



YURI FANCHINI MESSAS

HISTÓRIA NATURAL E ECOLOGIA POPULACIONAL DE *EUSTALA*  
*PERFIDA* MELLO LEITÃO, 1947 (ARANEAE, ARANEIDAE) NA SERRA  
DO JAPI, JUNDIAÍ, SÃO PAULO - BRASIL

CAMPINAS  
2013



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**



**INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**YURI FANCHINI MESSAS**

**“HISTÓRIA NATURAL E ECOLOGIA POPULACIONAL DE  
*EUSTALA PERFIDA* MELLO LEITÃO, 1947 (ARANEAE,  
ARANEIDAE) NA SERRA DO JAPI, JUNDIAÍ, SÃO PAULO -  
BRASIL”**

Este exemplar corresponde à redação final  
da Dissertação defendida pelo candidato

***Yuri Fanchini Messas***

e aprovada pela Comissão Julgadora.

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biologia da UNICAMP para obtenção do  
Título de Mestre em BIOLOGIA ANIMAL,  
na área de Biodiversidade Animal.

Orientador: João Vasconcellos Neto

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Gonzaga de Oliveira

CAMPINAS,  
2013

M562h Messas, Yuri Fanchini, 1989-  
História natural e ecologia populacional de *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo - Brasil / Yuri Fanchini Messas. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: João Vasconcellos Neto.  
Coorientador: Marcelo de Oliveira Gonzaga.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. História natural - Japi, Serra do (SP). 2. Fenologia. 3. Dinâmica populacional. 4. Parasitoides. 5. Camuflagem (Biologia). I. Vasconcellos-Neto, João, 1952-. II. Gonzaga, Marcelo de Oliveira. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Natural history and population ecology of *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) in Serra do Japi, Jundiá, São Paulo - Brazil

**Palavras-chave em inglês:**

Natural history - Japi, Serra do (SP)

Phenology

Population dynamic

Parasitoids

Camouflage (Biology)

**Área de concentração:** Biodiversidade Animal

**Titulação:** Mestre em Biologia Animal

**Banca examinadora:**

João Vasconcellos Neto [Orientador]

Vanessa Stefani Sul Moreira

Thiago Gonçalves Souza


**Data de defesa:** 29-01-2014

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Animal


Campinas, 29 de janeiro de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

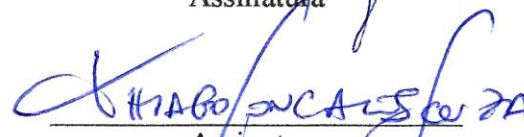
João Vasconcellos Neto (orientador)

  
Assinatura

Profa Dra. Vanessa Stefani Sul Moreira

  
Assinatura

Prof. Dr. Thiago Gonçalves Souza

  
Assinatura

Prof. Dr. Jober Fernando Sobczak

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Prof. Dr. Arício Xavier Linhares

\_\_\_\_\_  
Assinatura



## RESUMO

Aranhas vivem em ambientes estreitamente definidos, limitados por condições abióticas, como temperatura, umidade, ventos e intensidade luminosa; e também por fatores bióticos, como o tipo de vegetação, disponibilidade de presas, competidores e inimigos naturais. A família Araneidae é a principal família de aranhas construtoras de teias orbiculares. A aranha *Eustala perfida* ocorre preferencialmente no interior da mata, construindo a teia próxima a uma concavidade em troncos de árvores. Possui coloração críptica semelhante a musgos e líquens, adaptação que confere à espécie dupla vantagem, pois dificilmente são percebidas por suas presas e seus predadores. A falta de estudos sobre este gênero de aranhas e sua história de vida, bem como o papel ecológico que desempenha, motivou a elaboração do presente estudo, que foi realizado na Serra do Japi – Jundiá (SP) e tem como objetivo elucidar aspectos da história natural de *E. perfida*, tais como distribuição espacial, especificidade por substrato, fenologia, flutuação da população, caracterização da teia, diversidade de presas e seus inimigos naturais. *E. perfida* ocorre em altitudes que vão de 850 até 1294 m, sendo mais abundante em altitudes intermediárias. Todos os indivíduos foram encontrados no interior da mata, com maior ocorrência em troncos contendo musgos, líquens e concavidades, que servem como pontos de fixação para a construção das teias. A espécie foi encontrada com maior frequência em árvores com diâmetros maiores do que 30 cm e construindo suas teias em alturas de até 1,5 m. Observou-se que a população de *E. perfida* apresenta picos de frequência sucessivos dos diferentes estádios de desenvolvimento, com início nos meses quentes do ano (janeiro), quando os indivíduos começam a emergir. A população parece ter apenas um ciclo reprodutivo ao longo do ano,

com picos fenológicos em todas as fases de desenvolvimento. Observou-se maior frequência de presas potenciais com até 1 mm de comprimento, sendo que os grupos mais amostrados foram Diptera e Hymenoptera. Houve diferença nas frequências de tamanho das presas potenciais e predadas por *Eustala* sendo que presas com mais de 1 mm de comprimento foram mais predadas do que o esperado ao acaso. *E. perfida* apresentou dinâmica e fenologia semelhante à de *Misumenops argenteus* (Thomisidae). Nestas duas espécies o ciclo de vida e a fenologia parecem ajustados às estações climáticas e à disponibilidade de presas. Foram encontrados sete indivíduos de *E. perfida* parasitados por larvas de *Acrotaphus tibialis* (Pimplinae: Ichneumonidae). Trata-se do terceiro caso de manipulação comportamental de aranhas em sua construção de teia envolvendo parasitoides deste gênero.



## ABSTRACT

Spiders live in narrowly defined environments, limited by physical conditions such as temperature, humidity, winds and light intensity; and also by biological factors such as vegetation type, prey availability, competitors and natural enemies. Araneidae is the principal family of orb-weaver spiders. The spider of the present study, *Eustala perfida*, occurs preferentially within the forest, along tree trunks, building its web in regions where there are concavities on the trunk. It has cryptic coloration similar to mosses and lichens, adaptation that presents a dual advantage, because the spiders are hardly perceived by their prey and also their predators. The lack of studies of this genus and its natural histories, as well as the ecological role that it plays, motivated the development of this project, which was conducted at Serra do Japi – Jundiaí (SP) and aims to elucidate aspects of the natural history of *E. perfida*, such as spatial distribution, substrate specificity, phenology, population fluctuation, characterization of the web, prey diversity and natural enemies. *E. perfida* occurred at altitudes ranging from 850 to 1294 m, being significantly more abundant in intermediate altitudes. All individuals were found within the forest, with the highest occurrence in trunks containing mosses, lichens and concavities, which serve as attachment points for the construction of the web. The species was found more frequently on trees with diameters larger than 30 cm and building their webs in heights up to 1.5 m. The population dynamics of *E. perfida* is well defined, showing successive peaks of different developmental stages starting in the warm months of the year (January), when individuals begin to hatch. The population seems to have only one reproductive cycle

throughout the year, with peaks in all phases of phenological development. There was a higher frequency of potential prey up to 1 mm in length, and the most sampled groups were Diptera and Hymenoptera. There were differences in the size frequencies of potential and predated prey of *E. perfida*, and prey with more than 1 mm in length were predated more than expected. *E. perfida* presented dynamic and phenology similar to *Misumenops argenteus* (Thomisidae). In these two species, the life cycle and phenology seem to set seasons and prey availability. Seven individuals of *E. perfida* were found parasited by *Acrotaphus tibialis* (Pimplinae: Ichneumonidae) larvae. This is the third case of behavioral manipulation of spiders on your web construction involving this genus of wasp.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	vii
<b>Introdução Geral</b> .....	1
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I: Distribuição espacial e ocupação de substrato por <i>Eustala perfida</i> Mello-Leitão, 1947</b>	
1. RESUMO .....	17
2. INTRODUÇÃO .....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
5. RESULTADOS .....	26
6. DISCUSSÃO .....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
<b>CAPÍTULO II: Dinâmica da população, fenologia e diversidade de presas de <i>Eustala perfida</i> Mello-Leitão, 1947</b>	
1. RESUMO .....	45
2. INTRODUÇÃO .....	47
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	51
5. RESULTADOS .....	56
6. DISCUSSÃO .....	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
8. APÊNDICE .....	79

**CAPÍTULO III: Manipulação comportamental de *Eustala perfida* (Araneae: Araneidae) induzida pelo parasitoide *Acrotaphus tibialis* (Hymenoptera: Ichneumonidae)**

1. RESUMO .....	85
2. INTRODUÇÃO .....	87
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	90
5. RESULTADOS .....	92
6. DISCUSSÃO .....	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102

Dedico essa dissertação à minha família,  
Cujo amor e confiança sem limites  
são essenciais em minha vida.



“Não vejo a natureza como ela é; ela é como eu a vejo.”  
Pablo Picasso





## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador João Vasconcelos Neto,  
Por todo o companheirismo, amizade, paciência, conselhos, dedicação, ensinamentos ecológicos e de história natural, além da presença fundamental em todas as etapas deste estudo.

Ao meu co-orientador Marcelo de Oliveira Gonzaga,  
Uma excelente pessoa, cujos ensinamentos preciosos, reflexivos e o apoio na redação dos manuscritos foram essenciais para o andamento deste trabalho.

Aos orientadores que já passaram pela minha vida, Luiz Roberto Hernandez Bicudo, Lucia Maria Paleari e Silvia Rodrigues Machado,  
Pela participação ativamente e de maneira muito competente em meu processo formação como biólogo.

À Isabela Maria Piovesan Rinaldi,  
Orientadora que me iniciou ao mundo da Araneologia, da ética e do profissionalismo como biólogo, e por quem cultivo grande admiração e amizade.

Ao amigo Hebert da Silva Souza,  
Pelo convívio, companheirismo e amizade sincera desde os tempos de graduação, além da ajuda substancial nos trabalhos de campo e em todas as discussões que viabilizaram este trabalho.

Ao Antonio Domingos Brescovit,  
Pela pronta identificação da aranha desse estudo e pela disponibilidade para conversas em seu laboratório.

Aos membros da banca examinadora Thiago Gonçalves Souza, Vanessa Stefani Sul Moreira, Jobert Fernando Sobczak e Arício Xavier Linhares,  
Pela correção criteriosa e competente do trabalho, com sugestões valiosas e essenciais.

Aos funcionários da Base Ecológica da Serra do Japi,

Pelo apoio durante a realização do estudo.

À FAPESP e à CAPES,

Pelas bolsas de estudo cedidas e custeio de várias etapas do projeto.

Ao Michel Gomes dos Santos, Diego Maidana Tavares, Luan Moura Hortêncio Bastos, Lucas Moura Hortêncio Bastos, Danilo César Serafim, Bernardo Loiola de Figueiredo, Caio Trindade, Felipe Persona, André Gustavo Zacharias, Raphael Dario Capitani, Marcos Benedetti Globlackner, Renato Nisa Miyara e Heitor Zerbini Mariano, Amigos-irmãos desde a infância, sempre presentes em minha vida, me apoiando com bons conselhos e conversas agradáveis.

Aos colegas de faculdade, especialmente à Juliana Aparecida Rizzo, Larissa Caroline Fialho Rodrigues, Ana Caroline Colombo, Ana Cláudia Simões, Adriana Del Ben, Bárbara Vaccari Cardoso, Cândido Ferreira Pinho Neto e Paulo Eduardo Budri.

Pela amizade sincera e participação em minha formação como pessoa e biólogo.

Aos colegas de laboratório,

Pela excelente amizade, apoio e ótima convivência, tornando o dia-a-dia agradável e motivador.

À minha namorada Eliza Mota Gonçalves,

Pessoa linda e especial a quem muito admiro e respeito, cujo amor, carinho, apoio, paciência e amizade deixam meus dias felizes e me animam na busca de um sonho conjunto.

Aos meus pais Eduardo Messas Júnior e Maria Aparecida Fanchini Messas, e à minha irmã Ana Luiza Fanchini Messas,

Uma família incrível, minha fortaleza, que me apoia, guia, aconselha, ajuda e ao mesmotempo me dá condições e liberdade para buscar pelos meus sonhos. Ao meu pai, por ter me ensinado e transmitido seu amor e admiração pela observação da Natureza, ao estudo de seus organismos e à fotografia da natureza.

## INTRODUÇÃO GERAL

A Ordem Araneae é o sétimo grupo com maior número de espécies dentre os artrópodes e conta com aproximadamente 45.000 espécies distribuídas em 112 famílias (Platnick 2014). Devido à sua grande capacidade adaptativa, as aranhas conquistaram praticamente todos os ambientes terrestres, desde ilhas árticas até as regiões secas dos desertos (Turnbull 1973, Foelix 2010).

Muitas aranhas vivem em ambientes estreitamente definidos, limitados por condições abióticas, como altitude, temperatura, umidade, ventos e intensidade luminosa (Heiling 1999, Chatzaki *et al.* 2005, Gonzaga *et al.* 2006); e também por fatores bióticos, como o tipo de vegetação, disponibilidade de presas, competidores e inimigos naturais (Romero & Vasconcellos-Neto 2005 a, Foelix 2010). Dessa maneira, é possível afirmar que a distribuição das populações de aranhas na natureza não ocorre de maneira aleatória (Foelix, 2010).

Um dos mais importantes fatores bióticos que afeta a diversidade, distribuição e densidade de aranhas é a complexidade estrutural de vegetação (Turnbull 1973, Uetz *et al.* 1978). Estudos recentes têm demonstrado que várias espécies de aranhas das famílias Oxyopidae (Vasconcellos-Neto *et al.* 2007), Thomisidae (Romero & Vasconcellos-Neto 2003, 2004 a), Salticidae (Romero & Vasconcellos-Neto 2004 b) e Araneidae (Figueira & Vasconcellos-Neto 1991, Hesselberg & Triana 2010) vivem estritamente associadas a uma espécie de planta ou a grupos de plantas que partilham características morfológicas em comum (Romero & Vasconcellos-Neto 2005 a). A vegetação precisa oferecer locais

adequados para serem utilizados como abrigos e/ou refúgios pelas aranhas, e que facilitem a construção de teias ou a caça ativa (Rao & Poyyamoli 2001, Souza & Martins 2005, Romero *et al.* 2008). A presença de sítios para os pontos de inserção da teia e de espaço livre suficiente para a sua construção são critérios fundamentais que determinam a distribuição de aranhas (Turnbull 1973, Uetz *et al.* 1978). É apropriado que o espaço que a teia ocupa seja tão grande quanto o necessário para prover o mínimo de energia requerido pelo animal (Wise 1993). Souza & Martins (2005) relataram que os espaços entre ramos e as concavidades em troncos de árvores são requisitos essenciais para a colonização e permanência das espécies de aranhas.

Ecologicamente, a vegetação pode ser classificada em camadas verticais, que vão do solo até a cobertura das árvores (Duffey 1966). Cada uma dessas camadas possui microclima característico, além de diferentes espectros de presas animais e locais para refúgio. Assim, costuma-se encontrar “estratificação” correspondente de diferentes espécies de aranhas (Toft 1976, 1978). A distribuição vertical de várias espécies de aranhas pode ser bem estudada em troncos de árvores, sendo que a composição da araneofauna muda não apenas de acordo com a altura da árvore, mas também depende da estrutura da casca da árvore, do microclima, da disponibilidade de presas e, às vezes, da idade da árvore (Wunderlich 1982, Simon 1991).

O ciclo de vida e a dinâmica populacional de muitas aranhas também estão moldados por fatores físicos, disponibilidade de presas e ação de inimigos naturais (Sandoval 1987, De Sordi 1996, Romero e Vasconcellos-Neto 2005 b). Alguns autores utilizam o termo fenologia para designar: o ciclo de vida (Dondale 1961, Edgar 1970, Levy

1970, Muniappan & Chada 1970, Jackson 1978, Alderweireldt & Dekerr 1990, Downes 1993), comparações da dinâmica de populações em diferentes ambientes (Viana 1972, Hatley & Macmahon 1980, Wise 1984, Orazo *et al.* 1989) e comparações das abundâncias das diferentes espécies no mesmo hábitat durante todo o ano (Barnes & Barnes 1955, Merrett 1969, Turnbull 1966, Vlijm & Kessler-Geschiere 1966, Almquist 1969, Culin & Yargan 1983, Vollrath 1986). De acordo com Paquin & Dupérré (2001) aranhas podem apresentar três padrões de fenologia: euricrônica, quando os adultos estão presentes durante todo o ano e, portanto, o período reprodutivo pode não apresentar sazonalidade definida; estenocrônica, quando o adulto apresenta ocorrência sazonal definida; e *winter-mature*, com reprodução em baixas temperaturas. Nos três padrões, o pico de abundância no macho é considerado um indicador do período reprodutivo.

Aranhas são essencialmente carnívoras e possuem como principal item alimentar os insetos (Turnbull 1973), sendo que outros artrópodes, como isópodes, milípedes e as próprias aranhas também podem fazer parte da dieta (Foelix 2010). Algumas espécies de aranhas são capazes de consumir vertebrados, como peixes (Foelix 2010), anuros (Almeida *et al.* 2010), lagartos (Koski *et al.* 2013), pássaros (Bilasing 1920) e morcegos (Nyffeler & Knörnschild 2013). Existem também espécies que complementam suas dietas com néctar de nectários extraflorais e pólen (Romero & Vasconcellos-Neto 2007, Neehan *et al.* 2009).

Os principais inimigos naturais das aranhas são as próprias aranhas (Jackson 1992). No grupo dos insetos, algumas espécies de vespas caçadoras, principalmente das famílias Pompilidae e Sphecidae (Blackledge & Wenzel 2001) e vespas parasitoides da subfamília Pimplinae (Gauld & Dubois 2006) têm como alvo as aranhas. Várias espécies de

nematódeos são conhecidas como parasitas de aranhas (Müller 1983, Poinar 1987) e, dentre os vertebrados, aves, anuros e lagartos também podem atuar como inimigos naturais (Foelix 2010).

O uso de fios de seda na construção de teias para captura de presas é amplamente disseminado entre diferentes grupos de aranhas (Viera *et al.* 2007). Existem quatro tipos básicos de teias: orbicular, emaranhados, lençóis e em forma de funil (Wise 1993). Embora a teia possua outras funções, como substrato para a comunicação através de vibrações transmitidas por ela (Landolfi & Barth 1996, Watanabe 2000) e proteção contra predadores (Chou *et al.* 2005), a principal função da teia é interceptar e reter presas (Eberhard 1986, Blackledge & Eliason 2007). Assim, o comportamento de construção da teia é considerado um comportamento de forrageamento, que é realizado horas ou dias antes da real captura da presa (Higgins & Buskirk 1992). Alguns autores consideram a teia uma extensão do indivíduo, podendo ela ser característica da espécie, do gênero ou mesmo da família (Turnbull 1973, Eberhard 1990, Wise 1993).

A história evolutiva da teia orbicular começou a cerca 120 milhões de anos atrás, juntamente com as presas predominantes das aranhas, os insetos holometábolos (Peñalver *et al.* 2006). Atualmente, o grupo das aranhas orbitelas é composto por aproximadamente 5.000 espécies pertencentes a sete famílias (Platnick 2014).

Aranhas tecelãs de teias orbiculares modificam seu comportamento, expresso em seus designs da teia, em resposta a uma ampla gama de fatores intrínsecos e extrínsecos, incluindo o tamanho e a idade da aranha (Mayer 1952), estado nutricional (Crews & Opell 2006), o suprimento de seda (Eberhard 1988), as experiências recentes de presas (Venner *et*

al. 2000), fatores climáticos (Vollrath *et al.* 1997) e a disposição espacial do sítio para a construção da teia (Vollrath *et al.* 1997, Harmer & Herberstein 2009). Teias orbiculares são particularmente bons modelos para estudos de comportamento em campo e laboratório, pois são complexas e, simultaneamente, altamente ordenadas em uma estrutura bidimensional, que as tornam facilmente quantificáveis (Zschokke & Herberstein 2005).

A família Araneidae, a maior das famílias de aranhas construtoras de teias orbiculares, consiste em 169 gêneros e 3038 espécies descritas (Platnick 2014). Dentro desta família, as aranhas do gênero *Eustala* Simon, 1895, possuem distribuição conhecida apenas no continente americano, sendo que das 94 espécies conhecidas, 25 ocorrem em território brasileiro (Poeta 2013). Kuntner & Levi (2006) apontam que *Eustala* provavelmente é o gênero neotropical mais especioso dentro de Araneidae, porém a taxonomia do grupo ainda é incerta e necessita de revisão. O gênero é caracterizado por apresentar indivíduos com macrocerda única na patela do palpo (em machos), escapo do epígeno projetado anteriormente (em fêmeas), abdome com forma subtriangular e pigmento branco na região mediana ventral do abdome (em machos e fêmeas) (Poeta *et al.* 2010 a, b).

Poucos são os estudos envolvendo aspectos de história natural e ecologia de *Eustala*. Sabe-se que os indivíduos deste gênero são frequentemente encontrados em vegetações arbustivas e arbóreas (Poeta *et al.* 2010 b) e que algumas espécies de *Eustala* são as principais presas de vespas caçadoras do gênero *Trypoxylon* (Cabronidae), servindo de alimento para suas larvas (Rehnberg 1987, Buschini *et al.* 2008, Buschini *et al.* 2010). Outros trabalhos indicam a ocorrência de mudanças ontogenéticas na elaboração das teias, sendo que certas aranhas, incluindo *Eustala*, as constroem de maneira semelhante aos

grupos mais basais enquanto jovens e, na fase adulta, semelhante aos grupos mais derivados (Eberhard 1985, Hesselberg 2010). Hesselberg & Triana (2010) apontam *Eustala illicita* (O. P. Cambridge 1889) como um bom modelo para estudo de teias orbiculares, por apresentar-se em abundância na natureza e possuir rápida adaptação em cativeiro, construindo teias com facilidade em laboratório. Ainda neste trabalho, os autores a existência da associação entre *E. illicita* e *Acacia collinsii* Saff (Fabaceae), o que pode indicar seletividade por habitat.

Na Serra do Japi (23°11'S, 46°52'W), localizada no município de Jundiaí (SP), ocorrem três espécies de *Eustala* (Araneidae) (Figura 1): *Eustala taquara* Keyserling (1892) e *Eustala sagana* (Keyserling 1893) são encontradas preferencialmente em ramos secos de arbustos, que servem de apoio para a teia, bem como de refúgio para as aranhas, que se camuflam (Souza, 2014). A aranha do presente estudo, *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 constroi sua teia junto a troncos de árvores, e possui coloração críptica semelhante a musgos e líquens, adaptação que provavelmente confere à espécie dupla vantagem, pois dificilmente são percebidos por suas presas e por seus predadores (Bristowe, 1958). No entanto, durante esse estudo foram encontrados indivíduos de *E. perfida* parasitados por vespas parasitoides da espécie *Acrotaphus tibialis* (Cameron, 1886) (ver capítulo 3).

Acredita-se que *E. perfida* apresente distribuição não aleatória determinada por: 1) tipo de vegetação; 2) fatores climáticos; 3) disponibilidade de presas; e 4) pressão dos predadores. A falta de estudos sobre este gênero de aranhas e sua história de vida, bem como os papéis ecológicos que desempenha, motivou a elaboração do presente projeto.





**Figura 1:** Espécies de *Eustala* encontradas na Serra do Japi: A) *E. perfida*, B) *E. taquara* e C) *E. sagana*.

## HIPÓTESES

Espera-se que *E. perfida* ocorra preferencialmente associada a espécies vegetais contendo tronco com diâmetro suficientemente grande para a construção de suas teias, às quais necessitam de pontos de inserção (musgos, líquens e concavidades). Provavelmente, optam por construir as teias junto a troncos em que possam se camuflar, conferindo-lhes proteção contra predadores e parasitoides.

Acredita-se que a dinâmica da população seja modulada pelo clima sazonal da Serra do Japi. Assim, a densidade de aranhas deve ser maior durante os meses mais quentes, com maior disponibilidade de alimento; e menor durante os meses mais frios.

No que diz respeito à fenologia da espécie, acredita-se que o recrutamento dos indivíduos jovens ocorra na primavera, quando a disponibilidade de alimento começa a aumentar, e estes cheguem aos estágios juvenil/subadulto no outono/inverno. É esperado que o período reprodutivo, com deposição de ovissacos, ocorra durante o inverno, quando há a diminuição da disponibilidade de presas. Assim, durante o inverno os indivíduos

estarão protegidos dentro das ootecas, de modo que os ovos eclodam nos períodos mais adequados do ano.

Quanto à preferência alimentar, espera-se que *E. perfida* tenha como principais presas insetos das ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Hemiptera e Diptera, às quais pousam nos troncos, utilizando-os como substrato. Provavelmente a estrutura da teia varia de acordo com os estágios de desenvolvimento da aranha, refletindo na seletividade de presas.

Espera-se que *Acrotaphus tibialis* utilize como hospedeiros indivíduos de *E. perfida* em estágios avançados de desenvolvimento, já que estes possuem maior quantidade de biomassa disponível para o desenvolvimento das larvas do parasitoide. Sendo assim, a taxa de ataque deve ser maior nos meses em que indivíduos subadultos e adultos ocorram com maior frequência.

## OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo elucidar alguns aspectos da história natural e ecologia populacional de *E. perfida*, na Serra do Japi – Jundiaí (SP) sendo então apresentado na forma de três capítulos, a saber:

**Capítulo 1:** Distribuição espacial e ocupação de substrato por *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo - Brasil.

**Capítulo 2:** Dinâmica da população, fenologia e diversidade de presas de *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo - Brasil.

**Capítulo 3:** Manipulação comportamental de *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) induzida pelo parasitoide *Acrotaphus tibialis* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alderweireldt, M.; Dekerr, R. 1990. Field and laboratory observation on the life cycle of *Pactygnatha degeeri* Sundevall, 1830 and *Pachygnatha clercki* Sundervall, 1823 (Araneae, Tetragnathidae). *Acta Zoologica Fennica*. 190: 35-39.

Almeida, S.C.; Messas, Y.F.; Cicchi, P.J. 2010. Predation on newly metamorphosed toad *Rhinella ornata* (Anura: Bufonidae) by the spider, *Lycosa erythrognatha* (Araneae: Lycosidae). *Herpetology Notes*. 3: 173-174.

Almquist, S. 1969. Seasonal growth of some dune-living spiders. *Oikos*. 20 (2): 392-408.

Barnes, R.D.; Barnes, B.M. 1955. The spider populations of the abstract broomsedge community of the southeastern Piedmont. *Ecology*. 36(4): 658-666.

Bilising, S.W. 1920. Quantitative studies in the food on spiders. *The Ohio Journal of Science*. 20 (7): 215-260.

Blackledge, T.A.; Wenzel, J.W. 2001. Silk mediated defense by an orbweb spider against predatory mud-dauber wasps. *Behaviour*. 138: 155-171.

Blackledge, T.A.; Eliason, C.M. 2007. Functionally independent components of prey capture are architecturally constrained in spider orb webs. *Biology Letters*. 3: 456-458.

Bristowe, W. S. 1958. *The World of Spiders*. First edition. Collins, London. 304 pp.

Buschini, M.L.T.; Borba, N. A.; Brescovit, A.D. 2008. Patterns of prey selection of *Trypoxylon (Trypargilum) lactitarse* Saussure (Hymenoptera: Crabronidae) in southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 68 (3): 519-528.

Buschini, M. L. T.; Caldas, T. R.; Borba, N. A.; Brescovit, A. D. 2010. Spiders used as prey by the hunting wasp *Trypoxylon (Trypargilum) agamemnon* Richards (Hymenoptera: Crabronidae). *Zoological Studies*. 49 (2): 169-175.

- Chatzaki, M.; Lymberakis, P.; Markakis, G.; Mylonas, M. 2005. The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: Species richness, activity and altitudinal range. *Journal of Biogeography*. 32: 813–831.
- Chou, I. C.; Wang, P. H.; Shen, P. S.; Tso, I. M. 2005. A test of prey-attracting and predator defence functions of prey carcass decorations built by *Cyclosa* spiders. *Animal Behaviour*. 69: 1055-1061.
- Crews, S.C.; Opell, B.D. 2006. The features of capture threads and orb-webs produced by unfed *Cyclosa turbinata*. *The Journal of Arachnology*. 34: 427-434.
- Culin, J.D.; Yargan, K.V. 1983. Comparative study of spider communities in alfafa and soybean ecosystems foliage-dwelling spiders. *Annals of the Entomological Society of America*. 76 (5): 825-831.
- De Sordi, S.J. 1996. Ecologia de Populações da aranha *Porrmosa lagotis* (Lycosidae) nas reservas Mata de Santa Genebra, Campinas (SP) e Serra do Japi, Jundiá (SP). Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas.
- Dondale, C.D. 1961. Life histories of some common spiders from trees and shrubs in Nova Scotia. *Canadian Journal of Zoology*. 39: 776-787.
- Downes, M.F. 1993. The life history of *Badumna candida* (Araneae; Amaurobidae). *Australian Journal of Zoology*. 41: 441-466.
- Duffey, E. 1966. Spider ecology and habitat structure. *Senckenbergiana Biologica*. 47: 45-49.
- Edgar, W.D. 1970. The life-cycle, abundance and seasonal movement of the wolf spider, *Lycosa (Pardosa) lugubris*, in Central Scotland. *Journal of Animal Ecology*. 40: 303-322.
- Eberhard, W.G. 1985: The “sawtoothed” orb web of *Eustala* sp. (Araneae, Araneidae) with a discussion of ontogenetic changes in spiders’ web-building behaviour. *Psyche*. 92: 105-117.
- Eberhard, W.G. 1986. Effects of orb-web geometry on prey interception and retention. Pp. 70–100. In *Spiders: Webs, Behavior and Evolution*. (W.A. Shear, ed.). Stanford University Press, Stanford, California.
- Eberhard, W.G. 1990. Function and phylogeny of spider webs. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 21: 341-372.
- Edgar, W.D. 1970. Prey and feeding behaviour of adult females of the wolf spider *Pardosa amentata* (Clerck). *Netherlands Journal of Zoology*. 20: 487-491.

- Figueira, J.E.C.; Vasconcellos-Neto, J. 1991. *Paepalanthus*, cupins e aranhas. *Ciência Hoje*. 13: 20-26.
- Foelix, R.F. 2010. *Biology of Spiders*. Third Edition, Oxford University Press, Oxford. 432 pp.
- Gauld, I.D.; Dubois, J. 2006. Phylogeny of the *Polysphincta* group of genera (Hymenoptera: Ichneumonidae; Pimplinae): a taxonomic revision of spider ectoparasitoids. *Systematic Entomology*. 31: 529-564.
- Gonzaga, M.O.; Leiner, N.O.; Santos, A.J. 2006. On the stick cobwebs of two theridiid spiders (Araneae: Theridiidae). *Journal of Natural History*. 40: 293-306.
- Harmer, A.M.T.; Herberstein, M.E. 2009. Taking it to extremes: what drives extreme web elongation in Australian ladder web spiders (Araneidae: *Telaprocera maudae*). *Animal Behaviour*. 78: 499-504.
- Hatley, C.L.; Macmahon, J.A. 1980. Spider community organization: seasonal variation and the role of vegetation architecture. *Annals of the Entomological Society of America*. 9 (5): 632 -639.
- Heiling, A.M. 1999. Why do nocturnal orb-web spiders (Araneidae) search for light? *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 46: 43-49.
- Hesselberg, T. 2010. Ontogenetic changes in web design in two orb-web spiders. *Ethology*. 116: 535-545.
- Hesselberg, T.; Triana, E. 2010. The web of the acacia orb-spider *Eustala illicita* (Araneae: Araneidae) with notes on its natural history. *The Journal of Arachnology*. 38: 21-26.
- Higgins, L.E.; Buskirk, R.E.. 1992. A trap-building predator exhibits different tactics for different aspects of foraging behaviour. *Animal Behaviour*. 44: 485-499.
- Jackson, R.R. 1978. Life history of *Phidippus johnsoni* (Araneae; Salticidae). *The Journal of Arachnology*. 6: 1-29.
- Jackson, R. R. 1992. Eight-legged tricksters. Spiders that specialize in catching other spiders. *BioScience* 42: 590–598.
- Keyserling, E. 1892. Die Spinnen Amerikas. *Nürnberg, Bauer & Raspe*. 4 (1): 208.
- Keyserling, E. 1893. Die Spinnen Amerikas. *Nürnberg, Bauer & Raspe*. 4 (2): 209-377.

- Koski, D. A.; Koski, A. P. V.; Merçon, L.; Messas, Y. F. 2013. Hemidactylus mabouia (Tropical House Gecko). Predation. *Herpetological Review*. 44:509.
- Kuntner, M.; Levi, H.W. 2007. *Nephila hirta*, a new synonym of *Eustala fuscovittata* (Araneae, Araneidae). *The Journal of Arachnology*. 34: 444-447.
- Landolfi, M.A.; Barth, F. G. 1996. Vibrations in the orb web of the spider *Nephila clavipes*: cues for discrimination and orientation. *Journal of Comparative Physiology*. 179: 493-508.
- Levy, G. 1970. The life cycle of *Thomisus onustus* (Thomisidae: Araneae) and outlines for the classification of the life histories of spiders. *Journal of Zoology*. 160: 523-536.
- Mayer, G. 1952. Untersuchungen über Herstellung und Struktur des Radnetzes von *Aranea diadema* und *Zilla x-notata* mit besonderer Beru Zeitschrift fücksichtigung des Unterscheides von Jugend und Altersnetzen für. *Tierpsychologie*. 9: 337-362.
- Meehan, C. J.; Olson, E. J.; Reudink, M. W.; Kyser, T. K.; Curry, R. L. 2009. Herbivory in a spider through exploitation of an ant–plant mutualism. *Current Biology* 19: 892–893.
- Mello-Leitão, C.F. 1947. Aranhas do Paraná e Santa Catarina, das coleções do Museu Paranaense. *Arquivos do Museu Paranaense*. 6 (6): 231-304.
- Merrett, P. 1969. The phenology of linyphiid spiders on Heathland in Dorset. *Journal of Zoology*. 157: 289-307.
- Müller, H.G. 1983. Ein Mermithidae als Parasitoid von *Coelotes inermis* (L. Kock 1885) (Arachnida: Araneae: Agelenidae). *Entomologische Zeitschrift*. 93: 358-360.
- Muniappan, R.; Chada, H.L. 1970. Biology of the crab spider, *Misumenops celer*. *Annals of the Entomological Society of America*. 63(6): 1718-1722.
- Nyffeler, M.; Knörnschild, M. 2013. Bat predation by spiders. *Plos One*. 8(3): 1-15.
- Oraze, M.J.; Grigarick, A.A., Smith, K.A. 1989. Population ecology of *Pardosa ramulosa* (Araneae, Lycosidae) in flooded rice fields of Northern California. *The Journal of Arachnology*. 17: 163-170.
- Paquin, P., Dupérré, N. 2001. On the distribution and phenology of *Argyrodes fictilium* (Araneae, Theridiidae) at its Northern limit of North America. *The Journal of Arachnology*. 29 (2): 238-243.
- Peñalver, E.; Grimaldi, D.A.; Delclos, X. 2006. Early cretaceous spider web with its prey. *Science*. 312: 1761.

Platnick, N.I. 2014. The World Spider Catalog, Version 12.0. American Museum of Natural History. New York. Online at <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/>. Acesso em 18/02/2014.

Poeta, M.R.M.; Marques, M.A.L.; Buckup, E.H. 2010 a. O gênero *Eustala* (Araneae, Araneidae) no sul do Brasil: duas espécies novas, descrições complementares e novas ocorrências. *Iheringia, Série Zoologia*. 100 (2): 151-161.

Poeta, M.R.M.; Marques, M.A.L.; Buckup, E.H. 2010 b. Sobre algumas espécies do gênero *Eustala* (Araneae, Araneidae) do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*. 100: 267-274.

Poeta, M.R.M. 2013. The orb-weaving spider *Eustala* described from southern Brazil (Araneae, Araneidae). Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Poinar, G.O. 1987. Nematode parasites os spiders. In: Nentwig, W., ed.: *Ecophysiology of Spiders*. Springer Verlag, Berlin. 299pp.

Rao, D.; Poyyamoli, G. 2001. Role of structural requirements in web-site selection in *Cyrtophora cicatrosa* Stoliczka (Araneae: Araneidae). *Current Science*. 81: 678-680.

Rehnberg, B.G. 1987. Selection of spider prey by *Trypoxylon politum* (Hymenoptera: Sphecidae). *Canadian Entomologist*. 119: 189-194.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2003. Natural history of *Misumenops argenteus* Thomisidae): seasonality and diet on *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae). *The Journal of Arachnology*. 31: 297-304.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004a. Foraging by the flower dwelling spider, *Misumenops argenteus* (Thomisidae), at high prey density sites. *Journal of Natural History*. 38: 1287-1296.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004b. Spatial distribution patterns of jumping spiders associated with terrestrial bromeliads. *Biotropica*. 36: 596-601.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2005a. The effects of plant structure on the spatial and microspatial distribution of a bromeliad-living jumping spider (Salticidae). *Journal of Ecology*. 74: 12-21.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2005b. Population dynamics, age structure and sex ratio of the bromeliad-dwelling jumping spider, *Psecas chapoda* (Salticidae). *Journal of Natural History*. 39 (2): 153-163.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2007. Aranhas sobre plantas: dos comportamentos de forrageamento às associações específicas. In: Gonzaga, M.O.; Santos, A.J.; Japyassú, H.F. (eds.). *Ecologia e comportamento de aranhas*. Interciência, Rio de Janeiro.

Romero, G.Q.; Souza, J.C.; Vasconcellos-Neto, J. 2008. Antiherbivore protection by mutualistic spiders and the role of plant glandular trichomes. *Ecology*. 89: 3105-3115.

Sandoval, C.P. 1987. Aspectos da ecologia e socialidade de uma aranha colonial, *Eriophora bistrata* (Rengger, 1936) (Araneidae). Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas.

Simon, U. 1991. Die Spinnenzönosen (Arachnida: Araneae) der Kiefernrinde (*Pynus sylvestris* L.). Verh. Gesellschaft für Ökologie. *Freiburg*. 2: 107-118.

Souza, A.L.T.; Martins, R.P. 2005. Foliage density of branches and distribution of plant-dwelling spiders. *Biotropica*. 37: 416-420.

Souza, H.S. 2014. Biologia e ecologia de *Eustala taquara* (Keyserling, 1892), (Araneae, Araneidae) na Serra do Japi, Jundiá - São Paulo, Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Estadual de Campinas.

Toft, S. 1976. Life-histories of spiders in a Danish beech-wood. *Natura Jutlandica*. 19: 5-40.

Toft, S. 1978. Phenology of some Danish beech-wood spiders. *Natura Jutlandica*. 20: 285-304.

Turnbull, A.L. 1966. A population of spiders and their potential prey in an overgrazed pasture in eastern Ontario. *Canadian Journal of Zoology*. 44: 557-583.

Turnbull, A.L. 1973. Ecology of the true Spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology*. 18: 305-384.

Uetz, G.W.; Johnson, A D.; Schemske, D.W. 1978. Web placement, web structure, and prey capture in orb-weaving spiders. *Bulletin of the British Arachnological Society*. 4: 141-148.

Vasconcellos-Neto, J.; Romero, G.Q.; Santos, A.J.; Dippenaar-Schoeman, A.S. 2007. Associations of Spiders of the Genus *Peucezia* (Oxyopidae) with Plants Bearing Glandular Hairs. *Biotropica*. 39: 221-226.

Venner, S.; Pasquet, A.; Leborgne, R. 2000. Web-building behavior in the orb-weaving spider *Zygiella x-notata*: influence of experience. *Animal Behaviour*. 59: 603-611.



Viana, M.J.B. 1972. Contribuição à Biologia de *Nephila clavipes*. Tese de doutorado da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, São Paulo.

Viera, C.; Japyassú, H.F.; Santos, A.J.; Gonzaga, M.O. 2007. Teias e forrageamento. In: *Ecologia e comportamento de aranhas*. Japyassú, H.F.; Santos, A.J.; Gonzaga, M.O., eds.). Interciência, Rio de Janeiro.

Vlijm, L.; Kessler-Geschiere, A., 1966. The phenology and habitat of *Pardosa monticola*, *P.nigriceps* and *P.pullata* (Araneae, Lycosidae). *Journal of Animal Ecology*. 36: 31-56.

Vollrath, F. 1986. Environment, reproduction and the sex ratio of the social spider *Anelosimus eximius* (Araneae; Theridiidae). *The Journal of Arachnology*. 14: 267-281.

Vollrath, F.; Downes, M.; Krackow, S. 1997. Design variability in web geometry of an orbweaving spider. *Physiology & Behavior*. 62: 735-743.

Watanabe, T. 2000. Web tuning of an orb-web spider, *Octonoba sybotides*, regulates prey-catching behaviour. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*. 267: 565-569.

Wise, D.H. 1984. Phenology and life history of the filmy dome spider (Araneae; Linyphiidae) in two local Maryland populations. *Psyche*. 91: 267-288.

Wise, D.H. 1993. *Spiders in ecological webs*. First Edition. Cambridge University Press, New York. 344 pp.

Wunderlich, J. 1982. Mitteleuropäische Spinnen der Baumrinde (Araneae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 94: 9-21.

Zschokke, S.; Herberstein, M.E. 2005. Laboratory methods for maintaining and studying web-building spiders. *The Journal of Arachnology*. 33: 205-213.



**CAPÍTULO 1: Distribuição espacial e ocupação de substrato por *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo - Brasil.**

**RESUMO**

Muitas aranhas vivem em ambientes estreitamente definidos, limitados por fatores abióticos, como altitude, temperatura e precipitação; e bióticos, como o tipo de vegetação, disponibilidade de presas e inimigos naturais. A aranha do presente estudo, *Eustala perfida* (Araneidae) constroi sua teia orbicular normalmente junto a troncos de árvores, onde permanece camuflada. O objetivo deste estudo foi verificar a distribuição espacial e se há especificidade na escolha de substrato por *E. perfida*, na Serra do Japi, uma região de Mata Atlântica localizada em Jundiaí (São Paulo, Brasil). Foram feitas parcelas no interior e na borda da mata em três altitudes e medidos os diâmetros e as características dos troncos, altura das teias em relação ao nível do solo, presença de sítios para construção das teias e ocorrência de aranhas nas árvores dentro das parcelas. A espécie foi encontrada nas três altitudes, sendo significativamente mais frequente na altitude intermediária. Todos os indivíduos foram encontrados no interior da mata, com maior ocorrência em troncos com diâmetro à altura do peito maior do que 30 cm. Os diâmetros dos troncos variaram entre as altitudes, e a distribuição de *E. perfida* aparentemente segue a disponibilidade de troncos com diâmetros maiores. Nestes troncos, as aranhas usualmente constroem suas teias sobre concavidades, em regiões onde a casca apresenta rugosidade e é coberta por musgos e líquens, com maior frequência em alturas de até 150 cm acima do nível do solo. A seleção

de troncos com diâmetros maiores, rugosos e cobertos por musgos e líquens provavelmente é uma adaptação da espécie para se manter protegida contra predadores visualmente orientados.

## INTRODUÇÃO

Aranhas habitam praticamente todos os ambientes terrestres (Foelix 2010). Apesar dessa grande amplitude de colonização, a distribuição espacial e o substrato onde vários grupos de aranhas ocorrem podem ser muito específicos (Turnbull 1973, Romero & Vasconcellos-Neto 2004 a). Essa distribuição pode ser determinada por fatores abióticos, como altitude, intensidade luminosa, temperatura, ventos e umidade (Chatzaki *et al.* 2005); e bióticos, como a complexidade estrutural do habitat, que deve possuir locais que sirvam como abrigo para o animal ou ponto de apoio para a construção da teia (Turnbull 1973).

A distribuição espacial de aranhas também depende da história filogenética do grupo, do desenvolvimento ontogenético, da densidade populacional relacionada com a disputa por recursos (Lubin *et al.* 1991) e da ação de inimigos naturais, como os predadores visualmente orientados (Sandoval 1987, De Sordi 1996, Romero e Vasconcellos-Neto 2004 b). Sendo assim, é possível afirmar que a distribuição das aranhas na natureza não acontece de maneira aleatória.

De acordo com Turnbull (1973), a ocupação de aranhas está relacionada a ambientes que proporcionem condições microclimáticas adequadas para as aranhas e sítios que sirvam como pontos de inserção para a construção da teia. A disposição e a densidade dos galhos ou concavidades em troncos devem fornecer espaço suficiente para que o aracnídeo possa construir adequadamente sua teia (Souza & Martins 2005). Além disso, a distribuição das espécies de aranhas usualmente acompanha a zona de estratificação da vegetação (Toft 1976, 1978), pois cada região apresenta microclima característico e possibilita a

manutenção de nichos específicos. Alguns estudos mostram a existência de seletividade por plantas hospedeiras (Romero & Vasconcellos-Neto 2003, 2004 a, b, 2011; Hesselberg & Triana 2010) e até mutualismo facultativo entre aranhas e espécies vegetais (Louda 1982, Ruhren & Handel 1999, Whitney 2004, Romero & Vasconcellos-Neto 2004 b, Romero *et al.* 2008, Morais-Filho & Romero 2010, Romero & Vasconcellos-Neto 2011).

Árvores representam habitats bem definidos e exclusivos para animais, possuindo diversos microhabitats (e.g. folhas, ramos e troncos) e alta complexidade estrutural (Szinetár & Horváth 2005). Assim, fornecem ampla oportunidade para segregação de nichos (Lawton 1978), além de proporcionar fonte estável de alimento para os animais que nelas vivem (Southwood 1978). A isto se soma o fato de haver grande distribuição geográfica na maioria das espécies vegetais (Strong 1979). Todos esses fatores resultam em alta riqueza de espécies e diversidade de animais que vivem em árvores (Szinetár & Horváth 2005). Troncos de árvores, como um distintivo microhabitat da árvore, são caracterizados por inúmeros fatores ambientais bióticos e abióticos, o que explica porque se pode diferenciar uma população de artrópodes que neles vivem.

Aranhas representam um táxon predador de artrópodes dominante em troncos de árvores (Szinetár & Horváth 2005). Fenômenos de adaptação, de natureza morfológica (e.g. corpo achatado), fenológica (e.g. euricronia e diplocronia) e fisiológica podem ser vistos em aranhas e fornecem evidências para a evolução das espécies que vivem sob ou sobre a casca da árvore (Szinetár & Horváth 2005). Poucos são os estudos envolvendo ecologia de aranhas que vivem em troncos de árvores, sendo que a maioria dos trabalhos é de natureza

taxonômica (Koslinska 1967, Albert 1976, Wunderlich 1982, Nicolai 1986, Hansen 1992, Malten 1994).

O gênero *Eustala* (Araneidae) possui distribuição conhecida apenas no continente americano, sendo que das 94 espécies descritas neste gênero, 25 ocorrem em território brasileiro (Poeta, 2013). Os indivíduos deste gênero são frequentemente encontrados em vegetações arbustivas e arbóreas (Poeta *et al.* 2010 b), sendo a principal presa de algumas espécies de vespas caçadoras (Gonzaga & Vasconcellos-Neto 2005). Atualmente existem poucos trabalhos disponíveis na literatura sobre o gênero *Eustala*, envolvendo ecologia (Buschini *et al.* 2008, 2010; Hesselberg & Triana 2010), filogenia (Eberhard 1985) e taxonomia (Kuntner & Levi 2007, Poeta *et al.* 2010 a, b).

Na Serra do Japi, localizada perto da cidade de Jundiá (SP), há três espécies de *Eustala* (Araneidae) (Indicatti *et al.* 2012). As espécies *Eustala taquara* Keyserling (1892) e *Eustala sagana* (Keyserling 1893) são encontradas preferencialmente em ramos secos de arbustos, que servem de apoio para a teia, bem como de refúgio para as aranhas, que se camuflam. A aranha do presente estudo, *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 constroi sua teia junto a troncos de árvores (obs. pess.).

Os diversos aspectos da história natural de *E. perfida* e o papel que a espécie desempenha na estrutura das comunidades onde ocorre ainda são desconhecidos. Provavelmente a espécie possui distribuição não aleatória, ocorrendo preferencialmente associada a espécies vegetais contendo tronco com diâmetro suficientemente grande para a construção de suas teias, às quais necessitam de pontos de inserção na casca da árvore (eg. presença de musgos, líquens e/ou concavidades). Provavelmente, optam por construir as

teias junto a troncos em que possam se camuflar, conferindo-lhes proteção contra predadores e parasitoides,

Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a distribuição altitudinal de *E. perfida* na Serra do Japi (Jundiaí - SP) e verificar se existe preferência por determinados tipos de casca de árvore e ocupação diferencial de aranhas por determinados diâmetros de troncos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Espécie estudada

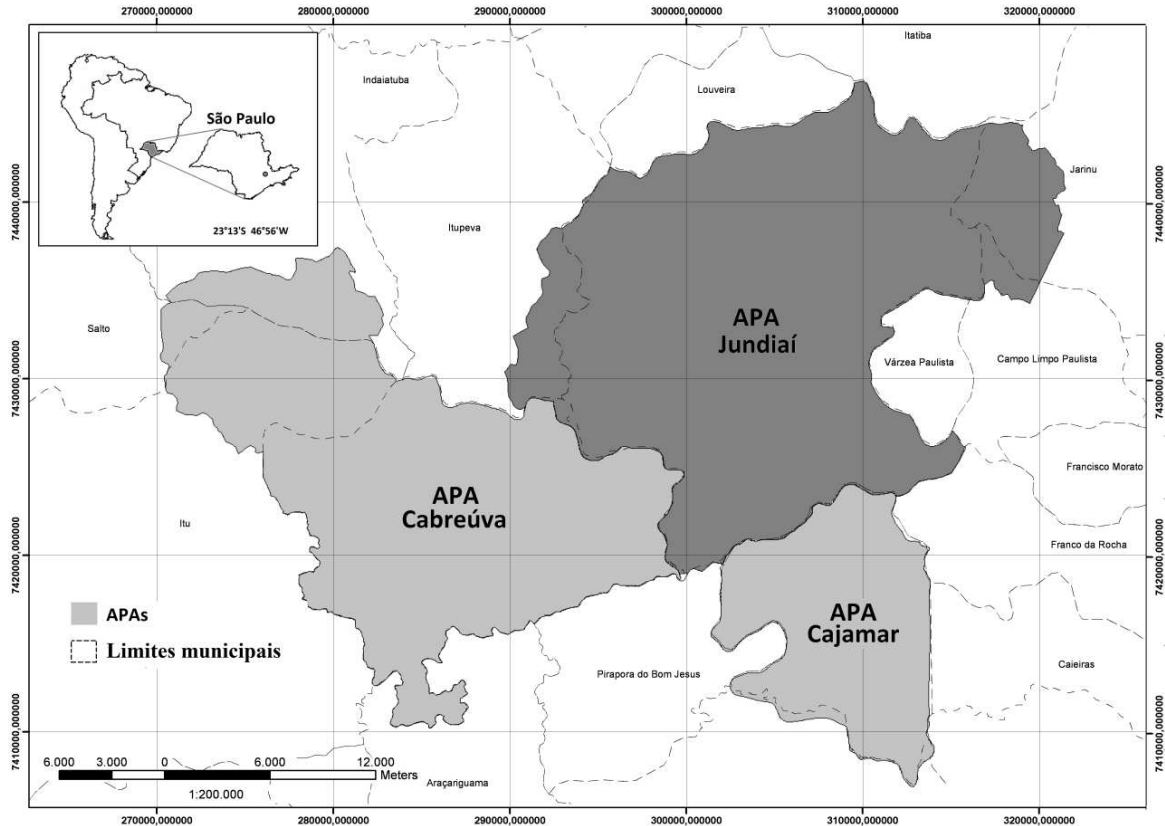
A distribuição de *E. perfida* é restrita aos estados brasileiros de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (Poeta et al. 2010 a, b). Indicatti *et al.* (2012) recentemente registraram a ocorrência desta espécie além dos estados do sul do país, na Serra do Japi (Jundiaí, SP). Os indivíduos usualmente constroem suas teias orbiculares em troncos de árvores (obs. pess), mas os aspectos de sua história natural ainda são desconhecidos.

### Área de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na Serra do Japi (23°11'S, 46°52'W), localizada no município de Jundiaí – SP (Figura 1) durante o período de março a maio de 2011. O clima é sazonal, com temperatura média mensal variando de 13,5°C em julho até 20,3°C em janeiro. Os meses mais secos são os de junho a setembro (Pinto 1992). A vegetação local é caracterizada por uma floresta mesófila semi-decidual, com altura do dossel variando entre 10 e 15 m, e uma vegetação rasteira muito densa (Leitão-Filho 1992). Além disso, a Serra do Japi apresenta gradiente altitudinal, com altitudes variando entre



700 e 1300 m, e possui elevada riqueza de espécies e diversidade de habitats (Rodrigues 1986).



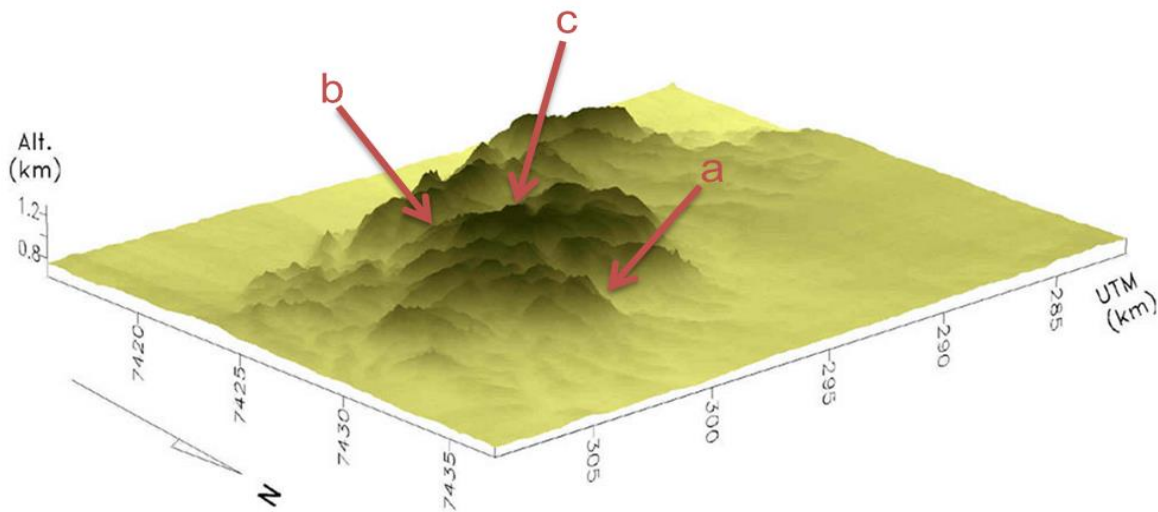
**Figura 1:** Localização da Serra do Japi no Estado de São Paulo e a área limite das Áreas de Proteção Ambiental (Jundiá, Cajamar e Cabreúva), com destaque para a APA de Jundiá, onde foi realizado o estudo. Modificado de: *Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo/SP – CPLA (2000)*.

## Distribuição espacial

Para a verificação da distribuição espacial, foi observado se há ocorrência de *E. perfida* na borda ou no interior da mata em três altitudes: 850 m (na área conhecida como Departamento de Água e Esgoto - DAE), 1000 m (região da Base Ecológica - BASE) e 1294 m (Crista da TV Cultura - TV) (Figura 2). Foram delimitadas 15 parcelas de 20 m x 2 m nas bordas e 12 parcelas de 10 m x 10 m no interior da mata. Dentro das parcelas foi

feita procura visual por aranhas nos troncos de árvores que possuíam diâmetro à altura do peito (DAP) maior do que 5 cm, medida considerada suficiente para a construção de teias de indivíduos jovens. Foram utilizados borrifadores com água para evidenciar as teias durante o percurso, de maneira a facilitar a procura visual pelo animal.

Para saber se as densidades de *E. perfida* variaram entre as altitudes, foram comparadas as médias através do teste de Kruskal-Wallis, pois as variâncias não foram homogêneas (Sokal & Rohlf, 1994; Zar, 1998). Para verificar entre quais altitudes houve diferença significativa, foi feita a comparação par a par entre as médias nas diferentes altitudes utilizando-se o método de Dunn.



**Figura 2:** Localização dos pontos de coleta nas diferentes altitudes da Serra do Japi (Jundiá – SP). As setas vermelhas indicam: A) altitude de 850 m; B) altitude de 1000 m; C) altitude de 1294 m. Fonte: <http://www.japi.org.br>

### Escolha de substrato

Foram feitas observações e coletados dados de história natural da espécie durante o período de estudo. As aranhas e suas teias foram fotografadas contra o substrato utilizado

para descanso durante o dia e as fotografias foram utilizadas para determinar a estrutura da teia e descrever o padrão de coloração das aranhas.

Dentro das parcelas os troncos com DAP maior do que 5 cm ( $n = 413$ ) foram categorizados em liso ou rugoso e foram comparadas as frequências esperada e observada de ocorrência das aranhas. Após isso, estas categorias foram subdivididas em: (1) liso com musgos e líquens, (2) liso apenas com líquens, (3) liso apenas com musgos, (4) rugoso com musgos e líquens, (5) rugoso apenas com líquens, (6) rugoso apenas com musgos e (7) liso sem musgos e líquens. Foram registradas as categorias dos troncos nas posições onde as teias de aranhas foram encontradas ( $n=158$ ). Para verificar se há preferência por determinados tipos de cascas de árvores, foram comparadas por teste G as frequências esperadas e as observadas de aranhas nos troncos com diferentes características.

Foram medidos os DAPs das árvores dentro das parcelas nas diferentes altitudes. Todas as árvores foram classificadas em cinco categorias, de acordo com o DAP: 5-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm; 30-40 cm e  $> 40$  cm. Foi aplicado o teste G para comparar a frequência de diâmetros disponível com a frequência de diâmetros das plantas utilizadas pelas aranhas para a construção das teias, a fim de verificar se há ocupação diferencial de aranhas por determinados diâmetros. Também foram comparadas através do teste G (Sokal & Rohlf 1994; Zar 1998) as frequências das classes de diâmetro das árvores nas diferentes altitudes, o que poderia explicar em parte o padrão de distribuição desta aranha, visto que, segundo Rodrigues & Sheppherd (1992), nas partes mais altas ocorrem árvores com diâmetros menores,

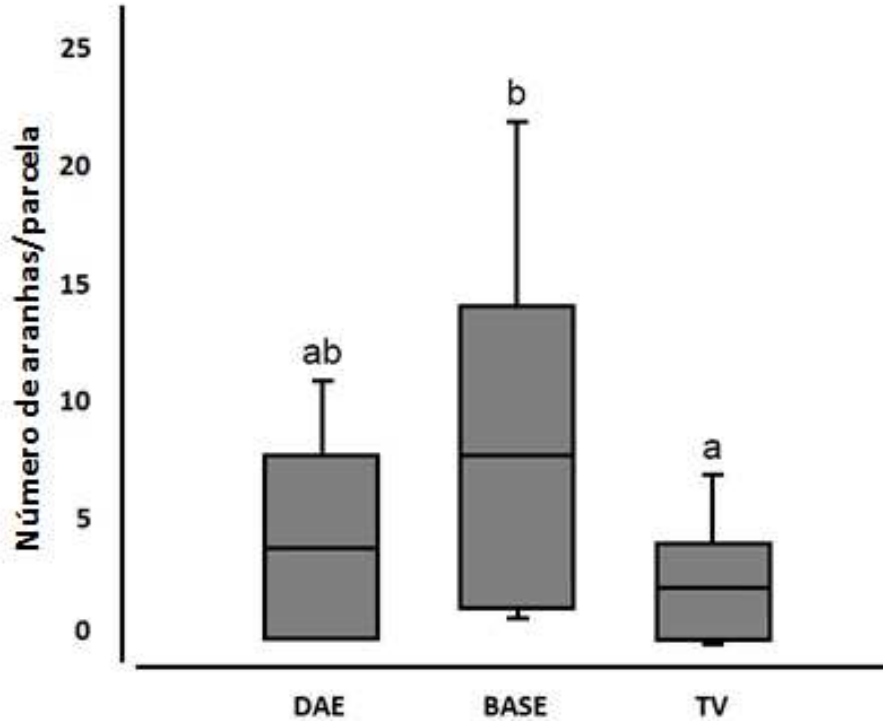
Para calcular as áreas disponíveis e não disponíveis para a construção de teia, foram medidos os perímetros de 20 árvores com DAP maior do que 30 cm (diâmetros dos troncos em que a espécie ocorreu com maior frequência) e calculada a área do tronco, até 2 m de altura. Foi contado o número de concavidades que forneciam espaço suficiente – 20 cm de altura por 10 cm de largura – para a construção de uma teia média de *E. perfida*. Foi feita procura visual por aranhas e registrado se estas se encontravam em sítios com ou sem concavidades. Foi aplicado teste G para comparação das frequências de sítios disponíveis com e sem concavidades com a distribuição das teias nestes sítios para verificar se a ocupação das aranhas é relacionada à presença de concavidades nos troncos das árvores.

Os troncos foram inspecionados até a altura de 3 m, registrando-se a altura das teias de *E. perfida* em relação ao solo. Para verificar se há preferência por determinadas alturas de teias, foram comparadas por teste G as frequências esperadas e as observadas da distribuição das alturas das teias.

## RESULTADOS

### Distribuição espacial

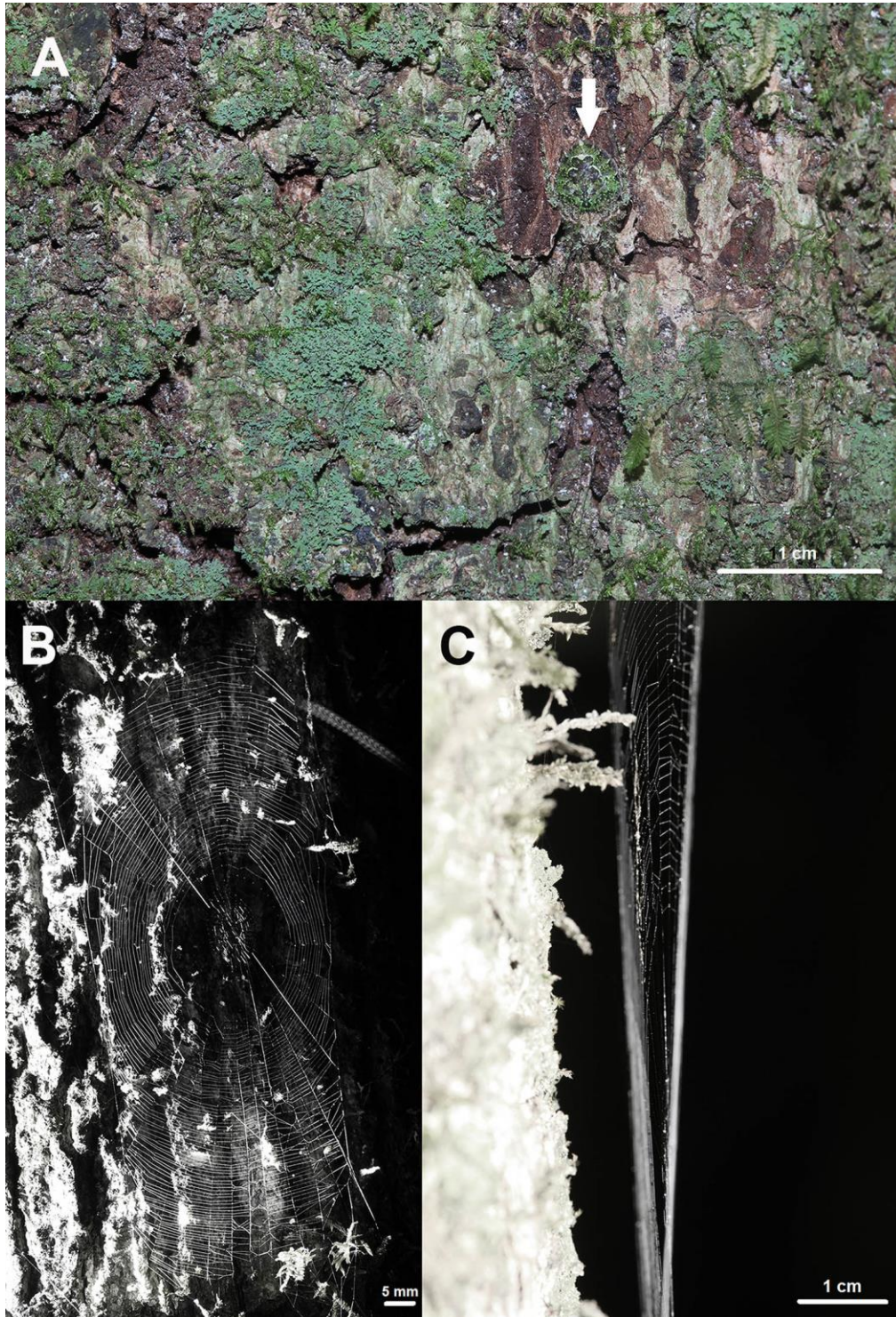
Foram encontrados 167 indivíduos dentro das parcelas, todos no interior da mata. A espécie ocorreu nas três altitudes, sendo significativamente mais frequente na altitude intermediária (BASE), ( $H = 7,4624$ ;  $p = 0,024$ ; Dunn  $Z_{\text{base} \times \text{TV}} = 2,68$ ;  $p < 0,05$ ), onde as árvores possuem troncos com diâmetros maiores, em relação à altitude elevada (TV). Nos outros pares de comparação não houve diferença significativa (Figura 3).



**Figura 3:** Número de aranhas registradas nas parcelas em três altitudes na Serra do Japi. DAE = 850 m; BASE = 1000 m; TV = 1294 m. As letras “a” e “b” mostram diferenças significativas entre o número de aranhas nas parcelas entre as altitudes.

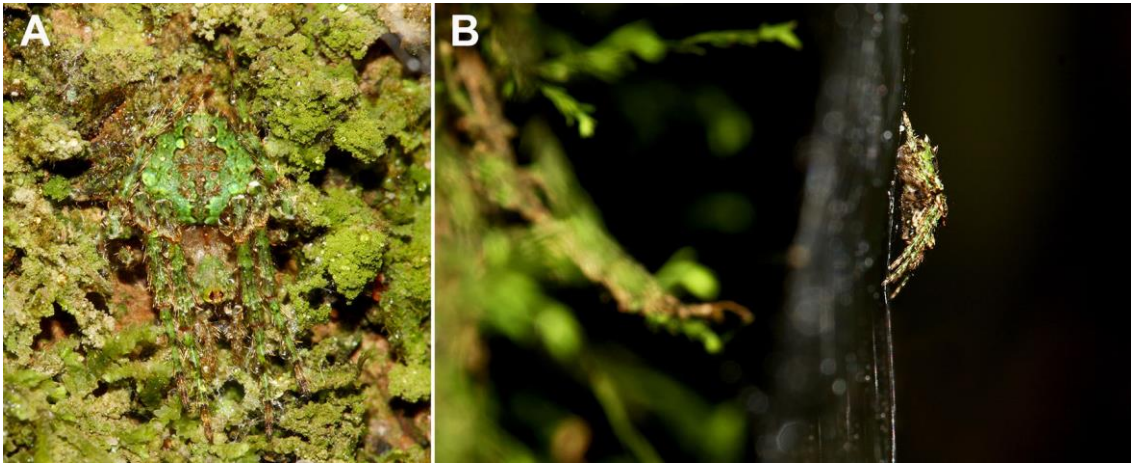
### Escolha de substrato

Os indivíduos de *E. perfida* encontrados no interior da mata ocorreram com maior ocorrência em árvores cujos troncos continham musgos, líquens e concavidades, que servem como pontos de fixação para a construção das teias. A teia orbicular é construída paralelamente ao tronco da árvore, com distância mínima de  $2.1 \pm 1.13$  cm e máxima de  $3.24 \pm 1.78$  cm ( $n = 35$ ) (Figura 4).



**Figura 4:** A) Fêmea adulta de *Eustala perfida* (seta branca) camuflada em tronco de árvore contendo musgos e líquens; Visão frontal (B) e lateral (C) de teias de fêmeas adultas de *E. perfida*. Fotos: Yuri Fanchini Messas.

A teia de *E. perfida* possui comprimento maior do que a largura (Figura 4 B), sendo que esta característica parece se tornar mais conspícua em subadultos e adultos, quando o comprimento da teia pode atingir até duas vezes o da largura. As teias são assimétricas, com o raio inferior mais longo do que o superior, exceto em teias de indivíduos jovens e juvenis (ver capítulo 2). Do centro da teia parte um fio em direção ao tronco, onde a aranha repousa durante o dia (Figura 5 A), segurando-o com a perna IV. Durante a noite os indivíduos são encontrados forrageando no centro da teia (Figura 5 B).



**Figura 5:** A) Fêmea de *Eustala perfida* em substrato contendo líquens, musgos e concavidades; B) *E. perfida* no centro da teia, distante do caule cerca de 2 cm. Fotos: Yuri Fanchini Messas.

A espécie apresenta coloração críptica e possui polimorfismo cromático, com colorações variegadas de tonalidades verdes e/ou pretas, brancas e vermelhas. Foram encontrados indivíduos jovens, juvenis, subadultos e adultos apresentando todos os tipos de tonalidades supracitados (Figura 6).



**Figura 6:** Padrões de coloração de *Eustala perfida*. O comprimento total do corpo dos indivíduos adultos é de aproximadamente 6 mm. Fotos: Yuri Fanchini Messas.

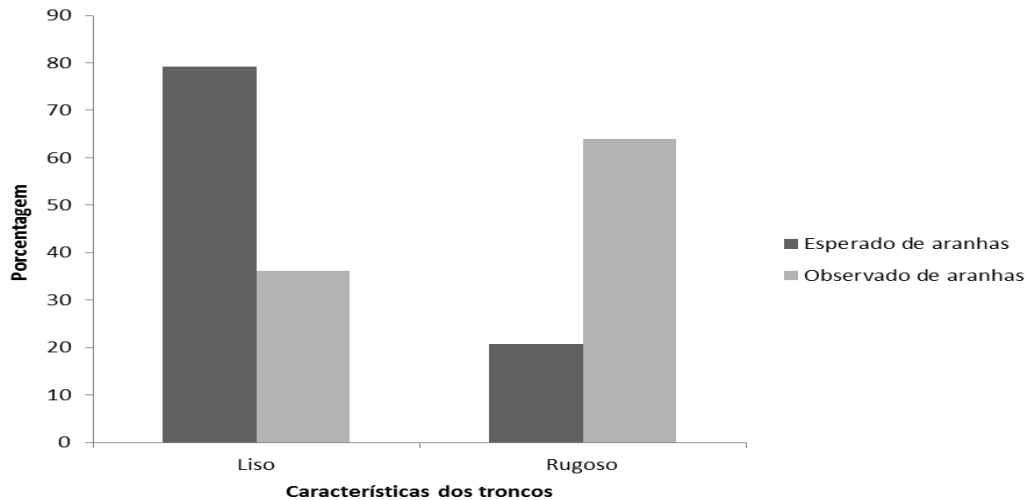
Foram observados eventos de predação de *E. perfida* envolvendo as aranhas *Gelanor* sp. (Mimetidae) e *Scytodes* sp. (Scytodidae) (Figura 7). Ambas as observações foram realizadas durante o período noturno, quando os indivíduos de *E. perfida* encontravam-se expostos no centro da teia.



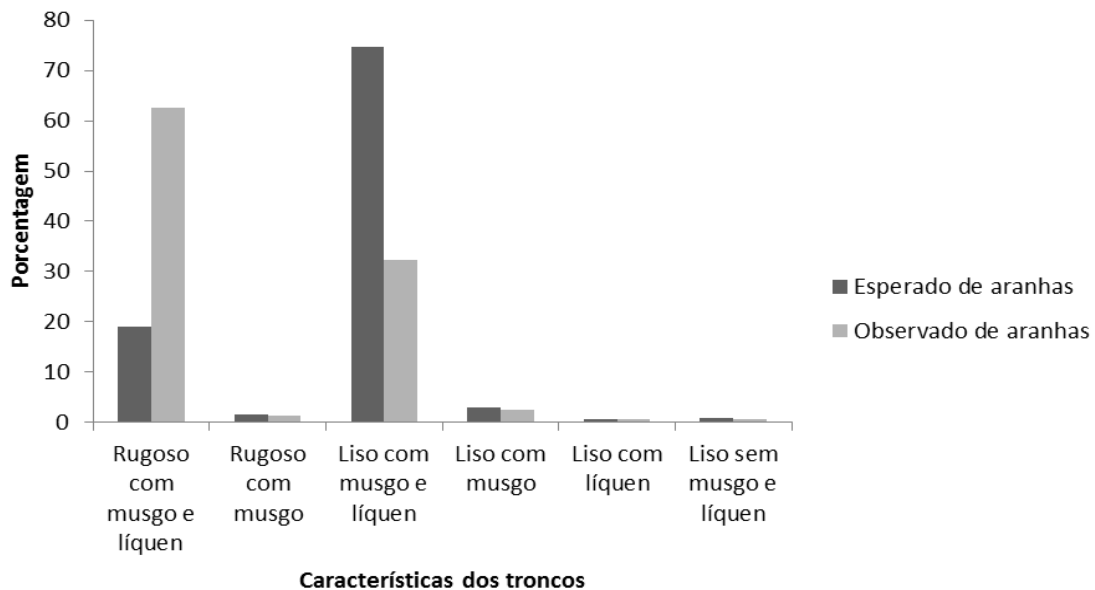


**Figura 7:** *Eustala perfida* sendo predada por: A) *Gelanor* sp. (Mimetidae) e B) *Scytodes* sp. (Scytodidae).

As teias foram encontradas usualmente em troncos contendo cascas rugosas ( $G = 92.98$ ;  $p < 0.0001$ ) (Figura 8). Além disso, foi encontrada frequência de aranhas significativamente maior em troncos rugosos contendo musgos e líquens ( $G = 98.59$ ;  $p < 0.0001$ ) (Figura 9).

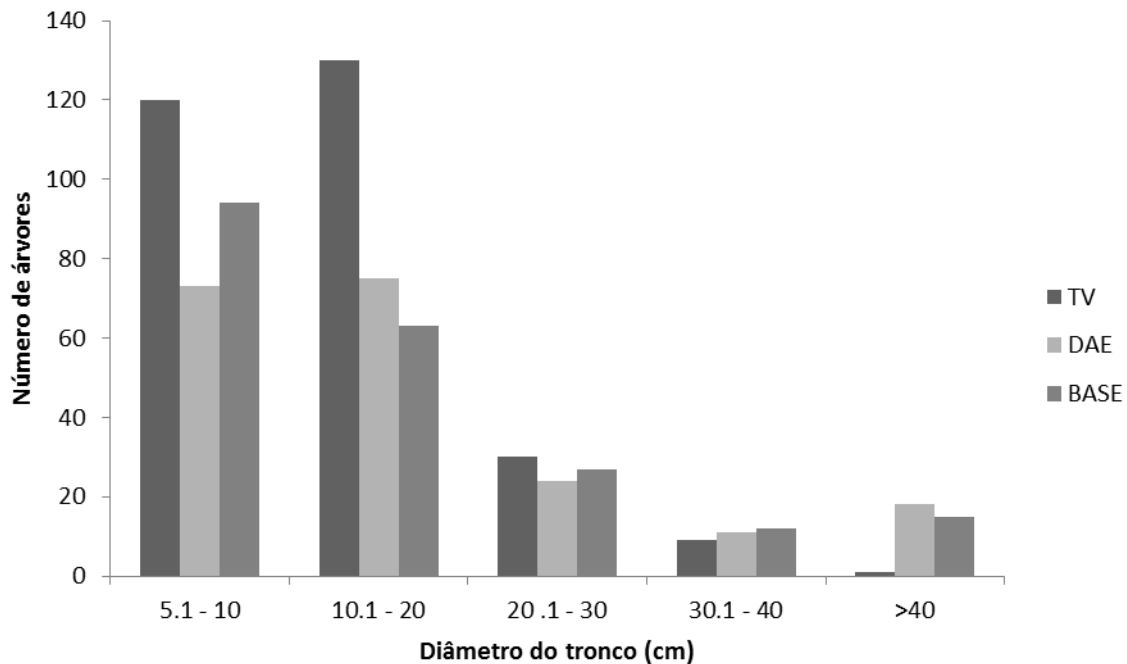


**Figura 8:** Frequência de troncos lisos e rugosos com DAPs maiores do que 5 cm ( $n = 413$ ) amostrados nas parcelas e ocorrência de *Eustala perfida* sobre eles.



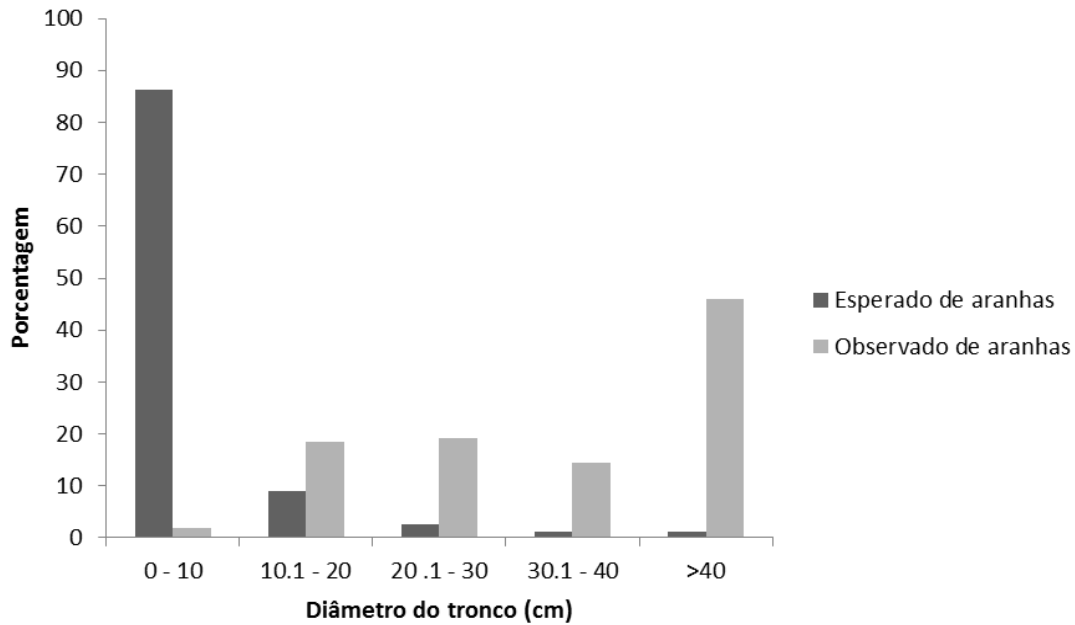
**Figura 9:** Frequências de cada subcategoria de troncos de árvores e suas frequências de ocupação por *Eustala perfida*.

Ao todo foram medidos os diâmetros de 3008 árvores (BASE = 1001, DAE = 1053 e TV = 954). As frequências em classes de diâmetros diferiram com relação à altitude, sendo que os dados mostraram-se significativos quando comparada a região de maior altitude (TV) com a de menor (DAE) ( $\chi^2 = 88,51$ ; gl = 4;  $p < 0,0001$ ) e intermediária (BASE) ( $\chi^2 = 92,59$ ; gl = 4;  $p < 0,0001$ ), o que indica que em altitudes mais elevadas ocorrem mais árvores finas e menos árvores grossas em relação às demais. O número de árvores com diâmetros inferiores a 5 cm foi alto nas três áreas. As plantas com diâmetros entre 5 e 20 cm foram mais frequentes na TV, sendo que os diâmetros maiores foram mais frequentes no DAE e na BE (Figura 10).



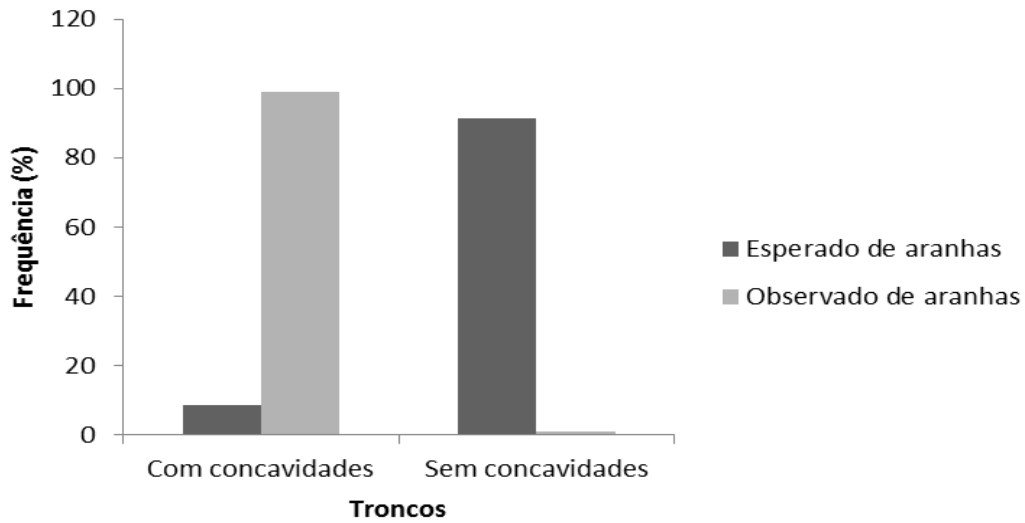
**Figura 10:** Número de árvores, por classes de diâmetro, nas áreas da TV, DAE e BE.

Os indivíduos de *E. perfida* ocorreram preferencialmente em árvores com DAP maiores que 10 cm, sendo que mais de 50% ocorreram em plantas com DAP acima de 30 cm ( $G = 723,85$ ;  $p < 0,0001$ ) (figura 11).



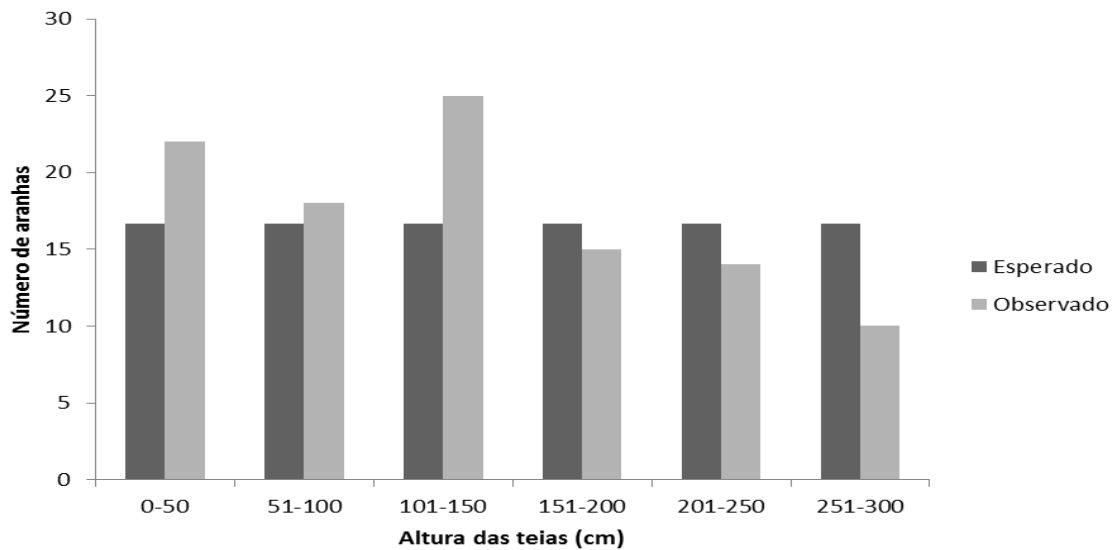
**Figura 11:** Comparação das frequências de classe de diâmetro de troncos de árvores disponíveis comparadas com as frequências dos diâmetros de troncos e em que *Eustala perfida* foi encontrada.

Praticamente todas as aranhas observadas (99%) construíram suas teias em sítios que continham concavidades (Figura 12) ( $G = 440,0221$ ,  $p < 0,0001$ ) (figura 12).



**Figura 12:** Frequência de sítios com e sem concavidades em troncos de árvores (esperado) (n= 875) e frequência de aranhas encontradas em sítios com e sem concavidades (observado) (n= 100).

Foram observados indivíduos com teias em diferentes alturas do tronco, desde o solo até 3 m, havendo preferência por faixas de altura até 1,5 m ( $G = 12,88$ ;  $p = 0,026$ ) (Figura 13).



**Figura 13:** Frequência de classes de altura disponíveis nos troncos e de alturas onde foram encontradas teias de *Eustala perfida* (n = 104).

## DISCUSSÃO

O padrão de distribuição de *E. perfida* ao longo do gradiente altitudinal da Serra do Japi está provavelmente relacionado à disponibilidade de árvores com diâmetro mínimo necessário para a construção das teias. Segundo Leitão-Filho (1992), a Serra do Japi apresenta em sua base uma floresta semi-decídua e, em sua parte mais alta, uma floresta semi-decídua típica de altitude, característica esta relatada por Rodrigues & Sheppherd (1992), que mencionam a existência de gradiente altitudinal, onde na parte mais alta da Serra prevalecem árvores mais finas. Outros fatores, tais como diferenças em umidade e temperatura entre as áreas ao longo do gradiente altitudinal, não podem ser ignorados, porém estudos adicionais são necessários para estabelecer a importância de cada variável.

A teia de *E. perfida* possui características semelhantes às descritas para *Telaprocera* (Araneidae) por Harmer (2009), que a classifica como teia orbicular em escada. O autor sugere que a estrutura alongada das teias em escada pode ser uma adaptação específica para determinada função, como captura de mariposas. *Telaprocera* vivem em troncos de árvores com espaço limitado para a construção da teia, o que poderia explicar o alongamento vertical das teias em escada. Uma limitação similar pode explicar a preferência de *E. perfida* por árvores com maiores diâmetros nas regiões menos elevadas. As teias em escada podem ser simétricas, como descrito em *Telaprocera* (Harmer 2009); assimétricas com a região superior da teia maior, como em *Scoloderus tuberculifer* (Araneidae) (Eberhard 1975) e *S. cordatus* (Stowe 1978); ou assimétrica com a região inferior maior, como descrito em *Herennia ornatissima* (Nephilidae) (Robinson & Lubin 1979) e *E. perfida*.

Essas características podem estar relacionadas ao tipo de substrato utilizado pela aranha para a construção da teia, à disponibilidade de presas e/ou ao comportamento da aranha para a captura de presas (Harmer 2009).

Aranhas orbitelas cujas teias não possuem abrigos estão continuamente expostas a predadores visualmente orientados, como lagartos, aves e vespas (Foelix, 2010). Aranhas podem minimizar o risco de predação por possuírem forma e cores crípticas, selecionando substratos que reduzem o contraste entre seus corpos e o plano de fundo (Manicom *et al.* 2008), construindo stabilimenta (Gonzaga & Vasconcellos-Neto 2005 b, Tan & Li 2009) ou refúgios (Manicom *et al.* 2008), ou ainda por possuírem o exoesqueleto rígido, além de espinhos e/ou protuberâncias no abdome (Cloudsley-Thompson 1995). A efetividade da coloração disruptiva em reduzir o risco de predação, por exemplo, dependerá de diversos fatores, como a acuidade visual e comportamento de forrageamento dos predadores, além do sítio selecionado pela aranha para a construção da teia. *E. perfida* possui coloração variegada, ficando bastante críptica no substrato, e essa característica parece possuir importante papel na história de vida da espécie. Gonzaga & Vasconcellos-Neto (2005 a) observaram no Sudeste do Brasil que espécies de *Eustala* são alvo de vespas caçadoras do gênero *Trypoxylon* (Crabronidae), que as utilizam como fonte de alimento para suas larvas. Na Serra do Japi, foram encontradas várias espécies de araneídeos depositadas em ninhos de uma espécie não identificada de *Trypoxylon*, sendo que espécies do gênero *Eustala* eram mais abundantes (João Vaconcellos-Neto com. pess.). *E. perfida*, contudo, não foi encontrada nestes ninhos, possivelmente por se encontrar camuflada nos troncos das árvores durante o dia, ou por *Trypoxylon* não incluir troncos de árvores em seus percursos

de busca por presas. No entanto, foram encontrados indivíduos de *E. perfida* sendo consumida por larvas de uma vespa ectoparasitoide do gênero *Acrotaphus* (Ichneumonidae), que possui hábito noturno (Gauld & Dubois 2006) e coincide com o período de atividades da aranha (ver capítulo 3). Informações dos mecanismos utilizados por estas vespas durante a procura pelos hospedeiros são pouco conhecidas, mas provavelmente envolvem estímulos químicos, visuais e táteis (Lucchetta *et al.* 2008). Aranhas, como a espécie araneofágica do gênero *Gelanor* observada capturando uma fêmea (figura 6) são outros importantes predadores usualmente observados nas mesmas árvores onde indivíduos de *E. perfida* ocorreram. Uma abordagem experimental expondo as aranhas à predadores em ambientes artificiais com distintos substratos poderá mostrar a importância da escolha do substrato para o sucesso de evitar os predadores.

Hesselberg & Triana (2010) discutiram a especificidade de *Eustala illicita* e *E. oblonga* por plantas das espécies *Acacia collinsii* e *A. melanoceras* (Fabaceae), respectivamente. A espécie *E. perfida* foi encontrada em diferentes espécies vegetais, tanto nativas (*Croton floribundus*, Euphorbiaceae; *Plinia trunciflora*, Myrtaceae) como introduzidas (*Pinus elliottii*, Pinaceae), o que sugere que sua ocorrência não está associada à determinada espécie vegetal, e sim à presença de troncos com características específicas.

*E. perfida* foi observada com maior frequência em alturas entre 0 e 150 cm acima do nível do solo. Manicon *et al.* (2008) relataram que aranhas que ficam expostas em suas teias sem a proteção de refúgios são predadas com alta frequência por lagartos em regiões próximas ao nível do solo. Todos os lagartos caçaram durante estas observações em alturas entre 0 e 40 cm, e tiveram um impacto significativo na distribuição das teias e na densidade,



composição e distribuição espacial da comunidade de aranhas. Herberstein (1998) relata que a distribuição de *Frontinellina frutetorum* (Linyphiidae) em troncos de árvores é influenciada pela presença de outra espécie da mesma família (*Neriene radiata*). O padrão de distribuição de *E. perfida* deve ser também influenciado pela presença de predadores e competidores específicos, disponibilidade de presas, exposição às condições abióticas ou a combinação destes fatores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albert R. 1976. Zusammensetzung und Vertikalverteilung der Spinnenfauna in Buchenwäldern des Solling. *Faunistisch-ökologische Mitteilungen*. 5: 65-80.

Buschini, M.L.T.; Borba, N.A.; Brescovit, A.D. 2008. Patterns of prey selection of *Trypoxylon (Trypargilum) lactitarse* Saussure (Hymenoptera: Crabronidae) in southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 68 (3): 519-528.

Buschini, M.L.T.; Caldas, T. R.; Borba, N.A.; Brescovit, A.D. 2010. Spiders used as prey by the hunting wasp *Trypoxylon (Trypargilum) agamemnon* Richards (Hymenoptera: Crabronidae). *Zoological Studies*. 49 (2): 169-175.

Chatzaki, M.; Lymberakis, P.; Markakis, G.; Mylonas, M. 2005. The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: Species richness, activity and altitudinal range. *Journal of Biogeography*. 32: 813-831.

Cloudsley-Thompson, J.L. 1995. A review of the anti-predator devices of spiders. *Bulletin of the British Arachnological Society*. 10: 81-96.

De Sordi, S.J. 1996. Ecologia de Populações da aranha *Porrmosa lagotis* (Lycosidae) nas reservas Mata de Santa Genebra, Campinas (SP) e Serra do Japi, Jundiá (SP). Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas.

Edgar, W.D. 1970. The life-cycle, abundance and seasonal movement of the wolf spider, *Lycosa (Pardosa) lugubris*, in Central Scotland. *Journal of Animal Ecology*. 40: 303-322.

Eberhard, W.G. 1975. The 'inverted ladder' orb web of *Scoloderus* sp. and the intermediate orb of *Eustala* (?) sp. Araneae: Araneidae. *Journal of Natural History*. 9: 93-106.

Eberhard, W.G. 1985: The “sawtoothed” orb web of *Eustala* sp. (Araneae, Araneidae) with a discussion of ontogenetic changes in spiders’ web-building behaviour. *Psyche*. 92: 105-117.

Foelix, R.F. 2010. *Biology of Spiders*. Third Edition, Oxford University Press, Oxford. 432 pp.

Gauld, I.D.; Dubois, J. 2006. Phylogeny of the *Polysphincta* group of genera (Hymenoptera: Ichneumonidae; Pimplinae): a taxonomic revision of spider ectoparasitoids. *Systematic Entomology*. 31: 529-564.

Gonzaga, M.O.; Vasconcellos-Neto J. 2005 a. Orb-web spiders (Araneae: Araneomorphae; Orbiculariae) captured by hunting wasps (Hymenoptera: Sphecidae) in an area of Atlantic Forest in south-eastern Brazil. *Journal of Natural History*. 39: 2913-2933.

Gonzaga, M.O.; Vasconcellos-Neto J. 2005 b. Testing the functions of detritus stabilimenta in webs of *Cyclosa fililineata* and *Cyclosa morretes* (Araneae: Araneidae): Do they attract prey or reduce the risk of predation? *Ethology*. 111: 479-491.

Hansen, H. 1992. Über die Arachniden-Fauna von urbanen Lebensräumen in Venedig - II. Die Rinde-Bewohnenden Arten des Stammbereiches von *Platanus hybrida*. *Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Venezia*. 41: 91-108.

Harmer, A.M.T. 2009. Elongated orb-webs of Australian ladder-web spiders (Araneidae: *Telaprocera*) and the significance of orb-web elongation. *Journal of Ethology*. 27: 453-460.

Herberstein, M.E. 1998. Web placement in sympatric linyphiid spiders (Arachnida, Araneae): individual foraging decisions reveal inter-specific competition. *Acta Oecologica*. 19: 67-71.

Hesselberg, T.; Triana, E. 2010. The web of the acacia orb-spider *Eustala illicita* (Araneae: Araneidae) with notes on its natural history. *The Journal of Arachnology*. 38: 21-26.

Indicatti, R.P.; Brescovit, A.D.; Vasconcellos-Neto, J. 2012. Aranhas (Arachnida, Araneae) da Serra do Japi, Jundiá-SP. Pp. 273-297. In: Vasconcellos-Neto, J.; Polli, P.R.; Pentead-Dias, A.M.. (Orgs.). *Novos Olhares, Novos Saberes Sobre a Serra do Japi: Ecos de sua biodiversidade*. Editora CRV. Curitiba - PR.

Keyserling, E. 1892. Die Spinnen Amerikas. *Nürnberg, Bauer & Raspe*. 4 (1): 208.

Keyserling, E. 1893. Die Spinnen Amerikas. *Nürnberg, Bauer & Raspe*. 4 (2): 209-377.

- Koslinska, M. 1967. Investigations of fauna overwintering in or under bark of apple trees. Part II. Studies on Arachnida. *Polskie Pismo Entomologiczne*. 37: 587-602.
- Kuntner, M.; Levi, H. W. 2007. *Nephila hirta*, a new synonym of *Eustala fuscovittata* (Araneae, Araneidae). *The Journal of Arachnology*. 34: 444-447.
- Lawton J.H. 1978. Host-plant influences on insect diversity: the effects of space and time. - In: Mound, L. A., Waloff, N. (eds): Diversity of Insect Faunas. *Symposia of the Royal Entomological Society of London*. 9: 105-125.
- Leitão-Filho, H.F. 1992. A flora arbórea da Serra do Japi. Pp. 40–62. In *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, ed.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas.
- Louda, S.M., 1982. Inflorescence spiders: a cost/benefit analysis for the host plant, *Haplopappus venetus* Blake (Asteraceae). *Oecologia*. 55: 185-191.
- Lubin, Y., Kotzman; M., Ellner, S. 1991. Ontogenetic and seasonal changes in webs and websites of a desert spider. *The Journal of Arachnology*. 19: 40-48.
- Lucchetta, P.; Bernstein, C.; Théry, M.; Lazzari, C.; Desouhant, E. 2008. Foraging and associative learning of visual signals in a parasitic wasp. *Animal Cognition*. 11: 525-533.
- Malten, A. 1994. Fünf für Deutschland neue Spinnenarten - *Lepthyphantes midas*, *Neriere furtiva*, *Hahnia petrobia*, *Clubiona leucaspis*, *Diaea pictilis* (Araneae: Linyphiidae, Hahnidae, Clubionidae, Thomisidae). *Arachnologische Mitteilungen*. 8: 58-62.
- Manicon, C.; Schwarzkopt, L.; Alford, R.A., Schoener, T.W. 2008. Self-made shelters protect spiders from predation. *Proceedings of National Academy of Sciences of U.S.A.* 105: 14903-14907.
- Mello-Leitão, C.F. 1947. Aranhas do Paraná e Santa Catarina, das coleções do Museu Paranaense. *Arquivos do Museu Paranaense*. 6 (6): 23-304.
- Morais-Filho, J.C.; Romero, G.Q. 2010. Plant glandular trichomes mediate protective mutualism in a spider-plant system. *Ecological Entomology*. 3: 485-494.
- Nicolai, V. 1986. The bark of trees: thermal properties, microclimate and fauna. *Oecologia*. 69: 148-160.
- Poeta, M.R.M.; Marques, M.A.L.; Buckup, E.H. 2010 a. O gênero *Eustala* (Araneae, Araneidae) no sul do Brasil: duas espécies novas, descrições complementares e novas ocorrências. *Iheringia, Série Zoologia*. 100 (2): 151-161.

Poeta, M.R.M.; Marques, M.A.L.; Buckup, E.H. 2010 b. Sobre algumas espécies do gênero *Eustala* (Araneae, Araneidae) do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 100: 267-274.

Poeta, M.R.M. 2013. The orb-weaving spider *Eustala* described from southern Brazil (Araneae, Araneidae). Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Pinto, H.S. 1992. Clima na Serra do Japi. Pp. 30–38. In *História Natural da Serra do Japi: Ecologia e Preservação de uma Área Florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, ed.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas.

Robinson, M.H.; Lubin, Y.D. 1979. Specialists and generalists: the ecology and behavior of some web-building spiders from Papua New Guinea, 1. *Herennia ornatissima*, *Argiope ocyaloides* and *Arachnura melanura* (Araneae: Araneidae). *Pacific Insects*. 21: 97-132.

Rodrigues, R.R. 1986. Levantamento Florístico e Fitosociológico das Matas da Serra do Japi, Jundiá, SP. Dissertação (mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas.

Rodrigues, R.R.; Shepherd, G. J. 1992. Análise da variação estrutural e fisionômica da vegetação e características edáficas, num gradiente altitudinal na Serra do Japi. In: *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. (L. P. C. Morellato org.), Editora da Unicamp, Campinas.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2003. Natural history of *Misumenops argenteus* Thomisidae): seasonality and diet on *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae). *The Journal of Arachnology*. 31: 297-304.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004 a. Foraging by the flower dwelling spider, *Misumenops argenteus* (Thomisidae), at high prey density sites. *Journal of Natural History*. 38: 1287-1296.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004 b. Spatial distribution patterns of jumping spiders associated with terrestrial bromeliads. *Biotropica*. 36: 596-601.

Romero, G.Q.; Souza, J.C.; Vasconcellos-Neto, J. 2008. Antiherbivore protection by mutualistic spiders and the role of plant glandular trichomes. *Ecology*. 89: 3105-3115.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2011. Interações entre aranhas e plantas: associações específicas e mutualismos. In: Del-Claro, K.; Torezan-Silingardi, H.M. (Eds.). *Ecologia de Interações*. Technical Books. p 243 - 256.

Ruhren, S.; Handel, S.N. 1999. Jumping spiders (Salticidae) enhance the seed production of a plant with extraforal nectaries. *Oecologia*. 119: 227-230.

Sandoval, C.P. 1987. Aspectos da ecologia e socialidade de uma aranha colonial, *Eriophora bistrata* (Rengger, 1936) (Araneidae). Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas.

Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 1994. *Biometry: the Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Third edition. W. H. Freeman and Company, New York.

Southwood T.R.E. 1978. The components of diversity. - In: Mound L. A., N. Waloff (eds): Diversity of Insect Faunas. *Symposia of the Royal Entomological Society of London*. 9: 19-40.

Souza, A.L.T.; Martins, R.P. 2005. Foliage density of branches and distribution of plant-dwelling spiders. *Biotropica*. 37: 416-420.

Stowe M. K. 1978. Observations of two nocturnal orbweavers that build specialized webs: *Scoloderus cordatus* and *Wixia ectypa* (Araneae: Araneidae). *The Journal of Arachnology*. 6: 141-146.

Strong, D.R, Levin, D.A. 1979. Biogeographical dynamics of plant parasites and growth form of their hosts. *The American Naturalist*. 114: 1-22.

Szinetár, C.; Horváth, R. 2005. A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). *Acta Zoologica Bulgarica*. 1: 221-257.

Tan, E.J.; Li, D. 2009. Detritus decorations of an orb-weaving spider, *Cyclosa mulmeinensis* (Thorell): for food or camouflage? *Journal of Experimental Biology*. 212: 1832-1839.

Toft, S. 1976. Life-histories of spiders in a Danish beech-wood. *Natura Jutlandica*. 19: 5-40.

Toft, S. 1978. Phenology of some Danish beech-wood spiders. *Natura Jutlandica*. 20: 285-304.

Turnbull, A.L. 1973. Ecology of the true Spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology*. 18: 305-384.

Whitney, K.D. 2004. Experimental evidence that both parties benefit in a facultative plant-spider mutualism. *Ecology*. 85 (6): 1642-1650.

Wunderlich, J. 1982. Mitteleuropäische Spinnen der Baumrinde (Araneae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 94: 9-21.

Zar, J. H. 1998. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

**CAPÍTULO 2: Dinâmica da população, fenologia e diversidade de presas de *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo - Brasil.**

**RESUMO**

Aranhas podem ajustar o tamanho da população e a estrutura de idade em resposta a variações climáticas e quantidade de recursos. *Eustala perfida* (Araneidae) constroi sua teia em troncos de árvores contendo líquens, musgos e/ou concavidades, onde permanece camuflada. O objetivo desse trabalho foi estudar a dinâmica da população e fenologia de *E. perfida* e correlacionar essas variáveis com temperatura, precipitação, características da teia e disponibilidade de presas. O estudo foi conduzido na Serra do Japi, uma floresta tropical do sudeste brasileiro, a 1000 m de altitude. Foi registrado mensalmente o número de aranhas e seus estágios de desenvolvimento (jovem, juvenil, subadulto e adulto) em 50 árvores com DAP maior do que 30 cm, ao longo de dois anos. Foi quantificada a disponibilidade de potenciais presas utilizando-se 20 placas retangulares transparentes contendo *tanglefoot*, fixadas mensalmente em árvores na área de ocorrência das aranhas, com 48 h de exposição, ao longo de um ano e meio. Foram obtidas medidas dos raios e espiras das teias de indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento para se caracterizar a teia da espécie. Foi aplicado teste de defasagem temporal para verificar se houve relação entre a abundância de *E. perfida* com os eventos climáticos e disponibilidade de presas, e estatística circular para determinar se houveram picos na população de aranhas durante o ano. Observou-se que a dinâmica da população de *E. perfida* apresenta picos

sucessivos nos diferentes estádios de desenvolvimento com início nos meses quentes do ano (janeiro), quando os indivíduos começam a emergir. A população possui apenas um ciclo reprodutivo ao longo do ano, com picos fenológicos em todas as fases de desenvolvimento. Observou-se maior frequência de presas potenciais com até 1 mm de comprimento, sendo que os grupos mais amostrados foram Diptera e Hymenoptera. Houve diferença nas frequências de tamanho das presas potenciais e predadas por *E. perfida*, sendo que presas com mais de 1 mm de comprimento foram predadas acima do esperado. *Eustala perfida* apresentou dinâmica e fenologia semelhante à de *Misumenops argenteus* (Thomisidae). Nestas duas espécies o ciclo de vida e a fenologia estão ajustados às estações climáticas e à disponibilidade de presas.



## INTRODUÇÃO

Todas as populações animais estão susceptíveis a variações ao longo do tempo, sendo que flutuações de densidade populacional podem ser limitadas por fatores extrínsecos e intrínsecos (Ricklefs & Miller 2002). Os fatores extrínsecos, relacionados ao ambiente, podem ser de natureza física, como temperatura e umidade, e biológica, como disponibilidade de presas e ação de inimigos naturais (Wise 2006). Os componentes intrínsecos estão relacionados a características inerentes dos grupos, como a composição de idade ao longo do tempo (fenologia).

De acordo com Paquim & Dupérré (2001), as aranhas apresentam três padrões de fenologia: euricrônico, quando os adultos estão presentes durante todo o ano e, portanto, o período reprodutivo pode não apresentar sazonalidade definida; estenocrônico, quando o adulto apresenta ocorrência sazonal definida; e “*winter-mature*”, com reprodução em baixas temperaturas. Segundo o mesmo autor, o pico de abundância do macho é considerado indicador do período reprodutivo.

Os araneídeos estão entre os artrópodes mais abundantes e diversos na vegetação (Wise 1993), e muitos estudos mostram que existem associações específicas entre aranhas e plantas (Figueira & Vasconcellos-Neto 1991, Arango *et al.* 2000, Rossa-Feres *et al.* 2000, Romero & Vasconcellos-Neto 2003, 2004 a, b, c, 2005 a, b, c, 2007, Dias & Brescovit 2004), sendo frequentemente expostos à forças *top-down* (impacto de inimigos naturais) e *bottom-up* (limitação de recursos) em complexas teias alimentares (Schmitz *et al.* 2000; Gratton & Denno 2003). Muitos estudos indicam que aranhas associadas a plantas ajustam

suas fenologias em resposta a variações sazonais e fatores como precipitação (Arango *et al.* 2000, Rossa-Feres *et al.* 2000, Romero & Vasconcellos-Neto 2003) e disponibilidade de presas (Arango *et al.* 2000, Romero & Vasconcellos-Neto 2004 a). Além disso, interações entre fatores bióticos e abióticos são importantes para determinar a estrutura da comunidade de artrópodes associada às plantas. Por exemplo, Romero & Vasconcellos-Neto (2003) mostraram que, com o aumento de precipitação, as plantas *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae) aumentam a produção de ramos reprodutivos, fornecendo condições para o aumento das populações de artrópodes que, por sua vez, suportam a população da aranha *Misumenops argenteus* (Thomisidae). No entanto, poucos estudos descrevem os mecanismos e processos que atuam na dinâmica desses sistemas, incluindo fenologias, itens alimentares e relações entre a dinâmica das populações de aranhas com eventos climáticos (e.g. temperatura e precipitação) em regiões Neotropicais (Arango *et al.* 2000, Romero & Vasconcellos-Neto 2003 2005 b).

Troncos de árvores são ambientes que apresentam nichos específicos (e.g. ramos, folhas e troncos) para a ocupação de aranhas. O estudo de Wunderlich (1982) propõe a classificação das aranhas que vivem em cascas de árvores de acordo com o tempo de permanência e a proximidade da relação entre as aranhas e o ambiente em que vivem. Espécies exclusivas de cascas de árvores possuem especificidade por esse microhabitat, onde completam todo seu ciclo de vida. Segundo Szinetár & Horváth (2005), essas espécies normalmente possuem fenologia euricrônica, com adultos e juvenis presentes durante o ano todo. Espécies facultativas usam troncos de árvores e galhos como habitat típico, mas não exclusivo. As espécies classificadas como acidentais possuem outros microhabitats típicos

ou não possuem preferência por hábitat e o tempo de permanência sobre a casca das árvores é curto. Aranhas que vivem exclusivamente em troncos de árvores também podem apresentar adaptações morfológicas (e.g. corpo achatado), fisiológicas (e.g. coloração críptica) a esse tipo de ambiente (Szinétár & Horváth 2005).

Aranhas tecelãs de teias orbiculares modificam seu comportamento, expresso em suas arquiteturas de teia, em resposta a uma ampla gama de fatores intrínsecos e extrínsecos, incluindo o tamanho da aranha e idade (Mayer 1952), estado nutricional (Crews & Opell 2006), o suprimento de seda (Eberhard 1988), as experiências recentes de presas (Venner *et al.* 2000.), fatores climáticos (Vollrath *et al.* 1997) e a disposição espacial do sítio para a construção da teia (Vollrath *et al.* 1997, Harmer & Herberstein 2009). Alguns estudos relatam a ocorrência de mudanças ontogenéticas na elaboração de teias orbiculares, sendo que certas aranhas as constroem de maneira semelhante aos grupos mais basais enquanto jovens e, na fase adulta, semelhante a grupos mais derivados (Hesselberg 2010, Eberhard 1985).

A família Araneidae é o grupo que apresenta maior diversidade de espécies de aranhas orbitelas (Platnick 2014). Dentro desta família, as aranhas do gênero *Eustala* possuem distribuição conhecida apenas no continente americano, sendo que os indivíduos deste gênero são frequentemente encontrados em vegetações arbustivas e arbóreas (Poeta *et al.* 2010 b). Sabe-se que algumas espécies de *Eustala* podem ser alvo de vespas *Trypoxylon* (Crabronidae), que as utilizam como fonte de alimento para suas larvas (Buschini *et al.* 2008, 2010). Contudo, outros fatores determinantes para a flutuação das populações destas aranhas permanecem desconhecidos. *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 ocorre

exclusivamente em espécies arbóreas, construindo sua teia em troncos com concavidades e/ou musgos e líquens, que servem como apoio para os pontos de inserção da teia. A aranha repousa no tronco segurando um fio, que está conectado ao centro da teia, com as garras da perna IV. Os indivíduos são encontrados sobre as cascas e possuem coloração críptica (detalhes no capítulo 1).

Acredita-se que a dinâmica da população de *E. perfida* seja modulada pelo clima sazonal da Serra do Japi. Assim, a densidade de aranhas deve ser maior durante os meses mais quentes, com maior disponibilidade de alimento; e menor durante os meses mais frios.

No que diz respeito à fenologia da espécie, acredita-se que o recrutamento de indivíduos jovens ocorra na primavera, quando a disponibilidade de alimento começa a aumentar, e estes cheguem aos estágios juvenil/subadulto no outono/inverno. É esperado que o período reprodutivo, com deposição de ovissacos, ocorra durante o inverno, quando provavelmente há a diminuição da disponibilidade de presas.

Quanto à preferência alimentar, espera-se que *E. perfida* possua como principais presas insetos das ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Hemiptera e Diptera, às quais pousam nos troncos, utilizando-os como substrato. Espera-se que a estrutura da teia varie de acordo com os estágios de desenvolvimento da aranha, refletindo na seletividade de presas.

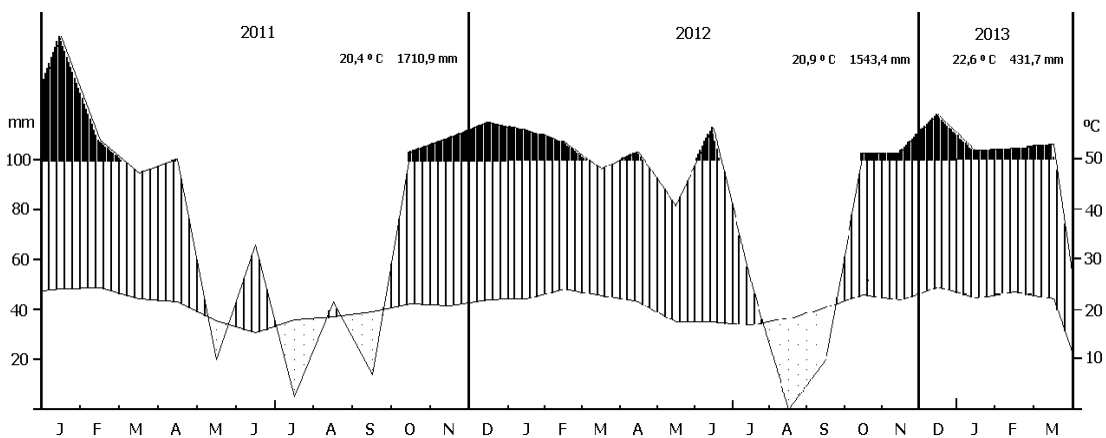
O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica da população e fenologia de *E. perfida* e correlacionar essas variáveis com temperatura, precipitação, características da teia e disponibilidade de presas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido na Serra do Japi (23°11'S, 46°52'W), localizada perto da cidade de Jundiá – SP no período de setembro de 2011 a agosto de 2013. O clima é sazonal, com temperatura média mensal de 13,5°C em julho até 20,3°C em janeiro. Os meses mais secos são os de junho a setembro (Pinto 1992). A vegetação local é caracterizada por uma floresta mesófila semi-decidual, com altura do dossel variando entre 10 e 15 m, e uma vegetação rasteira muito densa contendo espécies de plantas específicas (Leitão-Filho 1992). Além disso, a Serra do Japi possui gradiente altitudinal, com altitudes variando entre 700 e 1300 m, apresentando elevada riqueza de espécies e diversidade de habitats (Rodrigues 1986).

No período de estudo, o clima da Serra do Japi apresentou sazonalidade marcante, com período chuvoso no verão e seco no inverno (Figura 1, tabela S 1).



**Figura 1:** Diagrama Climático da Serra do Japi – Jundiá/SP, baseado em dados meteorológicos coletados pela Estação Experimental de Jundiá, entre os anos de 2011 e 2013. A área com pontos representa períodos com baixa umidade. A área hachurada indica períodos úmidos (taxa de precipitação excede taxa potencial de evaporação). A área preta se refere a períodos superúmidos (>100 mm).

## **Dinâmica da população**

Para se estudar a dinâmica da população (variação na densidade ao longo do tempo) foram inspecionadas 50 árvores com sítios disponíveis para a construção de teias (veja capítulo 1), na altitude de 1000 m, onde *E. perfida* é mais comum. Foi feita procura visual por aranhas nos troncos com DAP acima de 30 cm, desde o solo até 2 m de altura, no período noturno, quando os indivíduos se encontravam ativos no centro da teia. A dinâmica da população de *E. perfida* foi determinada pela variação na densidade de aranhas durante o período de dois anos (setembro de 2011 a agosto de 2013), sendo que as amostragens foram feitas mensalmente.

## **Fenologia**

Para caracterizar a fenologia da população (estrutura de idade ao longo do tempo), todos os indivíduos registrados nas amostragens mensais foram classificados do segundo ao sexto ínstar, depois como subadultos (7º ínstar) e adultos, sendo também agrupados em 1) jovem (2º ao 4º ínstar), 2) juvenil (5º e 6º ínstars), 3) sub adulto (7º ínstar), ou 4) adulto, durante o período de dois anos (setembro de 2011 a agosto de 2013). A classificação foi feita levando em consideração o tamanho dos indivíduos, o ínstar em que se encontram e, no caso dos adultos, a presença de genitália esclerotizada. Dessa forma, as variações temporais na estrutura de idade (Peck 1999) foram utilizadas para descrever a fenologia da população. Foram procuradas ootecas e ocorrência de cópulas em campo e quantificada a razão sexual.

## Disponibilidade de presas

Para a análise da disponibilidade de presas potenciais de *E. perfida* foram colocadas placas de plástico transparentes de 10 X 15 cm, fixadas no tronco a 1 m de altura, contendo *tanglefoot* na face externa (Figura 2). Foram fixadas 20 placas por mês - com exposição por 48 h - em locais próximos às teias de *E. perfida*, durante o período de um ano e meio (setembro de 2011 a fevereiro de 2013). Os animais retidos nas placas foram contados, medidos e identificados em nível de ordem, utilizando-se microscópio estereoscópico. Para se estudar a composição dos tamanhos dos animais retidos nas placas, foi feita divisão em seis classes de tamanho, com intervalos de 1 em 1 mm. Teias de *E. perfida* foram inspecionadas mensalmente para verificar as presas capturadas pelas aranhas (presas efetivas), as quais foram coletadas e armazenadas em *ependorfs* contendo álcool 70%, para posterior identificação até o nível de ordem.



**Figura 2:** Placa de plástico transparente fixada em tronco de árvore e utilizada como armadilha para a captura de presas potenciais de *Eustala perfida*.

## **Caracterização das teias**

As teias foram descritas registrando-se altura e largura e medindo-se os raios superior, inferior, esquerdo e direito. Foi registrado o número de raios e de espiras na área de captura e o tamanho da malha foi calculado dividindo-se a distância entre os pontos de inserção da primeira e da última espira pelo número de espiras dentro desta distância. Essas características da teia foram medidas para os diferentes estágios de desenvolvimento das aranhas – jovem (2º, 3º e 4º instares), juvenil (5º e 6º instares), subadultas e adultas - e relacionadas ao tamanho e tipo de presa.

## **Análises estatísticas**

### *1. Dinâmica populacional e fenologia*

Foram aplicados testes de estatística circular, utilizando-se a média dos valores para cada mês, para determinar se houve picos na abundância dos indivíduos e dos diferentes estádios. Os dados de abundância foram correlacionados com as variáveis climáticas utilizando-se análises de defasagens temporais com até três meses de atraso para verificar se os eventos climáticos (i.e., temperatura e precipitação) ocorreram ou não de forma sincronizada (Sokal & Rohlf 1994, Zar 1998). As análises de correlações entre a dinâmica e fenologia da aranha e as variáveis climáticas foram realizadas através de análises de defasagem temporal (Sokal & Rohlf 1994, Zar 1998) assim como estatística circular para se determinar os picos dos eventos (Morelato *et al.* 2010).

Os dados climáticos (precipitação e temperatura) foram obtidos da Estação Experimental de Jundiaí, localizada a 8 km da área de estudo, numa altitude de 710 m. Os



dados de temperatura foram ajustados de acordo com Ogden & Powell (1979), subtraindo 0,6°C a cada 100 m de elevação. Então, para a altitude onde foi conduzido o estudo (1000 m), foram subtraídos 1,74°C dos dados originais. Como a precipitação não varia entre os locais de diferentes elevações na Serra do Japi, o mesmo dado original foi utilizado no local da área de estudo (Pinto 1992).

## 2. Disponibilidade de presas

Foi verificado, através de análise estatística circular e defasagem temporal, se há variação na abundância de potenciais presas ao longo do ano, o que pode explicar a fenologia da espécie.

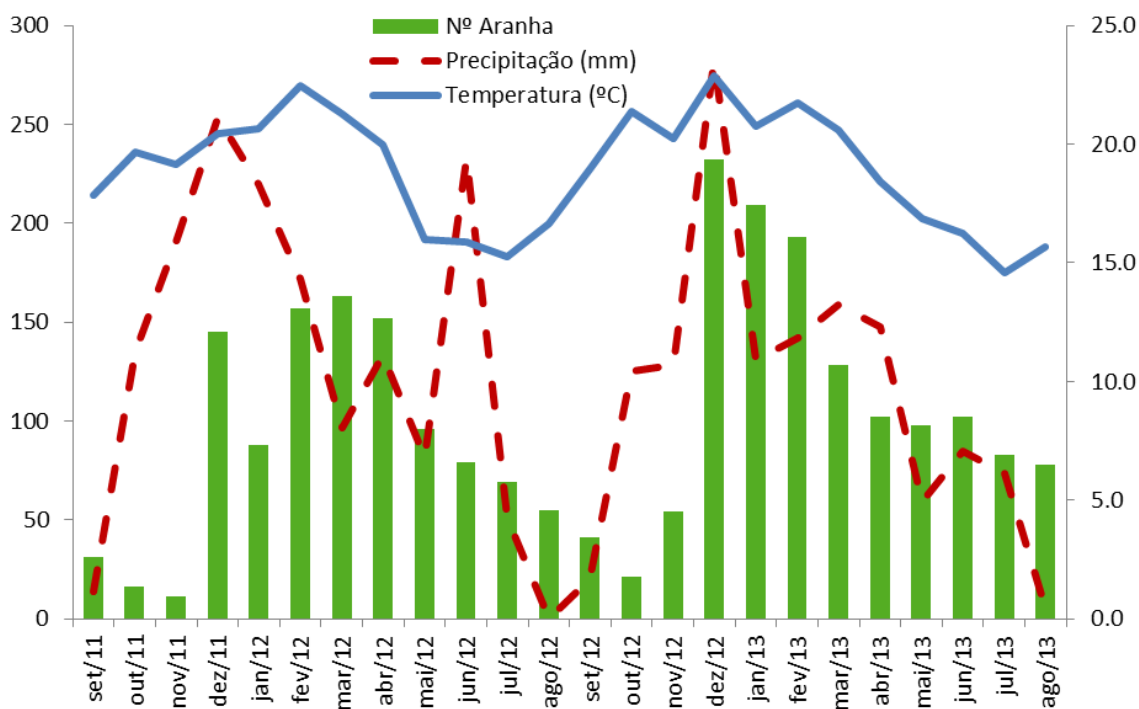
Para verificar se há preferências alimentares, as frequências de presas disponíveis foram comparadas com as frequências de presas capturadas, pelo teste G (Sokal & Rohlf 1994, Zar 1998).

Para saber se as médias de presas efetivas de *E. perfida* variaram nos diferentes estágios de desenvolvimento da aranha, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, pois as variâncias não foram homogêneas (Sokal & Rohlf 1994, Zar 1998). Para verificar entre quais estágios de desenvolvimento houve diferença significativa, foi feita a comparação, par a par, entre as médias utilizando-se o método de Dunn.

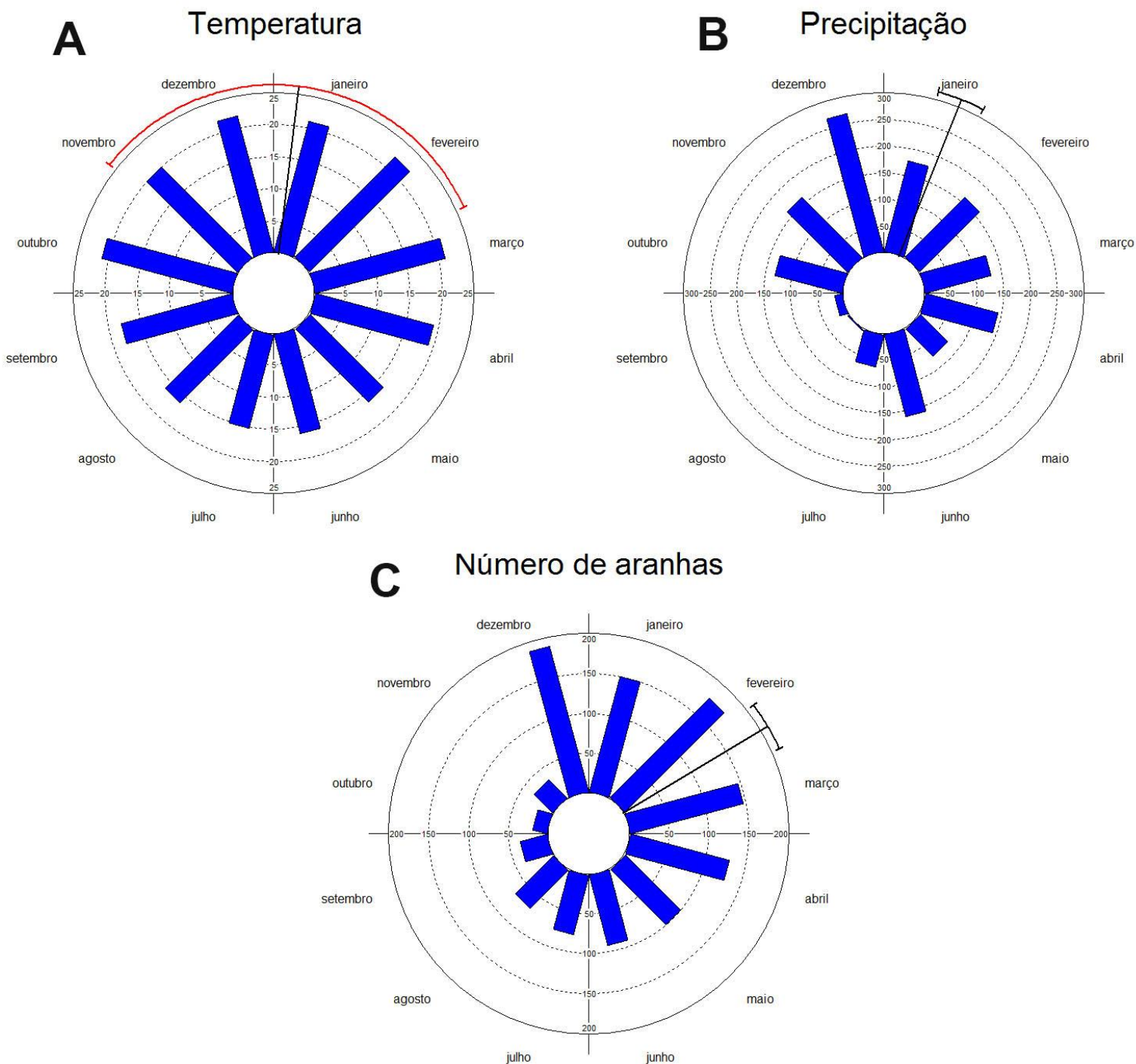
## RESULTADOS

### Dinâmica da população

O número de indivíduos de *E. perfida* variou ao longo do ano (Figura 2), apresentando pico no mês de fevereiro (Figura 3 C, tabela S 2), durante o período mais quente e chuvoso (Figura 3 A, B). Entre maio e novembro, a frequência de aranhas diminuiu gradativamente, voltando a apresentar aumento do número de indivíduos no mês de dezembro (Figura 2).



**Figura 2:** Variação do número de indivíduos de *Eustala perfida* e valores de precipitação e temperatura, no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.



**Figura 3:** Resultados da Análise de Estatística Circular para a ocorrência de picos, A) na temperatura e B) precipitação, no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013; C) na população de *Eustala perfida*, de setembro de 2011 a agosto de 2013.

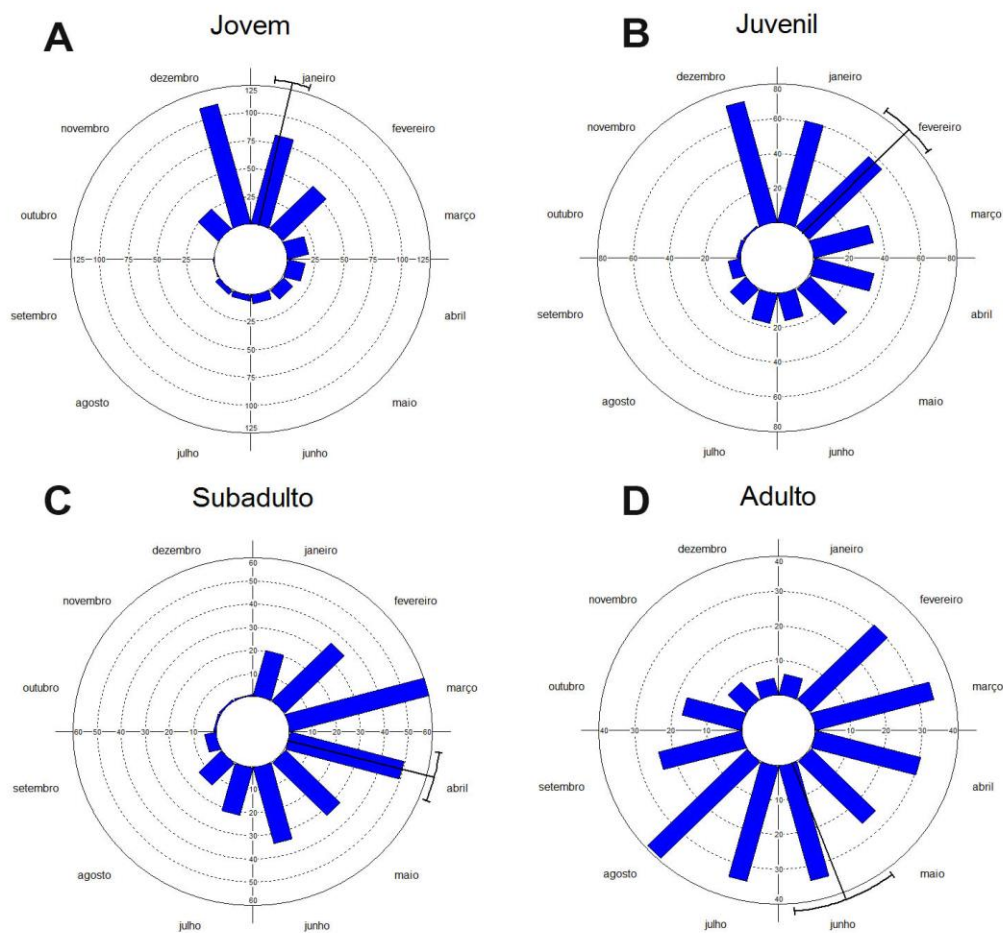
## Fenologia

Apesar de não serem registradas cópulas, em setembro de 2011, agosto e setembro de 2012 e julho e agosto de 2013 foram encontrados machos e fêmeas na mesma teia, provavelmente em comportamento reprodutivo. Estes indivíduos apresentaram tanto colorações iguais (macho e fêmea verdes) como colorações diferentes (macho verde, fêmea marrom). No total, foram encontradas cinco ootecas, nos meses de outubro (n=1) e dezembro (n=2) de 2012; janeiro (n=1) e setembro (n=1) de 2013. Uma fêmea adulta foi coletada e mantida em laboratório, onde construiu a ooteca (Figura 4), mas não houve eclosão.

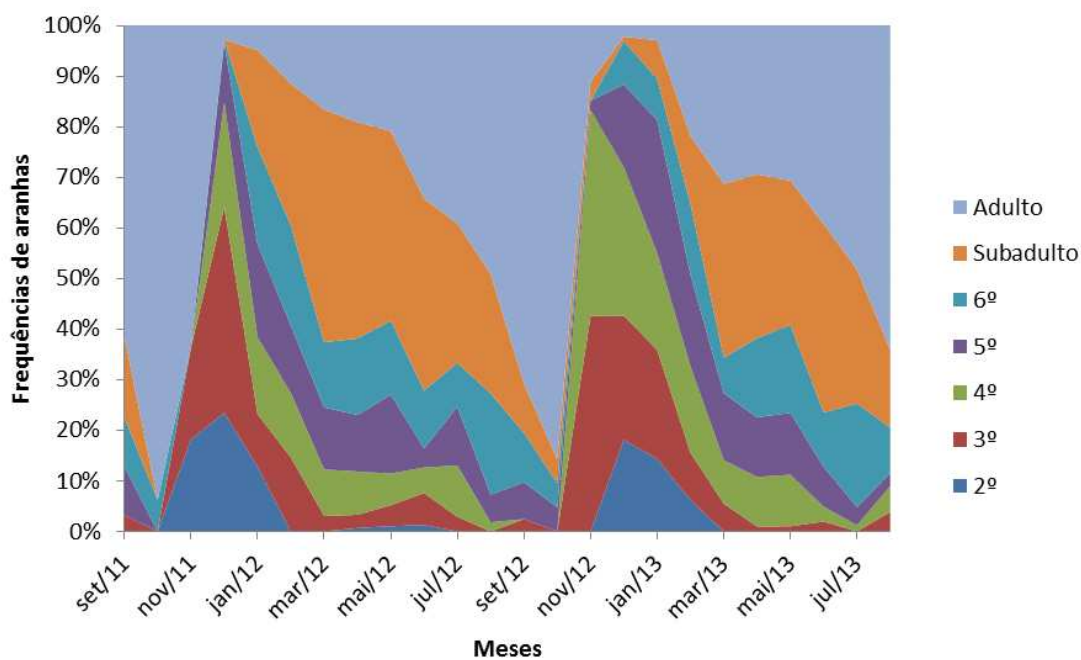


**Figura 4:** Fêmea adulta de *Eustala perfida* ao lado de ooteca. Foto: Yuri Fanchini Messas.

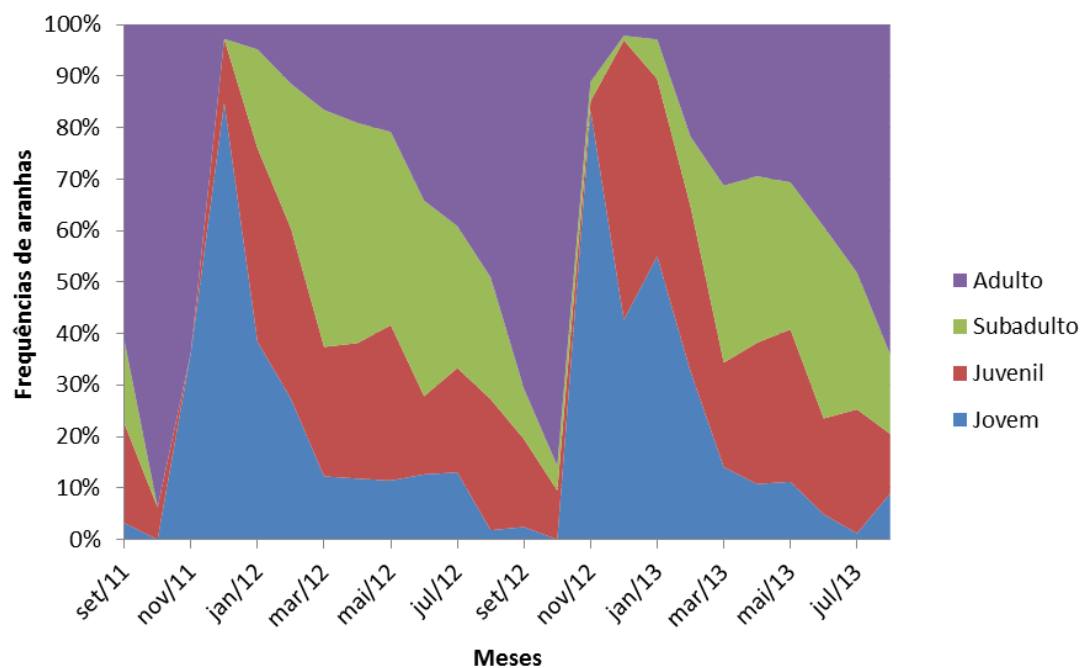
Os estágios de desenvolvimento jovem, juvenil, subadulto e adulto apresentaram picos sucessivos ao longo do ano (Figura 5, tabela S 3). Os picos de aranhas jovens ocorreram em janeiro, seguidos pelos picos de juvenis (fevereiro), subadultos (abril) e adultos (junho). Nas figuras 6 e 7 estão representadas, respectivamente, as frequências dos ínstares e dos estágios de desenvolvimento da população de *E. perfida* ao longo do período estudado.



**Figura 5:** Resultados da Análise de Estatística Circular para a ocorrência de picos fenológicos na população de *Eustala perfida*, levando em consideração: A) indivíduos jovens, B) juvenis, C) subadultos e D) adultos, no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.



**Figura 6:** Estrutura de idade (fenologia), por ínstares, da população de *Eustala perfida* no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.



**Figura 7:** Estrutura de idade (fenologia), por fases de desenvolvimento, da população de *Eustala perfida* no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.

No tempo 0 houve relação positiva do número de aranhas com a temperatura. No entanto, ao se aplicar a análise de time-lag, observou-se defasagem temporal positiva de 2 meses em relação à precipitação e temperatura (Tabela 1). Dessa forma, o efeito da temperatura e precipitação sobre a população de aranhas ocorreu dois meses depois.

**Tabela 1:** Correlação de Spearman para o número de aranhas, em relação à temperatura e precipitação, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013, na Serra do Japi. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

	Time-Lag	Temperatura		Precipitação	
		R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
Aranhas	t-3	-0.6495	<b>0.0048</b>	-0.3113	0.2239
	t-2	-0.2178	0.3854	-0.2528	0.3114
	t-1	0.1439	0.5568	-0.1281	0.6013
	t 0	0.5474	<b>0.0124</b>	0.3519	0.1281
	t 1	0.6228	<b>0.0044</b>	0.5	<b>0.0292</b>
	t 2	0.7647	<b>0.0002*</b>	0.5831	<b>0.0111*</b>
	t 3	0.4608	0.0626	0.1373	0.5994

Houve defasagem temporal positiva de três meses quando comparados o número de indivíduos jovens e juvenis com o de presas (Tabela S 4, S 5). Não houve defasagem temporal entre o número de presas e de subadultos (Tabela S 6), porém a relação foi negativa (valor de R<sup>2</sup> negativo), ou seja, o maior número de subadultos ocorreu ao mesmo tempo do menor número de presas. A análise entre adultos (Tabela S 7) e presas mostrou defasagem temporal positiva de dois meses, com relação negativa, onde o pico de adultos ocorreu dois meses após a diminuição do número de presas.

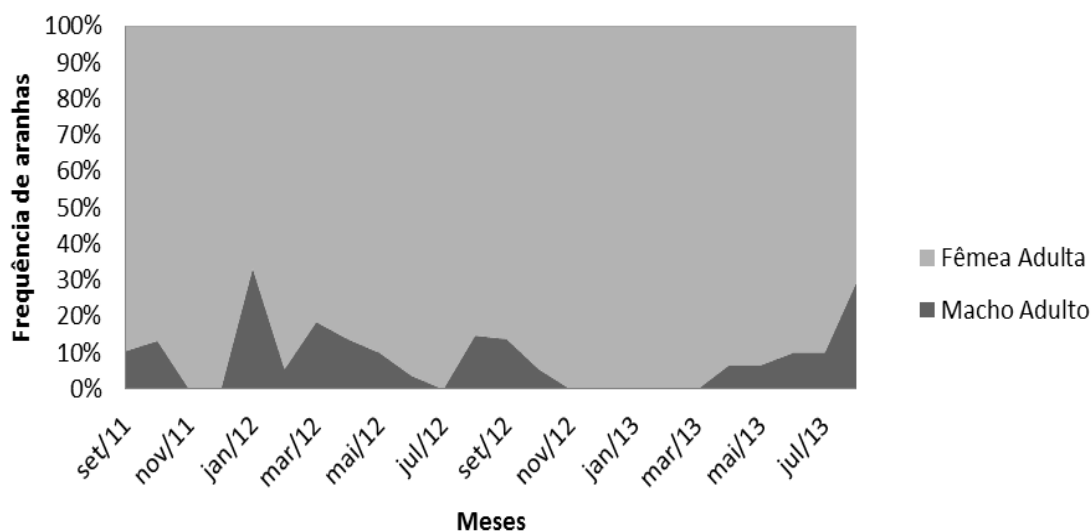
Em relação à temperatura, houve defasagem temporal positiva de dois meses em relação aos jovens (Tabela S 4), positiva de dois meses em relação aos juvenis (Tabela S 5) e subadultos (com relação negativa; tabela S 6) e negativa de dois meses em relação aos adultos (com relação negativa, tabela S 7). Dessa maneira, o efeito da temperatura sobre a população de jovens ocorreu dois meses depois, enquanto que os maiores valores de temperatura ocorreram três meses antes dos menores valores de indivíduos juvenis e subadultos e dois meses antes dos menores valores de adultos.

Por último, as análises envolvendo precipitação mostraram que houve defasagem temporal positiva de 1, 2 e 3 meses em relação aos jovens, juvenis e subadultos, respectivamente (Tabela S 4, S 5 e S 6). Em relação aos adultos, houve defasagem temporal negativa de um mês, com relação negativa, ou seja, os maiores valores de precipitação ocorreram um mês antes do menor número de indivíduos adultos (Tabela S 7).

### **Relação entre machos e fêmeas**

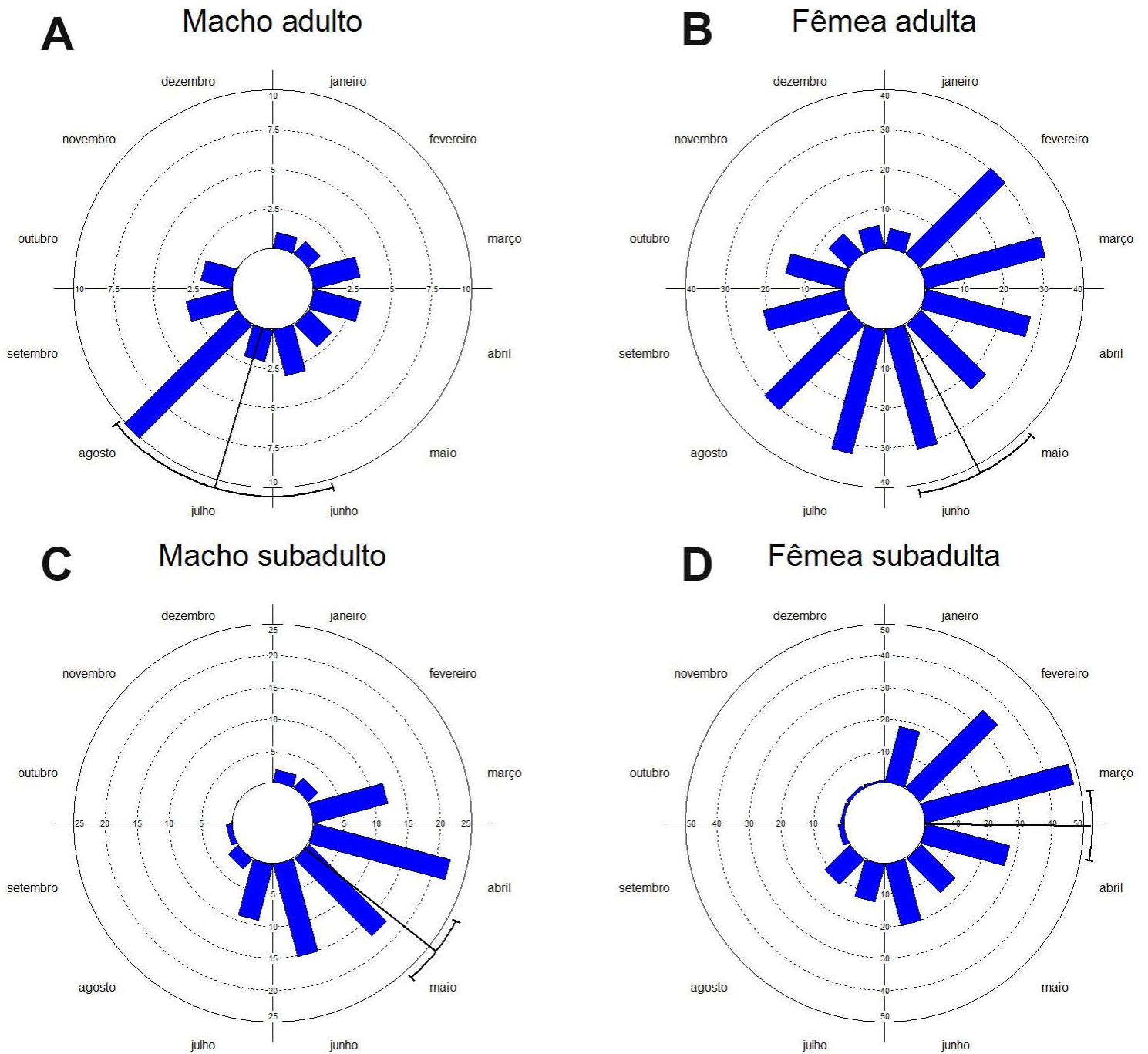
Foram encontrados 565 indivíduos adultos de *E. perfida*, os quais tiveram os sexos registrados. Nos meses de novembro e dezembro de 2011; novembro e dezembro de 2012; e janeiro, fevereiro e março de 2013 não foram encontrados indivíduos machos. A proporção encontrada entre machos e fêmeas adultos foi significativamente maior do que a esperada ( $G = 53.23$ ,  $p = 0.002$ ), apresentando a razão sexual de 1 : 9.3 (Figura 8).





**Figura 8:** Frequência de indivíduos machos e fêmeas adultas de *Eustala perfida* no período de setembro de 2011 a agosto de 2013

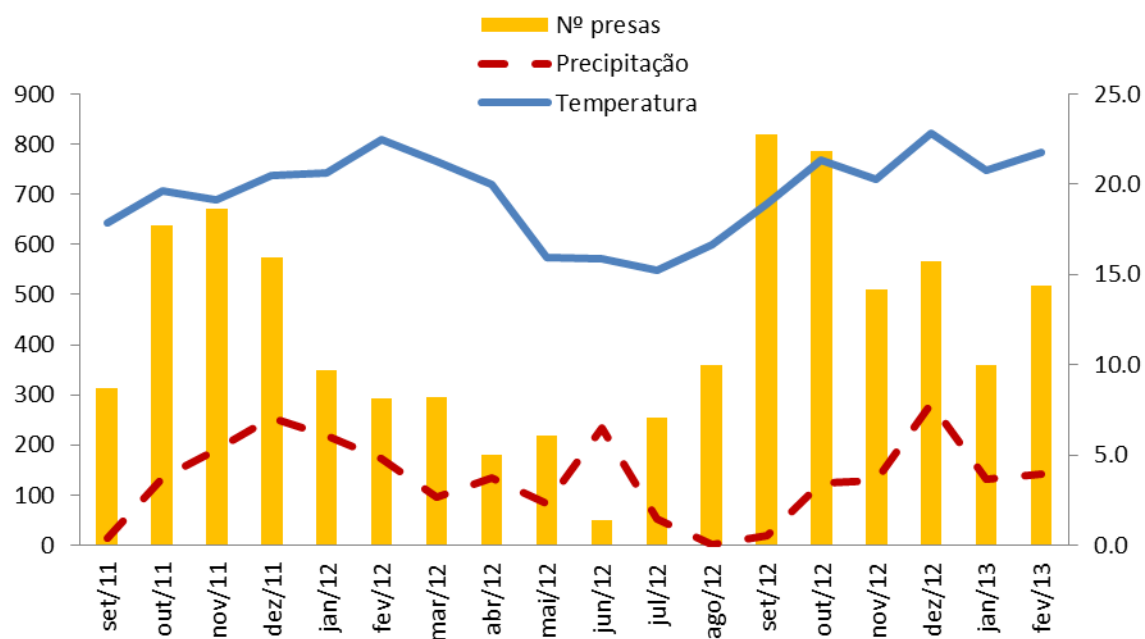
Machos adultos ocorreram em maior frequência nos meses de abril a setembro, enquanto que os maiores números de fêmeas adultas ocorreram de fevereiro a setembro. Ao se aplicar o teste de estatística circular, observou-se pico de fêmeas subadultas em abril (Figura 9 D), seguido dos picos de machos subadultos em maio (Figura 9 C), de fêmeas adultas em junho (Figura 9 B) e machos adultos em julho (Figura 9 A). Os resultados da análise de estatística circular estão representados na tabela S 9.



**Figura 9:** Resultados da Análise de Estatística Circular para a ocorrência de picos fenológicos em: A) machos adultos, B) fêmeas adultas, C) machos subadultos e D) fêmeas subadultas de *Eustala perfida*, no período de setembro de 2011 a maio de 2013.

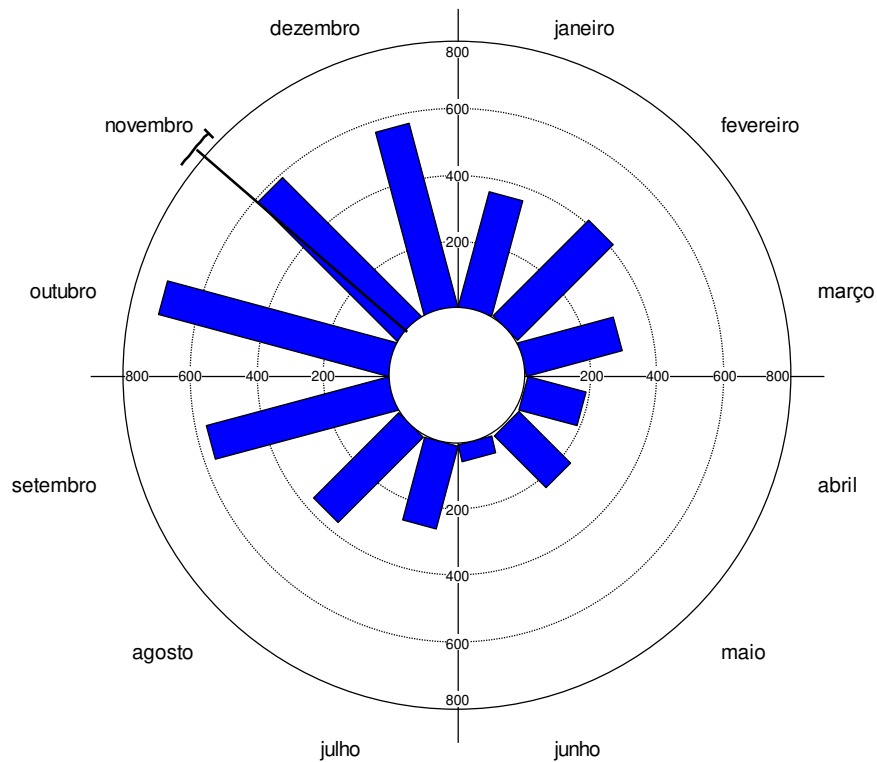
## Disponibilidade de presas

No período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013 foram identificados 7743 animais retidos nas armadilhas contendo *tanglefoot*. O número de presas variou ao longo do ano (Figura 10), apresentando pico durante o mês de novembro (Figura 11, tabela S 8).



**Figura 10:** Número de presas retidas nas placas contendo *tanglefoot* (presas potenciais), temperatura e precipitação, no período de setembro de 2011 a agosto de 2013, na Serra do Japi, Jundiaí/SP.

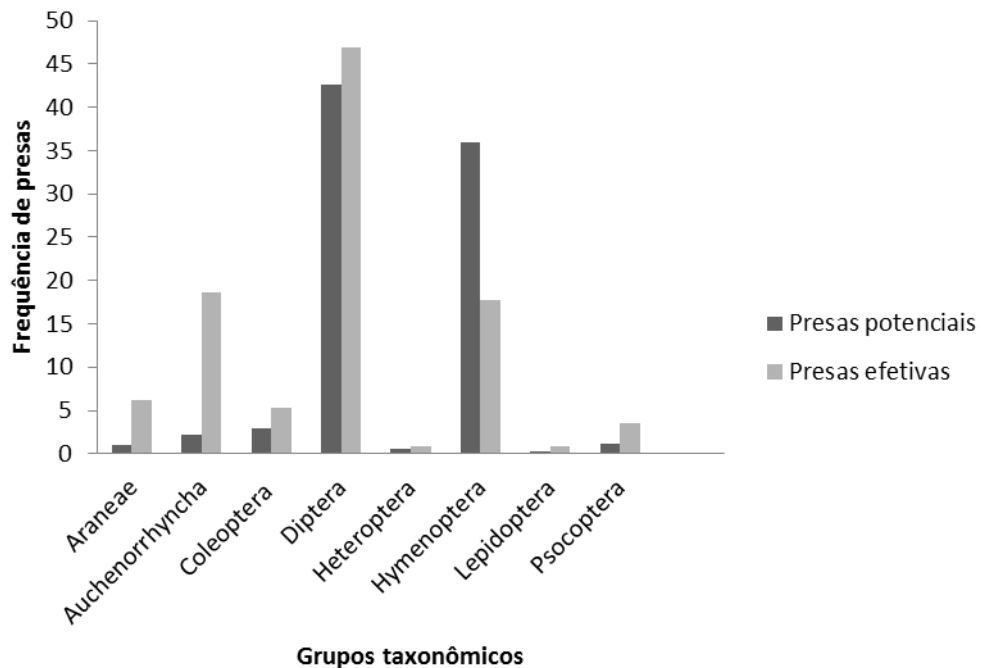
## Presas



**Figura 11:** Resultados da Análise de Estatística Circular para a ocorrência de picos fenológicos no número de presas potenciais de *Eustala perfida*, no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013, na Serra do Japi – Jundiá/SP.

As ordens Diptera e Hymenoptera foram as mais abundantes nas armadilhas, somando 78,6% do total amostrado. As frequências de Auchenorrhyncha, Coleoptera, Collembola, Psocoptera e Thysanoptera, somadas, representaram 18,1%. As demais ordens amostradas, Acari, Araneae, Archaeognatha, Blattodea, Diplura, Gastropoda, Heteroptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Opilliones, Orthoptera, Sternorrhyncha, Trichoptera e Zoraptera representam 3,3% do total (Tabela S 10). Foram coletadas 113 presas nas teias de

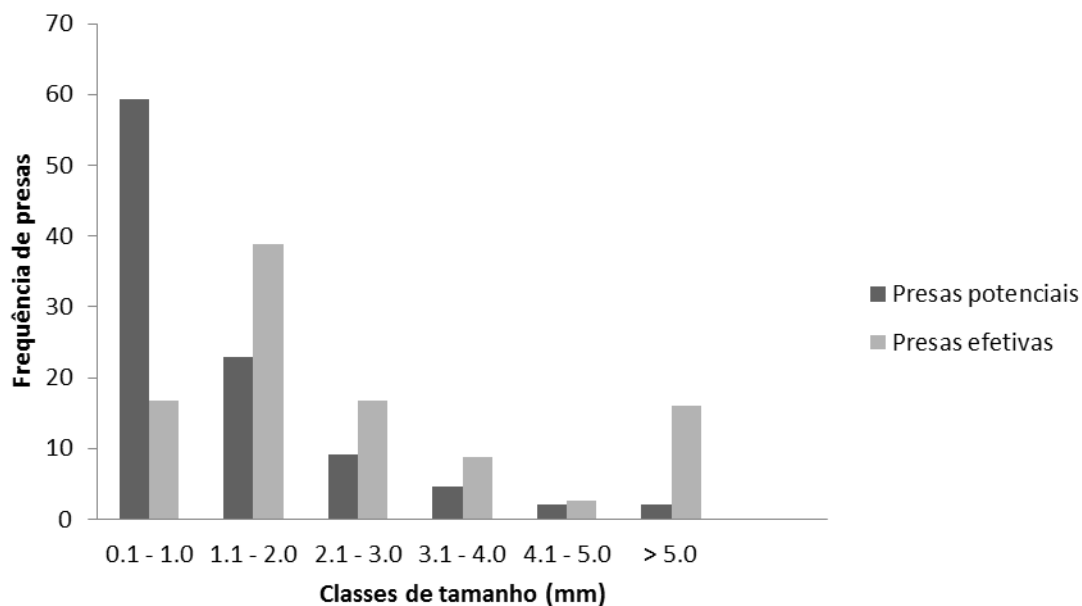
*E. perfida*, pertencentes a oito grupos taxonômicos: Diptera (46,9%), Auchenorrhyncha (18,6%), Hymenoptera (17,7%), Araneae (6,2%), Coleoptera (5,3%), Psocoptera (3,5%), Heteroptera (0,9%) e Lepidoptera (0,9%). Houve diferença nas frequências de indivíduos dos grupos taxonômicos de presas potenciais e efetivas de *E. perfida* ( $G = 113.33$ ;  $p < 0.0001$ ), sendo que, comparando os grupos que apareceram tanto nas amostragens de presas potenciais como na de presas efetivas, apenas Hymenoptera foi predado abaixo do esperado (Figura 12).



**Figura 12:** Frequências das presas potenciais (esperado) e efetivas (observado) de *Eustala perfida*, no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013.

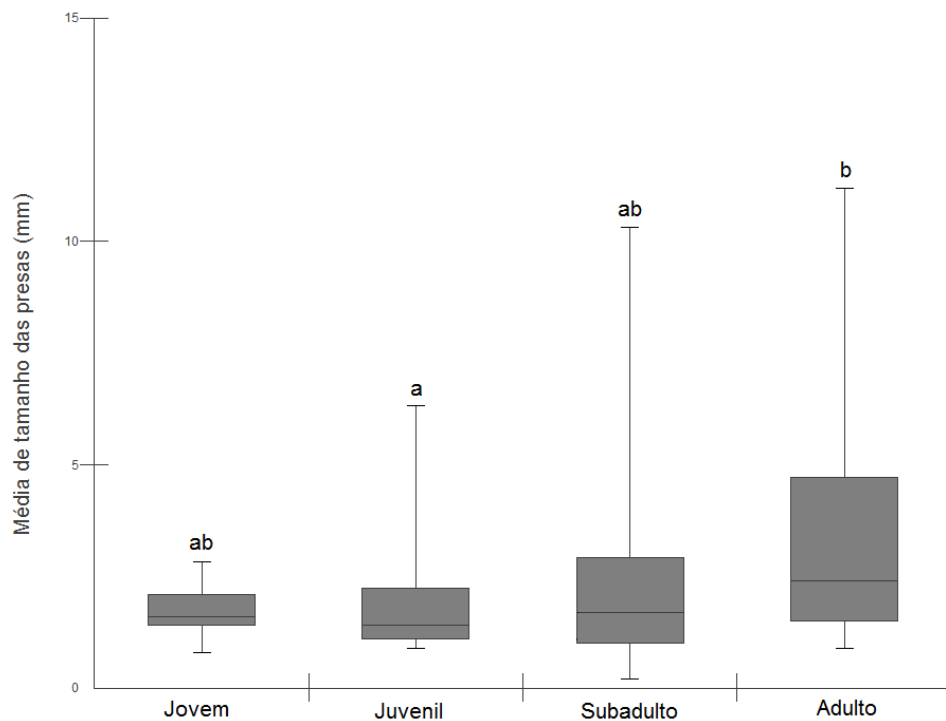
Observou-se maior frequência de presas potenciais com até 1 mm de comprimento (58,9%), diminuindo gradativamente com o aumento de tamanho das presas. Houve

diferença nas frequências de tamanho das presas potenciais e predadas por *Eustala perfida* ( $G = 107.59$ ;  $p < 0.0001$ ), sendo que presas com mais de 1 mm de comprimento foram predadas acima do esperado (Figura 13).

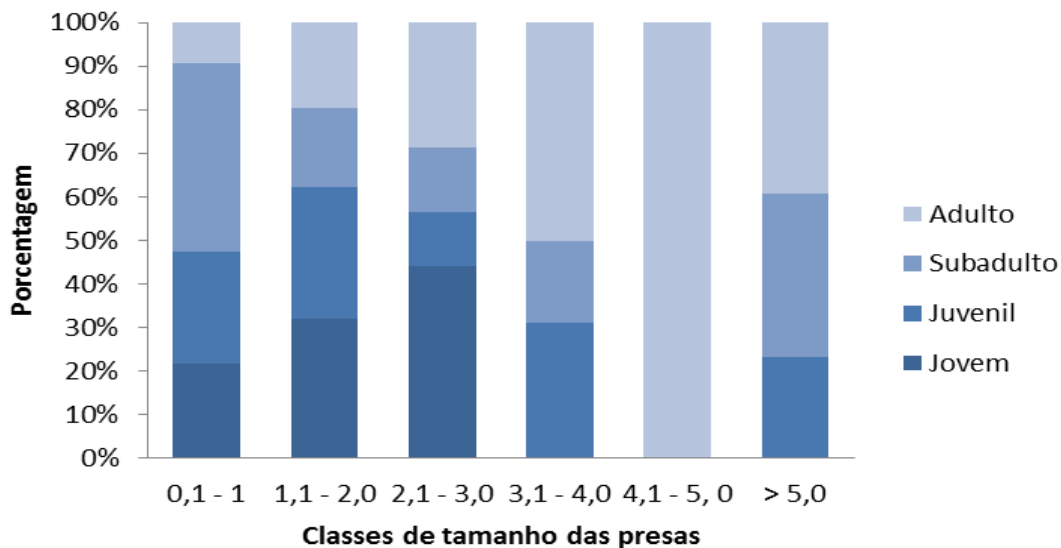


**Figura 13:** Frequência de presas amostradas nas placas contendo *tanglefoot* (presas potenciais = esperado) e de presas capturadas nas teias de *Eustala perfida* (presas efetivas = observado) no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013.

Observou-se que, à medida que as aranhas atingem estágios de desenvolvimento mais avançados, aumenta o tamanho das presas efetivamente predadas, sendo que as médias de tamanho de presas de juvenis e adultos diferiram significativamente ( $H = 11.39$ ;  $p = 0.009$ ;  $Dunn Z_{juvenil \times adulto} = 2,71$ ;  $p < 0,05$ ) (figura 14). Nos outros pares de comparação não houve diferença significativa. Presas com tamanho acima de 3 mm foram predadas com maior frequência por aranhas em estágios avançados de desenvolvimento (Figura 15)



**Figura 14:** Médias de tamanho das presas efetivas de *Eustala perfida* predadas por aranhas em diferentes estágios de desenvolvimento (jovem, juvenil, subadulto, adulto). As letras “a” e “b” mostram diferenças significativas nas médias de tamanho das presas entre os estágios de desenvolvimento das aranhas.



**Figura 15:** Frequência de presas efetivas de *Eustala perfida*, em classes de tamanho, predadas por aranhas em diferentes estágios de desenvolvimento (jovem, juvenil, subadulto e adulto).

No tempo 0 não houve relação da precipitação e temperatura com o número de presas. No entanto, ao se aplicar a análise de time-lag, observou-se defasagem temporal negativa de 2 meses entre temperatura e número de presas; e negativa de 3 meses quando se analisou a relação entre precipitação e disponibilidade de presas (Tabela 2).

**Tabela 2:** Correlação de Spearman para o número de presas em relação à temperatura e precipitação, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013, na Serra do Japi. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

	Time-Lag	Temperatura		Precipitação	
		R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
Presas	t-3	0.7393	<b>0.0016</b>	0.6607	<b>0.0073*</b>
	t-2	0.7412	<b>0.001*</b>	0.5529	<b>0.0263</b>
	t-1	0.5445	<b>0.0238</b>	0.374	0.1391
	t 0	0.3201	0.1953	0.0795	0.7538
	t 1	-0.1643	0.5285	-0.3568	0.1596
	t 2	-0.3944	0.1305	-0.4003	0.1244
	t 3	-0.7489	<b>0.0013</b>	-0.3968	0.143

Houve relação positiva entre o número de presas e a abundância de aranhas, com defasagem temporal positiva de três meses (Tabela 3).



**Tabela 3:** Correlação de Spearman para o número de aranhas em relação ao número de presas, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013, na Serra do Japi. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

	Time-Lag	Presas	
		R <sup>2</sup>	p
Aranhas	t-3	-0.4504	0.0919
	t-2	-0.5725	<b>0.0204</b>
	t-1	-0.6242	<b>0.0074</b>
	t 0	-0.3748	0.1253
	t 1	-0.1361	0.6024
	t 2	0.3676	0.1611
	t 3	0.8	<b>0.0003*</b>

### Caracterização das teias

No total foram estudadas as características de 34 teias, de indivíduos jovens (n=14), juvenis (n=3), subadultos (n=7) e adultos (n=10).

As teias orbiculares de *E. perfida* são construídas paralelamente aos troncos, distantes entre 1 a 4 cm da casca da árvore e usualmente mais longas dos que largas (ver capítulo 1). O alongamento vertical da teia é mais evidente em indivíduos subadultos e adultos, quando o comprimento pode atingir mais de duas vezes o valor da largura. As teias são tipicamente assimétricas em aranhas subadultas (Kruskal-Wallis; H = 9,82; p > 0,0017; Dunn Z<sub>raio superior subadulto x raio inferior subadulto</sub> = 3,13; p < 0,05) e adultas (Kruskal-Wallis; H = 6,605; p > 0,01; Dunn Z<sub>raio superior adulto x raio inferior adulto</sub> = 2,57; p < 0,05), com o raio inferior mais longo do que o superior. Entretanto, os raios esquerdos e direitos das teias são simétricos em todos os estágios de desenvolvimento. O comprimento da malha diferiu entre

as teias de indivíduos jovens e adultos (Kruskal-Wallis;  $H = 22,269$ ;  $p > 0,0001$ ; Dunn  $Z_{jovem \times adulto} = 4,707$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4:** Dados (média e desvio padrão) da teia de *Eustala perfida*, em cm, de 37 teias observadas em campo. As letras “a” e “b” mostram diferenças significativas entre os raios superiores e inferiores. Não houve diferença entre os raios esquerdos e direitos para os diferentes estágios de desenvolvimento das aranhas.

	Jovem (n=14)	Juvenil (n=3)	Subadulto (n=7)	Adulto (n=10)
Largura esquerda	3.45 ± 1.04 a	4.4 ± 0.7 a	4.87 ± 1.01 a	7.92 ± 1.19 a
Largura direita	3.32 ± 0.98 a	4.33 ± 0.29 a	5.04 ± 0.86 a	8.08 ± 1.62 a
Largura total	6.77 ± 1.92	8.73 ± 0.47	9.9 ± 1.27	16 ± 2.2
Comprimento total	11.77 ± 5.9	16.27 ± 3.67	23.7 ± 3.8	38 ± 9.63
Comprimento superior	5.03 ± 1.64 a	6.47 ± 2 a	9.2 ± 0.7 a	15.3 ± 5.7 a
Comprimento inferior	6.74 ± 4.01 a	9.8 ± 1.95 a	14.5 ± 3.5 b	22.7 ± 4.4 b
Comprimento malha superior	0.14 ± 0.03	0.23 ± 0.01	0.3 ± 0.21	0.31 ± 0.08
Comprimento malha inferior	0.12 ± 0.05	0.16 ± 0.02	0.18 ± 0.04	0.25 ± 0.04
Comprimento malha lateral	0.09 ± 0.03	0.14 ± 0.04	0.15 ± 0.04	0.25 ± 0.06

## DISCUSSÃO

Observou-se que a dinâmica da população de *E. perfida* possui picos sucessivos dos diferentes estádios de desenvolvimento com início nos meses quentes do ano (janeiro), quando os jovens apresentam picos de frequência. A população apresenta apenas um ciclo reprodutivo ao longo do ano, com picos fenológicos em todas as fases de desenvolvimento. A maior frequência de machos adultos ocorreu durante o período de seco e frio (outono e inverno). Apesar de não terem sido registradas cópulas, as observações de machos e fêmeas na mesma teia indicam que a reprodução ocorre no final do inverno e início da primavera.

Após o período reprodutivo, de novembro a janeiro, machos adultos provavelmente morrem, tendo em vista que indivíduos não foram encontrados neste período. Provavelmente as ootecas são depositadas na transição da estação seca para a chuvosa (setembro-outubro). O baixo número de machos adultos encontrados nas amostragens pode estar relacionado ao fato de que, durante o período reprodutivo, estes podem migrar em encontro às teias das fêmeas.

O pico no número de aranhas está relacionado com o recrutamento de aranhas jovens, que ocorreu três meses depois dos maiores valores de presas potenciais e dois meses depois dos maiores valores de temperatura e precipitação. Isso é possível, pois aranhas jovens que acabaram de emergir possuem reserva energética proveniente do consumo de vitelo dos ovos (Foelix, 2010), além de se alimentarem com maior frequência de presas com tamanho pequeno, que foram as mais frequentes durante todo o período estudado (figuras 12 e 13). Somado a isso, troncos de árvores apresentam microclimas favoráveis à colonização permanente de algumas espécies de aranhas, tendo em vista que sob as cascas a temperatura é normalmente maior e mais estável (Szinetár & Horváth 2005). A presença deste microclima específico, além da diversidade de estruturas das cascas das árvores, com elevados números de esconderijos e presença de musgos e líquens, pode refletir em maior riqueza e abundância de presas potenciais (Szinetár & Horváth 2005).

A fenologia de *Eustala perfida* apresentou dinâmica e fenologia semelhante à de *Misumenops argenteus* (Thomisidae) que ocorre associada à *Tricogoniopsis adenantha* (Asteraceae) na Serra do Japi, onde os adultos são mais frequentes de junho a setembro,

seguido provavelmente do período de deposição das ootecas, ocorrendo o recrutamento dos jovens no final da primavera e verão (Romero & Vasconcellos-Neto 2004 a). Em seguida foram observados os picos de juvenis, subadultos e adulto. Nestas duas espécies o ciclo de vida e a fenologia parecem ajustados às estações climáticas e à disponibilidade de presas, tão necessária na fase inicial do ciclo, ou seja, na primavera e verão, quando parece haver grande recrutamento de presas em especial de tamanho pequenos. Estudos com *Aglaoctenus lagotis* (Lycosidae) na Serra do Japi (De Sordi 1995) e outras aranhas como *Peucetia flava* (Oxyopidae) (Morais-Filho & Romero 2009), *Psecas chapoda* (Salticidae) (Romero & Vasconcellos-Neto 2005 b) no sudeste brasileiro mostram que seus ciclos e fenologias estão ajustados às estações do ano e à disponibilidade de presas.

Os fatores bióticos e abióticos estudados nesse trabalho explicam parcialmente o a dinâmica da população e fenologia de *E. perfida*. Outros fatores intrínsecos à espécie, como a variação de tamanho da malha da teia durante o desenvolvimento da aranha, pode conferir seletividade por diferentes tipos e tamanhos de presas. As teias de *E. perfida* possuem características similares às teias em escada descritas em *Telaprocera* (Araneidae) (Harmer 2009). O autor discute que a estrutura alongada das teias em escada é provavelmente uma adaptação específica para determinadas funções, como a captura de mariposas. Porém, nesse estudo a frequência de lepidópteros coletados nas teias das aranhas foi extremamente baixa. Harmer (2009) também discute que a teia em escada pode representar uma adaptação ao ambiente em que as aranhas vivem. *Telaprocera* ocorre em troncos de árvores com espaço limitado para a construção de sua teia, o que pode explicar o alongamento vertical das teias em escada. Essa limitação de espaço pode ajudar a explicar a preferência de *E.*

*perfida* por árvores com maiores diâmetros nas regiões mais baixas da Serra do Japi (ver capítulo 1). Teias em escada podem ser construídas de maneira simétrica, como descrita para *Telaprocera* (Harmer 2009); assimétrica com o raio superior maior, como em *Scoloderus tuberculifer* (Araneidae) (Eberhard 1975) e *S. cordatus* (Stowe 1978); ou assimétrica com o raio inferior maior, como descrito em *Herennia ornatissima* (Nephilidae) (Robinson & Lubin 1979), e *E. perfida*. Essas características podem estar relacionadas com o tipo de substrato usado pela aranha para a construção da teia, à disponibilidade de presas, e/ou ao comportamento de captura das presas.

A coloração críptica de *E. perfida* e a pressão exercida por predadores visualmente orientados, bem como sua distribuição não-aleatória associada a troncos de árvores com características específicas, também podem ser fatores importantes para ajudar a entender como se comporta a população dessa espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arango, A.M.; Rico-Gray, V.; Parra-Tabla, V. 2000. Population structure, seasonality and habitat use by the green lynx spider *Peucetia viridans* (Oxyopidae) inhabiting *Cnidocolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). *The Journal of Arachnology*. 28: 185-194.

Buschini, M.L.T.; Borba, N.A.; Brescovit, A.D. 2008. Patterns of prey selection of *Trypoxylon (Trypargilum) lactitarse* Saussure (Hymenoptera: Crabronidae) in southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 68 (3): 519-528.

Buschini, M.L.T.; Caldas, T.R.; Borba, N.A.; Brescovit, A.D. 2010. Spiders used as prey by the hunting wasp *Trypoxylon (Trypargilum) agamemnon* Richards (Hymenoptera: Crabronidae). *Zoological Studies*. 49 (2): 169-175.

De Sordi, S.J. 1996. Ecologia de populações da aranha *Porrmosa lagotis* (Lycosidae) nas Reservas Mata de Santa Genebra, Campinas (SP) e Serra do Japi, Jundiá (SP). Dissertação (Mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

- Dias, S.C.; Brescovit, A.D. 2004. Microhabitat selection and co-occurrence of *Pachistopelma rufonigrum* Pocock (Araneae, Theraphosidae) and *Nothroctenus fuxico* sp. nov. (Araneae, Ctenidae) in tank bromeliads from Serra de Itabaiana, Sergipe, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21: 789-796.
- Eberhard, WG. 1975. The 'inverted ladder' orb web of *Scoloderus* sp. and the intermediate orb of *Eustala* (?) sp. Araneae: Araneidae. *Journal of Natural History*. 9: 93-106.
- Figueira, J.E.C.; Vasconcellos-Neto, J. 1991. *Paepalanthus*, cupins e aranhas. *Ciência Hoje*. 13: 20-26.
- Gratton, C.; Denno, R.F. 2003. Seasonal shift from bottom-up to top-down impact in phytophagous insect populations. *Oecologia*. 134: 487-495.
- Harmer, A.M.T. 2009. Elongated orb-webs of Australian ladder-web spiders (Araneidae: *Telaprocera*) and the significance of orb-web elongation. *Journal of Ethology*. 27: 453-460.
- Hesselberg, T.; Triana, E. 2010. The web of the acacia orb-spider *Eustala illicita* (Araneae: Araneidae) with notes on its natural history. *The Journal of Arachnology*. 38: 21-26.
- Paquin, P.; Dupérré, N. 2001. On the distribution and phenology of *Argyrodes fictilium* (Araneae, Theridiidae) at its Northern limit of North America. *The Journal of Arachnology*. 29 (2): 238-243.
- Mello-Leitão, C.F. 1947. Aranhas do Paraná e Santa Catarina, das coleções do Museu Paranaense. *Arquivos do Museu Paranaense*. 6 (6): 231-304.
- Morais-Filho, J.C.; Romero, G.Q. 2009. Natural history of *Peucetia flava* (Araneae, Oxyopidae): seasonal density fluctuation, phenology and sex ratio on the glandular plant *Rhynchanthera dichotoma* (Melastomataceae). *Journal of Natural History*. 43: 11-12, 701-711.
- Morellato L.P.C.; Alberti, L.F.; Hudson, I.L. 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. Pp. 357-371. In: Hudson, I.L.; Keatley, M. (Eds). *Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. Netherlands: Springer.
- Ogden, J.; Powell, J. A. 1979. A quantitative description of the forest vegetation on an altitudinal gradient in the Mount Field National Park, Tasmania, and a discussion of its history and dynamics. *Australian Journal of Ecology*. 4: 293-325.

Peck, D.C. 1999. Seasonal fluctuations and phenology of *Prosapia Spittlebugs* (Homoptera: Cercopidae) in upland pastures of Costa Rica. *Environmental Entomology*. 28: 372-386.

Pinto, H.S., 1992. Clima na Serra do Japi. In *História Natural da Serra do Japi: Ecologia e Preservação de uma Área Florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp, Campinas, p. 30-38.

Ricklefs, R.E.; Miller, G. 2002. *Ecology*. Fourth edition. W. H. Freeman. 896 pp.

Robinson, M.H.; Lubin, Y.D. 1979. Specialists and generalists: the ecology and behavior of some web-building spiders from Papua New Guinea, 1. *Herennia ornatissima*, *Argiope ocyaloides* and *Arachnura melanura* (Araneae: Araneidae). *Pacific Insects*. 21: 97-132.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2003. Natural history of *Misumenops argenteus* Thomisidae): seasonality and diet on *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae). *The Journal of Arachnology*. 31: 297-304.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004 a. Foraging by the flower dwelling spider, *Misumenops argenteus* (Thomisidae), at high prey density sites. *Journal of Natural History*. 38: 1287-1296.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004 b. Spatial distribution patterns of jumping spiders associated with terrestrial bromeliads. *Biotropica*. 36: 596-601.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2004 c. Beneficial effects of flower-dwelling predators on their host plant. *Ecology*. 85: 446-457.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2005 a. The effects of plant structure on the spatial and microspatial distribution of a bromeliad-living jumping spider (Salticidae). *Journal of Ecology*. 74: 12-21.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2005 b. Population dynamics, age structure and sex ratio of the bromeliad-dwelling jumping spider, *Psecas chapoda* (Salticidae). *Journal of Natural History*. 39 (2): 153-163.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2005 c. Spatial distribution and microhabitat preference of *Psecas chapoda* (Peckham & Peckham) (Araneae, Salticidae). *The Journal of Arachnology*. 33: 124-134.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2007. Aranhas sobre plantas: dos comportamentos de forrageamento às associações específicas. In: Gonzaga, M.O.; Santos, A.J.; Japyassú, H.F. (eds.). *Ecologia e comportamento de aranhas*. Interciência, Rio de Janeiro.

- Rossa-Feres, D.C.; Romero, G.Q.; Gonçalves-de-Freitas, E.; Feres, J.F. 2000. Reproductive behavior and seasonal occurrence of *Psecas viridipurpureus* (Salticidae, Araneae). *Brazilian Journal of Biology*. 60: 221-228.
- Schmitz, O.J.; Hambäck, P.A.; Beckerman, A.P. 2000. Trophic cascades in terrestrial systems: a review of the effects of carnivore removals on plants. *The American Naturalist*, 155: 141-153.
- Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 1994. *Biometry: the Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Third edition. W. H. Freeman and Company, New York.
- Stowe, M.K. 1978. Observations of two nocturnal orbweavers that build specialized webs: *Scoloderus cordatus* and *Wixia ectypa* (Araneae: Araneidae). *The Journal of Arachnology*. 6: 141-146.
- Szinetár, C.; Horváth, R. 2005. A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). *Acta Zoologica Bulgarica*. 1: 221-257.
- Wise, D.H. 1993. *Spiders in ecological webs*. First Edition. Cambridge University Press, New York. 344 pp.
- Wise, D.H. 2006. Cannibalism, food limitation, intraspecific competition and the regulation of spider populations. *Annual Review of Entomology*. 51: 441-465.
- Wunderlich, J. 1982. Mitteleuropäische Spinnen der Baumrinde (Araneae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 94: 9-21.
- Zar, J.H. 1998. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.



## APÊNDICE

**Tabela S 1:** Resultados da análise de estatística circular para a ocorrência de picos na temperatura e precipitação no período de setembro de 2011 a abril de 2013.

	Temperatura	Precipitação
Número de observações	227	1470
Vetor médio ( $\mu$ )	6.801°	21.671°
Mês correspondente ao vetor médio	janeiro	janeiro
Comprimento do vetor médio	0.09	0.305
Intervalo de confiança 95% (-/+ para $\mu$ )	308.056°	15.051°
	65.546°	28.291°
Teste de Rayleigh (Z)	1.821	137.07
Teste de Rayleigh (p)	<b>0.162</b>	<b>&lt; 0.0001</b>

**Tabela S 2:** Resultados da análise de estatística circular para a ocorrência de picos na população de *E. perfida* no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.

	Número de aranhas
Número de observações	1205
Vetor médio ( $\mu$ )	58.859°
Mês correspondente ao vetor médio	fevereiro
Comprimento do vetor médio	0.319
Intervalo de confiança 95% (-/+ para $\mu$ )	51.888°
	65.831°
Teste de Rayleigh (Z)	122.973
Teste de Rayleigh (p)	<b>&lt; 0.0001</b>

**Tabela S 3:** Resultados da análise de estatística circular para a ocorrência de picos fenológicos em indivíduos jovens, juvenis, subadultos e adultos de *E. perfida* no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.

	Jovens	Juvenis	Subadultos	Adultos
Número de observações	334	341	272	285
Vetor médio ( $\mu$ )	12.824°	44.7°	104.437°	158.948°
Mês correspondente ao vetor médio	janeiro	fevereiro	abril	junho
Comprimento do vetor médio	0.681	0.444	0.558	0.285
Intervalo de confiança 95% (-/+ ) para ( $\mu$ )	7.411°	35.521°	96.582°	142.784°
	18.237°	53.878°	112.292°	175.113°
Teste de Rayleigh (Z)	154.804	67.173	84.62	23.14
Teste de Rayleigh (p)	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>

**Tabela S 4:** Correlação de Spearman para o número de aranhas jovens, em relação ao número de presas, temperatura e precipitação, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

	Time-Lag	Presas		Temperatura		Precipitação	
		R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
Jovens	t-3	-0.4461	0.0954	-0.2924	0.2902	-0.3623	0.1844
	t-2	-0.5849	<b>0.0173</b>	0.0694	0.7985	-0.2672	0.3171
	t-1	-0.4932	<b>0.0442</b>	0.4659	0.0594	0.268	0.2983
	t 0	-0.1594	0.5275	0.5277	<b>0.0243</b>	0.568	<b>0.0139</b>
	t 1	0.2879	0.2624	0.6528	<b>0.0045</b>	0.6552	<b>0.0043*</b>
	t 2	0.7344	<b>0.0012</b>	0.6049	<b>0.013*</b>	0.4032	0.1214
	t 3	0.79	<b>0.0005*</b>	0.2735	0.324	-0.2663	0.3373

**Tabela S 5:** Correlação de Spearman para o número de aranhas juvenis, em relação ao número de presas, temperatura e precipitação, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

	Time-Lag	Presas		Temperatura		Precipitação	
		R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
Juvenis	t-3	-0.5103	0.0519	-0.7281	<b>0.0021</b>	-0.449	0.0931
	t-2	-0.4694	0.0665	-0.1532	0.5712	-0.3432	0.1931
	t-1	-0.5457	<b>0.0234</b>	0.1571	0.5472	-0.2466	0.3399
	t 0	-0.3333	0.1764	0.5413	<b>0.0203</b>	0.2986	0.2287
	t 1	-0.1252	0.632	0.5215	<b>0.0317</b>	0.5399	<b>0.0252</b>
	t 2	0.3709	0.1572	0.7138	<b>0.0019*</b>	0.652	<b>0.0062*</b>
	t 3	0.7918	<b>0.0004*</b>	0.4683	0.0782	0.2216	0.4273

**Tabela S 6:** Correlação de Spearman para o número de aranhas subadultas, em relação ao número de presas, temperatura e precipitação, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

	Time-Lag	Presas		Temperatura		Precipitação	
		R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
Subadulto	t-3	-0.2475	0.3737	-0.828	<b>0.0001*</b>	-0.3357	0.2211
	t-2	-0.4808	0.0593	-0.7277	<b>0.0014</b>	0.1559	0.5643
	t-1	-0.6784	<b>0.0027</b>	-0.3012	0.24	0.2549	0.3234
	t 0	-0.8178	<b>&lt; 0.0001*</b>	0.0052	0.9837	-0.1417	0.5747
	t 1	-0.6076	<b>0.0096</b>	0.3725	0.1408	0.2717	0.2915
	t 2	-0.2577	0.3351	0.5493	<b>0.0275</b>	0.6068	<b>0.0127</b>
	t 3	0.2002	0.4744	0.7113	<b>0.0029</b>	0.7721	<b>0.0007*</b>

**Tabela S 7:** Correlação de Spearman para o número de aranhas adultas, em relação ao número de presas, temperatura e precipitação, com até tres meses de defasagem temporal para os meses de setembro de 2011 a fevereiro de 2013. t 0 = tempo real; t 1 = tempo com um mês de atraso; t 2 = tempo com dois meses de atraso; t 3 = tempo com três meses de atraso. t-1 = defasagem temporal de um mês antes; t-2 = defasagem temporal de dois meses antes; t-3= defasagem temporal de três meses antes.

Time-Lag	Presas		Temperatura		Precipitação	
	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
t-3	0.2921	0.2908	-0.3072	0.2654	-0.0777	0.7832
t-2	0.0223	0.9347	-0.6667	<b>0.0048*</b>	-0.3296	0.2124
t-1	-0.0799	0.7606	-0.6077	<b>0.0096</b>	-0.6572	<b>0.0041*</b>
Adultos t 0	-0.3264	0.1861	-0.3444	0.1615	-0.5047	<b>0.0326</b>
t 1	-0.6099	<b>0.0093</b>	-0.1906	0.4637	-0.3763	0.1365
t 2	-0.6905	<b>0.003*</b>	0.0551	0.8395	0.2709	0.3102
t 3	-0.4711	0.0762	0.1812	0.5181	0.5943	<b>0.0194</b>

**Tabela S 8:** Resultados da análise de estatística circular para a ocorrência de picos nos indivíduos amostrados nas placas contendo *tanglefoot*, no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013.

	Presas
Número de observações	4560
Vetor médio ( $\mu$ )	310.811°
Mês correspondente ao vetor médio	novembro
Comprimento do vetor médio	0.326
Intervalo de confiança 95% (-/+ para ( $\mu$ ))	307.307°
	314.315°
Teste de Rayleigh (Z)	485.599
Teste de Rayleigh (p)	< <b>0.0001</b>

**Tabela S 9:** Resultados da análise de estatística circular para a ocorrência de picos no número de indivíduos machos e fêmeas adultos e subadultos, no período de setembro de 2011 a agosto de 2013.

	Macho adulto	Fêmea adulta	Macho subadulto	Fêmea subadulta
Número de observações	30	258	82	190
Vetor médio ( $\mu$ )	196.239°	152.689°	128.158°	90.57°
Mês correspondente ao vetor médio	Julho	junho	maio	abril
Comprimento do vetor médio	0.418	0.274	0.721	0.544
Intervalo de confiança 95% (-/+ para ( $\mu$ ))	163.157° 229.32°	134.981° 170.397°	118.183° 138.133°	80.877° 100.263°
Teste de Rayleigh (Z)	5.24	19.346	42.642	56.23
Teste de Rayleigh (p)	<b>0.005</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>

**Tabela S 10:** Número de indivíduos dos grupos taxonômicos amostrados nas placas contendo *tanglefoot*, no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2013. Os grupos que representaram menos de 0.5% do total de indivíduos (Trichoptera, Zoraptera, Orthoptera, Isoptera, Opilliones, Isopoda, Gastropoda, Diplura, Archaeognatha, Blattodea, Lepidoptera e Sternorrhyncha) foram classificados na categoria “outros”.

Grupo Taxonômico	2011				2012								2013				TOTAL	Porcentagem		
	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez			jan	fev
Diptera	167	428	416	309	176	127	109	51	140	19	121	163	293	190	187	177	118	108	3299	42.61
Hymenoptera	74	119	100	124	38	101	132	85	33	19	109	160	251	433	251	211	199	347	2786	35.98
Collembola	1	14	72	51	64	24	14	4	7	2	3	6	42	2	25	95	3	22	451	5.82
Thysanoptera	15	15	17	29	35	4	6	10	10	0	2	6	160	86	14	27	11	16	463	5.98
Auchenorrhyncha	31	30	17	8	2	0	11	5	2	2	1	2	10	28	5	11	5	5	175	2.26
Coleoptera	9	8	21	16	20	17	11	10	6	3	8	7	26	15	17	23	6	6	229	2.96
Psocoptera	5	10	11	7	1	0	3	2	3	2	7	7	5	7	4	3	5	2	84	1.08
Araneae	5	4	4	3	5	11	3	5	2	1	0	4	4	1	1	9	6	10	78	1.01
Acari	0	6	5	8	1	2	5	8	3	2	2	0	4	7	2	7	1	1	64	0.83
Heteroptera	0	0	1	13	0	0	0	0	2	0	0	1	4	15	0	3	2	2	43	0.56
Outros	7	4	6	6	1	7	2	1	4	1	1	2	18	3	4	1	3	0	71	0.92
<b>TOTAL</b>	<b>314</b>	<b>638</b>	<b>670</b>	<b>574</b>	<b>343</b>	<b>293</b>	<b>296</b>	<b>181</b>	<b>212</b>	<b>51</b>	<b>254</b>	<b>358</b>	<b>817</b>	<b>787</b>	<b>510</b>	<b>567</b>	<b>359</b>	<b>519</b>	<b>7743</b>	<b>100</b>



**CAPÍTULO 3: Manipulação comportamental de *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneae, Araneidae) induzida pelo parasitoide *Acrotaphus tibialis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae)**

**RESUMO**

As espécies do grupo *Polysphincta* (Hymenoptera: Pimplinae) são exclusivamente ectoparasitoides cenobiontes de aranhas. Alguns estudos relatam ocorrência de manipulação comportamental na construção da teia do hospedeiro induzida pela larva do parasitoide. A aranha *Eustala perfida* apresenta polimorfismo cromático e vive exclusivamente associada a cascas de árvores, onde permanece camuflada durante o dia. O objetivo desse trabalho foi estudar aspectos ecológicos da interação aranha-parasitoide e as modificações comportamentais de construção da teia por *E. perfida* induzidas pela vespa *Acrotaphus tibialis*. Foi feita procura visual por aranhas parasitadas no período de março de 2011 a setembro de 2013. Para se determinar a estrutura etária da população de aranhas, foram registrados o número de indivíduos e seus ínstar em 50 árvores com diâmetro maior do que 30 cm, as quais continham líquens, musgos e/ou concavidades. Foram feitas observações da história natural e fotografias dos estágios de desenvolvimento do himenóptero, bem como das teias normais e modificadas. Sete aranhas parasitadas foram encontradas no total (duas adultas, quatro subadultas e uma em 6º ínstar), sugerindo que *A. tibialis* utiliza com maior frequência hospedeiros em estágios avançados de desenvolvimento. Os ataques ocorreram durante a estação fria e seca (maio a setembro), sendo este o mesmo período em que aranhas de 6º instar, subadultas e adultas se

encontraram em maior frequência na população ( $G = 123,61$ ;  $p < 0,0001$ ). Quando a larva de *A. tibialis* atinge o 2º ínstar, a mesma induz a aranha a construir uma teia modificada com os seguintes parâmetros: (1) linhas radiais menos numerosas e mais curtas do que o usual; (2) poucos fios de sustentação, supostamente mais resistentes; (3) ausência de espirais de captura. *A. tibialis* possui hábito crepuscular, coincidindo com o período do dia em que os indivíduos de *E. perfida* deixam o local de repouso, onde permanecem camufladas, e se deslocam para o centro da teia. Os resultados encontrados fornecem indícios de que o modo de vida de *A. tibialis* é estreitamente ajustado à história natural de *E. perfida* e fornecem subsídios para se entender o caminho evolutivo da manipulação comportamental de hospedeiros por parasitoides.



## INTRODUÇÃO

O termo parasitoide refere-se a um hábito alimentar particular presente em alguns insetos, que passam parte das suas vidas consumindo outro animal, o hospedeiro, dentro ou sobre o corpo deste (Quicke 1997, Gonzaga *et al.* 2007). Em sua maioria, possuem larvas que se utilizam de artrópodes como hospedeiros, os quais são levados invariavelmente à morte, enquanto os adultos consomem outros recursos, como flores e néctar (Gonzaga *et al.* 2007).

Dentre as vespas parasitoides (Hymenoptera), diversas famílias (Diapriidae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Ichneumonidae, Pompilidae, Pteromalidae, Scelionidae, Signiphoridae, Sphecidae) possuem espécies que utilizam ovos ou as próprias aranhas para a alimentação (Gauld & Dubois 2006). As larvas destes himenópteros podem se desenvolver dentro da ooteca, alimentando-se da massa de ovos ou individualmente dentro de único ovo; e também sobre o corpo de aranhas jovens e adultas, que podem ser provisionadas dentro de ninhos, onde permanecem imobilizadas a fim de servirem de alimento para as larvas (Gonzaga & Vasconcellos-Neto 2005). As aranhas ainda podem permanecer ativas, carregando o ovo em seu abdômen (Sobczak *et al.* 2009).

Há na literatura estudos acerca da história evolutiva dos grupos de parasitoides (Gauld 2000, Gauld & Dubois 2006) e história natural das espécies envolvidas (Gonzaga & Sobczak 2007, Matsumoto & Konishi 2007, Weng & Barrantes 2007, Matsumoto 2009, Sobczak *et al.* 2009, Takasuka *et al.* 2009, Gonzaga *et al.* 2010, Gonzaga & Sobczak 2011, Takasuka & Matsumoto 2011). Cada espécie de vespa parasitoide geralmente limita-se a

poucos grupos de hospedeiros, dependendo do hábitat utilizado e do tamanho e características morfológicas das aranhas disponíveis (Gonzaga *et al.* 2007).

As espécies do grupo de gêneros *Polysphincta* (Hymenoptera, Ichneumonidae, Pimplinae) são exclusivamente ectoparasitoides cenobiontes de aranhas (Gauld & Dubois 2006). Dentro desse grupo, algumas espécies são capazes de alterar o comportamento de seus hospedeiros logo antes de empuparem (Eberhard 2000 a, b, Gonzaga & Sobczak 2007, Gonzaga *et al.* 2010). A primeira descrição detalhada de manipulação comportamental de aranha construtora de teia orbicular induzida por larva de parasitoide foi feita por Eberhard (2000 a, 2000 b, 2001). O autor relatou que, antes de matar sua aranha hospedeira, a larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* (Ichneumonidae) induziu a aranha *Leucauge argyra* (Tetragnathidae) a construir uma teia modificada, que serve de suporte resistente para o casulo da vespa.

A mudança de comportamento provavelmente é induzida quimicamente através da liberação de uma substância psicotrópica injetada pela larva do himenóptero na aranha (Eberhard 2000 a, b). Segundo o mesmo autor, o padrão de comportamentos de construção de teia sugere que a severidade dos efeitos causados pode depender da concentração dessa substância, que é transferida de forma gradual e degradada ou desativada caso a larva seja removida.

Em 2010, Eberhard apresenta novos tipos de modificação de comportamento de construção de teia em aranhas tecelãs de teias tridimensionais, que construíam teias de maneira não estereotipada, sugerindo que a larva poderia manipular a aranha em níveis mais elevados. O autor também relata que as modificações de comportamento tendem a ser

mais estreitamente ajustadas à história natural de seus hospedeiros do que às relações filogenéticas das vespas.

Estudos realizados no Brasil demonstraram que vespas tendem a escolher aranhas de tamanho intermediário, dado que aranhas grandes representam maior dificuldade e perigo de predação durante a imobilização, além de poderem retirar o ovo ou a larva do abdômen; enquanto aranhas pequenas não fornecem biomassa suficiente para o desenvolvimento da larva (Gonzaga & Sobczak 2007, Gonzaga *et al.* 2010). Os mesmos autores defendem que a história evolutiva do comportamento de manipulação de hospedeiro provavelmente surgiu de maneira independente dentro do grupo de gêneros *Polysphincta*.

O gênero *Acrotaphus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) compreende espécies parasitoides de aranhas tecelãs de teias orbiculares das famílias Araneidae e Tetragnathidae (Gauld & Dubois 2006, Gonzaga & Sobczak 2011). Interações de manipulação comportamental envolvendo o gênero *Acrotaphus* são foram descritas para *A. chedaliae* e *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Araneidae) (Gonzaga & Sobczak 2011) e *A. tibialis* e *Argiope trifasciata* (Eberhard 2013).

A aranha *Eustala perfida* Mello-Leitão, 1947 (Araneidae) vive exclusivamente associada a espécies vegetais arbóreas, construindo sua teia em trocos com características específicas (e. g. presença de líquens, musgos e/ou concavidades). Os indivíduos da espécie possuem coloração críptica e encontram-se camuflados na superfície das cascas durante o dia (ver capítulo 1).

O objetivo desse estudo foi apresentar e descrever a interação de modificação de comportamento de construção de teia de *E. perfida* induzida por *Acrotaphus tibialis*, tendo como predição que *A. tibialis* ataque com maior frequência aranhas em estágios avançados de desenvolvimento, que possuem biomassa suficiente para o desenvolvimento das larvas.

## MATERIAL E MÉTODOS

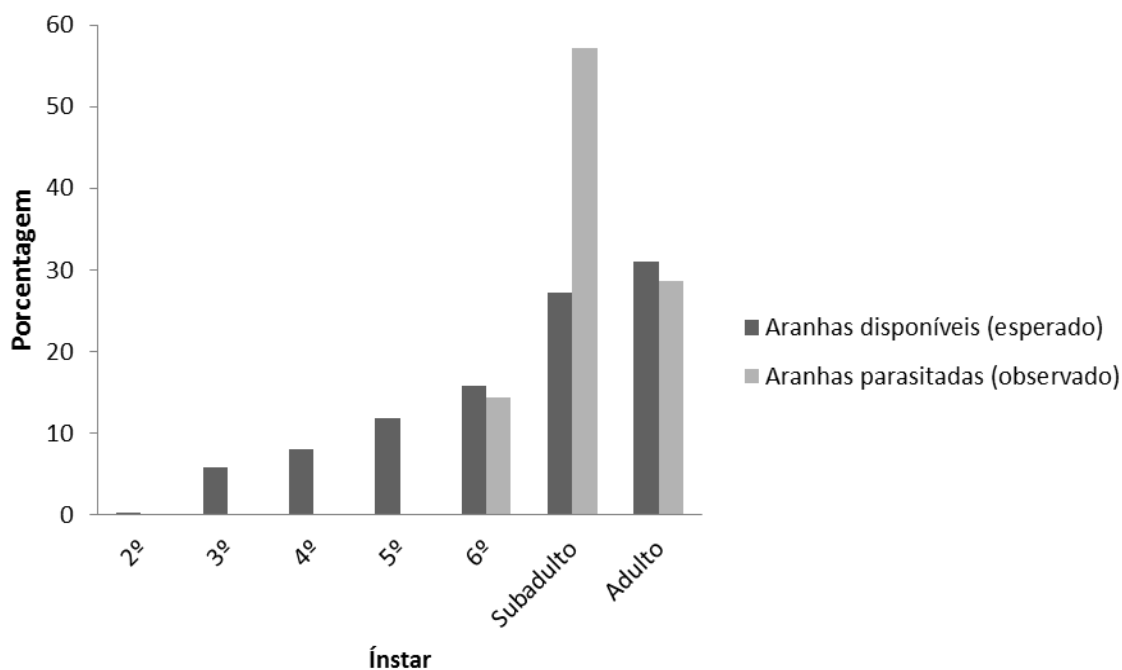
Foi feita procura visual mensalmente por aranhas contendo larvas ou ovos de himenópteros parasitoides, no período de março de 2011 a setembro de 2013. As observações foram feitas em locais próximos à Base Ecológica da Serra do Japi, com altitude de aproximadamente 950 m. Nos meses em que os parasitoides foram encontrados, foi registrada a estrutura etária da população de aranhas, as quais foram classificadas em diferentes ínstares que foram utilizados para estimar a frequência esperada de parasitismo para cada ínstar. Para isso, 50 árvores com diâmetro à altura do peito maior do que 30 cm, contendo líquens, musgos e/ou depressões foram inspecionadas e as aranhas encontradas tiveram os ínstares registrados, para comparar se há seletividade por tamanho.

As aranhas encontradas parasitadas foram capturadas e mantidas em laboratório (n = 3) ou acompanhadas em campo (n = 4). As etapas do desenvolvimento do himenóptero foram registradas utilizando uma câmera fotográfica DSLR com lente macro de ampliação 1:1. Foram feitas imagens das larvas em 1º, 2º e 3º ínstar, da larva consumindo a aranha, do processo de construção do casulo e da vespa adulta, bem como da teia da aranha parasitada e não parasitada. Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura para obter imagens do

casulo de *Acrotaphus* sp. e dos pontos de inserção de teias normais e de teias modificadas. Uma larva de 3º ínstar foi fixada em paraformaldeído 4% e foram feitas imagens de suas estruturas utilizando-se estereomicroscópio de multi focagem. Um macho e uma fêmea adultos de *Acrotaphus* sp. foram fixados em álcool 70% para posterior identificação.

## RESULTADOS

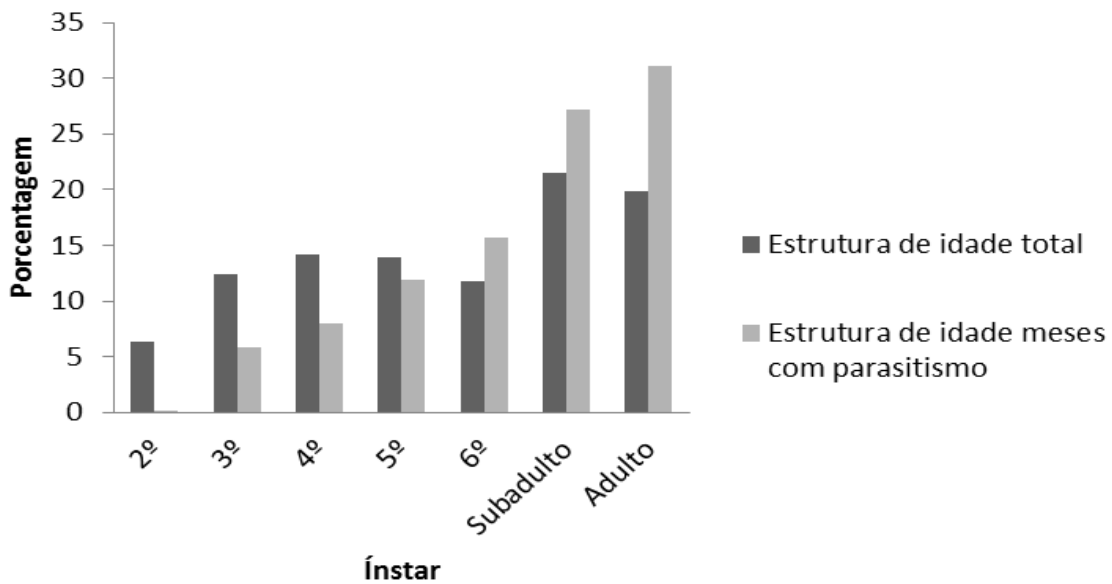
No total foram encontradas sete aranhas parasitadas por *A. tibialis*, nos meses de setembro de 2011 (n=1); fevereiro (n=1), maio (n=1), julho (n=1), agosto (n=1) e setembro (n=1) de 2012; e maio de 2013 (n= 1). Houve maior ataque em aranhas com estágios de desenvolvimento avançados, adultos (n=2), subadultos (n=4) ou em 6º ínstar (n=1) (Figura 1), com peso médio de  $0,25 \pm 0,18$  g (n = 7).



**Figura 1:** Frequência dos ínstares de aranhas nos meses em que aranhas parasitadas foram encontradas (esperado, n = 547) e frequência de ínstares de aranhas parasitadas (observado, n = 7).

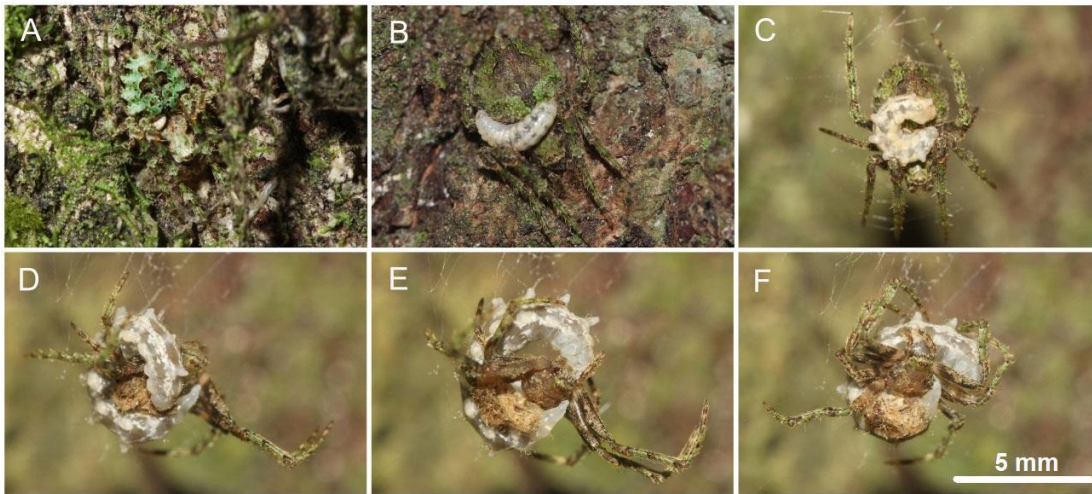
Quando comparadas as estruturas de idade da população de *Eustala perfida* no período de setembro de 2011 a maio de 2013 (veja capítulo 2) com a estrutura de idade durante os meses em que foram encontradas aranhas parasitadas, observou-se diferença na

composição dos ínstars ( $G= 123.61$ ,  $p < 0.0001$ ) (Figura 2), sendo que indivíduos de 6º ínstar, subadultos e adultos ocorreram com frequência acima da esperada, ou seja, o período em que ocorrem aranhas parasitadas corresponde a períodos onde 6º ínstars, subadultos e adultos são mais frequentes.



**Figura 2:** Frequência de indivíduos de *Eustala perfida*, por ínstar, no período de setembro de 2011 a maio de 2013 (estrutura de idade total - esperado) e frequência de ínstars nos meses em que foram encontradas aranhas parasitadas por *Acrotaphus* sp. (observado).

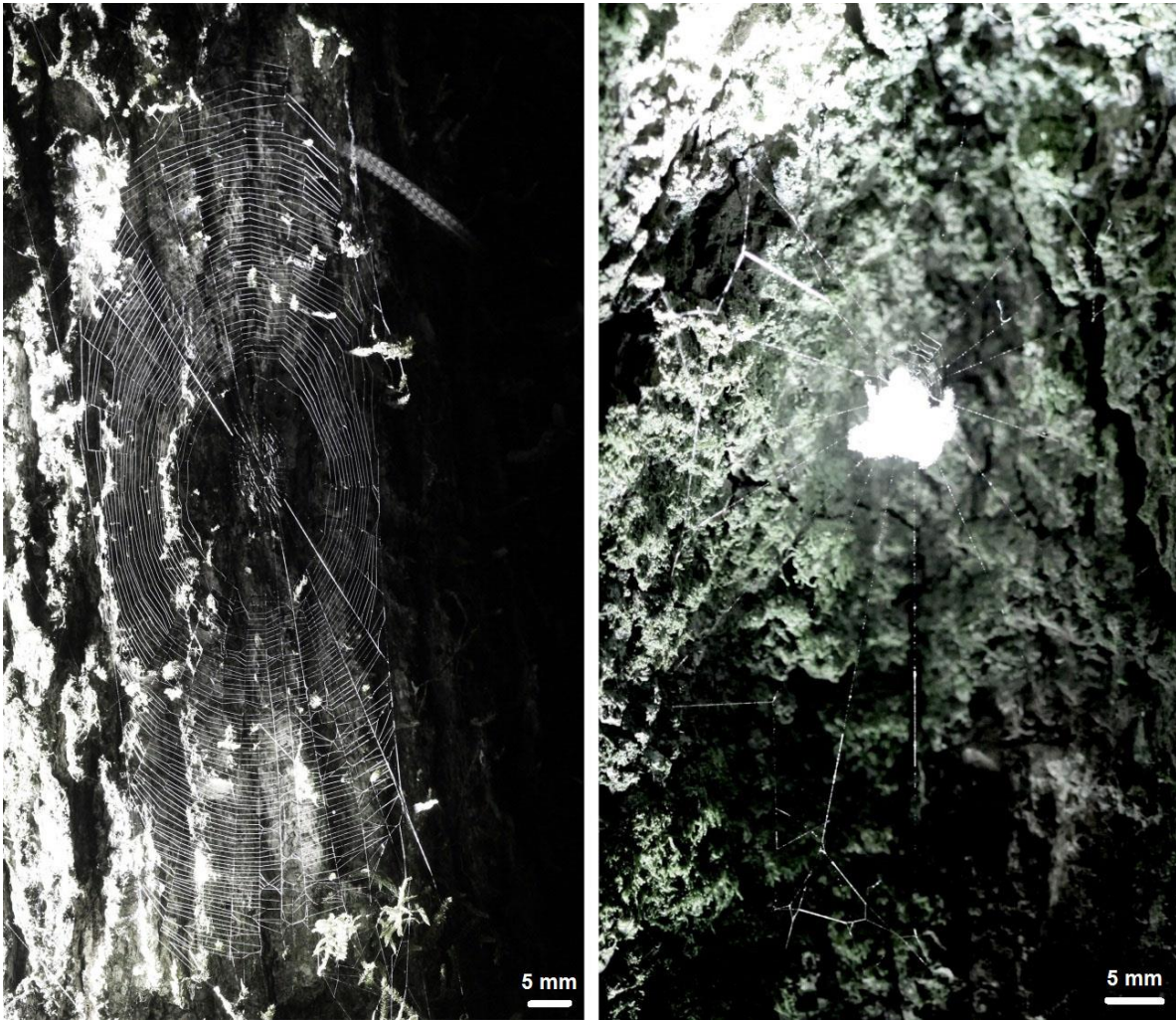
As larvas de *Acrotaphus tibialis* foram encontradas sempre aderidas à região anterior dorsal do abdômen da aranha (Figura 3 A, B, C). Após um período de 12 a 14 dias, a larva atinge o segundo ínstar, e um ou dois dias depois, o terceiro e último ínstar (Figura 3 A, B e C). A partir do segundo ínstar, o himenóptero induz a aranha a construir uma teia modificada, processo que dura aproximadamente 30 minutos.



**Figura 3:** Desenvolvimento da larva de *Acrotaphus tibialis*: A) larva em primeiro ínstar, B) larva em segundo ínstar, C) larva em terceiro ínstar; larva consumindo D) o abdome, E) o cefalotórax e F) a um segmento da perna da aranha. Fotos: A, B: Yuri Fanchini Messas; C, D, E, F: Hebert da Silva Souza.

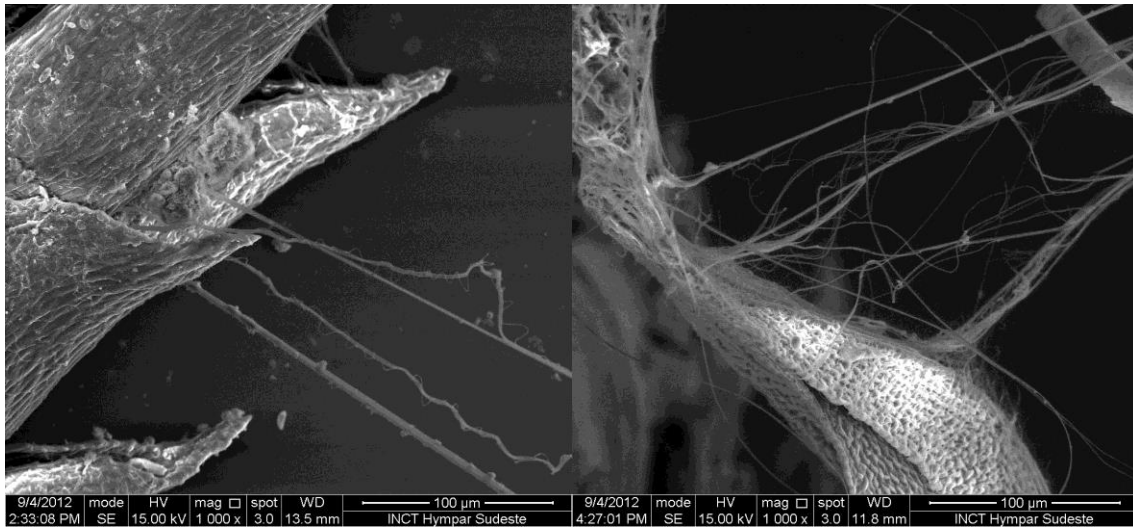
Após construir a teia, a aranha ainda passa o período de até um dia adicionando fios e modificando sua estrutura. A teia modificada possui menor número de linhas radiais, mais curtas do que o usual, apoiadas em muitos pontos no substrato; apenas alguns fios de sustentação e ausência de espirais de captura (Figura 4).





**Figura 4:** À esquerda, teia normal construída por *Eustala perfida*; à direita, teia modificada construída por *E. perfida* parasitada por *Acrotaphus tibialis*. Fotos: Yuri Fanchini Messas.

Os pontos de inserção da teia normal de *E. perfida* (Figura 5 A) aparentam possuir menor estabilidade do que os pontos de inserção da teia modificada feita por indivíduos parasitado por *A. tibialis* (Figura 5 B).



**Figura 5:** Imagens feitas em microscópio eletrônico de varredura mostrando detalhes dos pontos de inserção de teia normal (esquerda) e modificada (direita) de indivíduo adulto de *Eustala perfida*

Após atingir o terceiro ínstar, a larva de *Acrotaphus* assume forma de “C” no abdome da aranha (Figura 3 C) e consome a hemolinfa do cefalotórax, abdome e segmentos das pernas da aranha (Figura 3 D, E, F), matando o animal e descartando seu corpo. A larva em terceiro instar apresenta tubérculos na região dorsal e cada tubérculo possui diversos ganchos em sua extremidade, os quais serão posteriormente utilizados pela larva para se fixar à teia da aranha (Figura 6).



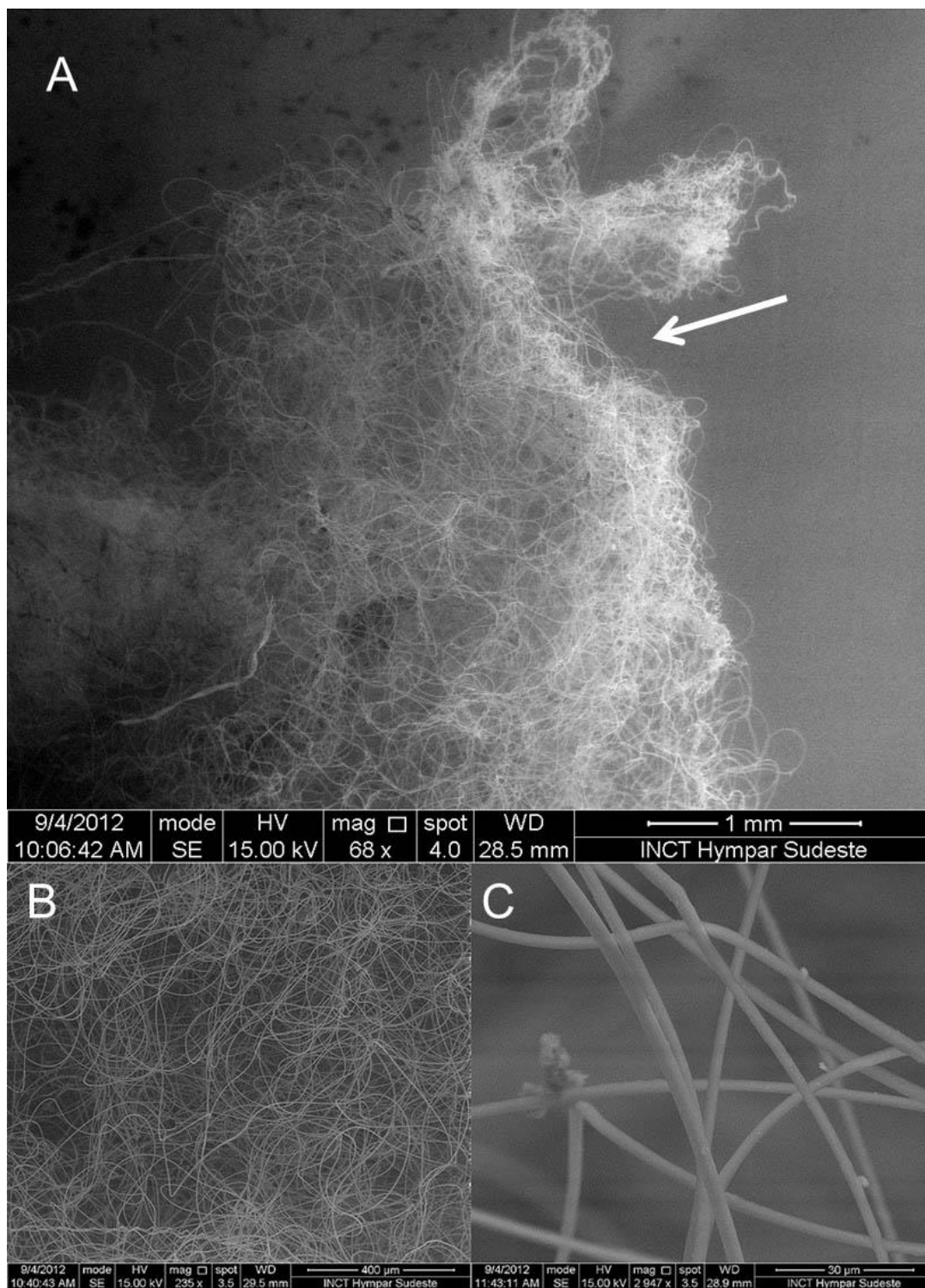
**Figura 6:** Detalhe do tubérculo de uma larva de *Acrotaphus tibialis* em terceiro ínstar contendo ganchos presos à teia de *Eustala perfida*.

Em seguida, a larva tece o casulo no centro da teia modificada (Figura 7), processo que dura aproximadamente 15 h (n = 7) e é realizado durante o período noturno.

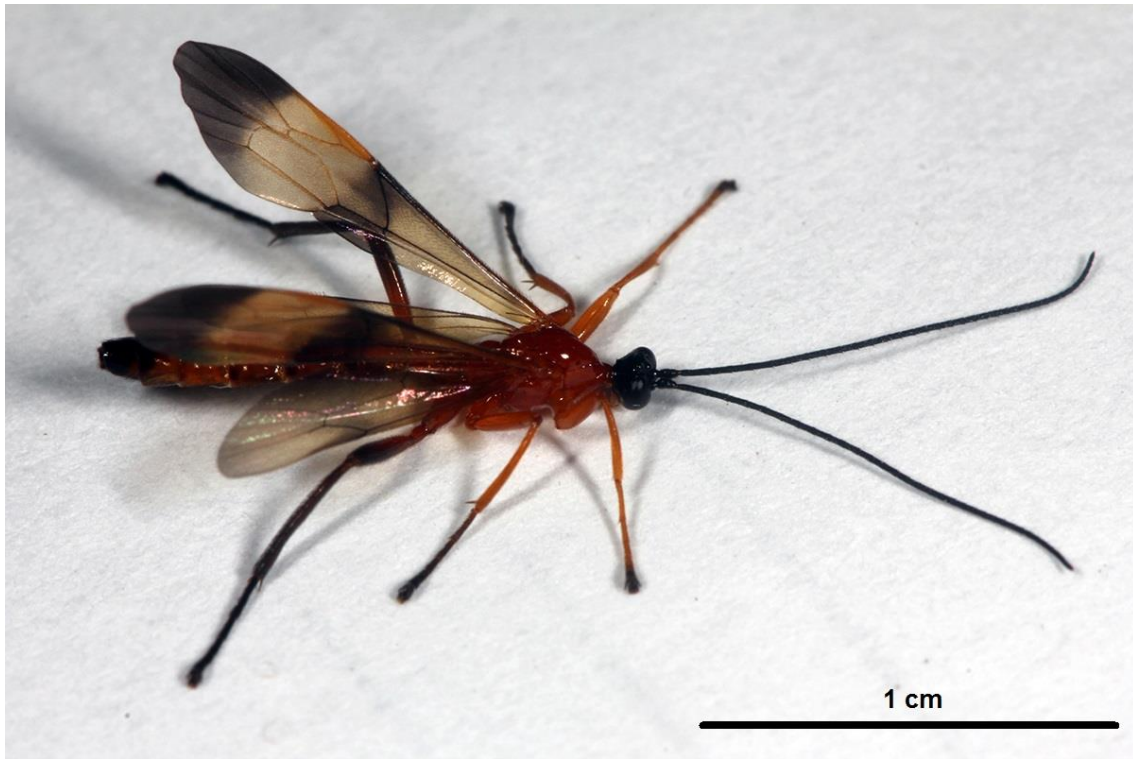


**Figura 7:** À esquerda, larva de *Acrotaphus tibialis* construindo o casulo; à direita, casulo pronto. Fotos: Yuri Fanchini Messas.

O casulo de *A. tibialis* possui cerca de 10 mm de comprimento e apresenta coloração esbranquiçada, composto por uma densa trama de fios de aproximadamente 4  $\mu\text{m}$  de espessura. Sua porção apical, mais estreita do que a base (Figuras 7 e 8), é o local por onde a vespa adulta (Figura 9) emerge 11 dias após a construção do casulo.



**Figura 8:** A) Porção apical do casulo de *Acrotaphus tibialis*. A seta indica a região por onde a vespa adulta emerge do casulo B) porção central do casulo e C) detalhe dos fios que o compõem. Imagens feitas sob microscopia eletrônica de varredura.



**Figura 8:** Macho adulto de *Acrotaphus tibialis*. Foto: Hebert da Silva Souza.

## DISCUSSÃO

As teias modificadas de *E. perfida* possuem muitas linhas radiais, mais curtas do que o usual, apoiadas em muitos pontos no substrato. Além disso, possui maior quantidade de fios em direção ao tronco da árvore, o que confere certo grau de tridimensionalidade. Esses fatores melhoram a estabilidade física da teia, possivelmente aumentando a probabilidade de sobrevivência da pupa. A ausência da espiral pegajosa de captura evita que se acumulem restos de presa na teia, o que a torna menos susceptível à interceptação de presas, deixando o casulo mais protegido. Além disso, a construção dessa espiral envolve gasto energético, o que provavelmente reduz a biomassa da aranha, e conseqüentemente, a

quantidade de alimento disponível para a larva parasitoide. As características observadas na teia modificada são semelhantes às de outros estudos envolvendo vespas do grupo *Polysphincta* e araneídeos (Eberhard 2000 a, b, Gonzaga & Sobczak 2011). A teia modificada da aranha *Argiope trifasciata*, também hospedeira de *A. tibialis*, possui em ambos os lados barreiras de fios em forma de emaranhado (Eberhard 2013). Essa característica é ausente nas teias modificadas de *E. perfida*, provavelmente devido à ausência de pontos de inserção para a construção destas barreiras em ambientes de cascas de árvores. Aranhas de tamanho pequeno são alvo de vespas do gênero *Hymenoepimecis* (Gonzaga & Sobczak 2007, Gonzaga *et al.* 2010) e *Acrotaphus* (Gonzaga & Sobczak 2011) e os autores sugerem que isso ocorra devido ao fato de que aranhas grandes oferecem riscos ao himenóptero durante o processo de imobilização e deposição do ovo. O presente estudo sustenta essa hipótese, já que *E. perfida* possui adultos com comprimento total médio de 5.7 mm (Poeta *et. al.* 2010), pequeno em relação aos indivíduos de *A. tibialis* (aproximadamente 13 mm). Os resultados obtidos indicam que aranhas em estágios avançados de desenvolvimento (6º ou mais) forneçam biomassa suficiente para o desenvolvimento da larva, porém para testar se há preferência por tamanho seria necessário encontrar um número maior de aranhas parasitadas.

A diferença observada entre as composições de idade de *E. perfida* ao longo do ano e nos meses em que foram encontrados indivíduos parasitados pode ser um indício de que exista ajustes fenológicos entre *A. tibialis* e seu hospedeiro, levando em consideração que os ínstares das aranhas parasitadas foram os mais frequentes nos meses em que houve parasitismo.

Durante o dia *E. perfida* permanece camuflada e repousando sobre líquens e musgos nos troncos de árvores, sendo dificilmente encontrada por predadores visualmente orientados. Além disso, a espécie apresenta polimorfismo cromático (ver capítulo 1), que pode ocorrer em resposta à pressão seletiva exercida por estes predadores. Apesar de ter sido encontrada baixa frequência de indivíduos parasitados ao longo do período estudado, o fato de *A. tibialis* apresentar comportamento crepuscular (Gauld & Dubois 2006) pode explicar o modo como os hospedeiros são encontrados, já que esse é o período em que as aranhas saem dos troncos das árvores em direção ao centro da teia, onde permanecem forrageando durante o período noturno.

Segundo Gonzaga & Sobczak (2011), registros de interações e dados de história natural envolvendo o clado “F” de Gauld & Dubois (2006), que incluem algumas espécies do gênero polifilético *Polysphincta* e dos gêneros *Ticapimpla*, *Acrotaphus* e *Hymenoepimecis* são essenciais para se entender o caminho evolutivo da manipulação de hospedeiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eberhard, W.G. 2000 a. Spider manipulation by a wasp larva. *Nature*. 406: 255-256.

Eberhard, W.G. 2000 b. The natural history and behavior of *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera: Ichneumonidae) a parasitoid of *Plesiometa argyra* (Araneae: Tetragnathidae). *Journal of Hymenoptera Research*. 9: 220-240.

Eberhard, W.G. 2001. Under the influence: webs and building behavior of *Plesiometa argyra* (Araneae, Tetragnathidae) when parasitized by *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera, Ichneumonidae). *The Journal of Arachnology*. 29: 354-366.



Eberhard, W.G. 2010. Recovery of spiders from the effects of parasitic wasps: implications for fine-tuned mechanisms of manipulation. *Animal Behaviour*. 79: 375-383.

Eberhard, W. G. 2013. The polysphinctine wasps *Acrotaphus tibialis*, *Euga ca. gutfreund*, and *Hymenoepimecis tedfordi* (Hymenoptera, Ichneumonidae, Pimplinae) induce their host spiders to build modified webs. *Annals of the Entomological Society of America*. 106: 652-660.

Gauld, I.D., 2000. The re-definition of Pimpline genus *Hymenoepimecis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) with a description of a plesiomorphic new Costa Rica species. *Journal of Hymenoptera Research*. 9: 213-219.

Gauld, I.D.; Dubois, J. 2006. Phylogeny of the *Polysphincta* group of genera (Hymenoptera: Ichneumonidae; Pimplinae): a taxonomic revision of spider ectoparasitoids. *Systematic Entomology*. 31: 529-564.

Gonzaga, M.O.; Vasconcellos-Neto J. 2005. Orb-web spiders (Araneae: Araneomorphae; Orbiculariae) captured by hunting wasps (Hymenoptera: Sphecidae) in an area of Atlantic Forest in south-eastern Brazil. *Journal of Natural History*. 39: 2913-2933.

Gonzaga, M.O.; Santos, A.J.; Japyassú, H.F. 2007. *Ecologia e comportamento de aranhas*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 400pp.

Gonzaga, M.O.; Sobczak, J.F. 2007. Parasitoid-induced mortality of *Araneus omnicolor* (Araneae, Araneidae) by *Hymenoepimecis* sp. (Hymenoptera, Ichneumonidae) in southeastern Brazil. *Naturwissenschaften*. 94: 223-227.

Gonzaga, M.O.; Sobczak, J.F.; Penteado-Dias, A.M.; Eberhard, W.G. 2010. Modification of *Nephila clavipes* (Araneae: Nephilidae) webs induced by the parasitoids *Hymenoepimecis bicolor* and *H. robertsae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Ethology, Ecology and Evolution*. 22: 151-165.

Gonzaga, M.O.; Sobczak, J.F. 2011. Behavioral manipulation of the orb-weaver spider *Argiope argentata* (Araneae, Araneidae) by *Acrotaphus chedelae* (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Entomological Science*. 14: 220-223.

Hanson, P.E.; Gauld, I.D. (Eds.). 1995. *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford: Oxford University Press, 893 pp.

Matsumoto, R.; Konishi, K. 2007. Life histories of two ichneumonid parasitoids of *Cyclosa octotuberculata* (Araneae): *Reclinervellus tuberculatus* (Uchida) and its new sympatric congener (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae). *Entomological Science*. 10: 267-278.

- Matsumoto, R. 2009. "Veils" against predators: modified web structure of a host spider induced by an ichneumonid parasitoid, *Brachyzapus nikkoensis* (Uchida) (Hymenoptera). *Journal of Insect Behavior*. 22: 39-48.
- Mello-Leitão, C.F. 1947. Aranhas do Paraná e Santa Catarina, das coleções do Museu Paranaense. *Arquivos do Museu Paranaense*. 6 (6): 231-304.
- Poeta, M.R.M.; Marques, M.A.L.; Buckup, E.H. 2010. Sobre algumas espécies do gênero *Eustala* (Araneae, Araneidae) do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 100: 267-274.
- Quicke, D.L.J. 1997. *Parasitic wasps*. First edition. London: Chapman & Hall, 470p.
- Sobczak, J.F.; Loffredo, A.P.S.; Pentead-Dias, A.M.; Gonzaga, M.O. 2009. Two new species of *Hymenoepimecis* (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae) with notes on their spider hosts and behaviour manipulation. *Journal of Natural History*. 43: 2691-2699.
- Takasuka, K.; Matsumoto, R.; Ohbayashi, N. 2009. Oviposition behavior of *Zatypota albicoxa* (Hymenoptera, Ichneumonidae), an ectoparasitoid of *Achaearanea tepidariorum* (Araneae, Theridiidae). *Entomological Science*. 12: 232-237.
- Takasuka, K.; Matsumoto, R. 2011. Lying on the dorsum: unique host-attacking behaviour of *Zatypota albicoxa* (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Journal of Ethology*. 29: 203-207.
- Weng, J.L.; Barrantes, G. 2007. Natural history and larval behavior of the parasitoid *Zatypota petronae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Hymenoptera Research*. 16: 326-335.