

MARINA FARCIC MINEO

SISBI/UFU



1000218133

MON
595.46
M654j
TES/MEM

**INVESTIGAÇÃO DA FUNÇÃO MECANORRECEPTORA
DOS PECTINES DE *Tityus serrulatus* LUTZ & MELLO, 1922
(SCORPIONES: BUTHIDAE): CAPTAÇÃO DE VIBRAÇÕES
DO SOLO E CAPTURA DE PRESAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Del Claro

UBERLÂNDIA -MG

Fevereiro – 2005

MARINA FARCIC MINEO

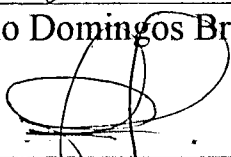
**INVESTIGAÇÃO DA FUNÇÃO MECANORRECEPTORA DOS PECTINES DE
TITYUS SERRULATUS LUTZ & MELLO, 1922 (SCORPIONES: BUTHIDAE):
CAPTAÇÃO DE VIBRAÇÕES DO SOLO E CAPTURA DE PRESAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em ___ de fevereiro de 2005



Prof. Dr. Antonio Domingos Brescovit - Instituto Butantan - IBSP



Prof. Dr. Oswaldo Marçal Junior - UFU



Prof. Dr. Kleber Del Claro - UFU (orientador)

UBERLÂNDIA - MG

Fevereiro - 2005

AGRADECIMENTOS

A Deus, que esteve presente não só ao longo de todo este trabalho mas em toda a minha vida.

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais (PGECO-UFU) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao durante toda a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Kleber Del Claro, pela confiança, orientação e apoio em todas as etapas deste trabalho.

Aos Profs. Dr. Antonio Domingos Brescovit, Dr. Oswaldo Marçal Júnior, Dr. José Fernando Pinese, Dr. Paulo Sérgio Moreira Carvalho de Oliveira, Dr. Roger D. Farley e Dr. Alfredo Peretti pelas valiosas contribuições.

Aos professores, secretária e colegas de curso, que me fizeram crescer.

A todos os companheiros do LECI, por todo este tempo de pesquisa juntos, pela força, união e amizade.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada, e principalmente a Greice Ayra Franco de Assis pela ajuda desde o início do estudo e por me fazer gostar de escorpiões.

Aos meus pais, Carlos Henrique Mineo e Maria Inês Farcic Fic Mineo, e meu namorado Rogerio Gaudard de Oliveira pela ajuda nas coletas no cemitério e nas observações à noite, ao meu tio José Roberto Mineo e a toda minha família pela motivação.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização desta pesquisa.

**"Se existe um forma
de fazer melhor,
descubra-a"**

Thomas Edison

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	6
COLETA E CATIVEIRO	6
ETOGRAMA	7
EXPERIMENTO DE PREDACÃO	9
EXPERIMENTO DE VIBRAÇÃO.....	10
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	11
RESULTADOS	12
ETOGRAMA	12
EXPERIMENTO DE PREDACÃO	14
EXPERIMENTO DE VIBRAÇÃO	16
DISCUSSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Pectines. Os pectines são um par de apêndices de origem ventral presente em todos os escorpiões (A). Cada um desses órgãos possui uma fileira de dentes (B). Na extremidade final de cada dente encontram-se pequenas estruturas chamadas “peg sensilla” (C). (Abreviações: p, pectine; t, dente; pe, peg sensilla). Fonte: <http://faculty-staff.ou.edu/G/Douglas.D.Gaffin-1>.....2
- FIGURA 2 - Escorpião amarelo *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 em cativeiro4
- FIGURA 3 - Teste de captação de vibrações do solo pelos pectines do escorpião amarelo *Tityus serrulatus*. Um acelerômetro (a) foi conectado ao fundo de uma caixa plástica (b) onde estava o escorpião para medir a intensidade da vibração produzida. A este aparelho foi conectado um condicionador de sinais (c) que mostrava a frequência da vibração. Para a leitura das vibrações foi utilizado um multímetro digital (d)10
- FIGURA 4 - Porcentagem da ocorrência das categorias comportamentais (com exceção da categoria imobilidade) no etograma de *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 * indica diferença significativa entre as médias12
- FIGURA 5 - Porcentagem de ocorrência de exibição de postura de ataque e de captura da presa apresentada por *Tityus serrulatus* com pectines limpos (GC2) e sujos por parafina (GT2)15

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Qualificação dos atos comportamentais de <i>Tityus serrulatus</i> Lutz & Mello, 1922 em cativeiro, adaptado de Mineo <i>et al.</i> (2003)	8
TABELA 02 - Quantificação do repertório comportamental de <i>Tityus serrulatus</i> Lutz & Mello, 1922 com (GT2) e sem (GC2) pectines obstruídos por parafina	13
TABELA 03 - Comparação da frequência dos atos comportamentais de <i>Tityus serrulatus</i> Lutz & Mello 1922 de acordo com a qualificação de Mineo <i>et al.</i> 2003. Os atos não apresentados na tabela tiveram somente uma ou nenhuma ocorrência em ambos os grupos durante o estudo. * houve normalidade **houve diferença significativa	14

RESUMO

MINEO, Marina Farcic. **Investigação da função mecanorreceptora dos pectines de *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 (Scorpiones: Buthidae): captação de vibrações do solo e detecção de presas.** Uberlândia: UFU, 2004. (Dissertação – Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). 25 p.

A percepção do ambiente por escorpiões é objeto de grande interesse, havendo muita controvérsia sobre o uso dos pectines nessa função. O objetivo deste estudo foi investigar a função mecanorreceptora dos pectines do escorpião amarelo, *Tityus serrulatus*. O estudo foi conduzido em laboratório, de julho de 2003 a julho de 2004. Os animais (N=90) foram mantidos em seis terrários (N=15), três destes denominados “grupo controle” (GC) contendo indivíduos com pectines intactos e os demais foram considerados “grupo tratamento” (GT) apresentando escorpiões com pectines cobertos por fina camada de parafina. Três experimentos (etograma, teste de predação com baratas e teste de predação a partir da produção de vibrações no solo) foram conduzidos comparando-se GC e GT. O etograma mostrou que o GT teve atividades de exploração do ambiente reduzidas significativamente, permanecendo mais tempo em repouso e passando mais tempo em grupo do que o GC. O teste de predação revelou que o GT foi menos eficaz na localização e captura das presas e o teste de vibração mostrou que o GT não reagiu à vibração produzida no solo, ao contrário do GC. Os resultados sugerem uma função mecanorreceptora dos pectines de *T. serrulatus* e revelam que a captação de vibrações do solo por meio dos pectines é o principal modo percepção e reconhecimento de presas utilizado por este escorpião.

ABSTRACT

MINEO, Marina Farcic. **Investigation of the mechanoreceptive function of pectines in *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 (Scorpiones: Buthidae): caption of ground vibrations and prey detection.** Uberlândia: UFU, 2004. 25 p.

Environment perception by scorpions is an issue of great attention, and there are controversy about the use of pectines in this function. This paper investigates the mechanoreceptive function of pectines of the yellow scorpion, *Tityus serrulatus*. The study was conducted in laboratory conditions from July 2003 to July 2004. Ninety females were maintained in 6 terraria (N=15), 3 of them were called “control group-CG” (intact pectines) and the others “treatment group-TG” (pectines covered with paraffin). Three tests, an ethogram, a test of prey detection and a test of caption of ground vibrations, were performed to compare skills of animals with (TG) and without dirty pectines (CG). The ethogram showed that TG had its exploratory activities significantly reduced, remaining more time resting and in aggregations than CG. Predation test showed that TG was less efficient in the detection and in the capture of prey. Vibrations test showed that TG didn't answer to the vibrations produced in substrate, and the opposite occurred with CG. Results suggest a mechanoreceptive function of pectines of *T. serrulatus* and showed that the caption of ground vibrations through these structures is the main mode of prey perception and localization in this scorpion.

INTRODUÇÃO

Embora represente um grupo bastante homogêneo quanto às suas características morfológicas, a ordem Scorpiones se diversifica em 1.259 espécies conhecidas, distribuídas em 16 famílias e 155 gêneros (FET *et. al.* 2000). Os escorpiões se adaptaram a uma enorme variedade de ambientes, estando representados em todos os continentes com exceção da Antártida (SISSOM 1990). Apesar disso, relativamente pouco se sabe sobre o comportamento de predação destes animais, especialmente na América do Sul, onde sugere-se que ocorra a maior diversidade dentro do grupo (LOURENÇO 1994).

A biologia dos escorpiões tem sido estudada há mais de um século. Primeiramente somente eram abordados temas como anatomia, taxonomia, biogeografia e peçonha, mas, no final dos anos 70, a pesquisa básica sobre o grupo se expandiu abrangendo fisiologia, comportamento, ecologia e evolução (BROWNELL & POLIS 2001). Porém, os pectines dos escorpiões foram foco da atenção dos pesquisadores desde os primeiros estudos.

Os pectines são estruturas únicas dos escorpiões (HJELLE 1990) e estão presentes em todas as espécies atuais e fósseis (SISSOM 1990). Os fósseis mais antigos dos escorpiões datam do período Siluriano - 440 a 408 m.a.a. (RUPPERT & BARNES 1996). Nessa época, os escorpiões teriam sido aquáticos, mas a função dos pectines neste tempo é desconhecida (KJELLESVIG-WAERING 1986). A terrestrialização ocorreu nos períodos Devoniano - 408 a 360 m.a.a.- e Carbonífero - 360 a 286 m.a.a. (JERAM 2001). Todos os escorpiões modernos são terrestres e os seus pectines possuem nervações ligadas ao sistema nervoso central (GAFFIN & BROWNELL 1990).

Constituem-se basicamente de um par de apêndices em forma de pente (FIGURA 1), que se originam na superfície ventral do abdome do escorpião próximos da coxa do último par de pernas (ROOT 1990). Cada apêndice consiste em um longo elemento basal

que possui uma fileira de dentes, sendo cada um destes dentes uma projeção cilíndrica com terminações nervosas (ROOT 1990). Músculos estão associados com os pectines em sua base (veja FARLEY 2001).

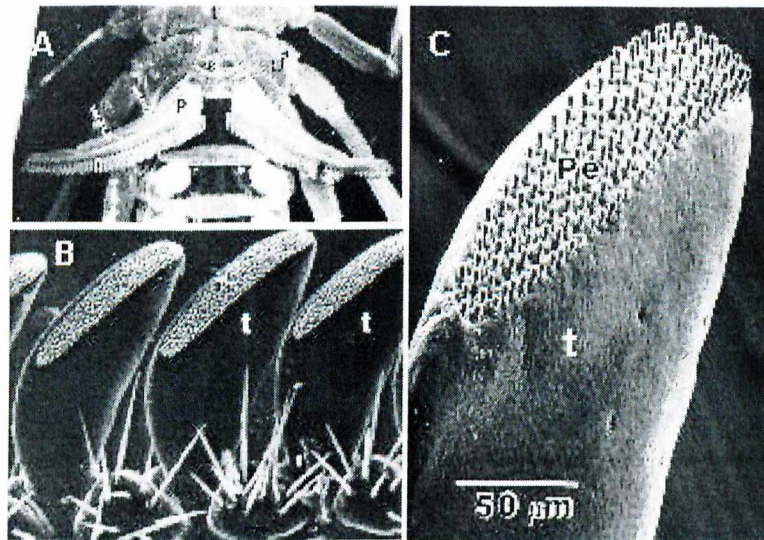


FIGURA 1. Pectines. Os pectines são um par de apêndices de origem ventral presente em todos os escorpiões (A). Cada um desses órgãos possui uma fileira de dentes (B). Na extremidade final de cada dente encontram-se pequenas estruturas chamadas “peg sensilla” (C). (Abreviações: p, pectine; t, dente; pe, peg sensilla). Fonte: <http://faculty-staff.ou.edu/G/Douglas.D.Gaffin-I>

As funções atribuídas a estas estruturas são muitas, tais como sensibilidade tátil (POCOCK 1893), equilíbrio e audição (GASKELL 1902), mecanorrecepção (ABUSHAMA 1964), quimiorrecepção (IVANOV & BALASHOV 1979; FOELIX & MULLER-VORHOLT 1983; GAFFIN 2002), detecção de vibrações do solo (CLOUDSLEY-THOMPSON 1955), auxílio na procura de locais ideais para deposição de espermátóforo (ALEXANDER 1959; POLIS & SISSOM 1990; BENTON 2001). Devido à sua proximidade da abertura genital, foram propostas também várias funções relacionadas à reprodução (KJELLESVIG-WAERING 1986; FET & BROWNELL 1998). Entretanto, “há certamente mais especulação teórica do que fortes e convincentes

dados para a maioria das funções sugeridas aos pectines” (ROOT 1990; BROWNELL & POLIS 2001).

A função dos pectines relacionada à detecção de vibrações do solo, que contribuiria para a orientação do animal, incluindo a captura de presas, é ainda hoje assunto de grande controvérsia. Alguns autores como CLOUDSLEY-THOMPSON (1955) defendem esta idéia, enquanto outros, como CARTHY (1968), a refutam. Outros autores ainda confirmaram que os escorpiões são capazes de perceber vibrações do substrato, mas atribuíram esta função a outras estruturas como os tricobótrios presentes nos pedipalpos (ABUSHAMA 1964) ou aos pêlos e fendas basitarsais (BROWNELL & FARLEY 1979). Há também pesquisadores que sugerem que o principal modo de orientação dos escorpiões seja a percepção de vibrações no ar, novamente através dos tricobótrios (FARLEY 1999). Entretanto, praticamente todos os estudos existentes sobre o assunto foram feitos com animais de deserto, sendo que adaptações específicas podem ocorrer. Devemos considerar que variações no hábitat podem produzir diferentes pressões seletivas sobre um mesmo grupo animal gerando modificações e surgimento de novas funções para uma mesma estrutura (FUTUYMA 1998).

Por meio de testes de manipulação experimental, inutilizando temporariamente com aplicação de uma fina camada de parafina sobre os pectines dos escorpiões, procuramos responder as seguintes questões:

1 – Os animais com pectines sujos comportam-se da mesma maneira que os indivíduos com pectines limpos? Eles apresentam os mesmos padrões de atividade?

2 – O bloqueio temporário dos pectines interfere na eficiência de captura de presas?

3 – Indivíduos com pectines sujos e com pectines limpos apresentam diferentes reações às vibrações produzidas no solo?

Para estes testes, utilizou-se como modelo o escorpião amarelo *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 (FIGURA 2). A espécie apresenta coloração amarelo-claro, com manchas escuras sobre o tronco e na parte inferior do fim da cauda. Pode atingir 7cm de comprimento, sendo que o quarto anel da cauda possui pequenas projeções que lembram o formato de uma serra (CANDIDO 1999). É encontrado no sudeste e centro-oeste do Brasil e protagoniza a maioria dos acidentes graves no sudeste (CUPO *et al.* 1994).



FIGURA 2 – Escorpião amarelo *Tityus serrulatus* Lutz & Mello 1922 em cativeiro.

Caracteriza-se por reproduzir-se partenogeneticamente, sendo conhecidas apenas fêmeas (Matthiesen 1962). Esta é considerada a espécie de escorpião mais perigosa do Brasil (BUCARETCHI *et al.* 1994; CUPO *et al.* 1994; EICKSTEDT *et al.* 1994; FREIRE-MAIA *et al.* 1994) não só pela sua incidência, mas pela potencialidade de sua peçonha em determinar quadros clínicos graves (BÜCHERL 1968).

Embora o escorpião *T. serrulatus* seja comum nas cidades, a maioria das pesquisas sobre a espécie são sobre as propriedades de sua peçonha (FERREIRA *et al.*

1998; CARVALHO *et al.* 2000; MARUO *et al.* 2002). Portanto, ainda pouco se sabe sobre sua biologia, comportamento e ecologia.

Assim sendo, o principal objetivo deste estudo foi investigar a função mecanorreceptora dos pectines do escorpião amarelo *T. serrulatus* na captura de presas e na captação de vibrações do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e cativeiro

O estudo foi realizado entre julho de 2003 e julho de 2004. Foram coletadas 90 fêmeas adultas (6 a 7 cm de comprimento do início do prosoma ao fim da cauda) em cemitérios localizados na periferia das cidades de Uberlândia (N=60) e Ituiutaba (N=30), em Minas Gerais. Os animais foram mantidos no Laboratório de Experimentação Animal da Universidade Federal de Uberlândia (LEA-UFU) sob condições controladas (18-22°C, 65% umidade, 12 horas de luz). Foram formados seis grupos de quinze animais e cada grupo foi acondicionado em um terrário (50x30x35cm). Os terrários foram forrados internamente por papel microondulado e continham duas placas de Petri com algodão umedecido em água. Como alimento, cada grupo recebia cinco larvas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) a cada três dias. Os animais passaram por um período de quinze dias de adaptação ao cativeiro.

Três dos seis grupos experimentais foram sorteados e seus indivíduos tiveram os pectines tampados com parafina histológica (CAQ®). A parafina era derretida e diluída em água para resfriamento e melhor manipulação. Antes de seu endurecimento, era aplicada com pincel fino diretamente sobre os pectines dos escorpiões com uma única pincelada em cada pecten. Certificou-se que apenas os pectines haviam sido cobertos pela parafina. Estes grupos de animais foram denominados grupo tratamento 1 - GT1, grupo tratamento 2 - GT2 e grupo tratamento 3 - GT3. Nos três grupos restantes os escorpiões permaneceram com seus pectines intactos, mas foram também manipulados. Para causar estresse semelhante ao do grupo tratamento, o pincel limpo foi passado sobre seus pectines. Esses animais foram nomeados grupo controle 1 - GC1, grupo controle 2 -

GC2 e grupo controle 3 - GC3. Antes do início dos testes experimentais, os animais de todos os grupos passaram por um período de uma semana de adaptação.

O estudo foi dividido em três etapas: etograma, experimento de predação e experimento de vibração. Após os testes, os escorpiões dos grupos tratamento tiveram os seus pectines limpos e todos os animais foram encaminhados ao Centro de Zoonoses da prefeitura de Uberlândia, Minas Gerais. Três animais foram depositados como testemunho na coleção do Museu de Biodiversidade do Cerrado (MBC-UFU).

Etograma

Os animais de GC1 e GT1 foram observados durante 20 dias, totalizando 60 horas de observação (30 horas para cada grupo), divididas em sessões de 60 minutos. As sessões ocorreram em todos os horários, cobrindo-se ao menos uma vez cada uma das 24 horas do dia para cada grupo. Os animais desse experimento continuaram recebendo alimento normalmente. Com base na qualificação dos atos comportamentais proposta por MINEO *et al.* (2003) para esta espécie (TABELA 1), os comportamentos gerais exibidos pelos animais foram quantificados e analisados em busca de possíveis diferenças de padrões de atividade e comportamento entre animais com e sem os pectines obstruídos. A frequência de ocorrência dos comportamentos era anotada diretamente em planilha. O método utilizado para a observação foi o “*ad libitum*” ou amostragem de todas as ocorrências (ALTMANN 1974; MARTIN & BATESON 1993).

TABELA 1 - Qualificação dos atos comportamentais de *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 em cativeiro, adaptado de Mineo *et al.* (2003).

1.Exploração do ambiente

1(a) *Andar com as pinças fechadas*: caminhar lentamente pelo recinto com os pedipalpos paralelos ao solo e as pinças fechadas.

1(b) *Andar com as pinças abertas*: caminhar lentamente pelo recinto com os pedipalpos erguidos e as pinças abertas.

1(c) *Andar apressadamente*: caminhar pelo recinto de modo contínuo e rápido, abrindo e fechando as pinças dos pedipalpos.

1(d) *Andar com paradas*: locomover-se realizando interrupções a cada 3-4cm.

1(e) *Escavar o substrato do terrário*: escavar o cascalho do substrato do terrário

2.Limpeza

2(a) *Passar a pinça nas quelíceras*: passar a pinça dos pedipalpos entre as quelíceras, limpando-as.

2(b) *Passar o agulhão nas quelíceras*: esfregar o agulhão entre as quelíceras, limpando-o.

2(c) *Limpar-se com o segundo par de pernas*: friccionar o segundo par de pernas na parte antero-ventral e/ou lateral de seu corpo.

3.Contato com co-específicos

3(a) *Andar sobre outros indivíduos*: locomover-se sobre os demais indivíduos contidos no terrário.

4.Imobilidade

4(a) *Imóveis dispersos*: permanecer imóvel isoladamente.

4(b) *Imóveis agrupados*: ficar imóvel próximo a outros indivíduos, distando no máximo 2cm uns dos outros.

5.Forrageio

5(a) *Capturar a presa*: agarrar a presa com as pinças, podendo ou não inocular peçonha.

5(b) *Alimentar-se*: arrancar pequenos fragmentos corporais da presa com auxílio de suas quelíceras queladas.

5(c) *Defender sua presa*: livrar sua presa de indivíduos que se aproximam com intuito de roubá-la.

5(d) *Tentar capturar a presa de um outro indivíduo*: aproximar-se de um indivíduo na tentativa de roubar sua presa.

6.Hidratação

6(a) *Ir à Placa de Petri*: permanecer sobre a Placa de Petri contendo algodão umedecido em água, podendo ou não sugar o líquido.

Experimento de predação

Neste experimento foram utilizados os grupos GC2 e GT2. Os animais foram colocados em recintos isolados (trinta recipientes plásticos de 28x14x10cm) também forrados internamente por papel microondulado e com água disponível em algodão umedecido em uma placa de Petri. Permaneceram sob as mesmas condições laboratoriais descritas anteriormente durante uma semana, mas não receberam alimento.

No oitavo dia, uma barata (*Periplaneta americana* Linnaeus, 1758, $X \pm SD = 3,2 \pm 0,5$ cm) foi introduzida no recipiente onde o escorpião estava isolado e o animal foi observado durante uma hora. Este procedimento foi repetido com todos os animais dos grupos que estavam sendo utilizados. Durante o período de observação, foi verificado se os animais apresentaram ou não postura de ataque (erguer o aguilhão e abrir as pinças dos pedipalpos) e se capturaram a presa. Quando isso ocorria, era medido o tempo que o escorpião levou para fazê-lo. Além disso, para cada escorpião foi anotado e comparado o número de tentativas de capturar a presa e de penetrar o aguilhão (“estocada”), sendo divididos em duas categorias: direção correta ou incorreta da estocada e da tentativa de captura.

Após o teste, os animais do grupo controle (GC2) continuaram por 30 dias neste recinto sob as mesmas condições de cativeiro, porém não receberam alimento. Depois deste período, estes indivíduos tiveram uma pequena área da parte ventral do mesossoma (próxima aos pectines) coberta com parafina e foram submetidos novamente ao teste de predação. Foi observado se houve ou não apresentação de postura de ataque e captura da presa oferecida. Este último teste foi delineado com o objetivo de, caso houvesse diferença significativa entre as reações do GC2 e GT2, saber se estas teriam sido geradas pela cobertura dos pectines ou somente pela presença da parafina no corpo do animal.

Experimento de vibração

Foram utilizados os grupos GC3 e GT3. A condução deste teste foi feita no Laboratório de Vibrações (Instituto de Engenharia Mecânica –UFU). No fundo de uma caixa plástica (28 x 14 cm), foi conectado um acelerômetro (Calibrator Chart for Accelerometer / Type 8309 – References Sensitivity at $0,0044\mu\text{C}/\text{ms}^{-2}$) que mediu a intensidade dos estímulos produzidos pela fricção do isopor que variou entre 5 e 35mV. A este aparelho foi conectado um condicionador de sinais (Charge Amplifier – B&K / Type 2635). Para a leitura da amplitude das vibrações, utilizou-se um multímetro digital (Digital Multimeter Goldstar / DM-241 – Fundo de escala 200mV). A leitura dos estímulos produzidos aparecia instantaneamente no visor do multímetro digital, o que permitia o controle das vibrações produzidas (FIGURA 3). Todo o estudo foi conduzido

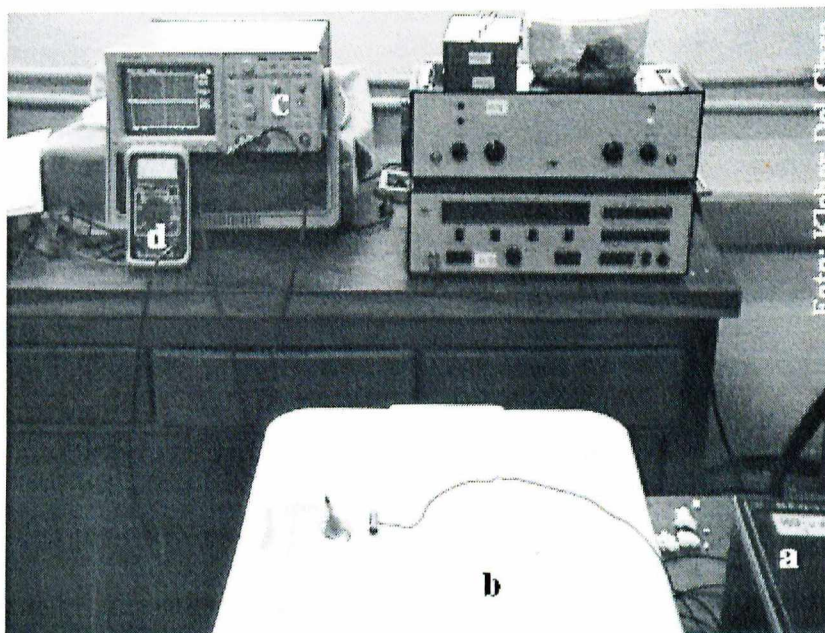


FIGURA 3 – Teste de captação de vibrações do solo pelos pectines do escorpião amarelo *Tityus serrulatus*. Um acelerômetro (a) foi conectado ao fundo de uma caixa plástica (b) onde estava o escorpião para medir a intensidade da vibração produzida. A este aparelho foi conectado um condicionador de sinais (c) que mostrava a frequência da vibração. Para a leitura das vibrações foi utilizado um multímetro digital (d).

sobre um balcão para estudos vibracionais, devidamente isolado das interferências do ambiente.

Primeiramente uma barata adulta foi colocada sobre a caixa plástica e mediu-se a intensidade da vibração que ela provoca no solo ao se locomover ($X \pm SD = 15 \pm 9 \text{ mV}$) para que as vibrações produzidas variassem de maneira semelhante. Após a verificação, a caixa foi limpa e os escorpiões foram colocados um a um na caixa para os testes, alternando os indivíduos dos grupos controle e tratamento. Uma vibração foi produzida por cinco minutos no fundo da caixa plástica a partir da arranhadura de um pedaço de isopor de 1 cm^2 seguro por uma pinça, cinco centímetros à frente do escorpião.

Antes de cada teste a caixa de testes era limpa para a remoção de possíveis secreções, excreções ou odores que poderiam vir a ser liberados pelo animal previamente testado. As reações dos escorpiões com pectines intactos (GC3) e com pectines tampados (GT3) frente ao estímulo vibratório foram registradas e foi verificado:

- a) se o animal demonstrou ou não reação (ataque ou defesa);
- b) o tempo que levou para fazê-lo.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software GraphPad Prism® versão 3.0. Foi feita uma comparação entre os grupos controle e tratamento utilizando-se os dados brutos de cada teste. Quando os valores de ambos os grupos seguiam uma distribuição normal, utilizou-se o Teste t para amostras independentes. Quando isto não ocorria, foi utilizado o Teste Mann-Whitney. O intervalo de confiança utilizado foi de 95%.

RESULTADOS

Etograma

No presente estudo, a categoria “imobilidade” foi a mais freqüente em ambos os grupos (85% em GC1 e 87% em GT1). Entendemos por imobilidade a condição do animal estar imóvel por mais de 20 segundos consecutivos. A fim de permitir uma melhor visibilidade da freqüência e importância dos outros comportamentos observados, esta categoria foi excluída da Figura 1, onde apresentamos as categorias comportamentais exibidas pelos grupos experimentais de *T. serrulatus*. As categorias “exploração do ambiente” ($P = 0,003$; Teste Mann-Whitney) e “contato com co-específicos” ($P = 0,0305$; Teste t não pareado) apresentaram diferença significativa, sendo que ambas foram mais executadas por GC1 (FIGURA 4).

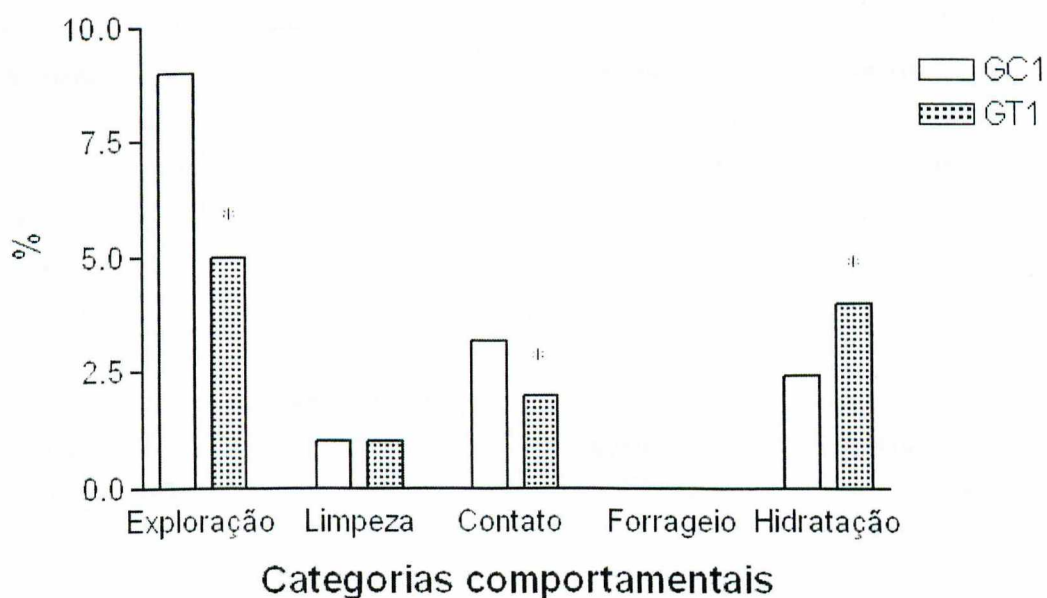


FIGURA 4 - Porcentagem da ocorrência das categorias comportamentais (com exceção da categoria imobilidade) no etograma de *Tityus serrulatus* Lutz & Mello 1922 . * indica diferença significativa entre as médias.

Dentre os 16 atos comportamentais presentes na qualificação, 11 foram observados durante o experimento (TABELA 2).

TABELA 2 – Quantificação do repertório comportamental de *Tityus serrulatus* Lutz & Mello, 1922 com (GT2) e sem (GC2) pectines obstruídos por parafina.

Atos comportamentais	GT2	GC2
Exploração do ambiente	5,051	8,188
<i>Andar com as pinças fechadas</i>	---	---
<i>Andar com as pinças abertas</i>	2,969	3,963
<i>Andar apressadamente</i>	0,019	0,019
<i>Andar com paradas</i>	1,725	3,854
<i>Escavar o substrato do terrário</i>	0,338	0,352
Limpeza	0,610	0,610
<i>Passar a pinça nas quelíceras</i>	0,439	0,572
<i>Passar o agulhão nas quelíceras</i>	0,019	---
<i>Limpar-se com o segundo par de pernas</i>	0,152	0,038
Contato com co-específicos	2,211	3,464
<i>Andar sobre outros indivíduos</i>	2,211	3,464
Imobilidade	87,839	85,219
<i>Imóveis dispersos</i>	30,281	39,216
<i>Imóveis agrupados</i>	57,558	46,002
FORAGEIO	---	---
<i>Capturar a presa</i>	---	---
<i>Alimentar-se</i>	---	---
<i>Defender sua presa</i>	---	---
<i>Tentar capturar a presa de um outro indivíduo</i>	---	---
Hidratação	4,289	2,519
<i>Ir à Placa de Petri</i>	4,289	2,519

Destes atos, três tiveram somente uma ocorrência em ambos os grupos e, portanto, não foram analisados, e cinco apresentaram diferença significativa entre os grupos GC1 e GT1 (TABELA 3). Na maioria dos casos, “andar com as pinças abertas”, “andar com paradas”, “andar sobre outros indivíduos” e “imóveis dispersos”, o GC1 foi o

grupo que executou significativamente mais vezes o ato comportamental em questão. A exceção foi o ato “imóveis agrupados”, executado mais pelo GT1. Estes agrupamentos não foram considerados contato com co-específicos porque os animais mantinham sempre uma pequena distância uns dos outros (0,5 a 2 cm).

TABELA 3 - Comparação da frequência dos atos comportamentais de *Tityus serrulatus* Lutz & Mello 1922 de acordo com a qualificação de Mineo *et al.* (2003). Os atos não apresentados na tabela tiveram somente uma ou nenhuma ocorrência em ambos os grupos durante o estudo.
* houve normalidade **houve diferença significativa

Ato Comportam.	Teste de Normalidade		Comparação	
	GC1	GT1	Teste t	Mann-Whitney
1(b)	P > 0,10 *	P = 0,0127		P = 0,0484 **
1(d)	P = 0,0580 *	P = 0,0867 *	P = 0,0229 **	
1(e)	P < 0,0001	P < 0,0001		P = 0,4642
2(a)	P = 0,0097	P = 0,0148		P = 0,4163
2(c)	P < 0,0001	P < 0,0001		P = 0,4586
3(a)	P > 0,10 *	P > 0,10*	P = 0,0305 **	
4(a)	P > 0,10 *	P > 0,10 *	P = 0,0432 **	
4(b)	P > 0,10 *	P > 0,10 *	P = 0,0125 **	
6(a)	P = 0,0142	P > 0,10 *		P = 0,0498 **

Experimento de predação

Dos escorpiões com pectines limpos (GC2) a maioria, 14 (N=15), exibiu postura de ataque logo após a introdução da presa em seu recinto. Apenas um indivíduo permaneceu imóvel. No grupo tratamento (GT2) somente seis (N=15) escorpiões com pectines sujos exibiram postura de ataque (FIGURA 4). Porém, estes seis indivíduos do GT2 não apresentaram a postura de ataque logo após a introdução da presa como ocorreu em GC2. Animais com pectines sujos exibiram a postura de ataque apenas

depois de serem tocados pela presa. Quanto à captura da presa, 12 animais do GC2 obtiveram sucesso contra apenas um escorpião do GT2 (FIGURA 5).

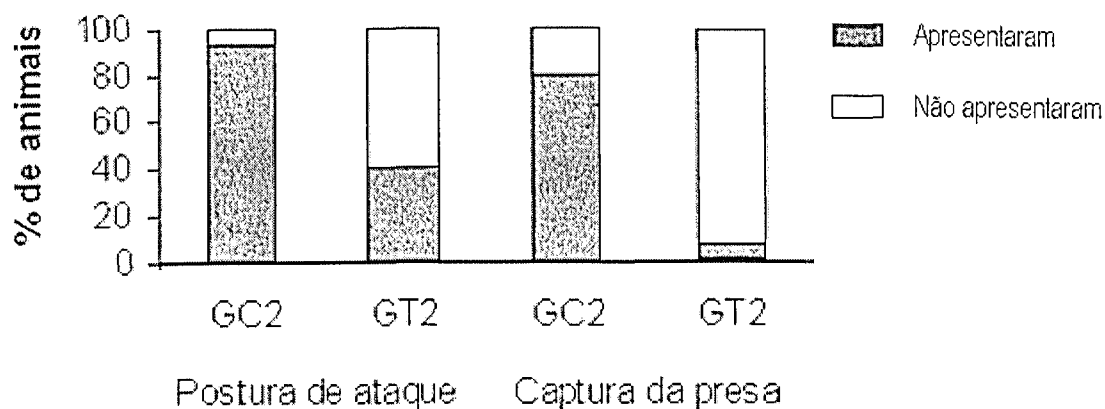


FIGURA 5 - Porcentagem de ocorrência de exibição de postura de ataque e de captura da presa apresentada por *Tityus serrulatus* com pectines limpos (GC2) e sujos por parafina (GT2).

Os animais com pectines limpos apresentaram mais rapidamente uma postura de ataque após a introdução da presa ($X \pm SD = 3.12' \pm 3.67'$, $N=14$) do que os indivíduos do GT2 ($X \pm SD = 32.17' \pm 18.66'$, $N=6$). Houve diferença significativa entre as médias ($t=5.754$, $P<0.0001$; Teste t não pareado). O GC2 também foi mais eficiente quanto ao tempo gasto para capturar a presa ($X \pm SD = 9.45' \pm 8.29'$, $N=12$) do que GT2 ($X = 50.0'$, $N=1$).

Esses resultados mostram que os escorpiões com pectines cobertos com parafina foram significativamente menos eficazes em localizar, reconhecer e capturar suas presas do que os animais do grupo controle.

Quanto ao modo das tentativas de captura da presa, todas as investidas de GC2 foram na direção correta ($X \pm SD = 2.7 \pm 0.70$, $N=14$), ao contrário de GT2, que apresentou investidas corretas ($X \pm SD = 2.2 \pm 1.17$, $N=5$) e incorretas ($X \pm SD = 2.3 \pm 0.47$, $N=3$). Portanto, houve diferença significativa entre o número de tentativas de captura na direção

correta havendo mais acertos dos escorpiões com pectines não obstruídos ($U=45.5$, $P=0.0057$; Teste Mann-Whitney).

Com relação às tentativas de penetrar o aguilhão na presa (“estocadas”), o GC2 apresentou todas as investidas na direção correta ($X\pm SD=2.92\pm 1.33$, $N=13$). Um indivíduo de GC2 predou a barata sem estocá-la. Já no GT2, houve poucas tentativas ($N=2$), sendo uma na direção correta ($X= 2.0$, $N=1$) e outra na direção incorreta ($X= 1.0$, $N=1$). Houve portanto diferença significativa entre o número de tentativas de inocular peçonha na direção correta ($U=19.5$, $P=0.0001$; Teste Mann-Whitney), com destacado insucesso para o grupo de animais com pectines sujos (GT2).

Os animais do grupo controle que tiveram uma pequena parte do ventre coberta por parafina apresentaram respostas semelhantes às do primeiro teste de predação. Dos 15 indivíduos do GC2, 13 exibiram postura de ataque e 10 capturaram a presa.

Experimento de vibração

Os resultado indicam que escorpiões com pectines sujos não percebem as vibrações produzidas no substrato. No GC3, 14 animais reagiram ao estímulo provocado contra somente um indivíduo do GT3. Animais com pectines limpos reagiram ao estímulo do mesmo modo que na presença da presa, ou seja, exibiram postura de ataque, ergueram seus pedipalpos em direção à pinça e tentaram ferroá-la. Mediu-se também o tempo que os animais permaneceram sem reação após o início do experimento, o qual durou cinco minutos. O GC3 passou em média menos tempo sem reagir ($X\pm SD=1.20'\pm 1.07'$, $N=15$) do que o GT3 ($X\pm SD=4.49'\pm 1.33'$, $N=15$), havendo diferença significativa ($U= 14.00$, $P<0.0001$; Teste Mann-Whitney).

DISCUSSÃO

Os escorpiões tocam ativamente seus pectines no substrato enquanto caminham. Três funções dos pectines podem estar envolvidas neste processo: sensibilidade tátil (POCOCK 1893); mecanorrecepção (ABUSHAMA 1964) e detecção de vibrações do solo (CLOUDSLEY-THOMPSON 1955); quimiorrecepção (IVANOV & BALASHOV 1979; FOELIX & MULLER-VORHOLT 1983). Os resultados do presente estudo confirmam a relação direta entre o toque dos pectines no substrato e as atividades de exploração do ambiente em *T. serrulatus*, que podem estar relacionadas não apenas ao reconhecimento da área na busca de sinais químicos, mas também na detecção de estímulos vibratórios produzidos por presas ou predadores potenciais.

O escorpião *T. serrulatus* apresenta um repertório comportamental com seis categorias e 17 atos comportamentais bem definidos (MINEO *et al.* 2003). A menor ocorrência do contato com co-específicos apresentado pelos animais com pectines sujos deve refletir não somente a diminuição geral das atividades deste grupo, mas também a limitação nas capacidades cognitivas e perceptivas desses animais, proveniente da manipulação experimental. Os escorpiões com pectines cobertos por parafina passaram mais tempo imóveis em agrupamentos do que os animais com pectines livres. A formação de agrupamentos em animais com pectines sujos pode estar relacionada à uma tentativa de minimizar as consequências das restrições na percepção da aproximação de predadores e presas geradas pela cobertura dos pectines. Os resultados das observações comportamentais e das comparações entre os etogramas revelaram portanto que os escorpiões com pectines obstruídos (GT1) reduziram significativamente as suas atividades quando comparados aos animais com pectines limpos (GC1).

Já no teste de predação, duas funções sugeridas aos pectines poderiam estar auxiliando os indivíduos do grupo controle a localizarem suas presas, a quimiorrecepção (orientando-os através de odores e outras pistas químicas) e a mecanorrecepção (orientando-os através da captação das vibrações que a presa provoca no solo ao se movimentar). HOFFMANN (1967) sugere que os escorpiões se orientam captando vibrações no ar através dos tricobótrios. Talvez isso também ocorra em *T. serrulatus*, mas não seja tão eficiente. Porém, experimentos específicos para examinar essa função deveriam ser delineados. Durante o experimento observou-se que os escorpiões com pectines cobertos foram ineficientes na percepção, localização e captura da presa. Os animais do grupo tratamento só passavam a perceber suas presas após serem tocados por elas e, após isso, se locomoviam desorientadamente pelo recinto.

No segundo teste feito nesta etapa do estudo, foi demonstrado que estes animais continuaram eficientes em localizar e capturar suas presas. Foi comprovado então que a parafina presente sob o corpo do animal não interferiu nas suas habilidades de predação e que as diferenças obtidas no primeiro teste não foram consequência do peso desta substância ou de alguma reação tóxica desencadeada por ela, mas sim uma consequência da inutilização temporária dos pectines destes animais.

Nos experimentos produzindo-se vibrações no solo, não havia imagem, odor e nenhum outro sinal químico da presa presente no substrato. Os escorpiões com pectines cobertos por parafina não reagiram à vibração produzida, ao contrário dos animais com pectines intactos. Nossos resultados corroboram com os de CLOUDSLEY-THOMPSON (1955) em seu experimento com o escorpião *Androctonus australis* Linnaeus, 1758. Em seu estudo, foram também formados grupos controle e tratamento utilizando animais intactos, cobrindo os pectines dos animais com parafina e ou amputando-os. Cabe ressaltar que os pectines estão ligados ao sistema nervoso e muscular destes animais

(ROOT 1990), assim sendo a amputação dessas estruturas não se apresenta como uma manipulação adequada. Outras estruturas podem estar sendo afetadas com a remoção dos pectines, através do rompimento de fibras nervosas e musculares.

CLOUDSLEY-THOMPSON (1955) mostrou que indivíduos com pectines cobertos reduziram suas respostas aos estímulos vibratórios no solo e escorpiões com pectines amputados deixaram de apresentar esta função. Ao contrário, ABUSHAMA (1964), em seu estudo com o escorpião *Leiurus quinquestriatus* Ehrenberg, 1828, concluiu que os pectines não são capazes de detectar movimentos da presa.

Uma provável resposta para a diferença nos resultados obtidos entre estes estudos pode estar tanto na variação das metodologias aplicadas, quanto no número amostral utilizado. No estudo de ABUSHAMA (1964) apenas seis animais foram utilizados em todos os testes para detecção e localização de presas. Um outro aspecto a se ressaltar é que espécies diferentes podem reagir de maneira diferente a estímulos semelhantes, refletindo as diferentes condições em que vivem e para as quais foram selecionadas (FUTUYMA 1998).

Numerosos fatores (clima, tipo de habitat, diversidade, abundância e comportamento) podem influenciar os resultados finais da interação entre uma espécie e seu ambiente. Assim sendo, em um mesmo grupo (táxon) as espécies podem apresentar funções distintas para uma mesma estrutura, dependendo das pressões seletivas as quais foram sujeitadas (THOMPSON 1994).

O presente estudo indica que para o escorpião amarelo, *T. serrulatus*, os pectines têm uma importante função mecanorreceptora na captação de vibrações do solo e que esta função é relevante para esta espécie durante a predação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUSHAMA, F.T. 1964. On the behavior and sensory physiology of the scorpion *Leiurus quinquestriatus*. *Animal Behavior* 12: 140-153.
- ALEXANDER, A.J. 1959. Courtship and mating in the buthid scorpions. *Proc. Zool. Soc.* 133: 145-169.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49:227-265.
- BENTON, T. 2001. Reproductive Ecology. Pp. 278-301, In *Scorpion biology and research*. (P.H. Brownell & G.A. Polis, eds.). Oxford/New York, University Press.
- BROWNELL, P. & FARLEY, R.D. 1979. Prey-localizing behaviour of the nocturnal desert scorpion, *Paruroctonus mesaensis*: orientation to substrate vibrations. *Animal Behaviour* 27:185-193.
- BROWNELL, P. & POLIS G.A. 2001. *Scorpion biology and research*. Oxford/New York, University Press. 431p.
- BUCARETCHI F.; F.A.D. ZAMBRONE; M.R.C.C. FONSECA; J.L. DOUGLAS & F.S. TOURINHO. 1994. Severe scorpion envenomation in children caused by *Tityus bahiensis* and *Tityus serrulatus*. Pp. 111 In *Abstracts, World Congress on Animal, Plant and Microbia Toxins* (International Society on Toxinology, ed).
- CANDIDO, D.M. 1999. Escorpiões. Pp 25-34. In: *Biodiversidade do Estado de São Paulo* (Joly C.A. & Bicudo C.E.M., eds). São Paulo, SP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

CARTHY J.D. 1968. The pectines of scorpions. Proc. Zool. Soc. Lond. 23: 251-261.

CARVALHO, F.F.; NENCIONI, A.L.A.; LEBRUN, I.; DORCE, V.A.C.; SANDOVAL, M.R.L. 2000. Convulsive effects of some isolated venom fraction of the *Tityus serrulatus* scorpion: behavioral, eletroencephalographia and neuropathological aspcts. J. Venom. Anim, Toxins 6: 238-260.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J.L. 1955. On the function of the pectines of scorpions. Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 12, 8: 556-560.

CUPO, P.; JURCA, M; AZEVEDO-MARQUES, M.M.; OLIVEIRA, J.S.M. & HERING, S.E. 1994. Severe scorpion envenomation in Brazil. Clinical, laboratory and anatomopathological aspects. Rev. Ins. Med. Trop. 36: 67-76.

EICKSTEDT, V.R.D.; D.M. CANDIDO; M.T. JORGE; M.J. ALBUQUERQUE; L.A. RIBEIRO 1994. Escorpionismo no Estado de São Paulo: ocorrência de *Tityus serrulatus* e *T. bahiensis*, frequência de acidentes e gravidade dos envenenamentos. Rev. Inst. Med. Trop. 27: 56.

FARLEY, R. 1999. Scorpiones. Pp. 117-222, In Microscopic Anatomy of Invertebrates, vol.8A. Chelicerate Arthropoda. (F.W. Harrison & R.F. Foelix, eds.). Wiley-Liss, New York.

FARLEY, R. 2001. Structure, reproduction, and development. Pp. 13-78, In Scorpion biology and research. (P.H. Brownell & G.A. Polis, eds.). Oxford/New York, University Press.

- FERREIRA, L.A.F.; ZINGALLI,R.; HABERMEHL, G. & LEBRUN,I. 1998. Isolation and Properties of a New Kallikrein Inhibitor from *Tityus serrulatus* Venom. *Journal of Protein Chemistry*, 17(8): 799 – 805.
- FET, V. & BROWNELL, P.H. 1998. Morphological variation in the pectoral sensory organ of scorpions. P.16, In Abstracts, XIV International Congress of Arachnology (Van der Merve, M.; Platnick, N.I. & Sierwald, P., eds.).
- FET, V.; SISSOM, W.D.; LOWE, G. & BRAUNWALDER, M.E. 2000. Catalog of the Scorpions of the World (1758-1998). New York, New York Entomological Society.
- FOELIX, R.F. & MÜLLER-VORHOLT, G. 1983. The fine structure of scorpion sensory organs. II. Pecten sensilla. *Bull. Br. Arachnol. Soc.* 6: 68-74.
- FREIRE-MAIA, L.; CAMPOS, J.A. & AMARAL, C.F.S. 1994. Approaches to the treatment of scorpion envenoming. *Toxicon*, 32: 1009-1014.
- FUTUYMA, D.J. 1998. *Evolutionary Biology*. 3rd edition. Sunderland, Sinauer Associates.
- GAFFIN, D.D. 2002. Electrophysiological evidence for synaptic interactions within chemosensory sensilla in scorpions. *Microscopy Research and Technique* 58:325-334.
- GAFFIN, D.D. & BROWNELL, P.H. 1990. Electrophysiological studies of the pectinal chemosensory system of the scorpion. *Chem. Senses*, 15: 579.
- GASKELL, W. N. 1902. The origin of vertebrates deduced from the study of ammocoetes, Part X. *J. Anat. Lond.* 36:164-208.

- HJELLE, J.T. 1990. Anatomy and morphology. Pp. 9-63, In *The biology of scorpions*. (G.A. Polis, ed.). Stanford, CA, Stanford University Press.
- HOFFMANN, C. 1967. Bau und Funktion der Trichobothrien von *Euscorpius carpathicus* L. *Z. Vergl. Physiol.* 5: 290-352.
- IVANOV, V.P. & BALASHOV, Y.S. 1979. The structural and functional organization of the pectine in a scorpion *Buthus eupeus* Koch (Scorpiones, Buthidae) studied by electron microscopy. *Tr. Zool. Inst. Leningrad* 85: 73-81.
- JERAM, A. J. 2001. Paleontology. Pp. 370-392, In *Scorpion biology and research*. (P.H. Brownell & G.A. Polis, eds.). Oxford/New York, University Press.
- KJELLESVIG-WAERING, E.N. 1986. A restudy of the fossil scorpionida of the world. *Palaeontographica Americana* 55: 1-287.
- LOURENÇO, W.R. 1994. Diversity and endemism in tropical versus temperate scorpion communities. *Biogeographica* 70(3): 155-160.
- MARTIN, P. & BATESON, P. 1993. *Measuring Behaviour*. 2nd edition. Cambridge, Cambridge University Press.
- MARUO, V.M.; LEBRUN, I.; DORCE, V.A.C. 2002. Effects of scorpion *Tityus serrulatus* venom toxin TS-8F on rat learning and memory. *J Venom Anim Toxins*, 8: 74-87.
- MATTHIESEN, F.A. 1962. Parthenogenesis in scorpions. *Evolution*, 16(2): 255-256.

MINEO, M.F., FRANCO-ASSIS, G.A. & DEL-CLARO, K. 2003. Repertório comportamental do escorpião amarelo *Tityus serrulatus* Lutz & Mello 1922 (Scorpiones, Buthidae) em cativeiro. Rev. bras. Zoociências, 5(1): 23-31.

POCOCK, R.I. 1893. Notes upon the habits of some living scorpions. Nature (Lond.) 48: 104-107.

ROOT, T.M., 1990. Neurobiology. Pp. 341-413, In The biology of scorpions. (G.A. Polis, ed.). Stanford, CA, Stanford University Press.

SISSOM, W.D. 1990. Systematics, biogeography and paleontology. Pp. 64-160, In The biology of scorpions. (G.A. Polis, ed.). Stanford, CA, Stanford University Press.

THOMPSON, J.N. 1994. The Coevolutionary Process. Chicago, Chicago University Press.

FU000032940-8