

CLEBER RIBEIRO JÚNIOR

**SENSILAS ANTENAS EM VESPIDAE: ESTUDO COMPARADO ENTRE
ESPÉCIES COM HÁBITOS DIURNO E NOTURNO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: José Eduardo Serrão

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

R484s
2021
Ribeiro Júnior, Cleber, 1978-
Sensilas antenais em vespidae: estudo comparado entre
espécies com hábitos diurno e noturno / Cleber Ribeiro Júnior. –
Viçosa, MG, 2021.
1 tese eletrônica (42 f.): il.

Orientador: José Eduardo Serrão.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Geral, 2021.
Referências bibliográficas: f. 36-42.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.208>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Vespas - Comportamento. 2. *Apoica flavissima*. 3.
Polistes simillimus. I. Serrão, José Eduardo, 1965-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia
Geral. Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e
Estrutural. III. Título.

CDD 22. ed. 595.798

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

CLEBER RIBEIRO JÚNIOR

**SENSILAS ANTENAS EM VESPIDAE: ESTUDO COMPARADO ENTRE
ESPÉCIES COM HÁBITOS DIURNO E NOTURNO**

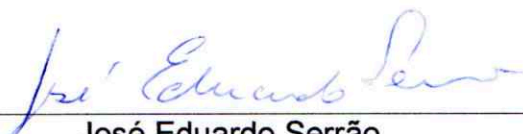
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 5 de outubro de 2021.

Assentimento:



Cleber Ribeiro Júnior
Autor



José Eduardo Serrão
Orientador

*Aos meus filhos amados, Alice e Arthur,
minha esposa Flávia,
familiares e amigos,
que estiveram sempre ao meu lado.*

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural pela oportunidade de desenvolver a pesquisa de doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001.

Ao professor e orientador Jose Eduardo Serrão pela orientação e atenção que sempre teve comigo durante todo o período de doutorado. Sou grato por me possibilitar chegar até aqui!

Ao Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM) da Universidade Federal de Viçosa durante o uso do microscópio eletrônico de varredura. Agradecimento especial à líder da equipe técnica Karla Veloso Gonçalves Ribeiro.

A secretária da Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural Elizabeth Alves Pena pela amizade e ajuda aos assuntos de registros acadêmicos.

Aos meus filhos Alice e Arthur, pelo apoio, carinho e por entenderem as várias vezes que fiquei ausente de casa por estar em Viçosa fazendo matéria e desenvolvendo a pesquisa. Vocês são a razão de tudo isso, amo vocês!

A minha esposa Flávia por ser minha companheira em todos os momentos e sempre me deu apoio e força durante os anos de doutorado.

Meus pais Cleber e Marilda pelo amor, carinho e educação de sempre.

Meus sogros Tarcísio e Regina que sempre estiveram ao meu lado me ajudando de todas as formas possíveis! Sem vocês esse doutorado não seria possível! Sou sempre grato por isso!

Minha irmã Keila por me ajudar sempre com quarto arrumadinho quando tinha que ficar mais dias em Viçosa e pelo apoio que sempre me deu.

Ao meu irmão Cleberson por me apoiar e estar sempre ao meu lado.

Aos colegas de laboratório que sempre me ajudaram e pelas ótimas conversas durante os cafés da tarde.

E por fim todos que direta ou indiretamente contribuíram para que pudesse chegar ao fim do meu doutorado.

“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve que renunciar para conseguir”

(Dalai Lama)

RESUMO

RIBEIRO JÚNIOR, Cleber, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2021. **Sensilas antenais em Vespidae: estudo comparado entre espécies com hábitos diurno e noturno.** Orientador: José Eduardo Serrão.

As vespas sociais possuem ampla ocorrência Neotropical e são importantes agentes polinizadores e de controle biológico de insetos praga. A atividade forrageadora das vespas é influenciada por fatores bióticos e abióticos que podem ser detectados pelas sensilas antenais. A quantidade e tipos de sensilas antenais variam com a espécie, sexo, casta e condições ambientais. O objetivo do presente estudo foi comparar os tipos e quantidades das sensilas antenais entre a vespa de hábito noturno *Apoica flavissima* e a de hábito diurno *Polistes simillimus*. Onze operárias adultas de *A. flavissima* e 11 de *P. simillimus* foram coletadas manualmente em quatro colônias. As sensilas das antenas direita e esquerda foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura. Os diferentes tipos de sensilas foram contados, medidos quanto comprimento, largura e o comprimento cada flagelômero e comparados estatisticamente. Nas antenas de ambas as espécies avaliadas foram encontrados seis tipos de sensilas: placoidea, celocônica, basicônica tipo 1, basicônica tipo 2, tricoidea tipo 1 e tricoidea tipo 2. Sensilas do tipo caética foram encontradas apenas no escapo e pedicelo de *A. flavissima*. Na vespa noturna ocorrem em média 19132,27 ($\pm 1247,72$) sensilas na antena esquerda e 17746,46 ($\pm 1477,46$) na direita, enquanto na diurna, 14936,72 ($\pm 1271,69$) na antena esquerda e 16090,82 ($\pm 1345,3$) na direita. Em *A. flavissima* o maior comprimento da antena, concentra também o maior número de sensilas, em comparação com *P. simillimus*. Contudo a maior quantidade de sensilas na vespa noturna, não se deve exclusivamente ao tamanho de suas antenas, sendo discutidos aspectos referentes às funções das sensilas antenais com relação a fatores ecológicos e comportamentais de *A. flavissima* e *P. simillimus*.

Palavras-chave: *Apoica flavissima*. Comportamento. *Polistes simillimus*.

ABSTRACT

RIBEIRO JÚNIOR, Cleber, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2021. **Antennal sensilla in Vespidae: A comparison between diurnal and nocturnal wasps.** Adviser: José Eduardo Serrão.

Social wasps have a large Neotropical occurrence and are important pollinators and biological control agents for pest insects. The foraging activity of wasps is influenced by biotic and abiotic factors that can be detected by the antennal sensilla. The number and types of antennal sensilla vary with species, sex, caste and environmental conditions. The objective of the present study was to compare the types and quantities of antennal sensillas between the nocturnal wasp *Apoica flavissima* and the diurnal wasp *Polistes similimus*. Eleven adult workers of *A. flavissima* and 11 of *P. similimus* were manually collected in four colonies. The sensillas of the right and left antennae were analyzed under a scanning electron microscope. The different types of sensilla were counted, measured for length, width and length of each flagelomere and statistically compared. Six types of sensilla were found in the antennae of both species: placodea, coeloconica, basiconic type 1, basiconic type 2, trichoidea type 1 and trichoidea type 2. Sensilla chaetica were found only in the scape and pedicel of *A. flavissima*. In the nocturnal wasp there are an average of 19132.27 (± 1247.72) sensillas in the left antenna and 17746.46 (± 1477.46) in the right, while in the diurnal wasp, 14936.72 (± 1271.69) in the left antenna and 16090.82 (± 1345.3) on the right. In *A. flavissima*, the longest antenna length also has the largest number of sensillas, compared to *P. similimus*. However, the greater number of sensillas in the nocturnal wasp is not exclusively due to the size of its antennae, aspects related to the functions of the antennal sensillas in relation to ecological and behavioral factors of *A. flavissima* and *P. similimus* are discussed.

Keywords: *Apoica flavissima*. Behavior. *Polistes similimus*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Micrografia eletrônica de varredura das antenas direitas de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B), mostrando antena geniculada com o escapo, pedicelo e o flagelo com 10 flagelômeros (F1 a F10).....16
- Figura 2 - Micrografias eletrônicas de varredura das antenas. A - sétimo flagelômero esquerdo de *Polistes simillimus* mostrando sensilas placoidea (SP), celocônica (SC), basicônica tipo 1 (SB1), basicônica tipo 2 (SB2) e tricoidea tipo 1 (ST1); B - oitavo flagelômero direito de *Polistes simillimus* mostrando sensila tricoidea tipo 2 (ST2); C - escapo direito de *Apoica flavissima* mostrando sensila caética (SCa).....17
- Figura 3 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas nos segmentos antenais [escapo, pedicelo e flagelômeros (F1 a F10)] das antenas esquerda e direita de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B).....19
- Figura 4 - Micrografia eletrônica de varredura mostrando sensila antenal placoidea de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B). Seta indica o sulco lateral da sensila.....21
- Figura 5 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas placoideas nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença entre as espécies pelo teste t-Student ($p < 0.05$).....22
- Figura 6 - Micrografia eletrônica de varredura mostrando sensila celocônica da antena de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B). Setas indicam o orifício no centro da sensila.....22
- Figura 7 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas celocônicas nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença entre as espécies pelo teste t-Student ($p < 0.05$).....23
- Figura 8 - Micrografias eletrônicas de varredura da antena, mostrando sensilas basicônicas tipo 1 de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B); setas brancas

indicam estrias longitudinais e setas pretas indicam poro apical. *Sensilas basicônicas* tipo 2 de *Polistes simillimus* (C) e *Apoica flavissima* (D); setas tracejadas indicam a base arredondada e setas pretas indicam poro apical.....24

Figura 9 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas basicônicas tipo 1 nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as espécies ($p < 0.05$).....26

Figura 10 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas basicônicas tipo 2 nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença pelo teste t-Student ($p < 0.05$).....26

Figura 11 - Micrografias eletrônicas de varredura da antena, mostrando sensilas tricoidea tipo 1 de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B); setas indicam estrias espiraladas. Sensilas tricoideas tipo 2 de *Polistes simillimus* (C) e *Apoica flavissima* (D); círculos indicam curvatura do ápice.....27

Figura 12 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas tricoideas tipo 1 nos segmentos da antena: escapo, pedicelo e flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as espécies ($p < 0.05$).....29

Figura 13 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas tricoideas tipo 2 nos segmentos da antena: escapo, pedicelo e flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as espécies ($p < 0.05$).....29

Figura 14 - Micrografias eletrônicas de varredura da antena, mostrando: A - escapo de *Polistes simillimus*; B - pedicelo de *Polistes simillimus*; C - escapo de *Apoica flavissima*, setas indicam sensilas caéticas; D - pedicelo de *Apoica flavissima*, setas indicam sensilas caéticas; E - sensila caética com ranhuras longitudinais (seta).....30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Comprimento médio e desvio padrão (μm) do escapo, pedicelo e 10 flagelômeros (F1 a F10) das antenas de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.....18
- Tabela 2 - Quantidade (média \pm desvio padrão) de sensilas placoidea, celocônica, basicônica tipo 1, basicônica tipo 2, tricoidea tipo 1, tricoidea tipo 2 e sensila caética registradas nas antenas esquerda e direita de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B).....20
- Tabela 3 - Valores médios de comprimento e largura (μm) de sensilas placoideas nas antenas de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.....21
- Tabela 4 - Valores médios de comprimento e largura (μm) de sensilas celocônicas nas antenas de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.....23
- Tabela 5 - Valores médios de comprimento e largura da base (μm) de sensilas basicônicas tipo 1 e tipo 2 de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.....25
- Tabela 6 - Valores médios de comprimento e largura da base (μm) de sensilas tricoideas tipo 1 e tipo 2 de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.....28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1. Vespas sociais.....	14
2.2. Microscopia eletrônica de varredura.....	14
2.3. Análises dos dados.....	15
3. RESULTADOS.....	16
3.1. Antenas e sensilas.....	16
3.2. Sensila placoidea.....	20
3.3. Sensilas celocônicas.....	22
3.4. Sensilas basicônicas.....	24
3.5. Sensilas tricoideas.....	27
3.6. Sensilas caéticas.....	30
4. DISCUSSÃO.....	31
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

A família Vespidae é dividida em subfamílias, sendo Polistinae, Vespinae e Stenogastrinae aquelas que apresentam comportamento eussocial (BELL, SUMNER, 2013). Essas subfamílias exibem os comportamentos de divisão do trabalho em castas, sobreposição de gerações na colônia e cuidado da prole (WILSON, 1971). As vespas sociais compreendem mais de 1000 espécies divididas em quatro tribos: Polistini, com um único gênero, *Polistes* Latreille; *Mischocyttarini*, um único gênero, *Mischocyttarus* de Saussure; Epiponini, com 19 gêneros; e Ropalidiini, com quatro gêneros (SILVEIRA et al., 2021).

Estes insetos tem importância ecológica, atuando como agentes polinizadores de angiospermas durante o forrageio de néctar (RICHTER, 2000) e como controladores biológicos, quando capturam lagartas de insetos praga, que é a principal fonte proteica das larvas de vespas (EVANS, WEST-EBERHARD, 1970; SPRADBERRY, 1973, PREZOTO et al., 2019; JACQUES et al., 2019). A atividade de forrageio das vespas sociais é influenciada pela temperatura, umidade relativa do ar, intensidade de luz, velocidade do vento (PREZOTO et al., 1994; GIANNOTTI et al., 1995; RESENDE et al., 2001; LIMA, PREZOTO, 2003; PAULA et al., 2003; RIBEIRO-JUNIOR et al., 2006), fases da lua (NASCIMENTO, TANNURE-NASCIMENTO, 2005) e endógenos, como fase do desenvolvimento dos indivíduos e tamanho da colônia (ANDRADE, PREZOTO, 2001).

Dentre as vespas sociais, representantes de *Polistes* ocorrem em praticamente todas as regiões Neotropicais (REEVE, 1991) e possuem preferência por forragear durante o período diurno, como demonstrado para *Polistes simillimus* Zikán, 1951 (ELISEI et al., 2008). Já os representantes de *Apoica* Lepeletier, 1836 (Epiponini), cuja distribuição ocorre do México até a Argentina (PICKETT, WENZEL 2007), possuem comportamento de voo noturno (CARPENTER, 2004; NASCIMENTO, TANNURE-NASCIMENTO, 2005).

O comportamento dos insetos depende da detecção de estímulos ambientais, incluindo a percepção de odores, umidade, temperatura, concentração de gás carbônico e estímulos mecânicos (GULLAN, CRANSTON, 2012). Esses estímulos são captados por órgãos especializados que fazem parte do tegumento da antena, conhecidos como sensilas (KLEINEIDAM, TAUTZ, 1996), que também

podem ocorrer em outras partes do corpo, como apêndices locomotores e peças bucais (GIANNAKAKIS, FLETCHER, 1985).

As sensilas possuem componentes cuticulares, neurônios sensoriais e células da bainha, exercendo funções mecanorreceptora, olfativa, termorreceptora, higrorreceptora e sensíveis a CO₂ (JORGE et al., 2019). As sensilas mecanorreceptoras não possuem poros na sua superfície e são inervadas por um único neurônio, enquanto as olfativas são inervadas por vários neurônios e possuem poros na cutícula, que pode ser único (sensila uniporo) ou múltiplo (sensila multiporo) (HUNGER, STEINBRECHT, 1998). As sensilas termo- e higrorreceptoras não possuem poros e são dotadas de dois neurônios (GILLOTT, 2005). Aquelas responsáveis pela detecção de CO₂ são inervadas por um único neurônio com dendritos altamente ramificados (KLEINEIDAM et al., 2000).

Nos Hymenoptera, as sensilas antenais podem ser longas (tricoidea); curtas e digitiformes (basicônica); planas e niveladas com a superfície do tegumento (placoidea) ou curtas em depressões da cutícula (celocônica) (GILLOTT, 2005; NAKANISHI et al., 2009).

Embora as antenas dos insetos sejam os apêndices onde se concentram a maioria das sensilas, estas não estão distribuídas de forma aleatória, pois existem fatores que atuam sobre o número, tamanho e tipo das mesmas, incluindo o sexo e castas, como demonstrado para as abelhas *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (RAVAIANO et al., 2014) e *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz, 1938) (MONTH-JURIS et al., 2020), condições ambientais, como altitude como observado para a abelha *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (NASCIMENTO et al., 2013).

Embora a sensilas antenais sejam bem estudadas em abelhas (SUWANNAPONG et al., 2012; FIALHO et al., 2014; FRASNELLI, VALLORTIGARA, 2017; POLIDORI et al., 2020), formigas (HASHIMOTO, 1990; RENTHAL et al., 2003; MARQUES-SILVA et al., 2006; NAKANISHI et al., 2009), Hymenoptera parasitoides (BASIBUYUK, QUICKE, 1999; BLEEKER et al., 2004; ONAGLOBA, FADAMIRO, 2008; ZHOU et al., 2013) e pragas (SEVARIKA et al., 2021), em Vespidae estas estruturas são descritas apenas em *Vespa orientalis* Linnaeus, 1771 (Hymenoptera: Vespidae), na qual foi descrita a presença de sensilas caética, tricoidea, basicônica, placoidea e celocônica (KHODAIRY, AWAD, 2013).

O conhecimento dos tipos e quantidades de sensilas em vespídeos é importante para a compreensão da dinâmica de voo e sua relação com modo de

vida de cada espécie. Portanto, é preciso avaliar se existe relação entre as sensilas antenais e o modo de vida para diferentes espécies de vespas. Diante da finalidade de relacionar as estruturas sensoriais e o período de forrageio em vespídeos, o objetivo deste estudo foi verificar a hipótese que vespas sociais com diferentes hábitos de forrageio apresentam diferenças quanto aos tipos e quantidades de sensilas antenais. Especificamente foram comparados os tipos e quantidades das sensilas antenais entre a vespa de hábito noturno *Apoica flavissima* Van der Vecht 1972 e a de hábito diurno *Polistes simillimus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Vespas sociais

Onze operárias adultas de *A. flavissima* e 11 de *P. simillimus* foram coletadas manualmente com rede entomológica em quatro colônias localizadas em quatro diferentes pontos no estado de Minas Gerais (P1, P2, P3 e P4). Dois situados em troncos de árvores, a uma altura de aproximadamente 3 metros em relação ao solo, no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (P1: 20°46'25"S 42°52'28"W - cinco indivíduos de *A. flavissima*; P2: 20°46'03"S 42°52'13"W - cinco indivíduos de *P. simillimus*), o terceiro situado em um arbusto, a aproximadamente um metro do solo no município de Matias Barbosa (P3: 21°52'27"S 43°20'46" - seis indivíduos de *P. simillimus*) e o quarto localizado no município de Coronel Pacheco, situado em um troco arbóreo, a cerca de dois metros de altura em relação ao solo (P4: 21°35'29"S 43°16'17"W - seis indivíduos de *A. flavissima*). Todos os pontos de coletas contavam com áreas verdes próximas, caracterizadas por vegetação arbustiva e árvores. As espécies foram identificadas através de chaves de identificação (RICHARDS, 1978; CARPENTER, 2004).

2.2. Microscopia eletrônica de varredura

As análises de MEV e realizações de todas as imagens tiveram uma duração de aproximadamente 10 meses.

Após coleta, as vespas foram anestesiadas em criogenia (4°C por 20 minutos). As cabeças foram removidas com auxílio de estilete e lavadas em NaCl a 125 mM e posteriormente transferidas para solução fixadora de Zamboni (0,1 M, pH 7,3 STEFANINI et al., 1967) por 24 horas. Em seguida, os onze pares de antenas de

cada espécie foram retirados e cuidadosamente separados em antena direita e esquerda. Essas amostras foram lavadas em solução de hipoclorito de sódio a 1% e sonicadas por 5 minutos em aparelho ultrassônico (UNIQUE modelo USC-800A), para retirada de possíveis impurezas. A seguir as antenas foram desidratadas em série crescente de etanol (70%, 80%, 90%, 95%, 98%), transferidas para hexametildizilano (HMDS) por 5 minutos e secas em temperatura ambiente.

As antenas foram montadas em suportes de alumínio, mantendo a porção ventral em contato com o suporte, pois as sensilas concentram-se na porção dorso-lateral das antenas, e posteriormente metalizadas com ouro-paládio (20 nm de espessura) e analisadas em microscópio eletrônico de varredura LEO VP1430 (MEV) no Núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV. Durante as análises o suporte de amostras do MEV foi inclinado para esquerda e direita, possibilitando a obtenção de imagens das sensilas dorsais e em ambas as laterais de todos os segmentos antenais (flagelômeros).

Nas imagens obtidas no MEV, as sensilas foram classificadas de acordo com McIver (1975), Altner e Prillinger (1980) e Hallberg e Hansson (1999). Os diferentes tipos de sensilas foram contados, medidos quanto comprimento e largura, bem como o comprimento cada flagelômero, com auxílio do programa de computador ImageJ 1.52^a.

2.3. Análises dos dados

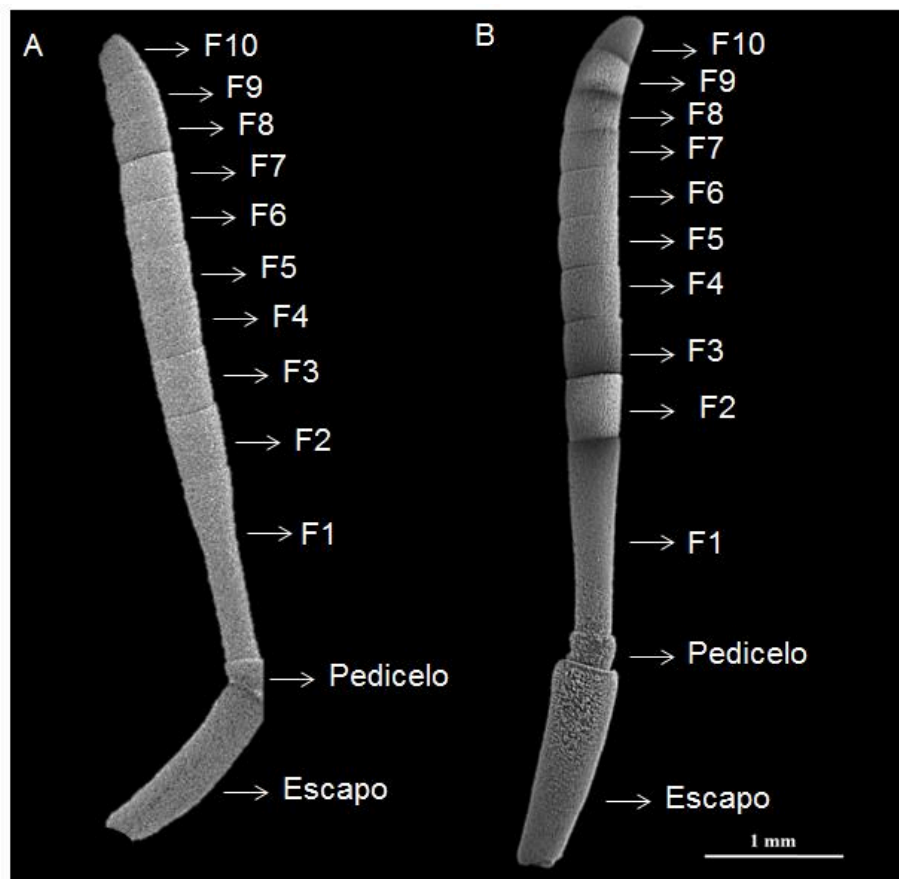
Os dados quantitativos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar dos pressupostos de normalidade e comparados entre as espécies e as antenas esquerda e direita com o teste t de Student ($P < 0,05$). O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar o grau de correlação entre a quantidade de sensilas e o comprimento dos flagelômeros, pedicelo e escapo. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa de computador BioEstat versão 5.3.

3. RESULTADOS

3.1. Antenas e sensilas

As antenas das vespas sociais *A. flavissima* e *P. simillimus* são do tipo geniculado, formadas pelo escapo, pedicelo e flagelo contendo 10 flagelômeros (Fig. 1).

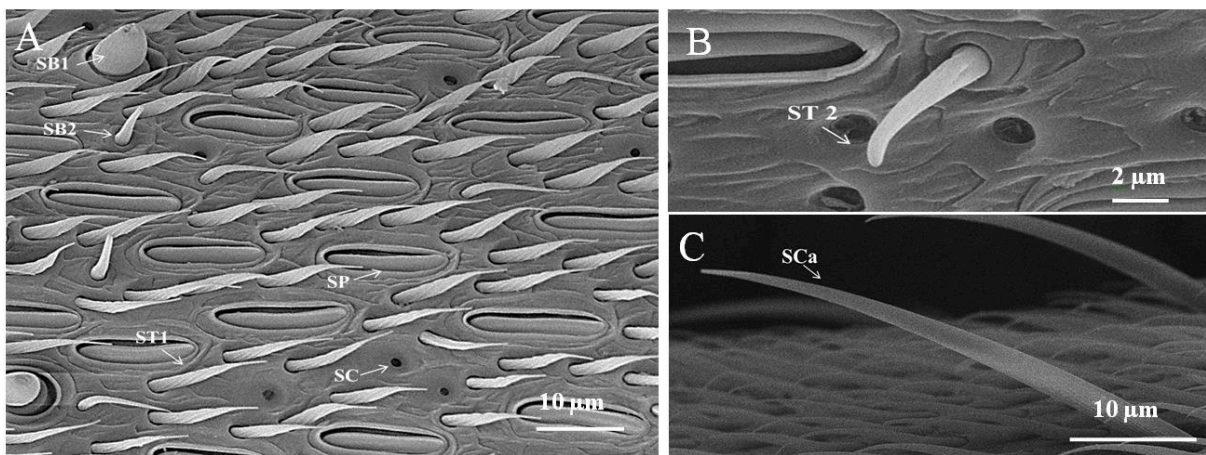
Figura 1 - Micrografia eletrônica de varredura das antenas direitas de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B), mostrando antena geniculada com o escapo, pedicelo e o flagelo com 10 flagelômeros (F1 a F10).



Fonte: Autor

Nas antenas de ambas as espécies avaliadas foram encontradas seis tipos de sensilas classificadas como: placoidea, celocônica, basicônica tipo 1, basicônica tipo 2, tricoidea tipo 1 e tricoidea tipo 2. Sensila do tipo caética foi encontrada apenas no escapo e pedicelo de *A. flavissima*, (Fig. 2).

Figura 2 - Micrografias eletrônicas de varredura das antenas. A - sétimo flagelômero esquerdo de *Polistes simillimus* mostrando sensilas placoidea (SP), celocônica (SC), basicônica tipo 1 (SB1), basicônica tipo 2 (SB2) e tricoidea tipo 1 (ST1); B - oitavo flagelômero direito de *Polistes simillimus* mostrando sensila tricoidea tipo 2 (ST2); C - escapo direito de *Apoica flavissima* mostrando sensila caética (SCa).



Fonte: Autor

Em relação ao o comprimento dos segmentos das antenais, os flagelômeros F2, F3, F4 e F5 são similares entre as duas vespas estudadas, porém os comprimentos do escapo, pedicelo, F1, F6, F7, F8, F9 e F10 diferem entre *P. simillimus* e *A. flavissima* ($p < 0,05$), sendo a antena de *A. flavissima* 8,6% mais longa que a de *P. simillimus* (Tabela 1).

Tabela 1 - Comprimento médio e desvio padrão (μm) do escapo, pedicelo e 10 flagelômeros (F1 a F10) das antenas de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.

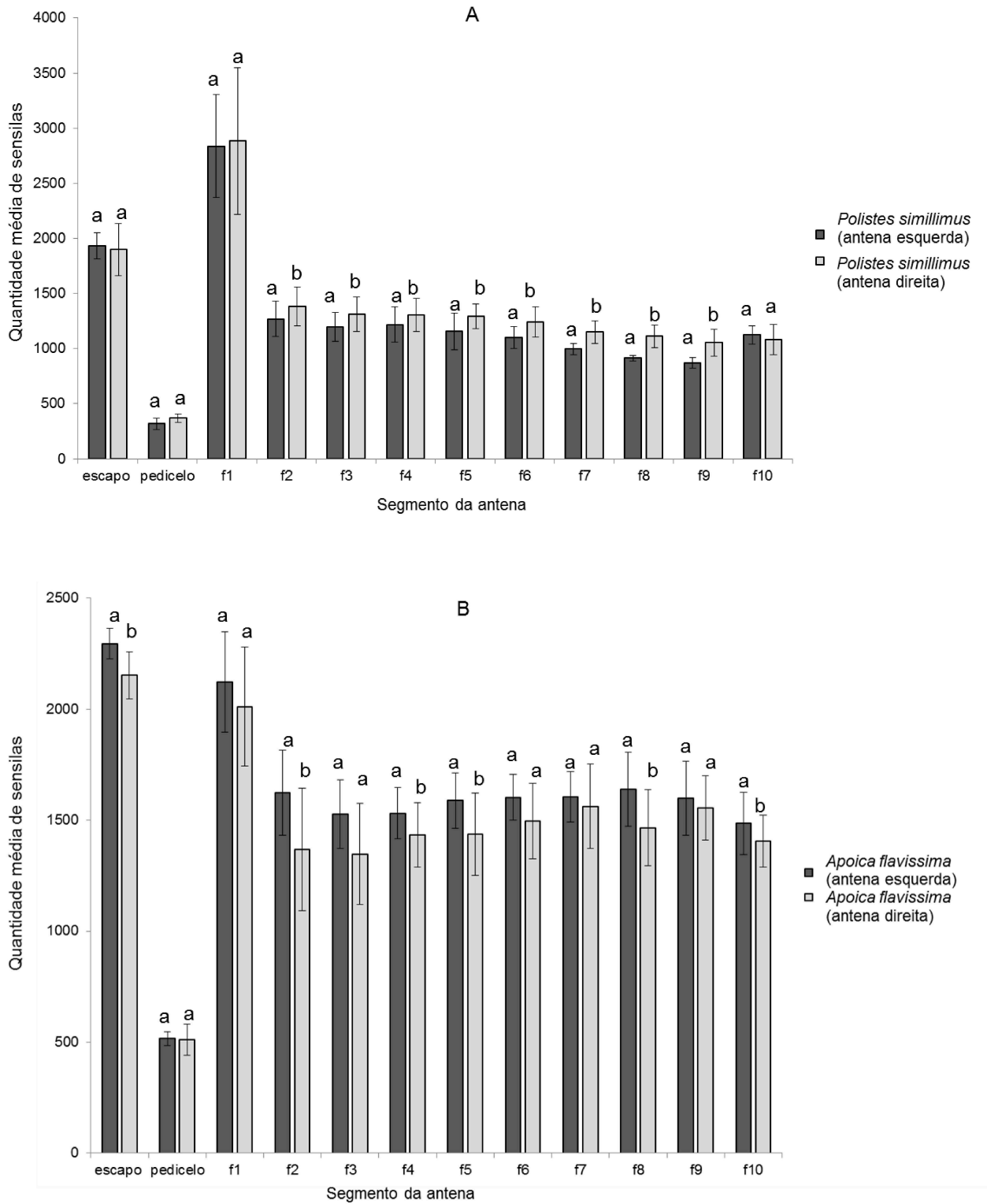
Segmento antenal	Comprimento	
	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>
Escapo	1184,48 \pm 16,11 a	1464,08 \pm 14,23 b
Pedicelo	151,11 \pm 9,14 a	306,80 \pm 11,88 b
F1	1322,40 \pm 13,8 a	872,64 \pm 15,11 b
F2	465,58 \pm 7,33 a	474,41 \pm 8,66 a
F3	417,82 \pm 8,11a	412,96 \pm 10,58 a
F4	392,46 \pm 13,78 a	392,86 \pm 10,73 a
F5	357,78 \pm 16,45 a	385,28 \pm 15,1 a
F6	310,63 \pm 17,22 a	372,60 \pm 15,11 b
F7	271,33 \pm 15,78 a	355,55 \pm 12,51 b
F8	243,69 \pm 13,44 a	364,95 \pm 11,04 b
F9	244,14 \pm 7,23 a	369,95 \pm 6,21 b
F10	366,30 \pm 7,88 a	488,10 \pm 9,51 b
Total	5727,72 a	6260,16 b

Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste t-Student ($p < 0.05$)

Na vespa noturna *A. flavissima*, a média de sensilas na antena esquerda foi 19132,27 \pm 1247,72 e na direita 17746,55 \pm 1477,46 sensilas, havendo diferença entre elas ($t = 2,19$; $p = 0,02$). Para a vespa de hábito diurno *P. simillimus*, as médias foram 14936,72 \pm 1271,69 sensilas na antena esquerda e 16090,82 \pm 1345,3 na direita, não ocorrendo diferença entre elas ($t = 0,96$; $p = 0,18$) (Fig. 3).

Segundo a correlação de Pearson, há correlação positiva entre o comprimento do segmento e a quantidade de sensilas para ambas as espécies com $r = 0,86$ na antena esquerda e $r = 0,91$ na antena direita de *P. simillimus* e $r = 0,70$ para a antena esquerda e $r = 0,72$ para a antena direita de *A. flavissima*.

Figura 3 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas nos segmentos antenais [escapo, pedicelo e flagelômeros (F1 a F10)] das antenas esquerda e direita de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B).



Nas antenas direita e esquerda de ambas as espécies de vespas estudadas, as sensilas tricoideas do tipo 1 foram aquelas com maior quantidade, seguida pelas sensilas placoideas. Em *P. simillimus* houve diferença na quantidade média de sensilas entre as antenas para as sensilas celocônica ($t = 2,13$; $p = 0,02$), basicônica tipo 1 ($t = -16,2$; $p = 0,0001$) e tipo 2 ($t = -2,23$; $p = 0,02$). Em *A. flavissima* houve diferença na quantidade de sensilas entre antenas esquerda e direita para as sensilas basicônica tipo 2 ($t = 1,89$; $p = 0,03$) e tricoidea tipo 1 ($t = 1,92$; $p = 0,03$) (tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade (média \pm desvio padrão) de sensilas placoidea, celocônica, basicônica tipo 1, basicônica tipo 2, tricoidea tipo 1, tricoidea tipo 2 e sensila caética registradas nas antenas esquerda e direita de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B).

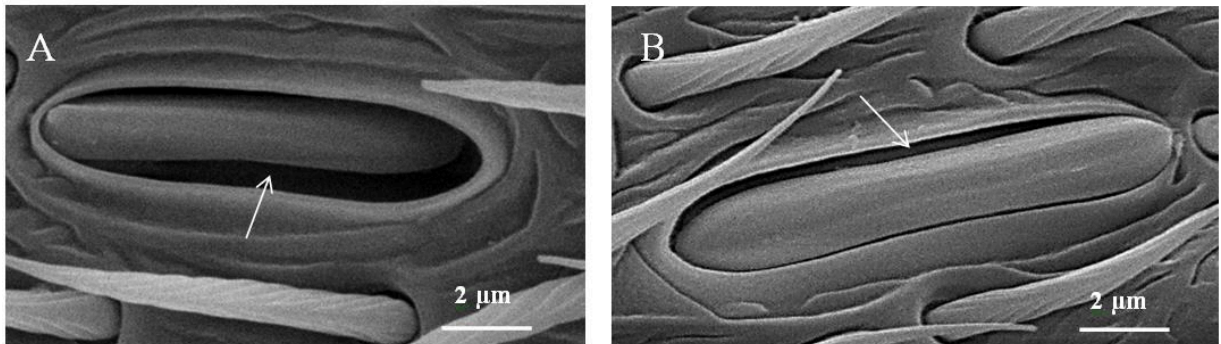
Sensila	<i>Polistes simillimus</i>		<i>Apoica flavissima</i>	
	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita
Placoidea	793,45 \pm 97,71a	797,45 \pm 78,62a	1292,81 \pm 154,8a	1159,27 \pm 162,12a
Celocônica	43,45 \pm 17,46a	27,72 \pm 17,12b	55,15 \pm 26,78a	76,9 \pm 38,44a
Basicônica tipo 1	114,3 \pm 13,16a	425,27 \pm 63,23b	323,18 \pm 46,12a	319,18 \pm 52,8a
Basicônica tipo 2	155,81 \pm 19,14a	198 \pm 59,14b	459,54 \pm 126,87a	362,36 \pm 112,23b
Tricoidea tipo 1	13744,81 \pm 1276,14a	14574 \pm 63,72a	16782,45 \pm 1026,41a	15718 \pm 1215,36b
Tricoidea tipo 2	79,16 \pm 7,23a	67,72 \pm 18,17a	172,18 \pm 17,28a	157,18 \pm 27,23a
Caética	-	-	47 \pm 3,87a	53,18 \pm 7,58a

Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste t-Student ($p < 0,05$)

3.2. Sensila placoidea

As sensilas placoideas são numerosas nas antenas de ambas as espécies, sendo caracterizadas como alongadas, planas, niveladas com a superfície da cutícula, com a superfície lisa e delimitada por um sulco lateral na borda (Fig.4).

Figura 4 - Micrografia eletrônica de varredura mostrando sensila antenal placoidea de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B). Seta indica o sulco lateral da sensila.



Fonte: Autor

A única diferença morfométrica para as sensilas placoideas entre as espécies de vespas estudadas foi a maior largura em *A. flavissima* que *P. simillimus* ($t = 4,82$; $p = 0,001$) (Tabela 3). A quantidade média dessas sensilas nas antenas de *A. flavissima* foi 2352,11 (1641-3006) enquanto em *P. simillimus* foi 1481,63 (1326-1806) ($t = -6,45$; $p = 0,0001$).

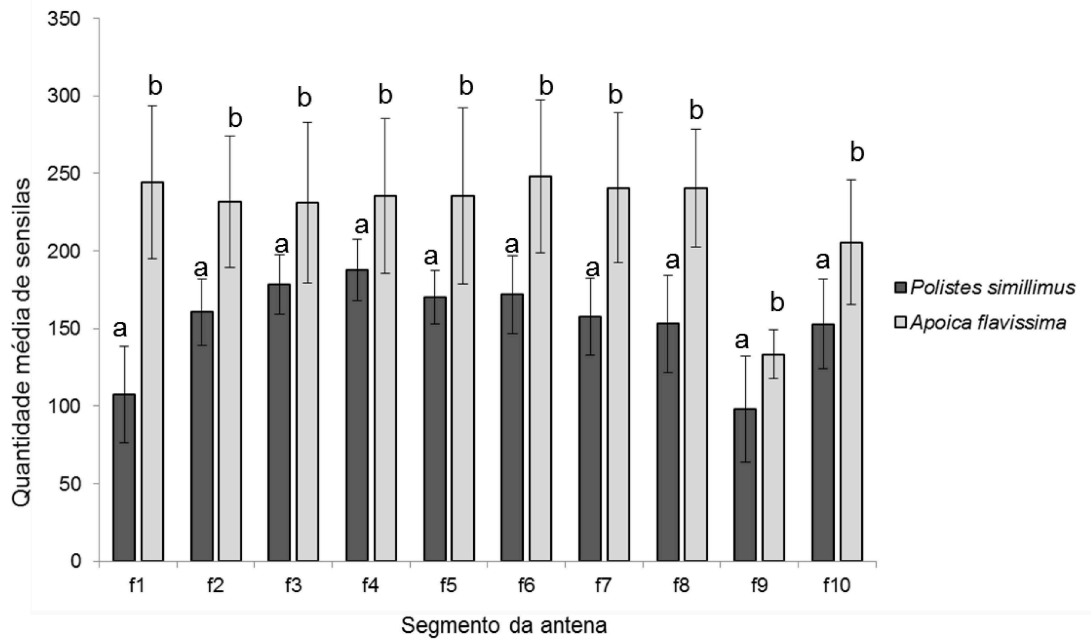
Tabela 3 - Valores médios de comprimento e largura (μm) de sensilas placoideas nas antenas de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.

	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>
Comprimento	20,13a	20,48a
Largura	4,53a	5,39b

Letras diferentes nas linhas indicam diferença pelo teste t-Student ($p < 0,05$)

As sensilas placoideas não ocorrem no escapo e pedicelo, mas em todos os flagelômeros (F1 a F10) sendo em maiores quantidades em todos os flagelômeros de *A. flavissima* que em *P. simillimus* ($p < 0,05$) (Fig.5).

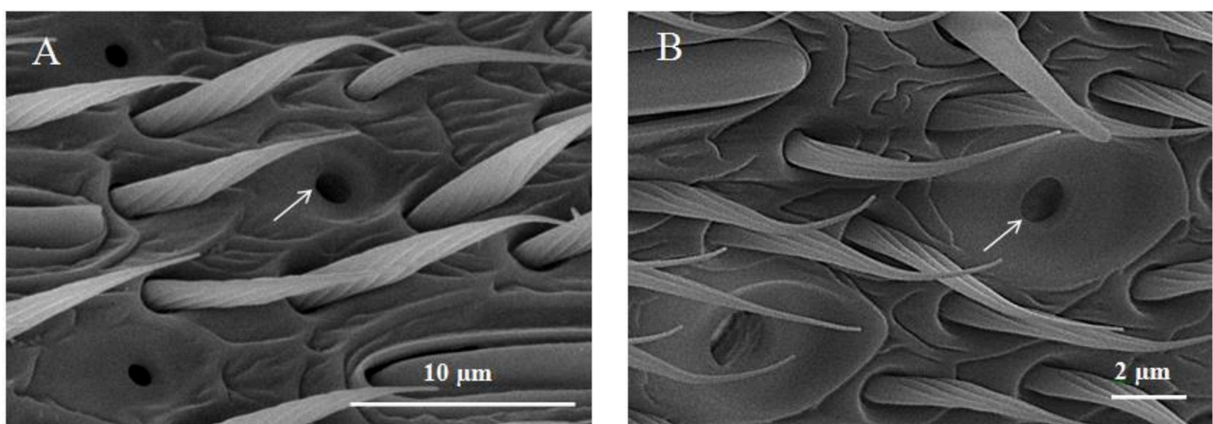
Figura 5 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas placóideas nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença entre as espécies pelo teste t-Student ($p < 0.05$).



3.3. Sensilas celocônicas

As sensilas celocônicas apresentam uma depressão cônica do tegumento com um orifício cilíndrico central. Em *A. flavissima* forma-se uma aba mais elevada e arredondada delimitando a sensila enquanto que em *P. simillimus* essa aba aparenta ser mais baixa (Fig. 6).

Figura 6 - Micrografia eletrônica de varredura mostrando sensila celocônica da antena de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B). Setas indicam o orifício no centro da sensila.



Fonte: Autor

Em *A. flavissima* as sensilas celocônicas são mais longas ($t = 7,16$; $p = 0,0001$) e largas ($t = 7,15$; $p = 0,0001$), quando comparadas com aquelas de *P. simillimus* (Tabela 4). A quantidade média de sensilas celocônicas em *A. flavissima* [132 (127-193)] foi maior que em *P. simillimus* [71,18 (35-121)] ($t = -3,81$; $p = 0,0009$).

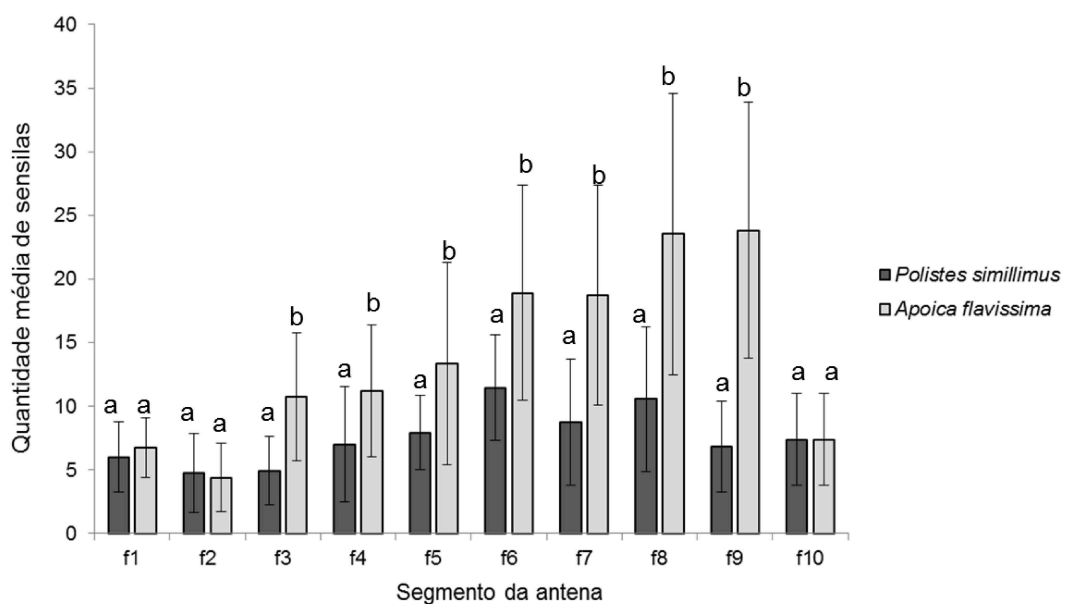
Tabela 4 - Valores médios de comprimento e largura (μm) de sensilas celocônicas nas antenas de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.

	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>
Comprimento	13,29a	17,11b
Largura	7,65a	9,66b

Letras diferentes nas linhas indicam diferença pelo teste t-Student ($p < 0,05$)

As sensilas celocônicas não foram encontradas no escapo e pedicelo de ambas as espécies, mas ocorreram nos 10 flagelômeros antenais de *P. simillimus* e *A. flavissima*. Em *A. flavissima* foi registrada maior quantidade de sensilas celocônicas nos flagelômeros F3-F9 ($p < 0,05$), enquanto nos F1, F2 e F10 a quantidade desta sensila foi semelhante para ambas as espécies (Fig.7).

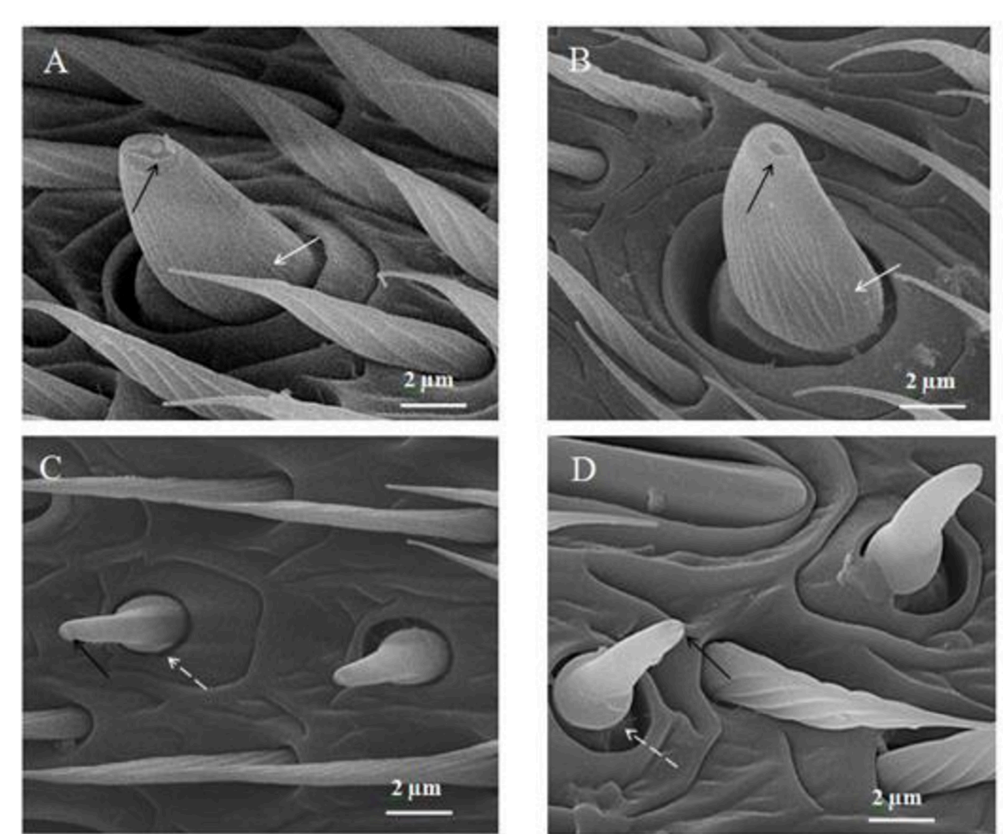
Figura 7 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas celocônicas nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença entre as espécies pelo teste t-Student ($p < 0,05$).



3.4. Sensilas basicônicas

Tanto em *A. flavissima* quanto em *P. simillimus*, foram identificados dois tipos de sensilas basicônicas. As sensilas basicônicas tipo 1 têm forma de pelo robusto e são caracterizadas por estrias longitudinais em sua superfície, delimitadas em sua base por um sulco com borda circular e com um poro apical (fig. 8A e B). As sensilas basicônicas tipo 2, possuem forma de pelo com base dilatada e arredondada, poro apical, ápice afilado e na sua base existe um sulco arredondado que delimita a sensila (fig. 8C e D).

Figura 8 - Micrografias eletrônicas de varredura da antena, mostrando sensilas basicônicas tipo 1 de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B); setas brancas indicam estrias longitudinais e setas pretas indicam poro apical. Sensilas basicônicas tipo 2 de *Polistes simillimus* (C) e *Apoica flavissima* (D); setas tracejadas indicam a base arredondada e setas pretas indicam poro apical.



Fonte: Autor

As sensilas basicônicas tipo 1 e tipo 2 diferiram entre as espécies de vespas. Basicônicas tipo 1 de *A. flavissima* foram maiores em comprimento ($t = 11,96$; $p = 0,0001$) e largura ($t = 6,41$; $p = 0,0001$) em relação a *P. simillimus* (Tabela 5). A mesma situação foi observada nas basicônicas tipo 2 para o comprimento ($t = 2,5$; $p = 0,008$) e largura ($t = 3,56$; $p = 0,0005$) (Tabela 5). A quantidade média das sensilas

tipo 1 foi maior na vespa noturna [642,36 (516-704)] em relação a vespa diurna [539,36 (446-632)] ($t = -3,87$; $p = 0,0005$). O mesmo fato foi observado para sensilas tipo 2, com média maior em *A. flavissima* [52,81 (40-71)] em comparação a *P. simillimus* [42,9 (35-50)] ($t = -2,59$; $p = 0,01$).

Tabela 5: Valores médios de comprimento e largura da base (μm) de sensilas basicônicas tipo 1 e tipo 2 de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.

	Basicônica tipo 1		Basicônica tipo2	
	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>
Comprimento	11,11a	14,94b	8,18a	9,13b
Largura	6,10a	7,66b	3,22a	3,78b

Letras diferentes nas linhas indicam diferença pelo teste t-Student ($p < 0,05$)

As sensilas basicônicas do tipo 1 ocorreram em todos os flagelômeros (F1 a F10), mas foram ausentes no escapo e pedicelo de ambas as espécies de vespas. A quantidade de sensilas basicônicas do tipo 1 foi maior nos flagelômeros distais (F8 a F10) de *A. flavissima* que em *P. simillimus*, enquanto nos demais segmentos da antena não foram detectadas diferenças na quantidade desta sensila entre as espécies ($p < 0,05$) (Fig. 9). Para ambas as espécies há maiores médias na quantidade dessas sensilas nos últimos segmentos da antena (Fig. 9).

Assim como as tipo 1, as sensilas basicônicas do tipo 2 ocorrem em todos os flagelômeros (F1 a F10), mas não no escapo e pedicelo de ambas as espécies. As sensilas basicônicas tipo 2 foram detectadas em maiores quantidades em todos os flagelômeros de *A. flavissima* em comparação com *P. simillimus* ($p < 0,05$) (Fig. 10).

Figura 9 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas basicônicas tipo 1 nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as espécies ($p < 0.05$).

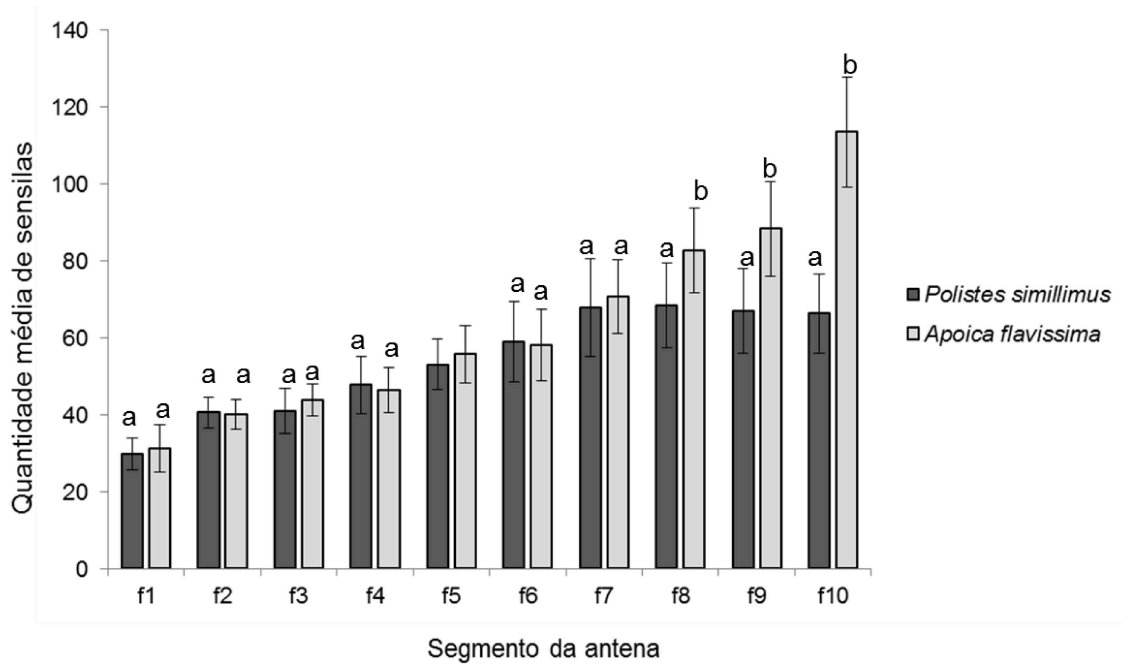
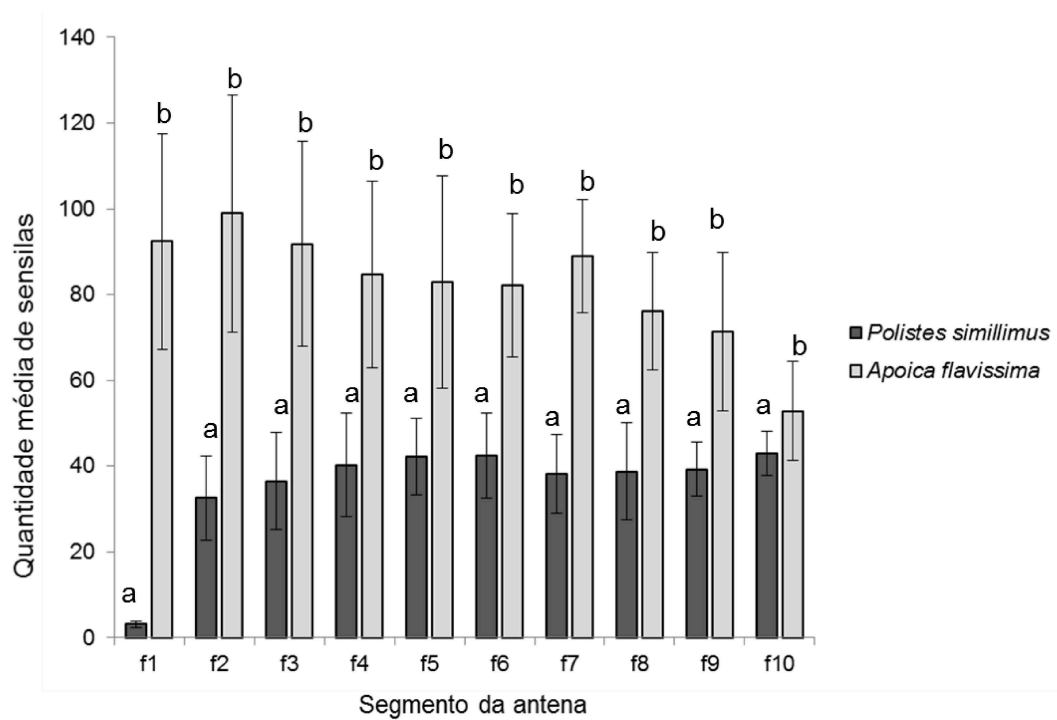


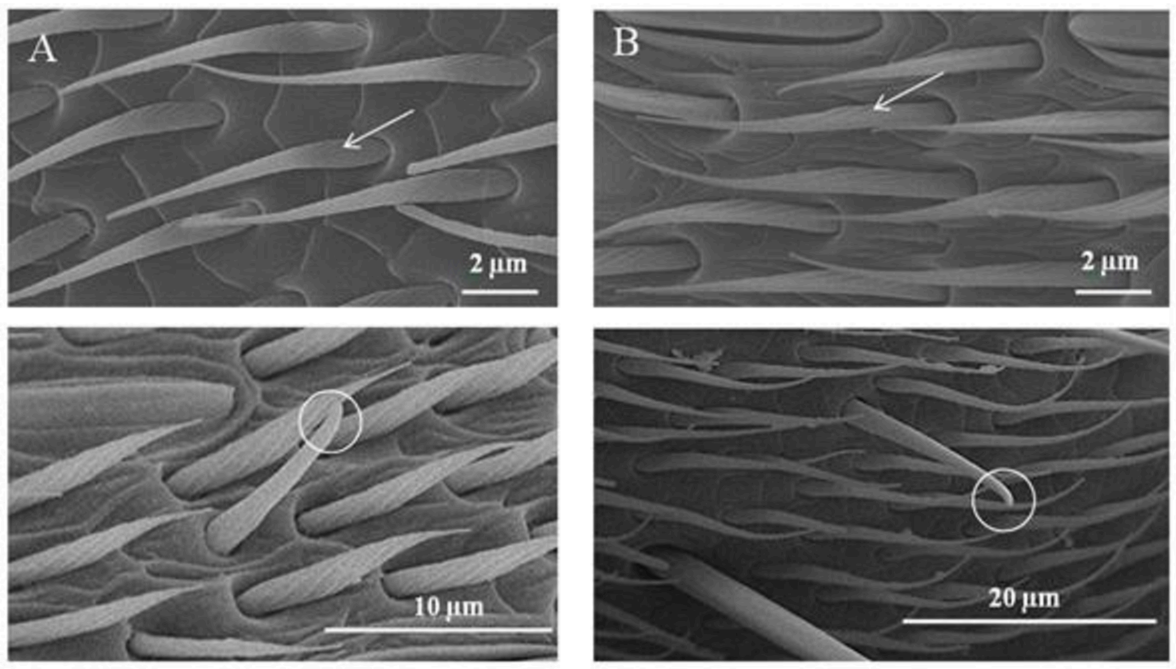
Figura 10 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas basicônicas tipo 2 nos flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença pelo teste t-Student ($p < 0.05$).



3.5. Sensilas tricoideas

As sensilas tricoideas possuem forma de pelos e são oblíquas em relação à superfície cuticular da antena com a presença de alvéolos onde as sensilas se encaixam. As mesmas foram classificadas em tricoidea tipo 1 (curta) e tricoidea tipo 2 (longa). As sensilas tricoideas tipo 1 possuem sua superfície dotada de estrias em espiral, que ocorrem da base ao ápice das mesmas que é afilado e pontiagudo (Fig. 11A e B), enquanto que as sensilas tricoideas tipo 2 possuem superfície lisa e extremidade arredondada e levemente curvada (Fig. 11C e D).

Figura 11 - Micrografias eletrônicas de varredura da antena, mostrando sensilas tricoidea tipo 1 de *Polistes simillimus* (A) e *Apoica flavissima* (B); setas indicam estrias espiraladas. Sensilas tricoideas tipo 2 de *Polistes simillimus* (C) e *Apoica flavissima* (D); círculos indicam curvatura do ápice.



Fonte: Autor

De acordo com os dados morfométricos, as sensilas tricoideas tipo 1 diferem entre as espécies de vespas quanto ao comprimento ($p = 0,0006$) sendo mais longas em *P. simillimus*, mas não quanto a largura da base ($p = 0,27$), enquanto as sensilas tricoideas do tipo 2 diferem quanto ao comprimento ($p = 0,0001$) e largura da base ($p = 0,009$) entre as espécies, sendo maiores em *A. flavissima* (Tabela 6). A quantidade média das sensilas curta (tipo 1), foi maior em *A. flavissima* [32500,63 (29097-34904)] do que *P. simillimus* [28319,45 (24176-32379)] ($t = -3,74$; $p = 0,0006$). As sensilas longas (tipo 2) também possuem maior média de quantidade

na vespa noturna [329,36 (287-357)] em relação a vespa diurna [146,81 (115-178)] ($t = -3,12$; $p = 0,0001$).

Tabela 6 - Valores médios de comprimento e largura da base (μm) de sensilas tricoideas tipo 1 e tipo 2 de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*.

	Tricoidea tipo 1		Tricoidea tipo2	
	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>	<i>Polistes simillimus</i>	<i>Apoica flavissima</i>
Comprimento	18,72a	17,46b	16,35a	27,61b
Largura	2,03a	1,85a	2,97a	3,68b

Letras diferentes nas linhas indicam diferença pelo teste t-Student ($p < 0,05$)

Sensilas tricoideas tipo 1 foram encontradas em todos os segmentos da antena das duas espécies de vespas. Estas sensilas ocorreram em maior quantidade no escapo, pedicelo e nos flagelômeros F1 e F3-F10 de *A. flavissima* que em *P. simillimus* (Fig. 12). Para *P. simillimus* a maior quantidade da sensila tricoidea tipo 1 ocorre no F1, sendo o F2 o único segmento antenal em que não há diferença quanto à quantidade desta sensila entre as espécies ($p < 0,05$) (Fig. 12).

Sensilas tricoideas tipo 2 foram registradas em todos os segmentos da antena para ambas as espécies de vespas e em todos os segmentos a quantidade desta sensila foi maior em *A. flavissima* em comparação com *P. simillimus* ($p < 0,05$) (Fig. 13).

Figura 12 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas tricoideas tipo 1 nos segmentos da antena: escapo, pedicelo e flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as espécies ($p < 0.05$).

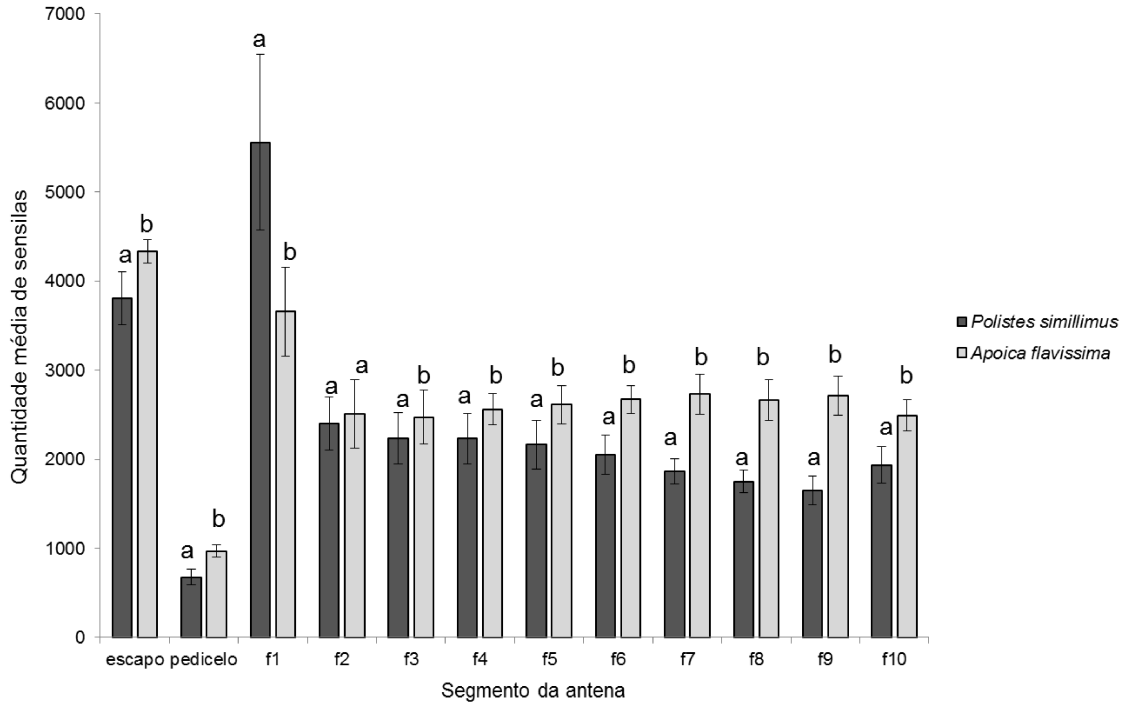
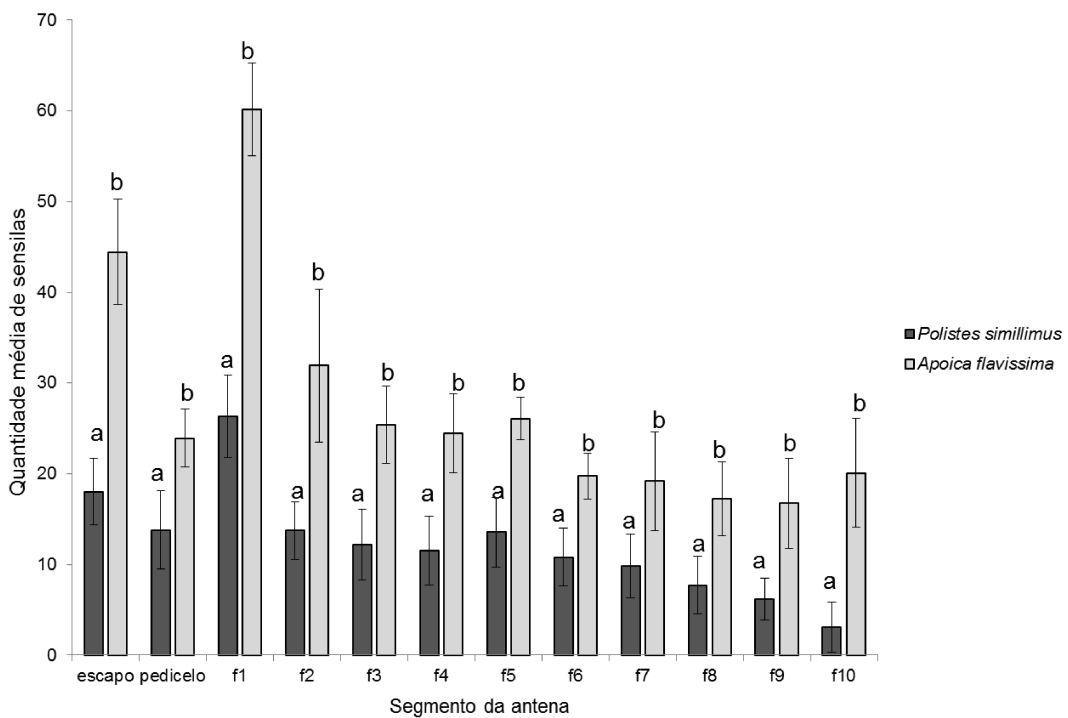


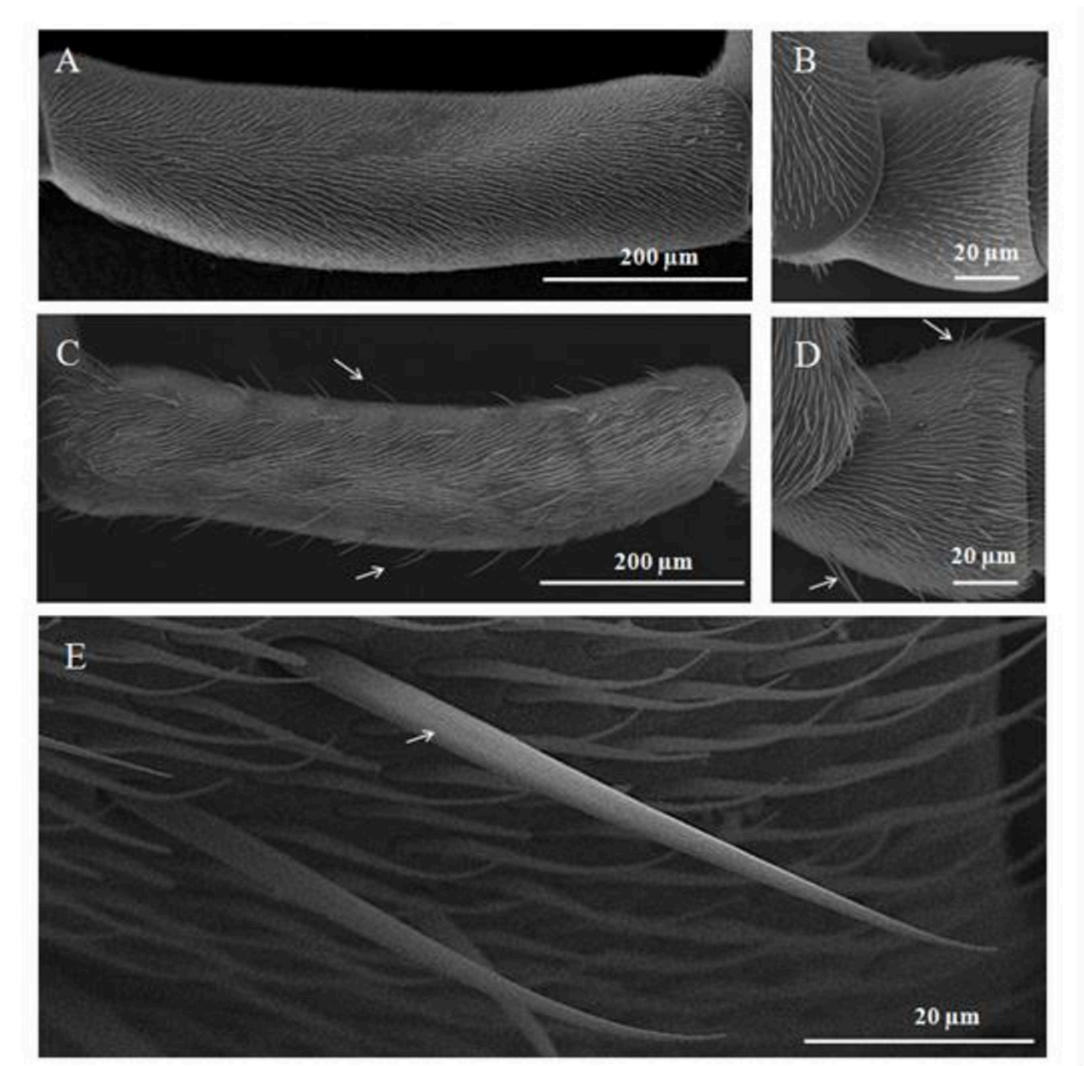
Figura 13 - Quantidade média e desvio padrão de sensilas tricoideas tipo 2 nos segmentos da antena: escapo, pedicelo e flagelômeros (F1 a F10) de *Polistes simillimus* e *Apoica flavissima*. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as espécies ($p < 0.05$).



3.6. Sensilas caéticas

Sensilas caéticas foram encontradas somente no escapo e pedicelo das antenas de *A. flavissima*, não sendo registradas em *P. simillimus*. A principal característica desta sensila é o seu tamanho, acima da média dos demais tipos de sensilas, com comprimento médio de 88,18 μm e largura mediada base de 5,31 μm . A sua extremidade é afilada e pontiaguda, a base está inserida em uma cavidade que delimita a haste da sensila, permitindo flexibilidade. Na superfície ocorrem ranhuras longitudinais (Fig. 14). Em média foram encontradas 67,18 sensilas no escapo e 33 no pedicelo.

Figura 14 - Micrografias eletrônicas de varredura da antena, mostrando: A - escapo de *Polistes simillimus*; B - pedicelo de *Polistes simillimus*; C - escapo de *Apoica flavissima*, setas indicam sensilas caéticas; D - pedicelo de *Apoica flavissima*, setas indicam sensilas caéticas; E - sensila caética com ranhuras longitudinais (seta).



Fonte: Autor

4. DISCUSSÃO

Os tipos sensilas presentes em ambas as espécies de vespas aqui estudadas tem sido relatados em antenas de outros Hymenoptera sociais como formigas *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (Formicidae) (RENTHAL et al., 2003) e *Atta robusta* (Borgmeier 1939) (Formicidae) (EUZÉBIO et al., 2013), vespa *Vespa orientalis* Linnaeus, 1771 (Vespidae) (KHODAIRY, AWAD, 2013) e abelhas *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Apidae) (NASCIMENTO et al., 2013) e *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Apidae) (SAWSAN, SAWIRES, 2015), o que sugere que os tipos de sensilas podem estar relacionados não só com o modo de vida, mas também com a biologia cada grupo.

O maior número de sensilas nas antenas de *A. flavissima*, pode relacionar-se com o tamanho da antena, pois há correlação positiva entre o comprimento do segmento e a quantidade de sensilas para ambas as espécies indicando que antenas maiores contem mais sensilas. Outro fator que pode explicar essa variação na quantidade de sensilas entre as espécies é a percepção dos estímulos ambientais de cada espécie de vespa. Em operárias da abelha de *Bombus terrestris* Linnaeus 1758 (Hymenoptera: Apidae), a resposta olfativa dos indivíduos está diretamente relacionada ao tamanho das antenas, onde as maiores tem mais capacidade de captar moléculas de odor que as antenas menores (SPAETHE et al., 2007). Como as espécies de vespas aqui estudadas possuem hábitos de forrageio distintos, conseqüentemente estão sob a influência de diferentes parâmetros bióticos e abióticos, possuem variações na quantidade de sensilas, para se adequarem as condições em que vivem. Este fato mostra que a vespa de hábito noturno necessita de um aparato sensorial com maior quantidade de sensilas para detectar diferentes estímulos no ambiente.

A vespa diurna, *P. simillimus*, possui mais sensilas celocônicas na antena direita e basicônicas tipo 1 e tipo 2 na antena esquerda. Para a vespa noturna, *A. flavissima*, há maior quantidade de sensilas basicônica tipo 2 e tricoidea tipo 1 na antena esquerda. A variação no número de sensilas entre as antenas direita e esquerda de ambas as espécies de vespas indicam presença de lateralidade neural. Este fenômeno consiste na especialização de cada hemisfério cerebral em detectar, processar e responder diferentes informações sensitivas (FRASNELLI et al., 2012). A diferença na quantidade e tipos de sensilas em relação às antenas foi descrita

para *A. mellifera*, mostrando existência de sensilas olfativas em maior quantidade na antena direita e não olfativa em maior número na antena esquerda (FRASNELLI et al., 2010). No presente estudo, as características das sensilas indicam que as funções da celocônica é detectar temperatura e umidade (KEIL, 1999; SEVARIKA et al., 2021), das basicônicas 1 e 2 é a quimiorrecepção de contato (gustativas) (ALTNER, PRILLINGER, 1980) e da tricoidea tipo 1 é mecanorrecepção (McIver 1975). A maior quantidade de determinadas sensilas do lado direito ou esquerdo da antena pode estar relacionado com o aprendizado e memória do organismo. Indivíduos adultos durante o forrageio dependem não só da habilidade de voo, mas também de memória olfativa e gustativa na busca por recursos (ROGERS, VALLORTIGARA, 2008). Para abelhas, a assimetria observada no aprendizado olfatório é mais complexa do que a diferença no número de sensilas olfativas, pois assimetrias na memória parecem mudar de direção com a consolidação da memória, isto é, a memória de longo prazo é acessada principalmente através da antena esquerda, enquanto a antena direita possui mais sensila olfativa (ROGERS, VALLORTIGARA, 2008). Portanto, caso esse fenômeno ocorra também em outros Hymenoptera, pode haver um lado da antena adequada para explorar novos recursos e outro lado usado para a memória sensorial na percepção de estímulos.

Embora, em sua totalidade, antenas maiores tenham uma quantidade maior de sensilas, como observado para *A. flavissima* no presente estudo, é importante analisar as quantidades em cada segmento das antenas. O primeiro flagelômero (F1) de *A. flavissima* possui menor comprimento que aquele de *P. simillimus*, mas a quantidade média de sensilas placoideas é maior. Como a função das sensilas placoideas é olfativa (SPAETHE et al., 2007) e as espécies aqui estudadas são de hábitos diurno e noturno, a maneira como respondem aos estímulos ambientais pode ser afetada pelo período do dia que estão ativas, indicando que a maior quantidade de sensilas placoidea não está associada com o tamanho da antena, mas com as características ambientais onde a vespa vive, que foi também demonstrado para operárias de *M. scutellaris*, onde variações de altitudes, implicaram em alterações na quantidade e o tipo de sensilas antenais desta abelha (NASCIMENTO et al., 2013).

As sensilas placoideas ocorrem em maior quantidade em todos os antenômeros de *A. flavissima* que em *P. simillimus*, o que pode estar associado ao hábito noturno. O padrão de voo de *A. flavissima* e, conseqüentemente, o seu hábito

de forrageio é maior à noite (NASCIMENTO, TANNURE-NASCIMENTO, 2005), portanto, a função olfativa das sensilas placoideas contribui para a maior percepção dos odores na ausência da luz solar. Além do hábito noturno, o comportamento de fundação de novas colônias em *A. flavissima* reforça a relativa importância de captação dos estímulos olfativos, sendo as sensilas placoideas importantes na detecção de substâncias voláteis (SEVARIKA et al., 2021). Durante a formação do enxame, para formação de uma nova colônia, as operárias localizam o novo local para nidificação e fazem marcação de trilhas com feromônio, orientando as demais vespas o novo local (WEST-EBERHARD, 1982), o qual poderá ser detectado por estas sensilas placoideas em alta quantidade, contribuindo para o sucesso de nidificação destas vespas. Por outro lado, a fundação das novas colônias em *P. simillimus* ocorre com a participação de uma única fêmea, que isoladamente localiza o local de nidificação e constrói a colônia (CARPENTER, MARQUES, 2001), sendo neste caso, a função da sensila placoidea auxiliar as demais estruturas sensoriais para a escolha do local de nidificação.

As sensilas celocônicas possuem maior quantidade média nas antenas de *A. flavissima* que em *P. simillimus*, o que pode estar relacionado com a função destas sensilas na detecção de temperatura e umidade (KEIL, 1999; SEVARIKA et al., 2021). O voo das vespas depende, dentre outros fatores, das condições climáticas (CARPENTER, MARQUES, 2001). No caso das espécies de hábito noturno, o voo de operárias é influenciado principalmente pela temperatura e umidade (HUNT et al., 1995; NASCIMENTO, TANNURE-NASCIMENTO, 2005). Portanto a maior quantidade de sensilas celocônicas em *A. flavissima* sugere uma melhor percepção desses estímulos, e, conseqüentemente, contribui para o inseto determinar as condições meteorológicas mais apropriadas para o seu forrageio durante a noite. As vespas de hábito diurno, como *P. simillimus*, possuem padrão de forrageio modelado pela temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e incidência de radiação solar (GIANNOTTI et al. 1995; ANDRADE, PREZOTO 2001; ELISEI et al., 2008), dependendo, adicionalmente, de outros tipos de sensilas para o comportamento de voo.

As sensilas basicônicas identificadas em ambas espécies de vespas no presente estudo são caracterizadas morfológicamente pela presença de um poro apical, o que sugere função de quimiorrecepção de contato (gustativa) (ALTNER,

PRILLINGER, 1980), entretanto, quando estas estruturas cuticulares semelhantes a pelos, possuem vários poros são olfativas (NOWIŃSKA, BROŽEK, 2017).

As sensilas basicônicas tipo 1 são mais numerosas nos flagelômeros distais (F8-F10) de *A. flavissima*, como demonstrado para *Aromia bungii* (Faldermann, 1835) (Coleoptera, Cerambycidae), onde a maior quantidade das sensilas basicônicas ocorre nas porções distais da antena (DI PALMA et al., 2019). A maior quantidade média dessas sensilas nos últimos flagelômeros pode auxiliar estas vespas a reconhecerem e forragear recursos ao tocar os mesmos com as pontas de suas antenas, pois estas são quimiorreceptoras de contato.

A quantidade média das sensilas basicônicas do tipo 2 é maior em *A. flavissima* que em *P. simillimus*. Para ambas as espécies de vespas aqui estudadas, a percepção gustativa é importante, principalmente para o forrageio de carboidratos (GAUL, 1952), importante recurso energético utilizado pelos indivíduos adultos (CARPENTER, MARQUES, 2001), porém a maior quantidade na vespa noturna sugere que nela a função gustativa é mais eficiente, proporcionando maior detecção de estímulos necessários para o forrageio de recursos, durante o período noturno, no qual os estímulos visuais são menos eficientes.

As sensilas tricoideas dos tipos 1 e 2 identificadas nas vespas aqui estudadas não apresentaram poros e tem um encaixe flexível na cutícula corporal, sugerindo que ambas são mecanorreceptoras. Geralmente, as sensilas tricoideas estão associadas a funções mecanorreceptoras ou olfativas, com base em suas características morfológicas. Para função olfativa há necessidade de poros em sua parede cuticular (SEVARIKA et al., 2021). Outra característica que auxilia na determinação da função dessas sensilas é a sua capacidade de movimentação em relação à parede cuticular da antena. Geralmente, as sensilas surgem em cavidades cuticulares, que podem apenas delimitar o encaixe da sensila com sua base, garantindo maior mobilidade (encaixe flexível) ou podem surgir de uma cutícula que se prende a base da sensila, eliminando a mobilidade da mesma (encaixe inflexível) (ALTNER, PRILLINGER, 1980; NOWIŃSKA, BROŽEK, 2017). As sensilas em forma de pelo flexível são adaptadas para maior mobilidade e receber estímulos através da deformação mecânica (MCIVER, 1975), incluindo o movimento do ar (SHIELDS, 2010).

Em *A. flavissima* e *P. simillimus* a sensila tricoidea tipo 1 é mais numerosa que qualquer outro tipo de sensila antenal, indicando a importância da percepção de

estímulos mecânicos em ambas as espécies. Em outros Hymenoptera, como abelhas (SUWANNAPONG et al., 2012; FIALHO et al., 2014; RAVAIANO et al., 2014; MONTH-JURIS et al., 2020) e em Braconidae (OCHIENG et al., 2000; GAO et al., 2007) também são relatadas maiores quantidades de sensilas tricoideas, mostrando a importância dos mecanorreceptores para estes organismos no reconhecimento tátil.

A quantidade média maior dos dois tipos de sensilas tricoideas nas antenas de *A. flavissima* em relação a *P. simillimus*, é atribuída aos diferentes períodos de atividade das espécies. Segundo Isidoro et al. (1996), em Hymenoptera as sensilas tricoideas podem favorecer a percepção na textura do substrato, movimento e direção do vento, sendo provável que as vespas de hábito noturno, dependam mais dessa característica durante o voo na ausência de luz natural do que as vespas diurnas.

A ocorrência de sensila caética apenas na antena de *A. flavissima* pode ser uma característica que auxilia distinguir as duas espécies aqui estudadas. A presença ou não de determinadas sensilas pode estar associada às adaptações que os organismos possuem de acordo com seu modo de vida, como demonstrado na comparação de sensilas antenais de quatro espécies de vespas de figo (Hymenoptera: Chalcidoidea), onde as sensilas celocônicas foram identificadas apenas em uma espécie, que é a única com o comportamento de entrar no figo para ovipositar (YANG et al., 2018). Devido ao seu comprimento acima da média em relação às outras sensilas e também ao ângulo de inserção que ela forma com a parede cuticular da antena (aproximadamente de 45° graus) (SEVARIKA et al., 2021), sua identificação e distinção facilita a caracterização da espécie *A. flavissima*. A ocorrência de sensila caética apenas no escapo e pedicelo da antena como encontrado para *A. flavissima* aqui estudada é similar ao reportado para *Laodelphax striatellus* (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae) (FU et al., 2012), *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) (LIU et al., 2021). A ausência de poros e a junção flexível da base da sensila com a cutícula da antena possibilita classificar a sensila caética com função mecanorreceptora (KEIL, STEINBRECHT, 1984). Baseando-se no maior comprimento e também no posicionamento de inserção das sensilas caéticas em relação à parede da antena, pode-se enfatizar que essas sensilas auxiliam a manutenção dessas vespas em suas colônias durante o dia. Nesse período, as vespas noturnas permanecem aglomeradas e próximas umas das outras na face

inferior do ninho formando uma matriz, que é importante para defesa contra predadores e na manutenção térmica da colônia (HUNT et al., 1995). Para essa organização espacial dos indivíduos na colônia é importante um mecanismo de reconhecimento tátil entre os indivíduos, que pode ser proporcionado pela presença de sensilas caéticas grandes em *A. flavissima*, que permitem contato mais eficiente com outras superfícies próximas da antena.

5. CONCLUSÃO

A análise e conhecimento dos tipos e quantidades de sensilas antenais de *A. flavissima* e *P. simillimus* comprovou que para estas vespas sociais com diferentes hábitos de forrageio tem diferenças quanto aos tipos e quantidades de sensilas antenais em relação ao modo de vida de cada espécie. Na vespa de hábito noturno, as sensilas responsáveis por captarem os estímulos olfativos, térmicos, químicos e de umidade ocorrem em maior quantidade. Este fato indica que, para a atividade noturna, *A. flavissima* depende de um sistema sensorial mais apurado na percepção dos estímulos do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. R.; PREZOTO, F. Horários de atividade forrageadora e material coletado por *Polistes ferreri* Saussure, 1853 (Hymenoptera, Vespidae), nas diferentes fases de seu ciclo biológico. **Revista Brasileira de Zociências**, Juiz de Fora, MG, v. 3, p.117-128, 2001.
- ALTNER, H.; PRILLINGER, L. Ultrastructure of invertebrate chemo- thermo- and hygroreceptors and its functional significance. **International Review of Cytology**, v.67, p. 69 –139, 1980.
- BASIBUYUK, H. H.; QUICKE, D. L. J. Gross morphology of multiporous plate sensilla in the Hymenoptera (Insecta). **Zoologica Scripta**, v. 28, p. 51-67, 1999.
- BELL, E.; SUMNER, S. In: eLS (ed) **Ecology and social organisation of wasps**. Wiley, Chichester, 2013.
- BLEEKER, M. A. K.; SMID, H. M.; VAN AELST, A. C.; VAN LOON, J. J.; VET, L. E. M. Antennal sensilla of two parasitoid wasps: A comparative scanning electron microscopy study. **Microscopy Research and Technique**, v. 63: 266-273, 2004.
- CARPENTER, J. M. Synonymy of the genus *Marimbonda* Richards, 1978, with *Leipomeles Moebius*, 1856 (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae), and a new key to

the genera of paper wasps of the new world. **American Museum Novitates**, v. 3456: p. 1-16, 2004.

CARPENTER, J. M.; MARQUES, O. M. Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae). **Publicações digitais Universidade Federal da Bahia**, 2001.

DI PALMA, A.; PISTILLO, M.; GRIFFO, R.; GARONNA, A. P.; GERMINARA, G. S. Scanning electron microscopy of the antennal sensilla and their secretion analysis in adults of *Aromia bungii* (Faldermann, 1835) (Coleoptera, Cerambycidae), **Insects**, p. 10-88, 2019.

ELISEI, T.; GUIMARÃES, D. L.; RIBEIRO-JUNIOR, C.; MELO, A. C.; GRAZINOLI, D. J.; LOPES, J. F. S.; PREZOTO, F. Influence of environmental factors on the foraging activity of the paper wasp *Polistes simillimus* (Hymenoptera, Vespidae). **Sociobiology**, v. 51, p. 219-130, 2008.

EUZÉBIO, D. E.; MARTINS, G. F.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Morphological and morphometric studies of the antennal sensilla from two populations of *Atta robusta* (Borgmeier 1939) (Hymenoptera: Formicidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, p. 663- 668, 2013.

EVANS, H. E.; WEST-EBERHARD, M. J. **The wasps**. Ann Arbor, The University of Michigan Press, 265p, 1970.

FIALHO, M. C. Q.; GUSS-MATIELLO, C. P.; ZANUNCIO, J. C.; CAMPOS, L. A. O.; SERRÃO, J. E. A comparative study of the antennal sensilla in corbiculate bees. **Journal of Apicultural Research**, v. 53, p. 392-403, 2104.

FRASNELLI, E.; VALLORTIGARA, G. Distribution of antennal olfactory and non-olfactory sensilla in different species of bees. **Symmetry**, v. 9, n. 8, p.139, 2017.

FRASNELLI, E.; VALLORTIGARA, G.; ROGERS, L. J. Response competition associated with right-left antennal asymmetries of new and old olfactory memory traces in honeybees. **Behavioral Brain Research**, v. 209, p. 36-41, 2010.

FRASNELLI, E.; VALLORTIGARA, G.; ROGERS, L. J. Left–right asymmetries of behaviour and nervous system in invertebrates. **Neuroscience & Biobehavior Reviews**, v. 36, p. 1273 –1291, 2012.

FU, B. X.; BELLIS, G. A.; HONG, J.; WANG, J. R.; W. U. Q.; TANG, Q. Y.; CHENG, J. A.; ZHU, Z. R. Morphology, distribution, and abundance of antennal sensilla of male and female macropterous and brachypterous small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae). **Microscopy Research and Techniques**, v. 75, p. 1492 – 512, 2012.

GAO, Y.; LUO, L. Z.; HAMMOND, A. Antennal morphology, structure and sensilla distribution in *Microplitis pallidipes* (Hymenoptera: Braconidae). **Micron**, v. 38, p. 684 - 693, 2007.

- GAUL, A. T. **The awakening and diurnal flight activities of vespine wasps.** Proc R Entomol Soc Lond Ser A v. 27, p. 33 – 38, 1952.
- GIANNAKAKIS, A.; FLETCHER, B. S. Morphology and distribution of antennal sensilla of *Dacus tryoni* (Froggatt) (Diptera, Tephritidae). **Journal of Australian Entomological Society**, v. 24, p. 31 – 35, 1985.
- GIANNOTTI, E.; PREZOTO, F.; MACHADO, V. L. L. Foraging activity of *Polistes lanio lanio* (Fabr.) (Hymenoptera, Vespidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 455 – 463, 1995.
- GILLOTT, C. **Entomology** 3ed. Netherlands: Springer, 783 p, 2005.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia.** 4 ed. São Paulo: Roca. 480p, 2012.
- HALLBERG, E.; HANSSON, B. S. Arthropod sensilla: morphology and phylogenetic consideration. **Microscopy Research and Techniques**, v. 47, p 428 – 439, 1999.
- HASHIMOTO, Y. Unique features of sensilla on the antennae of Formicidae (Hymenoptera). **Applied Entomology and Zoology**, v.25, p. 491 – 501, 1990.
- HUNGER, T.; STEINBRECHT, R. A. Functional morphology of a doublewalled multiporous olfactory sensillum: the sensillum coeloconicum of *Bombyx mori* (Insecta, Lepidoptera). **Tissue and Cell**, v. 30, p. 14 – 29, 1998.
- HUNT, J. H.; JEANNE, R. L.; KEEPING, M. B. Observations on *Apoica pallens*, a nocturnal Neotropical social wasp (Hymenoptera: Vespidae, Polistinae, Epiponini). **Insectes Sociaux**, v. 42, p. 223-236, 1995.
- ISIDORO, N.; BIN, F.; COLAZZA, S.; VINSON, S. B. Morphology of antennal gustatory sensilla and glands in some parasitoid Hymenoptera with hypothesis on their role in sex and host recognition. **Journal of Hymenoptera Research**, v. 5, p. 206-239, 1996.
- JACQUES, G. C.; OLIVEIRA, D. C.; SOUZA, M. M.; SILVEIRA, L. C. P. (2019) The use of *Polistes versicolor* (Olivier, 1971) in the control of *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) in kale cultivation. **Agrogeoambiental**, v. 11, p. 96-106, 2019.
- JORGE, A.; POLIDORI, C.; NIEVES-ALDREY, J. L. Antennal sensilla in male gall-wasps (Hymenoptera: Cynipidae) and insights on the evolution of sexual dimorphism in cynipoid sensory equipment. **Zoologischer Anzeiger**, v. 283, p. 213-230, 2019.
- KHODAIRY, M. M.; AWAD, A. A. A study on the sensory structure, in relation to some behavioral ecology of the oriental hornet (*Vespa orientalis* L.) (Hymenoptera: Vespidae). **Life Science Journal**, v. 10, p. 1207-1216, 2013.
- KLEINEIDAM, C.; TAUTZ, J. Perception of carbon dioxide and other “air-condition” parameters in the leaf cutting ant *Atta cephalotes*. **Naturwissenschaften**, v. 83, p. 566-568, 1996.

KEIL, T. A.; STEINBRECHT, R. A. Mechanosensitive and olfactory sensilla of insects, pp. 477–516. In R. C. King and H. Akai (eds.), **Insect ultrastructure II**. Plenum Press, New York, 1984.

KEIL, T. A. Chapter 1. Morphology and development of the peripheral olfactory organs. In: Hansson, B. (Ed.), **Insect olfaction**. Springer, Berlin, p. 6–44, 1999.

KLEINEIDAM, C.; ROMAN, I. R.; TAUTZ, J.; ISIDORO, N. Ultrastructure and physiology of the CO₂ sensillum ampullaceum in the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. **Arthropod Structure & Development**, v. 29, p. 43-55, 2000.

LIMA, M. A. P.; PREZOTO, F. Foraging activity rhythm in the Neotropical swarm-founding wasp *Polybia platycephala sylvestris* Richards, 1978 (Hymenoptera: Vespidae) in different seasons of the year. **Sociobiology**, v. 42, p. 745-752, 2003.

LIU Z, H. U. T.; GUO, H. W.; LIANG, X. F.; CHENG, Y. Q. Ultrastructure of the Olfactory Sensilla across the Antennae and Maxillary Palps of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). **Insects**, <https://doi.org/10.3390/insects12040289>, 2021.

MARQUES-SILVA, S.; MATIELLO-GUSS, C. P.; DELABIE, J. H. C.; MARIANO, C. S. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Sensilla and secretory glands in the antennae of a primitive ant: *Dinoponera lucida* (Formicidae: Ponerinae). **Microscopy Research and Technique**, v.69, p. 885-890, 2006.

MCIVER, S. B. Structure of cuticular mechanoreceptors of arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 20, p. 381-397, 1975.

MONTH-JURIS, E.; RAVAIANO, S. V.; LOPES, D. M.; FERNANDES SALOMAO, T. M.; MARTINS, G. F. Morphological assessment of the sensilla of the antennal flagellum in different castes of the stingless bee *Tetragonisca fiebrigi*. **Journal of Zoology**, v. 310, p. 110-125, 2020.

NAKANISHI, A.; NISHINO, H.; WATANABE, H.; YOKOHARI, F.; NISHIKAWA, M. Sex-specific antennal sensory system in the ant *Camponotus japonicus*: structure and distribution of sensilla on the flagellum. **Cell and Tissue Research**, v. 338, p. 79-97, 2009.

NASCIMENTO, F. S.; TANNURE-NASCIMENTO, I. C. Foraging patterns in a nocturnal swarmfounding wasp, *Apoica flavissima* van der Vecht (Hymenoptera: Vespidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 177-181, 2005.

NASCIMENTO, M. A.; SALOMÃO, T. M. F.; MARTINS, G. F. Estudo Comparativo das Sensilas Antenais de Operárias de *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) de Diferentes Altitudes. **EntomoBrasilis**, v 6, p. 64-67, 2013.

NOWIŃSKA, A.; BROŹEK, J. Morphological study of the antennal sensilla in Gerromorpha (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). **Zoomorphology**, v. 136, p. 327-347, 2017.

OCHIENG, S. A.; PARK, K. C.; ZHU, J. W.; BAKER, T. C. Functional morphology of antennal chemoreceptors of the parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 29, p. 231-240, 2000.

ONAGLOBA, E. O.; FADAMIRO, H. Y. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of *Pteromalus cerealellae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Micron** v. 39, p. 526-535, 2008.

PAULA, L. C.; ANDRADE, F. R.; PREZOTO, F. Foraging behavior in the Neotropical swarm-founding wasp *Parachartergus fraternus* (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae: Epiponini) during different phases of the biological cycle. **Sociobiology**, v. 42, p. 735-744, 2003.

PREZOTO, F.; GIANNOTTI, E.; MACHADO, V. L. L. Atividade forrageadora e material coletado pela vespa social *Polistes simillimus* Zikán, 1951 (Hymenoptera, Vespidae). **Insecta**, v. 3, p. 11-19, 1994.

PREZOTO, F.; MACIEL, T. T.; DETONI, M.; MAYORQUIN, A. Z.; BARBOSA, B. C. Pest Control Potential of Social Wasps in Small Farms and Urban Gardens. **Rev. Insects**, v. 10, n. 7, p. 10, 2019.

PICKETT, K. M.; WENZEL, J. W. Revision and Cladistic Analysis of the Nocturnal Social Wasp Genus, *Apoica* Lepeletier (Hymenoptera: Vespidae; Polistinae, Epiponini). **American Museum Novitates**, v.3562, p. 1-30, 2007.

POLIDORI, C. JORGE, A. AND ORNOSA, C. (2020). Antennal morphology and sensillar equipment vary with pollen diet specialization in *Andrena* bees. **Arthropod Structure & Development**, v. 57, 13 p. 2020.

RAVAIANO, S. V.; FERREIRA, R. P.; CAMPOS, L. A.; MARTINS, G. F. The antennal sensilla of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a study of different sexes and castes. **Naturwissenschaften**, v. 101, p. 603-611, 2014.

REEVE, H. K. *Polistes*. In: Ross KG, Matthews RW (ed) **The social biology of wasps**. New York, Cornell University Press, p. 99-148, 1991.

RENTHAL, R.; VELASQUEZ, D.; OLMOS, D.; HAMPTON, J.; WERGIN, W. P. Structure and distribution of antennal sensilla of the red imported fire ant. **Micron**, v. 34, p. 405-413, 2003.

RESENDE JJ, SANTOS GMM, BICHARA-FILHO CC, GIMENES M. Atividade diária de busca de recursos pela vespa social *Polybia occidentalis occidentalis* (Olivier, 1791) (Hymenoptera, Vespidae). **Rev. bras. Zociências**, v. 3, p.105-115, 2001.

RIBEIRO-JUNIOR, C.; GUIMARÃES, D. L.; ELISEI, T.; PREZOTO, F. Foraging activity rhythm of the neotropical swarm-founding wasp *Protopolybia exigua* (Hymenoptera, Vespidae, Epiponini) in different seasons of the year. **Sociobiology**, v. 47, p. 115-123, 2006.

RICHARDS, O. W. **The social wasps of the Americas excluding the Vespinae.** London, British Museum, 580 p, 1978.

RICHTER, M. R. Social wasp (Hymenoptera, Vespidae) foraging behavior. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 121-150, 2000.

ROGERS, L. J.; VALLORTIGARA, G. From antenna to antenna: lateral shift of olfactory memory in honeybees. **PLoS ONE**, v. 3, n. 6, e2340, 2008.

SAWSAN, M. A.; SAWIRES, S. G. Comparative Studies on the Antennal Sense Organs of Queen and Worker Honey Bees, *Apis mellifera* L. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences**, v. 8, p. 65-75, 2015.

SEVARIKA, M.; ROSSI STACCONI, M. V.; ROMANI, R. Fine Morphology of Antennal and Ovipositor Sensory Structures of the Gall Chestnut Wasp, *Dryocosmus kuriphilus*. **Insects**, v. 12, n. 3, 231, 2021.

SILVEIRA, O. T.; ANDENA, S. R.; SOMAVILLA, A.; CARPENTER, J. M. Phylogeny and classification of the Neotropical social wasps. In Prezoto F, Nascimento FS, Barbosa BC, e Somavilla A (editors), **Neotropical social wasps**, p. 267–291, Gewerbestrasse, Switzerland: Springer, 2021.

SHIELDS, V. D. C. High resolution ultrastructural investigation of insect sensory organs using field emission scanning electron microscopy. **Microscopy: science, technology, applications and education. Formatex Badajoz**, p. 321–328, 2010.

SUWANNAPONG, G.; NIOPHROM, J.; BENBOW, M. E. Ultramorphology of antennal sensilla in thai single open nest honeybees (Hymenoptera: Apidae). **The Journal of Tropical Asian Entomology**, v. 1, p. 1-12, 2012.

SPAETHE, J.; BROCKMANN, A.; HALBIG, C.; TAUTZ, J. Size determines antennal sensitivity and behavioral threshold to odors in bumblebee workers. **Naturwissenschaften**, v. 94, p. 733–739, 2007.

SPRADBERY, J. P. **Wasps. An account of the biology and natural history of social and solitary wasps.** Seattle, University Washington Press, 408 p. 1973.

STEFANINI, M.; DE MARTINO, C.; ZAMBONI, L. Fixation of ejaculated spermatozoa for electron microscopy. **Nature**, v. 216, p. 173 -174, 1967.

WEST-EBERHARD, M. J. The nature evolution of swarming in tropical social wasps. In: Jaisson P (Ed) **Social Insects in the Tropics**. Univ. Paris-Nord, Paris, p. 97–128, 1982.

WILSON, E. O. **The Insect Societies.** Cambridge, The Belknap Press Harvard University. 548p, 1971.

YANG, P.; LI, Z. B.; YANG, D. R.; PENG, Y. Q.; KJELLBERG, F. Comparison of the antennal sensilla of females of four fig-wasps associated with *Ficus auriculata*. **Acta Oecologica**, v. 90, p. 99-108, 2018.

ZHOU, H.; WU, W. J.; ZHANG, F. P.; FU, Y. G. Scanning electron microscopy studies of the antennal sensilla of *Metaphycus paasissetiae* Zhang & Huang (Hymenoptera: Encyrtidae). **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 278-287, 2013.