMINSKI, L. A.; FREITAS, A. V. L. Immature stages of the butterfly *Dianthria clymena janeira* (Lepidoptera: Nymphalidae: Biblidinae). **Zoologia**, v. 27, p. 696-702, 2010
- BARNEBY, C. R. Sensitivae Censitae. A description of the genus *Mimosa* L. (Mimosaceae) in the New World. **New York Botanic Garden**, v. 65, p. 1-835, 1991.
- BAUERFEIND, S. S.; FISCHER, K. Testing the plant stress hypothesis: stressed plants offer better food to an insect herbivore. **Entomology Experimentalis et Applicata**, v. 149, p. 148-158, 2013.
- BENCKE, C. S. R.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 269-275, 2002.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall Press, 1994.
- BODNER, F.; BREHM, G.; HOMEIER, J.; STRUTZENBERGER, P.; FIEDLER, K. Caterpillars and host plant records for 59 species of Geometridae (Lepidoptera) from a montane rainforest in southern Ecuador. **Journal Insect Science**, v. 10, n. 67, p. 1-22, 2010.
- CANFIELD, M. R.; GREENE, E.; MOREAUS, C. S.; CHEN, N.; PIERCE, N. E. Exploring phenotypic plasticity and biogeography in emerald moths: A phylogeny of the genus *Nemoria* (Lepidoptera: Geometridae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 49, p. 477-487, 2008.
- CASTELLANOS I. Does the mimetic posture of *Macaria aemulataria* (Walker) (Geometridae): larvae enhance survival against bird predation? **Journal of Lepidopterist's Society**, v. 64, n. 2, p. 113-115, 2010.

- COOK, M. A.; SCOBLE, M. J. Revision of the Neotropical genus *Oospila* Warren (Lepidoptera: Geometridae). **Bulletin of Natural History Museum Entomology**, v. 64, n.1, p. 1-115, 1995.
- CORNELISSEN, T. Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory patterns. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 155-163, 2011.
- DEL-CLARO, K.; STEFANI, V.; LANGE, D.; VILELA, A. A.; NAHAS, L.; VELASQUES, M.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. The importance of natural history studies for a better comprehension of animal-plant interactions networks. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 439-448, 2013.
- DINIZ, I. R.; HAY, J. D.; RICO-GRAY, V.; GREENEY, H. F.; MORAIS, H. C. Shelter-building caterpillars in the cerrado: seasonal variation in relative abundance, parasitism, and the influence of extra-floral nectaries. **Arthropod-Plant Interaction**, v. 6, p. 583-589, 2012.
- DUTRA, V. F.; GARCIA, F. C. P. *Mimosa* L.(Leguminosae-Mimosoideae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, v. 69, p. 49-88, 2014.
- GREENEY, H. F.; DYER, L. A.; SMILANICH, A. Feeding by lepidopteran larvae is dangerous: A review of caterpillars' chemical, physiological, morphological, and behavioral defenses against natural enemies. **Invertebrate Survival Journal**, v. 9, p. 7-34, 2012.
- GUILLERMO-FERREIRA, R.; DEL-CLARO, K. Oviposition site selection in *Oxyagrion microstigma* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae) is related to aquatic vegetation structure. **Intenational Journal of Odonatology**, v. 14, p. 275-279, 2011.
- HEPPNER, J. B. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. **Tropical Lepidoptera Research**, v. 2, n. 1, p. 1-85, 1991.
- JANZEN, D. H. Ecological characterization of a Costa Rican dry forest caterpillar fauna. **Biotropica**, v. 20, p. 120-135, 1988.
- JANZEN, D. H.; HALLWACHS, W. Dynamic database for an inventory of the macrocaterpillar fauna, and its food plants and parasitoids, of Area de Conservacion Guanacaste (ACG), northwestern Costa Rica, 2009. Disponível em <http://janzen.sas.upenn.edu>. Acesso em: 14 nov. 2014.
- LAWTON, J. W. Plant architetur and the diversity of phytofagous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 28, p. 23-39, 1983.

- MARCONATO, G.; DIAS, M. M.; PENTEADO-DIAS, A. M. Geometrid larvae (Lepidoptera) and their parasitoids, associated to *Erythroxylum microphyllum* St.-Hilaire (Erythroxylaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, p. 296-299, 2008.
- MCFARLAND, N. **Portraits of South Australian Geometrid Moths**. Lawrence: Allen Press, 1988.
- MCGUFFIN, W. C. The immature stages of the Canadian species of *Pero* Herrich Schaeffer (Lepidoptera: Geometridae). **Canadian Entomology**, v. 95, p. 1159-1167, 1963.
- MONTGOMERY, S. L. Carnivorous Caterpillars: the Behavior, Biogeography and Conservation of *Eupithecia* (Lepidoptera: Geometridae) in the Hawaiian Islands. **GeoJournal**, v. 76, p. 549-556, 1983.
- MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R.; BAUMGARTEN, L. Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, p. 165-172, 1995.
- MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R.; SILVA, D. M. S. Caterpillar seasonality in a central Brazilian cerrado. **Revista de Biologia Tropical**, v. 47, p. 1025-1033, 1999.
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.
- MUNIZ, D. G.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Phenological relationships of *Eunica bechina* (Lepidoptera: Nymphalidae) and its host plant, *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), in a Neotropical savanna. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 47, p. 111-118, 2012.
- PASSOA, S. Immature stages of *Anacamptodes herse* (Schaus) (Geometridae) on soybean in Honduras. **Journal of Lepidopterist's Society**, v. 37, p. 217-223, 1983.
- PESSOA-QUEIROZ, R.; MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R. Abundance and temporal distribution of *Gonioterma exquisita* Duckworth (Lepidoptera, Elachistidae, Stenomatinae) on *Byrsonima pachyphylla* Griseb. (Malpighiaceae) in the Brazilian cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, p. 62-67, 2008.
- PETERSON, A. **Larvae of Insects**. Part I. Columbus: Ohio State University, 1962.
- PITKIN, L. M.; HAN, H.; JAMES, S. Moths of the tribe Pseudoterpnini (Geometridae: Geometrinae): a review of the genera. **Zoological Journal Linnean Society – London**, v. 150, p. 343-412, 2007.

- PORTER, A. H. Life history of *Nemoria glaucomarginaria* (Barnes & McDunnough) and larval taxonomy of the tribe Nemoriini (Geometridae: Geometrinae). **Journal of Lepidopterist's Society**, v. 40, p. 304-314, 1986.
- PRICE, P. W. Plant resources as the mechanistic basis for insect herbivore population dynamics. In: HUNTER M. D.; OHGUSHI, T.; PRICE, P. (Eds.). **Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions**. San Diego: Academic Press, 1992. p. 139-173.
- RIBEIRO, J. F.; CASTRO, L. H. R. Método quantitativo para avaliar características fenológicas de arvores. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 7-11, 1986.
- ROBINSON, G. R.; ACKERY, P. R.; KITCHING, I. J.; BECCALONI, G. W.; HERNÁNDEZ, L. M. HOSTS – a database of the world's lepidopteran hostplants. Disponível em: <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/hostplants/index.html>. Acesso em: 04 jan. 2015.
- SALAZAR, B.; WHITMAN, D. Defensive tactics of caterpillars against predators and parasitoids. In: ANANTHAKRISHNAN, T. N. **Insect and plant defense dynamics**. UK: Enfield, Science Publisher, 2001. p. 161-207.
- SALKELD, E. H. A catalogue of the eggs of some canadian Geometridae (Lepidoptera), with comments. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 115, p. 3-271, 1983.
- SCHERRER, S.; DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C. Climate and host plant characteristics effects on lepidopteran caterpillar abundance on *Miconia ferruginata* DC. and *Miconia pohliana* Cogn (Melastomataceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 103-109, 2010.
- SCHMITZ, O. J.; KRIVAN, V.; OVADIA, O. Trophic cascades: the primacy of trait-mediated indirect interactions. **Ecology Letters**, v. 7, p. 153-163, 2004.
- SCHWEIGER, O.; SETTELE, J.; DUDRNA, O.; KLOTZ, S. KUHN, I. Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species. **Ecology**, v. 89, p. 3472-3479, 2008.
- SCOBLE, M. J. **The Lepidoptera: Form, function and diversity**. London: Oxford University Press, 1995.
- SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. **American Naturalists**, v. 174, p. 134-140, 2009.
- SIMON, M. F.; GREETHER, R.; de QUEIROZ, L. P.; SARKINEN, T. E.; DUTRA, V. F.; HUGHES, C. E. The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): Toward a

- phylogeny of the sensitive plants. **American Journal of Botany**, v. 98, n. 7, p. 1201-1222, 2011.
- STAMP, N. E.; WILKENS, R. T. On the cryptic side of life: being unapparent to enemies and the consequences for foraging and growth of caterpillars. In: STAMP, N. E.; CASEY, T. M. (Eds.). **Caterpillars: ecological and evolutionary constraints on foraging**. New York: Chapman & Hall Inc., 1993. p. 283-330.
- STEHR, F. W. **Immature Insects**. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1987.
- THOMPSON, K.; GILBERT, F. Phenological synchrony between a plant and a specialized herbivore. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, p. 353-361, 2014.
- TIKKANEN, O. P.; WOODCOCK, B.; WATT, A.; LOCK, K. Are polyphagous geometrid moths with flightless females adapted to budburst phenology of local host species? **Oikos**, v. 112, n. 1, p. 83-90, 2006.
- van ASCH, M.; VISSER, M. E. Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. **Annual Review Entomology**, v. 52, p. 37-55, 2007.
- VARGAS, H. A. Two new species of *Iridopsis* Warren (Lepidoptera, Geometridae) from northern Chile. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p. 138-141, 2007.
- VARGAS, H. A. First host plant records for *Iridopsis hausmanni* Vargas (Lepidoptera, Geometridae) in the coastal valleys of northern Chile. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, p. 95-97, 2014.
- VARGAS, H. A.; PARRA, L. E. Immature stages of *Iridopsis parrai* (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 39, p. 105-112, 2013.
- VILELA, A. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; DEL-CLARO, K. Conditional outcomes in ant-plant-herbivore interactions influenced by sequential flowering. **Flora**, v. 209, n. 7, p. 359-366, 2014.
- WAGNER, D. L. **Caterpillars of eastern North America: a guide to identification and natural history**. Princeton: Princeton University Press, 2005.
- WOLDA, H. Insect Seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, p. 1-18, 1988.

CAPÍTULO II

A DISPONIBILIDADE TEMPORAL E A QUALIDADE NUTRICIONAL DOS ITENS ALIMENTARES INFLUENCIAM A OCORRÊNCIA E A PERFORMANCE LARVAL DE *OOSPILA PALLIDARIA* (GEOMETRIDAE) EM UMA SAVANA TROPICAL?

Bruno de Sousa Lopes^a & Kleber Del-Claro^b

^a Universidade de São Paulo, Avenida Bandeirantes nº. 3900, CEP 14040901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil; ^b Universidade Federal de Uberlândia, Rua Ceará, s/n. Bloco 2D - Campus Umuarama, CEP 38400902, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

A disponibilidade temporal e a qualidade nutricional dos itens alimentares influenciam a ocorrência e a performance larval de *Oospila pallidaria* (Geometridae) em uma savana tropical?

Bruno de Sousa-Lopes & Kleber Del-Claro

Resumo

Uma gama diversa e abundante de insetos constitui uma parcela significativa dos consumidores primários nos ambientes terrestres. Muitas espécies de insetos herbívoros ainda não têm descritos os fatores que condicionam sua ocorrência, tais como: a disponibilidade temporal e a qualidade nutricional de seus recursos alimentares. Além desses fatores, experimentos controlados de performance larval podem ajudar a determinar a causalidade da ocorrência dos herbívoros na natureza, revelando qual tipo de dieta confere maior vantagem a um inseto herbívoro. Nesse sentido, buscamos descrever a disponibilidade temporal e a qualidade nutricional (conteúdo relativo de água e nitrogênio total) dos recursos alimentares ofertados pela planta hospedeira, *Mimosa setosa* (Mimosoideae) em uma savana tropical brasileira; e avaliamos também a performance larval do principal herbívoro da planta, as larvas da mariposa *Oospila pallidaria* (Geometridae), em laboratório. Os resultados mostraram que as folhas maduras foram os recursos alimentares com maior disponibilidade durante todo o ano. Os botões florais apresentaram maior qualidade nutricional, seguidos por folhas jovens e maduras respectivamente. As larvas de *O. pallidaria* tiveram performance superior com folhas maduras e sua abundância no campo aumentou quando houve maior abundância desse recurso. Algumas larvas de *O. pallidaria* conseguiram completar o desenvolvimento se alimentado de folhas jovens ou de folhas maduras até quarto ínstar e botões florais do quarto ao quinto ínstar. Portanto, as folhas maduras de *M. setosa* representam o principal recurso alimentar que condiciona a ocorrência de *O. pallidaria* mas, por outro lado, os botões florais podem representar importante recurso secundário para larvas de últimos ínstars no final da estação seca, quando as folhas maduras estão ressecadas e/ou senescentes. Sugerimos que as folhas jovens de *M. setosa*, devido à coloração vermelha, podem possuir compostos químicos secundários que restrinjam o desenvolvimento de *O. pallidaria*, justificando a alta mortalidade das larvas alimentadas com esse tipo de recurso em laboratório e a baixa abundância de larvas no campo em meses de produção de folhas jovens. Por fim, são sugeridos mais estudos que quantifiquem os compostos químicos secundários,

presentes nos recursos alimentares, e que avaliem detalhadamente quais são os aspectos físicos e/ou nutricionais que restringem a alimentação das larvas de diferentes ínstares nos diferentes recursos.

PALAVRAS-CHAVE: 1. Interação inseto-planta. 2. Herbivoria. 3. *Mimosa setosa*. 4. Folhas vermelhas. 5. Dieta.

Introdução

Uma gama diversa e abundante de insetos constitui uma parcela significativa dos consumidores primários nos ambientes terrestres (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012). Cerca de 50% (mais de 400 mil) das espécies de insetos são herbívoras, ou seja, se alimentam de algum tecido vegetal (SCHOONHOVEN et al., 2005). Estudos prévios sobre a dieta dos insetos herbívoros mostraram que alimentos mais ricos em nitrogênio e água aumentam seu valor adaptativo (*fitness*) e, por isso, esse tipo de alimento deve ser positivamente correlacionado às suas escolhas e desenvolvimento (SLANSKY; RODRIGUEZ, 1987; COLEY; KURSAR, 1996; PRICE et al., 2011). Contudo, mais estudos ainda são necessários para que sejam reveladas as estreitas relações entre os insetos herbívoros e suas plantas hospedeiras (MUNIZ et al., 2012).

Visando compreender as implicações nutricionais, ecológicas e evolutivas envolvidas nas interações insetos-plantas, desde o último século houve significativo aumento no número de estudos sobre: performance larval (*e. g.* JOACHIM-BRAVO; ZUCOLOTO, 1998; BÄCHTOLD et al., 2013), disponibilidade e qualidade de recursos alimentares (*e. g.* WOLDA, 1988; WEISS et al., 1988; HELD; POTTER, 2004; van ASCH; VISSER, 2007) e defesas (químicas e físicas) das plantas (*e. g.* KURSAR; COLEY, 2003; MARQUIS et al., 2012; BIXENMANN et al., 2013; CALIXTO et al., 2015). Embora tenha aumentado o número de estudos, esses ainda são incipientes para se compreender todas as interações em que estão envolvidos plantas e herbívoros especialistas, principalmente na região tropical (KURSAR; COLEY, 2003; MARQUIS, 2012). Entretanto, os estudos disponíveis trouxeram significativas contribuições para o entendimento de alguns dos fatores que reduzem a sobrevivência e limitam a ocorrência dos insetos herbívoros na natureza (BÄCHTOLD et al., 2013). Por exemplo, um inseto que se alimente de um item que confira a ele performance larval superior, pode se desenvolver mais rapidamente (RODRIGUES; MOREIRA, 1999) e, consequentemente, reduzir o risco de predação (BENREY; DENNO, 1997). Além disso, esse inseto pode produzir seus ovos em maior quantidade e qualidade (AWMACK; LEATHER, 2002).

Os recursos alimentares (*e. g.* folhas jovens, maduras e botões florais) podem se restringir a um curto período de tempo e possuir diferentes composições e concentrações de nutrientes (WOLDA, 1988; HELD; POTTER, 2004; OHGUSHI et al., 2007). O curto período de disponibilidade de determinadas fenofases faz com que alguns insetos herbívoros sincronizem suas ocorrências com o desenvolvimento fenológico das plantas hospedeiras

(VILELA et al., 2014), visto que essas determinadas fenofases representam o período de melhores condições para crescimento e reprodução (van ASCH; VISSER, 2007). Para muitos insetos herbívoros, especialmente os generalistas, o período de produção de folhas jovens é o mais importante. Isso por que as folhas jovens geralmente contêm menores quantidades de fibras e, por isso, são mais fáceis de mastigar e digerir (COLEY; KURSAR, 1996). Além disso, as folhas jovens podem conter maior quantidade de nitrogênio, assim como as inflorescências (BANDEILI; MÜLLER, 2010). Devido à maior qualidade nutricional das folhas jovens e inflorescências quando comparadas a folhas maduras e senescentes, é esperado que grande parte dos insetos herbívoros esteja associada a folhas jovens e/ou inflorescências (van ASCH; VISSER, 2007) ou que ocorram oportunisticamente em inflorescências (DINIZ; MORAIS, 2002). Esse último é o caso dos florívoros facultativos, ou seja, insetos que se alimentam predominantemente de folhas, mas que podem se alimentar de tecidos florais quando disponíveis (BERNAYS; CHAPMAN, 1994; TOREZAN-SILINGARDI, 2012). Nesse sentido, pode ocorrer de o herbívoro se alimentar de um recurso durante os ínstares iniciais e de outro nos ínstares finais. Essa é a chamada perda progressiva da seletividade, que já foi observada em lepidópteros (RODRIGUES; MOREIRA, 1999). Contudo, ainda não é esclarecido, para muitas espécies, se a mudança de itens alimentares durante o desenvolvimento é consequência da qualidade nutricional ou das barreiras químicas e/ou físicas das plantas (mas ver LEWIS; van EMDEN, 1986; RODRIGUES et al., 2010; CALIXTO et al., 2015). A vantagem desse tipo de dieta é a variedade, o balanço de nutrientes (SINGER et al., 2002) e a disponibilidade de alimento por maior período de tempo.

As plantas podem desenvolver diferentes estratégias de defesa (rápida expansão foliar, dureza, tricomas, mutualismo com formigas, sincronização na produção de folhas, compostos químicos secundários e/ou desenvolvimento tardio dos cloroplastos) contra os herbívoros (ver KURSAR; COLEY, 2003; SENDOYA et al., 2009; BIXENMANN et al, 2013; EATON; KARBAN, 2014). Em relação aos compostos químicos secundários, estima-se que as folhas jovens das plantas pertencentes à região tropical possuam de 10 a 50% destes em seu peso (LOKVAM et al., 2006). Um dos compostos químicos que pode ser encontrado nas plantas tropicais é a antocianina. Ela faz com que as folhas jovens apresentem coloração avermelhada durante o período de expansão, mas desaparecendo após o amadurecimento (HARBORNE, 1979). Essa coloração pode indicar forte investimento metabólico em químicos tóxicos e/ou impalatáveis para os herbívoros (YADUN; GOULD, 2009). Sendo assim, as folhas jovens podem não representar os melhores recursos para insetos herbívoros especialistas da região

tropical (KURSAR; COLEY, 2003), restringindo eles a outras partes da planta (*e. g.* folhas maduras).

Mimosa setosa (Benth.) Barneby é uma planta arbustiva que possui folhas compostas, com tricomas na parte abaxial e acúleos e tricomas glandulares por todo o caule e inflorescências (BARNEBY, 1991). As folhas jovens de *M. setosa* apresentam coloração avermelhada. Seu principal herbívoro é o geometrídeo especialista *Oospila pallidaria*, que ocorre o ano todo e se alimenta predominantemente de folhas maduras, mas também oportunisticamente de folhas jovens e botões florais (B. SOUSA-LOPES; obs. pessoal, 2014). Em relação aos botões florais, apenas larvas de quarto ínstar em diante foram vistas em campo se alimentando desse recurso, sendo esta ocorrência identificada principalmente nos meses do final da estação seca (jul. a set.; SOUSA-LOPES, obs. pessoal, 2014).

O objetivo principal deste estudo foi descrever a disponibilidade dos recursos alimentares (folhas jovens, maduras e botões florais) ofertados por *M. setosa* ao longo do tempo, determinar a qualidade nutricional (conteúdo relativo de água e nitrogênio total) desses recursos e avaliar a performance larval de *O. pallidaria*. Nós hipotetizamos que: (i) a performance larval de *O. pallidaria* é superior quando se alimenta de folhas maduras, visto que Sousa-Lopes e colaboradores (Cap. 1 desta dissertação) mostraram que esse herbívoro se alimenta predominantemente de folhas maduras de *M. setosa* e (ii) as larvas de *O. pallidaria* conseguem completar seu desenvolvimento se alimentando de folhas maduras até o quarto ínstar e do quarto ao quinto ínstars com botões florais, explorando um recurso sub-ótimo na ausência ou diminuição do ideal.

Material e métodos

Área de estudo

As plantas de *Mimosa setosa* e os ovos de *O. pallidaria* utilizados neste estudo foram coletados em área de campo cerrado da Reserva Ecológica do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), Minas Gerais (18°59'S, 48°17'W). A área possui 640 hectares, altitude de 863 m e é dominada por gramíneas e arbustos, mas também são presentes árvores que portam mais de dois metros de altura (mais detalhes da área em FERREIRA; TOREZAN-SILINGARDI, 2013). O clima da região é marcadamente sazonal, caracterizado por possuir duas estações: uma quente e chuvosa (de outubro a abril), que pode concentrar 75% da pluviosidade anual e uma quente e seca (de maio a setembro) (Laboratório de Climatologia, Universidade Federal de Uberlândia – UFU; ver também VILELA et al., 2014).

Disponibilidade temporal das folhas e botões florais de Mimosa setosa

Para determinar a disponibilidade dos recursos ofertados por *M. setosa* ao longo do tempo, foram feitas observações fenológicas quinzenais de maio de 2013 a abril de 2014 em 40 indivíduos anteriormente etiquetados. A intensidade de presença (%) de folhas jovens, folhas maduras e botões florais (Figura 1) foi registrada para cada planta. O método utilizado para avaliar as fenofases foi o percentual de intensidade de Fournier (ver MORELLATO et al., 2000). Esse método semi-quantitativo apresenta quatro categorias, sendo 0 = ausência de determinada fenofase (folhas jovens, folhas maduras ou botões florais) e 1, 2, 3 e 4 a fenofase registrada com 1-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% em cada uma das plantas. Para obter a fenologia mensal, o percentual de cada uma das fenofases foi somado e dividido pelo número total de plantas ($n = 40$) (ver BENCKE; MORELLATO, 2002).

Figura 1. Órgãos utilizados para a descrição fenológica de *Mimosa setosa*. Folha jovem (A), folha madura (B) e botão floral (C). Note que a folha jovem apresenta coloração avermelhada, principalmente nas extremidades de cada folíolo e na haste principal.

Abundância mensal de larvas de Oospila pallidaria

A abundância mensal das larvas de *O. pallidaria* foi verificada simultaneamente à fenologia das plantas hospedeiras, a partir de inspeção visual. As larvas coletadas foram colocadas individualmente em potes plásticos etiquetados (500 mL), levadas para laboratório e criadas até o estágio adulto em câmara incubadora B. O. D. (seguindo BÄCHTOLD et al., 2013).

Qualidade nutricional das folhas e botões florais de Mimosa setosa

Entre maio e agosto de 2015 foram coletadas folhas jovens ($n = 80$), folhas maduras ($n = 80$) e botões florais ($n = 110$) de 15 indivíduos de *M. setosa* para análise de conteúdo

relativo de água (CRA) e nitrogênio total. Foram utilizadas 20 unidades de cada um dos recursos para determinar o CRA. Para determinar o nitrogênio total foram sorteadas quatro folhas jovens, quatro folhas maduras e seis botões florais em cada uma das 15 amostras. Os recursos não foram reutilizados entre as análises. O CRA foi obtido pela razão da diferença do peso fresco e seco e a diferença do peso túrgido e seco (adaptado de BARR; WEATHERLEY, 1962). O peso túrgido foi obtido por hidratação rápida (imersão da folha em recipiente com água), com posterior remoção do excesso de água da superfície dos tecidos. Já o peso seco foi obtido após os recursos serem acondicionados em estufa a 60 °C por 24 horas. Todas as pesagens foram feitas em balança de precisão (M 163 II Meter Bel Mark Balance). O nitrogênio total foi determinado através do método de digestão sulfúrica (ou método Kjeldahl; para detalhes ver GALVANI; GAERTNER, 2006), pelo Laboratório de Análises de Solo e Calcários da Universidade Federal de Uberlândia. Foi feita uma pesagem inicial de cada uma das amostras de cada um dos recursos e posteriormente o valor do CRA e do nitrogênio total foram convertidos para a proporção de dez gramas.

Performance larval de Oospila pallidaria

Ovos (n = 100) de *O. pallidaria* foram coletados em *M. setosa* a partir de inspeção visual entre janeiro e junho de 2015. Um total de 60 larvas recém-eclodidas foi dividido em quatro grupos de 15. Os quatro grupos se referiram à criação de larvas com folhas maduras (controle), folhas jovens (tratamento 1), botões florais (tratamento 2) e folhas maduras mais botões florais (tratamento 3), respectivamente. O tratamento três teve as larvas alimentadas até o quarto ínstar com folhas maduras e no quarto e quinto ínstars com botões florais. Esse tratamento foi proposto, pois no campo foram encontradas somente larvas de últimos (4º e 5º) ínstars se alimentando de botões florais. A criação das larvas ocorreu em laboratório sob condições controladas (24± 1°C e 12h de luz: 12h de escuro; câmara incubadora B. O. D.) e em potes transparentes (500 mL), limpos diariamente. O experimento de performance larval teve os tratamentos realizados simultaneamente (PETERSON, 1985). A performance larval foi examinada de acordo com as seguintes características: sobrevivência até o estágio adulto, tempo total de desenvolvimento, tempo de desenvolvimento larval, massa da pupa e comprimento das asas (RODRIGUES et al., 2010). As pupas foram pesadas quando completaram cinco dias. A massa das pupas foi obtida a partir de uma balança de precisão. Já o comprimento das asas foi obtido a partir de um paquímetro digital (mensurando 0,01 mm) (ver BÄCHTOLD et al., 2013).

Análises estatísticas

Os resultados foram apresentados em média $\pm$ desvio padrão. Para comparar a diferença de CRA (g) e de nitrogênio total (g Kg⁻¹) entre os diferentes recursos alimentares foi utilizado o teste Kruskal-Wallis, com posterior comparação pelo método de Dunn. A sobrevivência das larvas alimentadas com diferentes recursos de *M. setosa* foi dada em percentual e avaliada estatisticamente pelo teste Qui-quadrado (X^2) de proporções esperadas iguais. O tempo total de desenvolvimento e o tempo de desenvolvimento larval, dados em dias, foram comparados utilizando o teste *U* de Mann-Whitney. A massa da pupa e o comprimento das asas foram comparados com o teste *t* de Students. Os dois últimos parâmetros citados foram submetidos previamente ao teste de normalidade Lilliefors para posterior uso de teste paramétrico (ZAR, 1999).

Resultados

Disponibilidade temporal das folhas e botões florais de Mimosa setosa

Mimosa setosa produziu folhas jovens durante quase todo o ano. A presença de folhas jovens foi registrada inicialmente em junho de 2013, seguindo de intenso aumento nos meses de outubro de 2013 a janeiro de 2014. Esse recurso foi ausente em maio de 2013 e pouco disponível nos meses de junho de 2013 e abril de 2014. A presença de folhas maduras ocorreu o ano todo, mas predominou nos meses em que houve menor intensidade de brotamento (folhas jovens), de maio a setembro de 2013 e março a abril de 2014. De julho a setembro, muitas folhas maduras se tornaram amareladas e/ou ressecadas. Os botões florais ocorreram principalmente em dois períodos: de maio a julho de 2013 e fevereiro a abril de 2014, com maior pico de intensidade nos meses de março a abril de 2014 (Figura 2A). Contudo, em agosto e setembro ainda foram encontrados botões florais.

Abundância mensal de larvas de Oospila pallidaria

As larvas de *O. pallidaria* ocorreram o ano todo (Figura 2B), tendo maior abundância associada aos meses da estação seca (maio a setembro; 56.4%; n = 84 imaturos). O mês com maior abundância foi junho (21%, n = 31 imaturos) e o mês com menor abundância foi outubro (1.3%, n = 2 imaturos).

Figura 2. A) Disponibilidade temporal dos recursos de *Mimosa setosa* utilizados por *Oospila pallidaria* e B) Abundância mensal das larvas de *O. pallidaria*, temperatura (°C) e pluviosidade (mm).

Qualidade nutricional das folhas e botões florais de Mimosa setosa

Folhas jovens e maduras não diferiram estatisticamente em relação ao CRA ($H = 31.27$; g. l. = 2; $P = ns$), embora as primeiras tenham apresentado maior média (Tabela 1). Já os botões florais foram os recursos que apresentaram maior CRA e diferiram estatisticamente de ambas as folhas jovens e maduras ($H = 31.27$; g. l. = 2; $P < 0.05$). Os botões florais apresentaram maior quantidade de nitrogênio, diferindo estatisticamente de folhas jovens e maduras ($H = 25.05$; g. l. = 2; $P < 0.05$). As folhas jovens apresentaram maior quantidade de

nitrogênio em comparação às folhas maduras, mas não houve diferença estatística (25.05; g. l. = 2; $P = ns$; Tabela 1).

Tabela 1. Conteúdo relativo de água (CRA) e quantidade de nitrogênio total dos diferentes recursos (folhas maduras e jovens e botões florais) de *Mimosa setosa* utilizados por *Oospila pallidaria*.

Qualidade nutricional dos recursos de <i>Mimosa setosa</i>				
Recursos	CRA (g)	Mín. e máx. CRA (g)	Nitrogênio total (g Kg ⁻¹)	Mín. e máx. nitrogênio total (g Kg ⁻¹)
Folhas maduras	0.52 ± 0.05 a	0.44 e 0.67	0.7 ± 0.5 a	0.0 e 2.1
Folhas jovens	0.53 ± 0.24 a	0.22 e 0.90	1.1 ± 0.4 b	0.3 e 2.0
Botões florais	0.73 ± 0.04 b	0.68 e 0.84	1.8 ± 0.5 a	1.2 e 3.1

Média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes (em coluna) diferem estatisticamente entre si pelo teste Kruskal-Wallis a 5% de significância, com posterior comparação pelo método de Dunn. As abreviações Mín. e máx. significam mínimo e máximo, respectivamente.

Performance larval de *Oospila pallidaria*

De todas as larvas criadas (n = 15 no controle e em cada tratamento), nove atingiram o estágio adulto no controle, quatro no tratamento um, três no tratamento três e nenhuma no tratamento dois (botões florais). A sobrevivência das larvas diferiu estatisticamente entre os recursos ($X^2 = 70$, g. l. = 3, $P < 0.0001$). Portanto, a sobrevivência das larvas que se alimentaram no controle foi superior à de larvas que se alimentaram dos tratamentos (Tabela 2). As larvas que se alimentaram do controle tiveram em média o desenvolvimento total mais curto que os tratamentos, embora não tenha diferido estatisticamente de dois deles ($U_{\text{desenv. total Controle/Trat. 1}} = 13$ e $P = 0,61$; $U_{\text{desenv. total Controle/Trat. 2}} = 0$ e $P = 0,001$ e $U_{\text{desenv. total Controle/Trat. 3}} = 12$ e $P = 0,25$). Resultado semelhante foi encontrado para o desenvolvimento larval. A massa da pupa foi maior no controle e no tratamento um, não diferindo estatisticamente entre si ($t = 0,24$, $P = 0,81$). Já o comprimento das asas não apresentou diferença significativa entre o controle e os dois tratamentos em que adultos foram obtidos ($t_{\text{Controle/Trat. 1}} = 1,03$ e $P = 0,33$; $t_{\text{Controle/Trat. 3}} = 1,13$ e $P = 0,28$; $t_{\text{Trat. 1/Trat. 3}} = 0,73$ e $P = 0,50$).

Tabela 2. Sobrevivência, tempo total de desenvolvimento, tempo de desenvolvimento larval, massa pupal e comprimento das asas de larvas de *Oospila pallidaria* (n = 15 para o controle e em cada tratamento) alimentadas com diferentes recursos de *Mimosa setosa*. Controle = folhas maduras; Tratamento 1 = folhas jovens; Tratamento 2 = folhas jovens; Tratamento 3 = folhas maduras mais botões florais.

Performance larval de <i>O. pallidaria</i>					
Dietas	Sobrevivência* (%)	Desenvolvimento total em dias	Desenvolvimento larval em dias	Massa pupal (g)	Comprimento asas (cm)
Controle	60	37,37 ± 5,47 a	27,22 ± 4,11 a	0,036 ± 0,067 a	2,14 ± 0,23 a
Tratamento 1	26,6	40,25 ± 1,89 a	30,5 ± 5,06 a	0,035 ± 0,004 a	2,22 ± 0,05 a
Tratamento 2	0	0 b	0 b	0 b	0 b
Tratamento 3	20	52 ± 13,08 a	40 ± 11,36 a	0,027 ± 0,007 c	2,13 ± 0,25 a

Média ± desvio padrão. O asterisco indica que houve diferença estatística entre o controle e os tratamentos de menos que 1% de significância pelo teste X^2 . Médias seguidas de letras diferentes (em coluna) diferem estatisticamente entre si pelo teste *U* de Mann-Whitney (desenvolvimento total e larval) e teste *t* (massa pupal e comprimento das asas) a 5% de significância.

Discussão

Apenas nossa segunda hipótese foi corroborada. Larvas de *O. pallidaria* conseguiram completar seu desenvolvimento se alimentando de folhas maduras até o quarto ínstar e do quarto ao quinto ínstar com botões florais, embora apenas três de quinze larvas tenham conseguido atingir o estágio adulto nesse tratamento. Para a primeira hipótese foi sugerido que *O. pallidaria* teria melhor performance larval com folhas maduras. Isso não ocorreu, pois o tempo de desenvolvimento total, o tempo de desenvolvimento larval, a massa pupal e o comprimento das asas não se diferiram estatisticamente entre as folhas maduras (controle) e folhas jovens (tratamento 1) e folhas maduras mais botões florais (tratamento 3). Contudo, a sobrevivência das larvas de *O. pallidaria* foi estatisticamente superior quando se alimentaram no controle em relação aos tratamentos de um a três. As folhas maduras de *M. setosa* foram os recursos alimentares mais disponíveis durante todo o ano, embora em pequena quantidade nos meses de produção de folhas jovens (out. a dez.). Como muitos herbívoros podem sincronizar suas ocorrências à disponibilidade de recursos alimentares (nem sempre com maior qualidade nutricional) (WOLDA, 1988; van ASCH; VISSER, 2007), a ocorrência de *O. pallidaria* durante todo o ano foi associada e oscilou com a disponibilidade de folhas maduras, provavelmente o recurso alimentar mais fácil de ser digerido/metabolizado por esse herbívoro. A disponibilidade de um recurso ao longo do ano pode manter uma ampla gama de herbívoros presentes na natureza na forma imatura ou adulta (e. g. VILELA et al., 2014). Nesse sentido, houve aumento na abundância de larvas de *O. pallidaria* no campo quando foi maior a presença de folhas maduras.

Em relação à qualidade nutricional, o CRA e o nitrogênio total de botões florais foram superiores aos de folhas jovens e maduras. Esse resultado era esperado, visto que geralmente os tecidos florais apresentam maior quantidade de nitrogênio e água em comparação às folhas (BANDEILI; MÜLLER, 2010). Entretanto, também era esperado que as folhas jovens tivessem mais nitrogênio e água que as folhas maduras. Isso não ocorreu, pois o CRA e o nitrogênio total de folhas jovens e maduras não se diferiram estatisticamente.

As larvas de *O. pallidaria* completaram seu desenvolvimento no controle, no tratamento um e também no tratamento três. Contudo, a sobrevivência no controle foi superior, resultado comprovado pela maior porcentagem. Um recurso alimentar que apresente melhor qualidade nutricional pode conferir desenvolvimento mais rápido para um herbívoro (SLANSKY; RODRIGUEZ, 1987; COLEY; KURSAR, 1996; PRICE et al., 2011) e, por conseguinte, pode reduzir o risco de predação (BENREY; DENNO, 1997) e favorecer a produção de ovos em maior quantidade e qualidade (AWMACK; LEATHER, 2002). Se as folhas maduras de *M. setosa* não foram os recursos alimentares com maior quantidade de nitrogênio e água, porque são preferidos pelas larvas de *O. pallidaria*? Uma possível explicação para a maior sobrevivência de *O. pallidaria* quando se alimenta de folhas maduras é a provável presença de compostos químicos tóxicos e/ou impalatáveis nas folhas jovens. As Embora não tenhamos quantificado a concentração de compostos químicos secundários, estudos têm sugerido que a coloração vermelha das folhas jovens, principalmente de plantas da região tropical, pode indicar forte investimento metabólico em químicos impalatáveis para os herbívoros (ver YADUN; GOULD, 2009). Nesse sentido, a baixa abundância de larvas de *O. pallidaria* no campo em meses cuja disponibilidade de folhas jovens foi alta e a grande mortalidade de larvas no experimento de performance com folhas jovens de *M. setosa* podem ser explicadas pela coloração vermelha das mesmas. Essa coloração pode indicar a existência de compostos químicos impalatáveis e/ou tóxicos para *O. pallidaria*, restringindo grande parte de suas larvas às folhas maduras. Além disso, as folhas jovens de *M. setosa* não têm maior qualidade nutricional que as maduras. Assim, *O. pallidaria* ao se alimentar de folhas maduras pode obter a mesma quantidade de nutrientes que uma folha jovem tem e ao mesmo tempo evitar a ingestão de compostos secundários.

Por outro lado, agora associando a sobrevivência de *O. pallidaria* ao se alimentar dos botões florais, a alta mortalidade pode estar relacionada a restrições morfológicas das larvas de ínstaes iniciais (1º ao 3º). As larvas de ínstaes iniciais são muito pequenas, apresentando cápsulas cefálicas que variam de 0.24 a 0.49 mm e corpo de 1 a 10 mm de comprimento

(SOUSA-LOPES et al., Cap. 1 desta dissertação). Visto que os botões florais de *M. setosa* apresentam maior dureza quando comparados às folhas (B. SOUSA-LOPES, obs. pessoal, 2014), o pequeno tamanho, incluindo as mandíbulas das larvas, pode inviabilizar a manipulação desse recurso (ver revisão de BERNAYS, 1998). A maior parte dos potes em que larvas foram criadas somente com botões florais não havia pelotas fecais. Esse fato pode ser indicativo de não ingestão dos botões florais nos ínstaes iniciais, quando as larvas têm o aparato bucal menor e, provavelmente, devido a isso morreram de fome. Assim sendo, se justifica o fato de nenhuma larva criada somente com botões florais ter conseguido completar o desenvolvimento. O oposto a isso ocorreu, em três casos, quando botões florais foram oferecidos do quarto ínstar em diante. As larvas de últimos ínstaes podem perder a seletividade alimentar por conseguirem quebrar as barreiras nutricionais, físicas ou químicas das plantas (LEWIS; van EMDEN, 1986; RODRIGUES; MOREIRA, 1999). Aqui, algumas larvas de *O. pallidaria* pareceram conseguir quebrar, pelo menos, a barreira física dos botões florais a partir do quarto ínstar.

Em campo, apenas larvas de últimos (4º e 5º) ínstaes de *O. pallidaria* foram vistas se alimentando de botões florais, principalmente nos meses de julho e agosto, período final da estação seca, quando as folhas maduras disponíveis já estavam senescentes e ressecadas. Alguns insetos podem se alimentar de folhas predominantemente, mas se alimentar de tecidos florais quando disponíveis (DINIZ; MORAIS, 2002). Trata-se de uma dieta alimentar oportunística, que favorece o balanço de nutrientes e/ou permite que o herbívoro tenha alimento disponível por mais tempo (BERNAYS; CHAPMAN, 1994). Embora a sobrevivência de larvas criadas com folhas maduras e botões florais, em conjunto, não tenha sido alta, os botões florais podem representar um recurso secundário para que algumas larvas de *O. pallidaria* de últimos ínstaes consigam completar seu desenvolvimento no final da estação seca, quando as folhas maduras de *M. setosa* estão envelhecendo e possivelmente estão menos palatáveis e nutritivas.

Portanto, este estudo mostrou a disponibilidade temporal e a qualidade nutricional dos recursos alimentares utilizados por *O. pallidaria* ao longo de um ano e demonstrou que a fenologia de *M. setosa* é crucial para a ocorrência dessa mariposa, especialmente a presença de folhas maduras (SOUSA-LOPES et al.; Cap. 1 desta dissertação). A performance larval de *O. pallidaria* não foi superior com folhas maduras, mas o percentual de sobrevivência foi maior. Para determinar exatamente quais são os fatores que condicionam a ocorrência de *O. pallidaria* em campo e suas implicações evolutivas, serão necessários mais estudos

envolvendo performance larval e interações com seu inimigo natural, *Cotesia* sp. (ver Cap. 1 desta dissertação). Em relação à performance será necessário quantificar os compostos químicos secundários presentes nos recursos alimentares e avaliar quais são os aspectos físicos e/ou nutricionais que restringem a alimentação das larvas de diferentes ínstares nos diferentes recursos (ver RODRIGUES; MOREIRA, 1999; RODRIGUES et al., 2010). Além disso, será necessário determinar a viabilidade dos ovos e a sobrevivência de larvas oriundas dos adultos obtidos em cada um dos tratamentos, com diferentes ofertas de recursos.

Literatura citada

- AWMACK, C.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 47, p. 817-844, 2002.
- BÄCHTOLD, A.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Influence, or the lack thereof, of host phenology, architecture and climate on the occurrence of *Udranomia sptizi* (Hesperiidae: Lepidoptera). **Entomological Science**, doi:10.1111/ens.12038, 2013.
- BANDEILI, B.; MÜLLER, C. Folivory versus florivory – adaptiveness of flower feeding. **Naturwissenschaften**, v. 97, p. 79-88, 2010.
- BARNEBY, C. R. *Sensitivae Censitae*. A description of the genus *Mimosa* L. (Mimosaceae) in the New World. **New York Botanical Garden**, v. 65, p. 1-835, 1991.
- BARR, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 15, p. 413-428, 1962.
- BENCKE, C. S. R.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 269-275, 2002.
- BENREY, B.; DENNO, R. F. The slow-growth high mortality hypothesis: a test using the cabbage butterfly. **Ecology**, v. 78, p. 987-999, 1997.
- BERNAYS, E. A. Evolution of feeding behavior in insect herbivores. **BioScience**, v. 48, n. 1, p. 35-44, 1998.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall Press, 1994.
- BIXENMANN, R. J.; COLEY, P. H.; KURSAR, T. A. Developmental changes in direct and indirect defenses in the young leaves of the Neotropical tree genus *Inga* (Fabaceae). **Biotropica**, v. 45, n. 2, p. 175-184, 2013.

- CALIXTO, E. S.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Foliar anti-herbivore defenses in *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae): changing strategy according to leaf development. **Flora**, v. 12, p. 19-23, 2015.
- COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Anti-herbivore defenses of young tropical leaves: physiological constraints and ecological tradeoffs. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (Eds.). **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Chapman e Hall, 1996. p. 305-337.
- DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas Animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.
- DINIZ I.R.; MORAIS H.C. Local pattern of host distribution by lepidopteran larvae in the cerrado vegetation. **Entomotropica**, v. 17, p. 115-119, 2002.
- EATON, K. M.; KARBAN, R. Effects of trichomes on the behavior and distribution of *Platyrepia virginalis* caterpillars. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 151, n. 2, p. 144-151, 2014.
- FERREIRA, C. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Implications of the floral herbivory on Malpighiaceae plant fitness: visual aspect of the flower affects attractiveness to pollinators. **Sociobiology**, v. 60, p. 217-221, 2013.
- GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. **Circular Técnica Embrapa**, ISSN 1517-1965, 2006.
- HARBORNE, J. B. Function of flavonoids in plants. In: GOODWIN, T. W. (Ed.). **Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments**. New York: Academic Press, 1979. p. 736-788.
- HELD, D.W.; POTTER, D. A. Floral affinity and benefits of dietary mixing with flowers for a polyphagous scarab, *Popillia japonica* Newman. **Oecologia**, v. 140, p. 312-320, 2004.
- JOACHIM-BRAVO, I. S.; ZUCOLOTO, F. S. Performance and feeding behavior of *Ceratitis capitata*: comparison of a wild population and a laboratory population. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 87, p. 67-72, 1998.
- KURSAR, T. A.; COLEY, P. D. C. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p. 929-949, 2003.
- LEWIS, A. C.; van EMDEN, H. F. Assays for insects feeding. In: MILLER, J. R.; MILLER, T. A. (Eds.). **Insect-plant interactions**. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 95-119.
- LOKVAM, J.; BRENES -ARGUEDAS, T.; LEE, J. S.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Allelochemic function for a primary metabolite: The case of L-tyrosine hyper-production in *Inga umbellifera* (Fabaceae). **American Journal Botanic**, v. 93, p. 1109-1115, 2006.

- MARQUIS, R. J. Uma abordagem geral das defesas das plantas contra a ação dos herbívoros. In: DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas Animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. p. 53-66.
- MARQUIS, R. J.; RICKLEFS, R. E.; ABDALA-ROBERTS, L. Testing the low latitude/high defense hypothesis for broad-leaved tree species. **Oecologia**, v. 169, p. 811-820, 2012.
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.
- MUNIZ, D. G.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Phenological relationships of *Eunica bechina* (Lepidoptera: Nymphalidae) and its host plant, *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), in a Neotropical savanna. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 47, p. 111-118, 2012.
- OHGUSHI, T.; CRAIG, T. P.; PRICE, P. W. Indirect interaction webs: an introduction. In: OHGUSHI, T.; CRAIG, T. P.; PRICE, P. W. **Ecological Communities: Plant Mediation in indirect interaction webs**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 3-15.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.
- PETERSON, R. G. **Design and Analysis of Experiments**. New York: Marcel Dekker, 1985.
- PRICE, P. W.; DENNO, R. F.; EUBANKS, M. D.; FINKE, D. L.; KAPLANI, I. **Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 784p.
- RIBEIRO, J. F.; CASTRO, L. H. R. Método quantitativo para avaliar características fenológicas de árvores. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 7-11, 1986.
- RODRIGUES, D.; KAMINSKI, L. A.; FREITAS A. V. L.; OLIVEIRA P. S. Trade-offs underlying polyphagy in a facultative ant-tended florivorous butterfly: the role of host plant quality and enemy-free space. **Oecologia**, v. 163, p. 719-728, 2010.
- RODRIGUES, D.; MOREIRA, G. R. P. Feeding preference of *Heliconius erato* (LEP.:NYMPHALIDAE) in relation to leaf age and consequences for larval performance. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 53, n. 3, p. 108-113, 1999.
- SCHOONHOVEN, L. M.; van LOON, J. J.; DICKE, M. **Insect-Plant Biology**. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. 440p.

- SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. **American Naturalist**, v. 174, p. 134-140, 2009.
- SINGER, M. S.; BERNAYS, E. A.; CARRIÉRE, Y. The interplay between nutrient balancing and toxin dilution ins foraging by a generalist insect herbivore. **Animal Behaviour**, v. 64, p. 629-642, 2002
- SLANSKI, F. Jr.; RODRIGUEZ, J. G. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: Wiley, 1987.
- SOUSA-LOPES, B.; BÄCHTOLD, A. DEL-CLARO, K. Biology, natural history and temporal fluctuation of the geometrid *Oospila pallidaria* associated to host plant phenology. **Subm. pub. (Studies on Neotropical Fauna and Environment)**.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Flores e animais: uma introdução à história natural da polinização. In: DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas Animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. p. 109-140.
- van ASCH, M.; VISSER, M. E. Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 37-55, 2007.
- VILELA, A. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; DEL-CLARO, K. Conditional outcomes in ant–plant–herbivore interactions influenced by sequential flowering. **Flora**, v. 209, n.7, p. 359-366, 2014.
- WEISS, S. B.; MURPHY, D. D.; WHITE, R. R. Sun, slope, and butterflies: topographic determinants of habitat quality for *Euphydryas editha*. **Ecology**, p. 1486-1496, 1988.
- WOLDA, H. Insect Seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, p. 1-18, 1988.
- YADUN, S. L.; GOULD, K. S. Role of anthocyanins in plant defence. In: WINEFIELDSD, C.; DAVIES, K.; GOULD, K. S. (Eds.). **Anthocyanins: biosynthesis, functions and applications**. Springer Science + Business Media, 2009. p. 22-28.
- ZAR, J. H. **Biostatical Analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.

DISCUSSÃO GERAL

De maneira geral, este estudo apresentou informações pioneiras sobre a biologia e fatores que condicionam a ocorrência de *Oospila pallidaria* em uma área de cerrado. Os dados sugerem uma dieta especialista de *O. pallidaria* em *Mimosa setosa* var. *paludosa*, visto que na literatura não há registro de outra planta hospedeira. A sazonalidade da ocorrência de *O. pallidaria* associada à disponibilidade de folhas maduras de *M. setosa* indicou que essa fenofase é o principal fator que influencia a ocorrência desse herbívoro, embora ele possa se alimentar de folhas jovens e botões florais oportunisticamente. Como esperado, as folhas maduras de *M. setosa* foram o tipo de recurso com maior sobrevivência das larvas de *O. pallidaria*, mas interessantemente não foram o tipo de recurso com melhor performance larval. Isso por que o tempo de desenvolvimento total e larval, a massa pupa e o comprimento das asas não foram estatisticamente diferentes para adultos obtidos a partir de criação com folhas maduras em relação aos adultos obtidos a partir de criação com folhas jovens ou folhas maduras mais botões florais. Também foi visto que larvas de últimos ínstaes, inicialmente alimentadas com folhas maduras, conseguiram completar seu desenvolvimento se alimentando de botões florais. Esse resultado juntamente com observações de campo indicou que os botões florais podem ser importantes recursos para larvas de últimos ínstaes no final da estação seca, quando as folhas maduras estão senescentes. Portanto, este trabalho representa o primeiro passo para futuras investigações sobre o comportamento e interações multitróficas desse geometrídeo com sua planta hospedeira e inimigo natural. São sugeridos mais estudos para que se quantifiquem os compostos químicos secundários presentes nos recursos alimentares e avaliem exatamente quais são os aspectos físicos e/ou nutricionais que restringem a alimentação das larvas de diferentes ínstaes nos diferentes recursos. Além disso, será necessário determinar a viabilidade dos ovos e sobrevivência das larvas oriundas de adultos obtidos com diferentes dietas.