



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ÉRIKA MILLENA DA SILVA SANTOS

**Dilatação traqueal em três espécies de abelhas: *Trigona spinipes*,
Scaptotrigona sp. e *Apis mellifera***

Serra Talhada-PE
2018

ÉRIKA MILLENA DA SILVA SANTOS

**Dilatação traqueal em três espécies de abelhas: *Trigona spinipes*,
Scaptotrigona sp. e *Apis mellifera***

Monografia apresentada como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) sob orientação do professor Dr. Hélio Fernandes de Melo.

Serra Talhada-PE
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

S237d Santos, Érika Millena da Silva

Dilatação traqueal em três espécies de abelhas: *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp.* e *Apis mellifera* / Érika Millena da Silva Santos. – Serra Talhada, 2018.

33 f.: il.

Orientador: Hélio Fernandes de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2018.

Inclui referências.

1. Abelhas. 2. Traquéia. 3. Oxigênio. I. Melo, Hélio Fernandes de, orient. II. Título.

CDD 574

Érika Millena da Silva Santos

**Dilatação traqueal em três espécies de abelhas: *Trigona spinipes*,
Scaptotrigona sp. e *Apis mellifera***

Monografia apresentada como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST).

Aprovado em: ____/____/____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Hélio Fernandes de Melo (Orientador)
UFRPE/UAST

Prof. Dr. Airton Torres Carvalho (1º Examinador)
UFRPE/UAST

Prof^a.Dr^a Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira (2ª
Examinador)

Serra Talhada-PE
2018

Dedico este trabalho aos meus pais, por sempre estarem ao meu lado nessa caminhada e que sempre me apoiaram em busca dos meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, pela dádiva da vida, pela sabedoria e perseverança para nunca desistir dos meus sonhos. A minha mãe, Maria Eulina, que com muitos esforços me ajudou a crescer, a nunca desistir dos estudos, dos meus sonhos, a sempre me apoiar financeiramente, nas minhas escolhas pessoais e profissionais, em suma foi de tamanha importância para a concretização deste trabalho.

A minha avó por sempre acreditar em mim, nas minhas escolhas, pelo amor e carinho. A minha madrinha e tios, por sempre estarem ao meu lado.

Aos professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco- Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pois sem eles eu não teria adquirido uma bagagem de conhecimentos acadêmicos e científicos, necessários para a minha formação profissional como biólogo.

Aos amigos que fiz dentro e fora da graduação, no qual me ajudam, incentivam, me ensinam a ser uma pessoa melhor, a alcançar patamares cada vez mais altos na vida profissional e que estão presentes não só nos momentos bons.

Em especial, aos meus amigos Jeff Sobral no qual foi meu parceiro de pesquisa durante a graduação, Sebastião Neto, Victória, Géssica e Paloma que me apoiaram a nunca desistir dos meus objetivos, que foram muitas vezes meus conselheiros nos momentos mais difíceis, que estiveram e estão em momentos maravilhosos e inesquecíveis da minha vida, que riram e choraram junto comigo, a esses que compartilho minha intimidade e confio.

Aos ex-colegas de sala de aula Joyce, Cinara Wanderléia, Joana, Lisandra, Paty, Lyzandra, Rany, Cidinha, Fernanda Larisse, Carol, Ana Maria, Crislayne entre tantos outros que vou levar para sempre em meu coração pelos momentos vividos.

“Através da dúvida chegamos ao questionamento e através do questionamento chegamos à verdade” (Pierre Abelárd).

RESUMO

Durante a história da Terra, a concentração de oxigênio na atmosfera oscilou de tal forma, que o grupo dos insetos começou a se adaptar morfofisiologicamente as novas concentrações de oxigênio ao longo do tempo. Sendo assim, o mecanismo mais adequado para o processo de respiração aérea por este grupo é o sistema traqueal, o qual é composto por uma rede de tubos internos ligados a orifícios que se conectam com o meio externo, a fim de captar o oxigênio presente na atmosfera. O oxigênio será consumido em maior ou menor quantidade pelos insetos conforme a intensidade de suas atividades metabólicas. Dentre os insetos mais ativos estão as abelhas que precisam constantemente de uma grande tomada de oxigênio, a fim de atender as suas necessidades biológicas. Diante disso, objetivou-se avaliar as espécies de abelhas (*Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp.*, e *Apis mellifera*) quanto a sua dilatação traqueal, comparando-as entre si. As abelhas foram capturadas por meio da coleta ativa, com um total de 150 indivíduos, sendo 50 indivíduos de cada espécie, no entorno da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, no município de Serra Talhada-Pernambuco. Logo após, os indivíduos foram pesados em uma balança analítica para obtenção do valor da massa inicial de cada um. Em seguida, os mesmos foram colocados em uma seringa de 60 ml com uma válvula anexada e submergidos a uma solução contendo Triton X-100 a 1%, no qual ocorreram movimentos de vai e vem no êmbolo da seringa, para que o líquido pudesse entrar no corpo do animal e preencher todo o seu sistema traqueal. Os insetos foram pesados novamente para a obtenção da massa final. Pesando os indivíduos antes e depois de serem emersos na solução, obteve-se então a dilatação traqueal (%). Por fim, diante dos resultados foi observado que as abelhas nativas possuem dilatação traqueal maior frente às *Apis melliferas*, e que tal resultado poderia estar relacionado a uma menor frequência respiratória nas espécies Meliponini.

Palavras-chave: abelhas; frequência respiratória; hábito de voo; oxigênio; sistema traqueal.

ABSTRACT

During Earth's history, the oxygen concentration in the atmosphere oscillated to such an extent that the insect group began to morphologically adapt to the new oxygen concentrations over time. Thus, the most adequate mechanism for the breathing process by this group is the tracheal system, which is composed of a network of internal tubes connected to orifices that connect with the external environment, in order to capture the oxygen present in the atmosphere. Oxygen will be consumed to a greater or lesser amount by the insects, depending on the intensity of their metabolic activities. Among the most active insects are bees that constantly need a large intake of oxygen in order to meet their biological needs. The objective of this study was to evaluate the species of bees (*Trigona spinipes*, *Scaptotrigona* sp. and *Apis mellifera*) regarding their tracheal dilatation, comparing them to each other. The bees were captured through active collection, with a total of 150 individuals, 50 individuals of each species. The area of the collection was the surroundings of the Rural Federal University of Pernambuco, Campus Serra Talhada. Subsequently, the individuals were weighed on an analytical scale to obtain the initial mass value of each one. They were then placed in a 60-ml syringe with a valve attached and submerged in a solution containing 1% Triton X-100, in which movements of back and forth was performed in the syringe plunger, so that the liquid could enter in the animal's body and fill its entire tracheal system. The insects were weighed again to obtain the final mass. By weighing the individuals before and after being emerged in the solution, the tracheal dilatation (%) was obtained. Finally, it was observed that the native bees had a greater tracheal dilation compared to *Apis mellifera*, and that this result could be related to a lower respiratory rate in the *Meliponini* species.

Keywords: bees; respiratory rate; flight habit; oxygen; tracheal system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1(A): <i>Apis mellifera</i> ; (B): <i>Melipona marginata</i>	14
Figura 2(A): <i>Trigona spinipes</i> ; (B): <i>Scaptotrigona sp</i>	16
Figura 3: Localização dos pontos de coleta. Na coleta um, está situada o ninho de <i>Trigona spinipes</i> ; na coleta dois, o Apiário e a coleta três o Meliponário.	20
Figura 4: Locais de coleta. (A): Ninho de <i>Trigona spinipes</i> ; (B): Apiário; (C): Meliponário....	20
Figura 5: Dilatação traqueal das espécies <i>Trigona spinipes</i> , <i>Scaptotrigona sp</i> e <i>Apis mellifera</i>	22
Figura 6: Mediana da massa corpórea: <i>Trigona spinipes</i> , <i>Scaptotrigona sp</i> e <i>Apis mellifera</i>	23
Figura 7: Relação da massa corpórea (eixo x) com a dilatação traqueal (eixo Y) em <i>Trigona spinipes</i>	24
Figura 8: Relação da massa corpórea (eixo x) com a dilatação traqueal (eixo Y) em <i>Scaptotrigona sp</i>	25
Figura 9: Relação da massa corpórea (eixo x) com a dilatação traqueal (eixo Y) em <i>Apis mellifera</i> . 25	
Figura 10: Relação da massa corpórea com a dilatação traqueal das espécies: <i>Trigona spinipes</i> , <i>Scaptotrigona sp</i> e <i>Apis mellifera</i>	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO GERAL	12
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1	ORDEM HYMENOPTERA: ASPECTOS GERAIS.....	13
3.2	CLASSIFICAÇÃO DAS ABELHAS	13
3.2.1	Subfamília Apinae	14
3.2.2	Tribo Apini.....	14
3.2.3	Tribo Meliponini.....	15
3.3	RESPIRAÇÃO AÉREA DOS INSETOS	16
3.4	REALIZAÇÃO DO VOO DOS INSETOS.....	17
3.5	TAXA METABÓLICA.....	17
3.6	IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS.....	17
4	METODOLOGIA	19
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	19
4.2	COLETA	19
4.3	PROCEDIMENTOS	20
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A concentração de oxigênio disponível na atmosfera nem sempre foi à mesma, várias mudanças ocorreram na concentração conforme o tempo cronológico da Terra (SHUGART, 2013), tais alterações favoreceram a evolução gradativa dos insetos, ocasionando modificações morfofisiológicas nas espécies deste grupo. Durante a Era paleozoica, os insetos eram maiores do que são atualmente, o que pode estar relacionado a uma maior concentração de oxigênio atmosférico nesse período, 35% a mais do que a época atual (GRAHAM et al., 1995).

Esse fato pode induzir a aceitação de que a redução da concentração de O_2 na atmosfera levou concomitantemente os insetos a reduzirem sua massa corpórea, tendo em vista que esse grupo, durante a sua evolução, não desenvolveu um sistema respiratório mais complexo, com órgãos especializados para a captação de O_2 (CLAPHAM; KARR, 2012).

Partindo desse princípio, a forma mais adequada para a realização das trocas gasosas no ar (O_2 e CO_2), pelos os insetos é o sistema traqueal, que é composto por espiráculos, encontrado ao longo do corpo, e internamente composto pelas traqueias e traqueólas. Além disso, o sistema é provido de sacos aéreos, que funcionam como armazenamento extra de ar (SCHMIDT-NIELSEN, 2002), o oxigênio ao passar pelos tubos chega aos tecidos (GALLO et al., 2002), onde é utilizado no metabolismo aeróbico para produção de energia, que será utilizada na realização das atividades dos insetos (NIVEN; SCHARLEMANN, 2005).

Insetos ativos tipicamente voadores necessitam de uma tomada de oxigênio intensa a fim de suprir a alta demanda de energia para o voo, como as abelhas (HILL, 2016), que utilizam o voo para a execução de suas atividades, entre elas, a coleta de materiais para a elaboração do ninho, reprodução e coleta de pólen e néctar, sendo esta última atividade responsável pela polinização dos vegetais (HILÁRIO, IMPERATRIZ-FONSECA, KLEINERT, 2000; MALERBO-SOUZA, SILVA, 2011).

Durante a busca de alimentos as abelhas são capazes de alcançar voos com distâncias enormes, proporcionando-lhes uma maior diversidade de recursos florais (WOLFF, REIS, SANTOS, 2008), sendo que dentre as espécies nativas o voo pode atingir até 2.000 m de distância, por outro lado, a *Apis mellifera* introduzida no país, apresentam amplitudes de voos proeminentes frente às Meliponini (IMPERATRIZ-FONSECA, RAMALHO, KLEINERT-GIOVANNINI, 1993). Isso indica que *Apis mellifera* apresenta maior atividade de voo e conseqüentemente um consumo de oxigênio mais intenso.

Diante do exposto, é visível a relação do hábito de voo das abelhas com o consumo de oxigênio. Entretanto, os registros da interação da dilatação traqueal e a intensidade da frequência respiratória são escassas na literatura. Partindo desse fundamento, o presente estudo visa colaborar com respostas frente às questões/hipóteses sobre a relação da expansão traqueal e a frequência respiratória das abelhas, tais como: existe variação na dilatação das traqueias entre indivíduos de mesma família? Tal variação estaria relacionada com a intensidade da frequência respiratória? A massa corpórea está diretamente ligada à expansão traqueal? Além disso, esse trabalho corrobora na elucidação de como a dilatação traqueal se comporta frente ao consumo de oxigênio dentro de três espécies de abelhas.

2 OBJETIVO GERAL

Comparar a expansão traqueal em três espécies de abelhas: *Trigona spinipes* Fabricius, 1793; *Scaptotrigona sp.* Moure, 1942 e *Apis mellifera* Linnaeus, 1758.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar a expansão traqueal das abelhas com a massa corpórea;
- Analisar a expansão traqueal das espécies estudadas frente ao consumo de oxigênio durante o voo;
- Relacionar a dilatação traqueal com a frequência respiratória.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ORDEM HYMENOPTERA: ASPECTOS GERAIS

O termo Hymenoptera vem do grego, *hymen*= membrana; *ptera*=asas, a ordem está representada principalmente pelas vespas, formigas e abelhas, dentre a classe insecta é o terceiro grupo mais numeroso em espécies, ficando atrás apenas das ordens coleóptera e lepidóptera (ASSIS, 2010). Com aproximadamente 120 mil espécies conhecidas, os himenópteros são amplamente distribuídos pelo globo terrestre (GALLO et al., 2002). Essa diversidade de espécies possibilita a divisão tradicionalmente da ordem hymenoptera em duas subordens: Shymphyta e Apocrita, sendo que esta última está fragmentada em Parasítica e Aculeata (SHARKEY et al., 2012).

Dentro da subordem Apocrita, compreende os himenópteros que possuem o primeiro segmento do abdômen fusionado com o metatórax, sendo estes indivíduos retratados por apresentarem pedúnculo ou pecíolo no abdômen, possuindo sua forma um pouco alongada (CARVALHO, HESSEL, ARAÚJO, 2011). Esta subordem inclui a maior parte dos himenópteros, no qual a sua subdivisão em Aculeata é representada por as abelhas, vespas e formigas e a Parasítica por himenópteras que durante a sua evolução não desenvolveram ferrão proveniente da modificação do ovopositor (MOREIRA, 2007).

Na subordem Shymphyta, a região abdominal está extensamente conectada ao tórax (BARBIERI JR, 2011). Em outras palavras, os himenópteros inseridos nesta ordem não apresentam constrições protuberantes e estão representados pelos os vespões e as vespas-da-madeira (CARVALHO, HESSEL, ARAÚJO, 2011).

3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ABELHAS

A classificação é uma vertente que sempre está em constante mudança, pois as revisões taxonômicas dos insetos ao longo dos anos sempre estão sendo reestudadas, fazendo com que novas classificações venham sendo sugeridas, mediante as hipóteses filogenéticas impostas (SILVEIRA, MELO, ALMEIDA, 2002).

As abelhas seguem o mesmo parâmetro, tornando sua classificação um tanto que variada de um autor a outro (SILVEIRA, MELO, ALMEIDA, 2002). Dentre estas classificações, a que será atribuída ao presente estudo é a de Michener (2007), em que retrata a família Apidae dividida em três subfamílias: Nomadinae, Xylocopinae e Apinae, nesta

última se encontra a tribo Meliponini representadas pelas abelhas sem ferrão e a tribo Apini, abelhas com ferrão, como *Apis mellifera*.

3.2.1 Subfamília Apinae

A família Apidae é responsável pela maior diversidade de abelhas (Figuras 1A e 1B) (MELO, GONÇALVES, 2005), este grupo caracteriza-se por apresentar comportamento social mais sofisticado, aspectos esses que levam a categoriza-la em várias subfamílias, a Apinae é uma delas, no qual se encontra indivíduos portadores de corbículas, que são estruturas localizadas no terceiro par de pernas das fêmeas, servindo como armazenamento de pólen (NOGUEIRA-NETO, 1997). Apresenta maior variedade e quantidade de espécie da família Apidae, apresentando distribuição cosmopolita (SILVEIRA, MELO, ALMEIDA, 2002).

De acordo com Michener (2007), a subfamília Apinae é constituída por 19 tribos, sendo que a grande maioria se encontra em regiões Neotropicais. A separação das tribos é determinada por diversas características diferentes, tais como fisiológicas e morfológicas (SANTOS, 2007). Dentre essas tribos se encontra a Meliponini, representadas por abelhas nativas sem ferrão e a Tribo Bombini representada por abelhas do gênero *Bombus* (MICHENER, 2007).

Figura 1(A): *Apis mellifera*



Fonte: Linda Dahlber, 2012. Disponível em: <<http://www.discoverlife.org>>.

Figura 1(B): *Melipona marginata*



Fonte: Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br>>.

3.2.2 Tribo Apini

A tribo Apini é composta por abelhas eussociais, representadas por espécies do gênero *Apis*, como a abelha doméstica *Apis mellifera* (Figura 1A) (SILVEIRA, MELO, ALMEIDA,

2002). As colônias são divididas em castas formadas por operárias, rainhas e zangões, onde cada indivíduo possui funções específicas. O papel do macho é acasalar com a rainha, às operárias desempenham atividades mais árduas, relacionada à manutenção da colmeia e a rainha é responsável pela postura de ovos, os fecundados darão origem a fêmeas, rainha e operárias, e os não fecundados originarão os zangões (GALLO et al., 2002). Por outro lado, larvas alimentadas com geleia real durante toda a fase de seu desenvolvimento darão origem a rainhas e as alimentadas com mel e pólen darão origem as operárias (CARATÓN, FREITAS, SOARES, 2010).

A espécie *Apis mellifera scutellata*, conhecida como abelha africana, foi introduzida no Brasil em 1956, a fim de aumentar a produtividade de mel. No ano seguinte, as abelhas escaparam acidentalmente e se hibridizaram com as subespécies europeias, surgindo às abelhas africanizadas (KERR, 1967; OLIVEIRA e CUNHA, 2005).

O manejo racional das abelhas melíferas proporciona a humanidade fins lucrativo (produção de cera, própolis, mel, geleia real) e por meio da sua coleta de alimentos nos recursos florais esses indivíduos colaboram no aumento da produtividade agrícola (WITTER et al., 2014). No entanto, nos Estados Unidos, as colmeias de *Apis mellifera* estão em declínio, com uma redução anual de 30% de sua população (NEUMANN, CARRECK, 2010).

3.2.3 Tribo Meliponini

A tribo Meliponini, é composta por abelhas eussociais sem ferrão, distribuídas em áreas tropicais (WITTER, NUNES-SILVA, 2014). A maioria das abelhas dessa tribo costuma fazer seus ninhos em cavidades pré-existent de árvores, porém existem espécies que constroem seus ninhos em cavidades no solo e em locais exposto, como em galhos de árvores. Suas colônias são perenes e compostas por operárias, rainhas e zangões (MICHENER, 2007).

Diferente da tribo Apini, na tribo Meliponini existem várias rainhas, sendo que apenas uma é poedeira, ou seja, realiza a postura de ovos e as restantes são denominadas de rainhas virgens, que podem abandonar o ninho de origem e fundar um novo (WITTER, NUNES-SILVA, 2014). Outra característica das abelhas sem ferrão que difere da Tribo Apini é o método de diferenciação das castas (rainhas e operárias), em algumas espécies durante o período larval, o alimento disponível para toda a prole da colônia é o mesmo, porém, é a quantidade ofertada que as distingue (SANTOS, CRUZ-LANDIM, 2002).

Várias espécies de Meliponini são encontradas no Brasil, tais como: *Trigona spinipes* (Figura 2A), conhecida popularmente como “irapuá” (CHIARADIA et al., 2003) e a

Scaptotrigona sp., “abelha canudo” (Figura 2B) (LOPES, FERREIRA, SANTOS, 2005). Ambas as espécies possuem características diferentes entre si, como o tamanho do corpo e a localização dos ninhos, as abelhas “irapuá” (*Trigona spinipes*) podem medir até 8 mm de comprimento (CHIARADIA et al., 2003) e seus ninhos são aéreos encontrados nas copas das árvores (KLEINERT, FERNANDES, 2007), enquanto que as abelhas do gênero *Scaptotrigona* possuem tamanhos menores entre 5 a 7 mm (MICHENER, 2000) e ninhos encontrados em ocos de árvores (KERR, 1996).

Figura 2(A): *Trigona spinipes*



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 2(B): *Scaptotrigona* sp



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

3.3 RESPIRAÇÃO AÉREA DOS INSETOS

Para respiração área, os insetos desenvolveram mecanismos respiratórios apropriados, chamado de sistema traqueal, responsável pela grande efetividade na oxigenação dos tecidos (MCALLESTER, 1994; LIMA, 2000). O processo de respiração ocorre com a entrada do oxigênio por meio de aberturas encontradas no tórax e abdômen, os espiráculos, em seguida, ocorrem às trocas gasosas, em tubos internos providos de ar, denominadas traqueias, direcionando para ramificações mais finas: as traqueólas, expandindo-se até o interior de células (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

As traqueias possuem anéis em forma de espiral podendo se expandir formando pequenos compartimentos denominados sacos aéreos, nos quais o ar é armazenado nos insetos com hábito de voo frequente, como as abelhas (LEITE, 2011). Os espiráculos são estruturas reguladoras de entrada e saída de ar, permitindo um controle nas trocas gasosas e perda de água (RANDALL, BURGGREN, FRENCH, 2000). Em elevadas temperaturas ou durante atividades que necessitam de um maior consumo de oxigênio, os espiráculos tendem a se abrir

mais vezes, por fim as traqueólas possuem diâmetros pequenos que permitem a passagem do oxigênio para os tecidos por meio da difusão (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

O oxigênio é transportado por difusão a partir do sistema traqueal para os tecidos e o CO₂ é transportado em sentido contrário, também por difusão. Com isso, a respiração dos insetos não depende de um sistema circulatório, ao inverso do que ocorre nos vertebrados (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

3.4 REALIZAÇÃO DO VOO DOS INSETOS

O hábito de voo foi um marco na história evolutiva dos insetos, capacitando-os a escapar de inimigos naturais, migrar e polinizar diversas espécies vegetais (GALLO et al., 2002). Durante o desenvolvimento embrionário, as asas e o músculo de voo surgem na fase de pupa (CRUZ-LANDIM, 2004).

Na fase adulta os insetos levantam voo, porém o custo energético para efetuar esse processo é alto, devido à necessidade de sustentar todo o seu peso corpóreo e aumentar a tomada de oxigênio (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Desta forma, a alta eficiência na captação do oxigênio na atmosfera por estes organismos é um dos fatores imprescindível para o funcionamento do voo (CHAMPAN, 1998). Entretanto, além dos fatores bióticos, o desempenho do voo pelos os insetos também depende de fatores abióticos que os cercam, como velocidade dos ventos (ALVES, 2017) e temperatura (TOMASETO, 2016).

3.5 TAXA METABÓLICA

Em alguns animais a taxa metabólica está relacionada ao consumo de oxigênio, que é utilizado para a produção de energia pela oxidação de carboidratos e lipídeos, logo, o metabolismo pode ser medido pelo consumo de O₂ (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). O metabolismo é mais acentuado em animais que desempenham atividades que requerem uma grande demanda energética e consequentemente necessitam de uma grande quantidade de oxigênio (RANDALL, BURGGREN, FRENCH, 2000).

3.6 IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS

Dentre os produtos gerados pelas abelhas, um dos mais explorados para fins econômicos são a cera, o mel e a geleia real. As propriedades dessas duas últimas substâncias fornece um rico conteúdo nutricional, o mel, por exemplo, fornece glicose, frutose, sacarose (ITAGIBA, 1997). A geleia real é ainda mais rica contendo proteínas, lipídeos, açúcares e alguns elementos minerais: ferro, zinco, magnésio, enxofre e cobre (GALLO et al., 2002). Por fim, a cera é amplamente utilizada na indústria para fabricação de produtos como a vela, sabonetes e cremes (BUZZI, 2002).

Na área medicinal, o veneno produzido pelas abelhas com ferrão, é bastante utilizado no tratamento de doenças, como urticária e difteria (BUZZI, 2002). Entretanto, o uso das abelhas como polinizadoras é o serviço mais importante para a humanidade, pois esta atividade proporciona a reprodução das plantas e consequentemente o alimento por meio delas, fazendo com que esses indivíduos sejam responsáveis por 80% da polinização dos vegetais (GALLO et al., 2002).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Serra Talhada é um município situado na mesorregião do Sertão, microrregião do Vale do Pajeú. Encontra-se a 415 km da capital pernambucana, com população aproximada de 80.000 habitantes em uma área de 2.980,007 km² e densidade demográfica de 26,59 hab/km² (IBGE, 2010). Limitada ao Norte pelo o estado da Paraíba, ao Sul pelo município de Floresta ao Leste Calumbi, Betânia e Santa Cruz da Baixa Verde e ao Oeste por Mirandiba e São José do Belmonte, com coordenadas 7°59'9'' Sul e 38°17'34'' Oeste (CPRM, 2005).

A Estação Experimental Lauro Bezerra conhecida como Fazenda Saco, constitui o Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), inicialmente sua extensão territorial ocupava 3.200 hectares, localizada aproximadamente a 3 km da zona urbana de Serra Talhada, fazendo parte da depressão sertaneja, paisagem característica do semiárido nordestino. Dentro da Fazenda Saco está inserido o campus da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAST) (SANTOS et al., 2013).

4.2 COLETA

O estudo foi realizado ao redor da Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco, em três pontos de coleta (Figura 3). A coleta um, com coordenadas 7°57'07.3'' S e 38°17'54.7'' W, e a dois 7°57'03.5'' S e 38°17'56.5'' W estão localizadas próximo ao setor de suinocultura pertencente à instituição e a coleta de número três 38°17'51.7'' W, 7°57'21.6'' S próximo aos prédios da mesma. As abelhas foram capturadas por meio da coleta ativa com o auxílio da rede entomológica. Em seguida, os indivíduos foram colocados em frascos de plásticos e armazenados no isopor até a chegada ao laboratório.

Figura 3: Localização dos pontos de coleta. Na coleta um, está situada o ninho de *Trigona spinipes*; na coleta dois, o Apiário e a coleta três o Meliponário.



Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor (2018).

4.3 PROCEDIMENTOS

Após a coleta nos três pontos de estudo (Figura 4) as abelhas foram pesadas em uma balança analítica para a obtenção do valor da massa inicial de cada indivíduo. Feito isso, as abelhas foram inseridas individualmente em uma seringa de 60 ml com uma válvula anexada e submergida a uma solução aquosa contendo Triton X-100 a 1% e fazendo dez movimentos repetidamente de vai e vem no êmbolo da seringa para que a solução preenchesse todo o sistema traqueal do animal. Após o término da imersão, as abelhas foram secadas com papel toalha e pesadas novamente para a obtenção da massa final. De maneira que a pesagem individual da massa final dos indivíduos não sofresse influência decorrente da retenção do líquido pelas asas, estas foram retiradas inicialmente. A obtenção do valor da dilatação traqueal se deu pela diferença entre o peso inicial e final das abelhas em porcentagem (%). Este procedimento é baseado no trabalho de Bartholomew e Barnhart (1984).

Figura 4: Locais de coleta. (A): Ninho de *Trigona spinipes*; (B): Apiário; (C): Meliponário.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

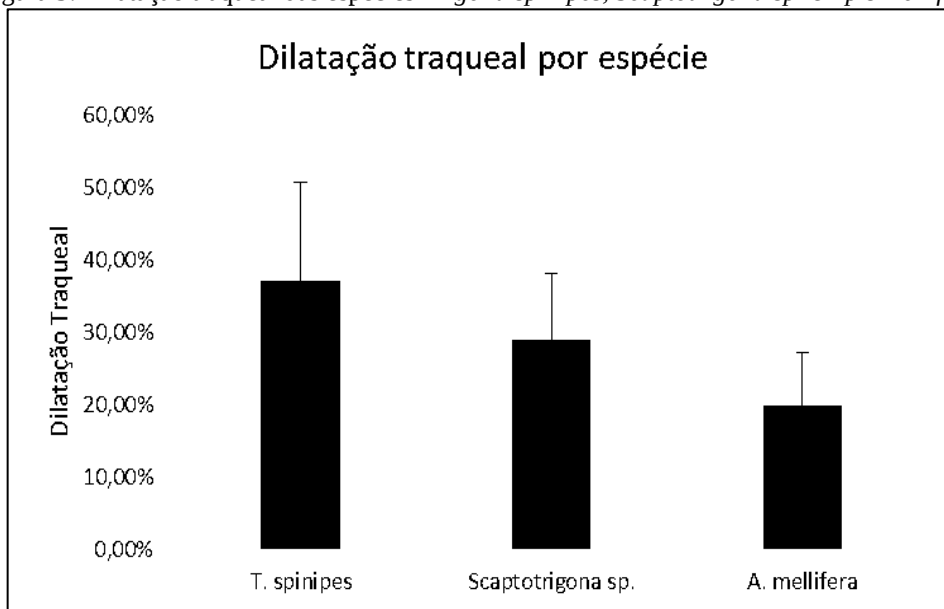
A normalidade dos dados foi testada usando programa estatístico Minitab-18, por meio do método de Anderson-Darling, o qual mostrou que os dados se distribuíram normalmente. No entanto, as variâncias das amostras se apresentaram não homogêneas, assim testes não paramétricos foram preferíveis a esse trabalho. O teste Kruaskal-Wallis foi utilizado para comparar as medianas. Para determinação da mediana, desvio padrão e dilatação traqueal (%) das abelhas foram utilizados o programa estatístico Minitab-18 juntamente com o Excel.

Para analisar as duas variáveis, massa corpórea e dilatação traqueal, foram utilizados individualmente a massa inicial e a dilatação traqueal, a fim de garantir a relação entre as duas vertentes. Os dados foram colocados no gráfico de dispersão no programa do Excel, seguindo a correlação de Spearman, para dados não paramétricos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram capturadas 150 abelhas, sendo 50 indivíduos de cada espécie. As quais foram: *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp* e *Apis mellifera*. Diante dos resultados, as abelhas Meliponini foram as que apresentaram uma maior expansão traqueal (37,07%) e (28,90%) para *Trigona spinipes* e *Scaptotrigona sp*. respectivamente, enquanto que para *Apis mellifera* a dilatação traqueal correspondeu a (19,85%) (Figura 5). As análises estatísticas de Kruaskal-Wallis demonstraram que as medianas das amostras diferiram significativamente com P-valor <0,0001, indicando que as três espécies são estatisticamente diferentes quanto à dilatação traqueal.

Figura 5: Dilatação traqueal das espécies *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp* e *Apis mellifera*.



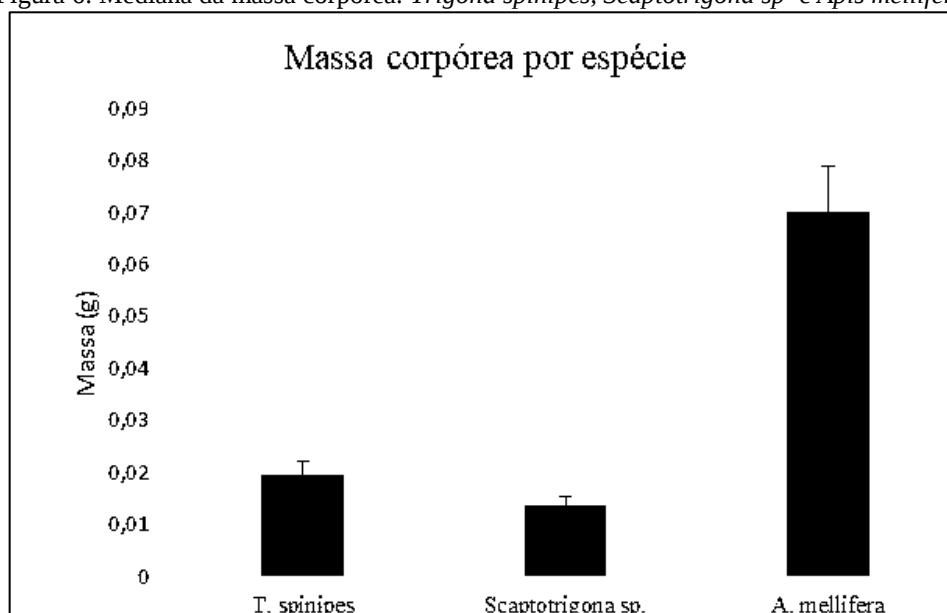
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A elevada dilatação traqueal nas espécies nativas pode estar relacionada com uma menor frequência respiratória, visto que seu sistema traqueal é preenchido por quase o dobro de oxigênio comparado à abelha *Apis mellifera*, com isso a liberação e o consumo de O_2 ocorre de forma mais lenta nos indivíduos silvestres (Meliponini).

De acordo com esse contexto, podemos partir do princípio que quanto maior for a dilatação traqueal no inseto, maior será a captação de oxigênio e consequentemente menor será a necessidade de respirar para suprir a exigência de O_2 , logo a menor dilatação nas traqueais implica numa maior frequência respiratória.

A massa corpórea inicial das abelhas em geral variou entre 0,0085 g e 0,0883 g, sendo que o menor valor foi atribuído para *Scaptotrigona sp* e o maior para *Apis mellifera*. Dentre as espécies esse mesmo parâmetro foi avaliado, no qual a variação em *T. spinipes* foi de 0,0142 g a 0,0237 g, em seguida *A. mellifera* variou entre 0,0528 g e 0,0883 g, por fim *Scaptotrigona sp*. registrou valores entre 0,0085 g e 0,0155 g. A mediana da massa corpórea (g) para *T. spinipes* foi de 0,020; para *Scaptotrigona sp* 0,014 e para *A. mellifera* o valor foi 0,070 (Figura 6).

Figura 6: Mediana da massa corpórea: *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp* e *Apis mellifera*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em relação à dilatação traqueal das abelhas, as nativas: *Trigona spinipes* e *Scaptotrigona sp* obtiveram uma mediana de (37,07%) e (28,90%) de seu peso total respectivamente, em contrapartida a abelha *Apis mellifera* (espécie exótica) apresentou uma dilatação traqueal mediana menor, correspondente a (19,85%) comparado às espécies Meliponini (Quadro 1).

Analisando por espécie, a dilatação traqueal de *Trigona spinipes* apresentou valor mínimo de (2,71%) e um máximo de (79,64%) em relação ao peso inicial dessas abelhas. Para *Scaptotrigona sp.* o valor mínimo foi de (7,51%) e máximo de (55%) de dilatação traqueal, a *A. mellifera* registrou um valor mínimo e máximo de (8,13%) e (37,70%) na devida ordem. A dilatação traqueal menor nas *A. mellifera*, pode ser um indício que sua frequência respiratória seja maior em relação às outras espécies, pois apresentando menor expansão, possivelmente a necessidade de respirar mais vezes é maior. Em contrapartida, as maiores expansões traqueais deram-se para abelhas Meliponini (*Trigona spinipes* e *Scaptotrigona sp*) indicando que esses

indivíduos podem apresentar um maior armazenamento de oxigênio, e/ou que sua frequência respiratória seja mais lenta, para que o consumo e liberação dos gases sejam gradual conforme a realização de suas atividades.

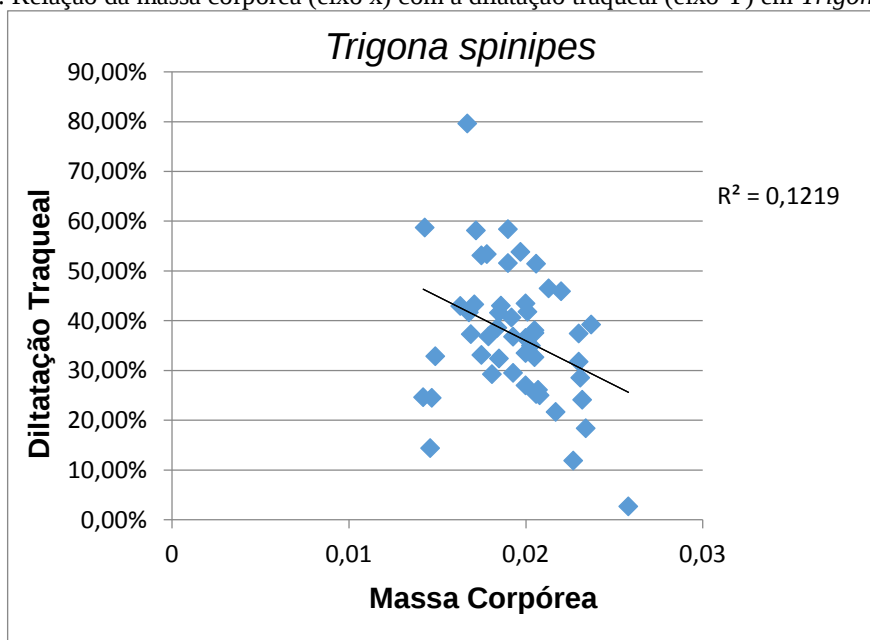
Quadro 1: Mediana da massa, Desvio padrão da massa, Mediana da dilatação traqueal e desvio padrão da dilatação traqueal por espécies de abelhas

Espécie	Mediana da massa corpórea e desvio padrão (g)	Mediana da dilatação traqueal e desvio padrão (%)
<i>Trigona spinipes</i>	0,020 g $\pm$ 0,026g	37,07% $\pm$ 13,57%
<i>Scaptotrigona sp.</i>	0,014 g $\pm$ 0,001g	28,90% $\pm$ 9,22%
<i>Apis mellifera</i>	0,070 g $\pm$ 0,009 g	19,85% $\pm$ 7,36%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Como citado anteriormente, a massa corpórea inicial para a espécie *Trigona spinipes* variou entre 0,0142 g a 0,0237 g, enquanto que a sua dilatação traqueal variou entre (2,71%) a (79,64%). Diante dessas duas variáveis, foi realizado o coeficiente de correlação de Spearman, no qual se obteve $r = 0,1219$, indicando uma correlação fraca positiva (Figura 7).

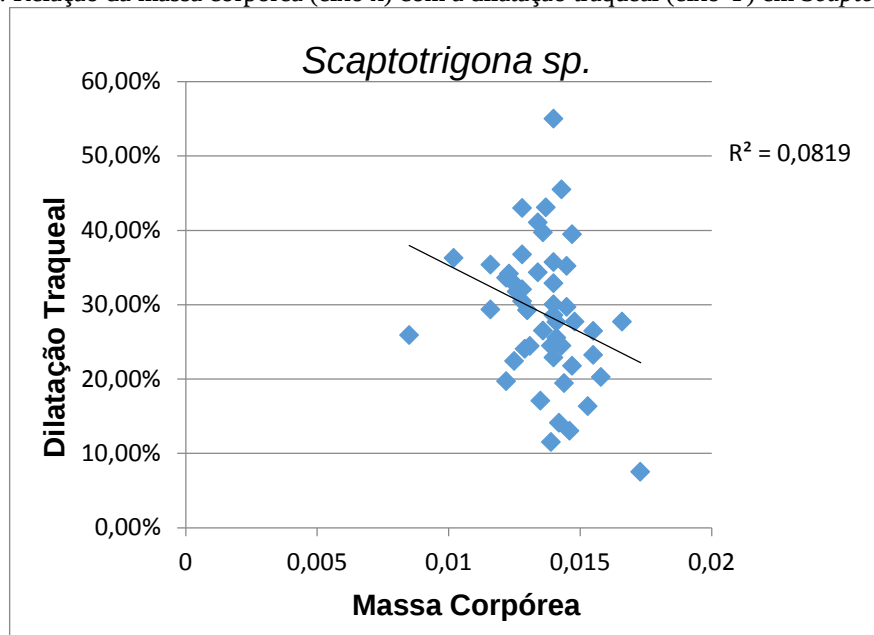
Figura 7: Relação da massa corpórea (eixo x) com a dilatação traqueal (eixo Y) em *Trigona spinipes*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para a espécie *Scaptotrigona sp* os dados da massa corpórea variaram entre 0,0085 g e 0,0155 g e a dilatação traqueal entre de (7,51%) a (55%). O índice de correlação de Spearman para estas duas variáveis foi de $r = 0,0819$, possibilitando uma correlação fraca positiva (Figura 8).

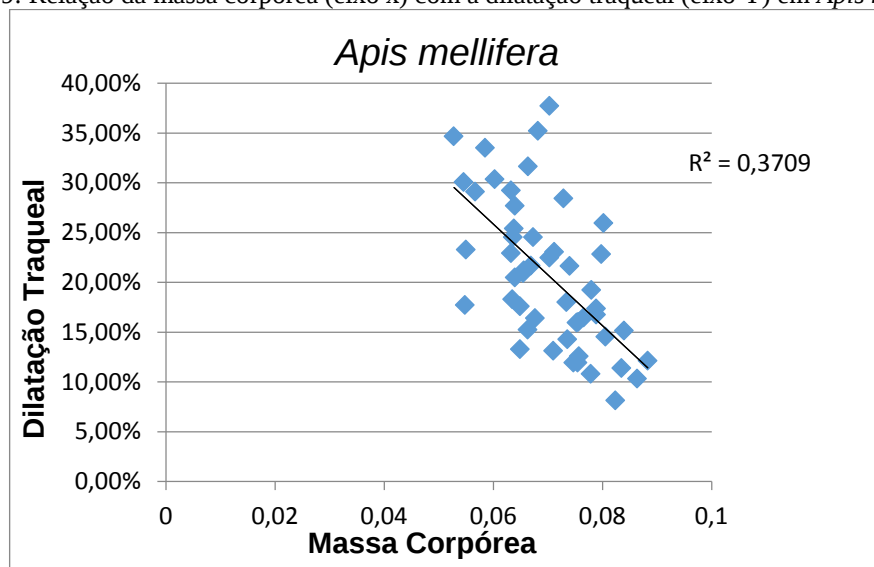
Figura 8: Relação da massa corpórea (eixo x) com a dilatação traqueal (eixo Y) em *Scaptotrigona sp.*



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os indivíduos da espécie *Apis mellifera* variaram em massa corpórea de 0,0528 g a 0,0883 g, enquanto que a dilatação traqueal variou entre (8,13%) a (37,70%). Para esta espécie, o coeficiente de correlação de Spearman foi de $r=0,3709$, indicando uma fraca correlação positiva (Figura 9).

Figura 9: Relação da massa corpórea (eixo x) com a dilatação traqueal (eixo Y) em *Apis mellifera*.

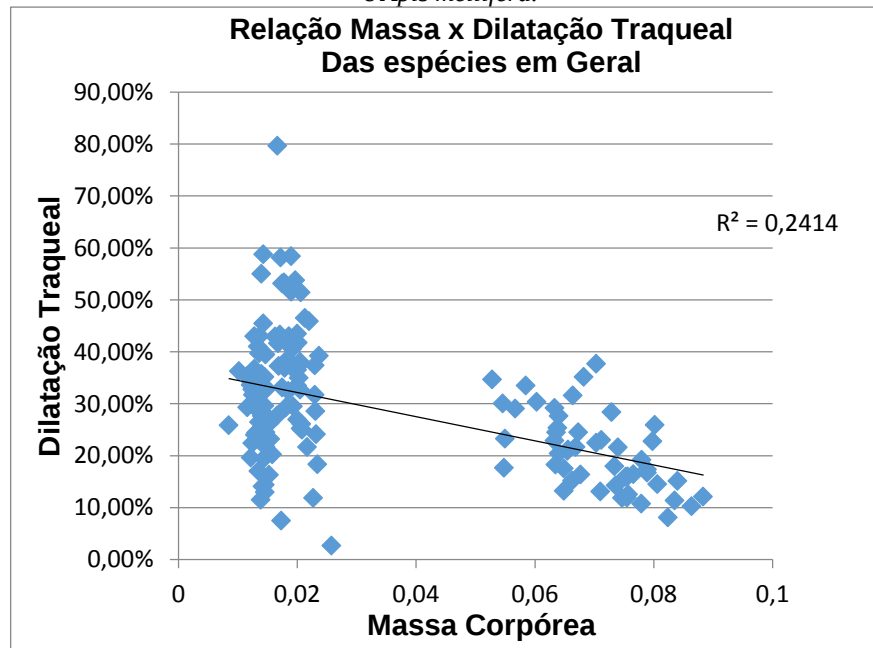


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De forma geral, a massa corpórea inicial das espécies: *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp* e *Apis mellifera* variaram entre 0,0085 g e 0,0883 g, enquanto que a dilatação traqueal dos três indivíduos separadamente foi de (37,07%), (28,90%) e (19,85%) respectivamente. O

índice de correlação de Spearman entre a massa corpórea e a dilatação traqueal das abelhas, considerando as três espécies, foi de $r=0,2414$, indicando uma correlação fraca positiva (Figura 10).

Figura 10: Relação da massa corpórea com a dilatação traqueal das espécies: *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona sp* e *Apis mellifera*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Analisando de forma geral frente aos resultados expostos, é notável que a relação da massa corpórea das abelhas com a dilatação traqueal não é um fator relevante, pois os dados obtidos com o coeficiente de correlação de Spearman mostra que essa interação é extremamente ineficaz. Entretanto, esse fator corrobora ainda mais com a hipótese da relação da dilatação traqueal com a frequência respiratória e o hábito de voo. Estudos realizados anteriormente por Sobral (2018) reforçam a ideia que a massa corpórea e a dilatação traqueal dos insetos não possuem íntima correlação, mas sim com o hábito de voo.

O hábito de voo é uma atividade essencial para a manutenção das abelhas, pois auxiliam em diversas funções, como na coleta de recursos alimentares (WITTER et al., 2014). Nesse contexto, é perceptível a necessidade do voo, fazendo com que este, seja de extrema importância nas funções exercidas pelas abelhas, todavia a efetivação desse processo exige grande gasto de energia, no qual essa dinâmica age diretamente no aumento taxa metabólica (KAMMER, HEINRICH, 1978; NEUKIRCH, 1982; MAYACK, NAUG, 2009).

Por esse motivo, o músculo do voo é uma estrutura localizada no tórax das abelhas que funciona como suporte para o levantamento e permanência do voo, que necessita da energia

gerada pelo metabolismo aeróbico (NIVEN, SCHARLEMANN, 2005). Tendo em vista essas afirmações, pode-se dizer que as abelhas realizam suas atividades com maior sucesso devido a sua capacidade de serem voadoras ativas, dependendo intimamente do consumo do oxigênio, tais condições possivelmente acarreta um aumento na frequência respiratória.

Estudos realizados por Randall, Burggren e French (2000), elucidam que de forma geral, são mínimas as reservas de O_2 no corpo dos animais. Esse fundamento, logicamente se enquadra nos insetos, indicando uma possível frequência respiratória maior em indivíduos com menor expansão traqueal. Verificou-se também que a taxa metabólica está relacionada ao consumo de oxigênio, corroborando com a ideia de Shmidt-Nielsen (2012), em que a frequência respiratória do animal é diretamente proporcional ao seu metabolismo. Partindo desses estudos, as abelhas *Apis mellifera* que apresentaram menor expansão traqueal no presente trabalho, provavelmente possuem maior atividade metabólica frente às Meliponini.

De acordo com Hill (2016), as abelhas mamangavas (*Bombus*) em pleno voo chegam a atingir taxas metabólicas em até 100 vezes superior à taxa metabólica em descanso. Em condições ambientais desfavoráveis alguns insetos como o gafanhoto *Oedaleus senegalensis* migram para outras regiões que forneçam abundância de recursos para a sua sobrevivência (MARTINS, BARBEITOS, 2000). Logo, o processo de migração requer taxas metabólicas elevadas, pois os indivíduos realizam voos longos, que possivelmente necessitam de um consumo de oxigênio constante.

Em virtude desses mecanismos que garantem a manutenção das espécies e frente aos resultados obtidos no presente estudo, é plausível que as abelhas em atividades que exijam grande consumo de oxigênio, se adequem a comportar esse elemento em seu corpo (expansão traqueal), caso das *Trigona spinipes* e *Scaptotrigona sp.* Entretanto, as abelhas *A. mellifera* apresentaram menor expansão traqueal, fato que pode ser explicado por ajustes divergentes das Meliponini, que possivelmente precisam aumentar a sua frequência respiratória a fim de compensar a deficiência de armazenamento de oxigênio.

Com relação à fase de desenvolvimento e atividade das operárias, as abelhas *A. mellifera*, iniciam sua fase adulta no 21º dia após a postura dos ovos, a partir desse momento começam a realizar suas atividades, até atingir a idade de forrageio aonde vão à procura de alimento (RAMOS, CARVALHO, 2007). Ao passo que, as Meliponini só iniciarão tais atividades cerca do 36º ao 45º dia, após a postura dos ovos (WITTER, NUNES-SILVA, 2014). Diante disso, o adiamento da fase adulta nas abelhas nativas pode ter levado a uma expansão traqueal maior, devido a uma preparação prévia desses indivíduos frente às atividades futuras, comportando o seu corpo a uma maior tomada de oxigênio, sem a possível

necessidade da intensa frequência respiratória. Possivelmente seria esse o motivo pelo qual as melíferas necessitam de uma adequação rápida a essas condições, onde provavelmente seria o aumento da frequência respiratória.

Proni e Macieira (2004) avaliaram o ritmo circadiano da taxa respiratória de *Tetragonisca angustula fiebrigi*, *Tetragonisca angustula angustula* e *Trigona spinipes* (espécies nativas) e apresentaram como resultado valores aproximados para as taxas respiratórias das duas primeiras espécies, ao contrário da taxa respiratória de *Trigona spinipes* que apresentou resultado significativamente maior em relação aos outros indivíduos. Isso indica que as espécies Meliponini em si, apresentam elevadas taxas respiratórias. No entanto, vale ressaltar que os resultados dos autores não se aplicam totalmente ao presente trabalho, pois não se utilizaram da espécie *Apis mellifera*, onde pelas hipóteses geradas, possivelmente esta última, apresentaria frequência respiratória maior comparada às abelhas nativas, como as do estudo: *Trigona spinipes* e *Scaptotrigona sp*.

6 CONCLUSÕES

Com presente trabalho é possível verificar que as questões/hipóteses e os objetivos levantados foram respondidos com êxito, além disso, os resultados revelaram maior relação da dilatação traqueal com a intensidade do consumo de oxigênio, evidenciando a existência da relação da frequência respiratória com a expansão traqueal.

Diante dos resultados notaram-se diferenças significativas na expansão traqueal entre as espécies de abelhas de mesma família, podendo indicar que no sistema traqueal, essas alterações sejam devido à necessidade de consumo de oxigênio, corroborando nos estudos relacionados à intensidade respiratória das abelhas com funcionamento da expansão traqueal.

Por fim, é notória a necessidade de estudos na área com uma maior quantidade de espécies de abelhas tanto nativas quanto exóticas, reforçando ainda mais estudos com a taxa respiratória, visto que são escassos na literatura e fazer-se necessário o uso de equipamentos a fim de medir a frequência respiratória para que nossas hipóteses geradas frente aos resultados sejam acatadas ou refutadas.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. F. **Estudo populacional e molecular de *Nannotrigona testaceicornis* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) através do DNA mitocondrial**. 2010. Dissertação (Mestre em ciências), Departamento de Genética, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- ALVES, C. A. **Impactos de diferentes temperaturas nas características biológicas de *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1808) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) durante três gerações**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.
- BARBIERI JR, C. A. **Levantamento das subfamílias de Braconidae (Hymenoptera, Ichneumonoidea) em área de diferentes estágios de conservação, no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, Brasil**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Departamento Centro de ciências biológicas e da saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- BARTHOLOMEW, G. A.; BARNHART, M. C. Tracheal gases, respiratory gas exchange, body temperature and flight in some tropical cicadas. **Journal of experimental biology**, v. 111, n.1, p. 131-144, 1984.
- BUZZI, Z. J. **Entomologia didática**. Curitiba: ed. UFPR, 4º ed. 2005.
- CARANTÓN, O. A. M.; FREITAS, G. S.; SOARES, A. E. E. **Produção de rainhas e melhoramento genético em *Apis mellifera***. Ribeirão Preto-São Paulo: São Francisco Gráfica e Editora, 2010.
- CARVALHO, G. K. R.; HESSEL, H. M; ARAÚJO, A. L. V. Himenópteros e a Bacia do Araripe. **Revista de Geologia**, v. 24, n. 2, p. 150-171, 2011.
- CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge University Press, 1998.
- CLAPHAM, M. E.; KARR, J. A. Environmental and biotic controls on the evolutionary history of insect body size. **Pnas**, v.109, n.27, p. 10927-10930, June 4, 2012.
- CHIARADIA, L. A. et al. Dano e controle da abelha-“irapuá” em eucalipto. **Agropecuária catarinense**, v. 16, n. 1, p. 60-62, 2003.
- CPRM: Serviço Geológico do Brasil: **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água subterrânea de Pernambuco – Diagnóstico do município de Serra Talhada**. Outubro de 2005.
- CRUZ-LANDIM, C. **Biologia do desenvolvimento em abelhas**. UNESP–Rio Claro, Departamento de Biologia, Instituto de Biociências, 2004.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.
- GRAHAM, J. G. U. B. et al. Implications of the late Palaeozoic oxygen pulse for physiology and evolution. **Nature**, v. 375, n. 6527, p. 117-120, 1995.

HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT, A. M. P. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 299-306, 2000.

HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. **Fisiologia Animal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2016.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. Abelhas sociais e flores: análise polínica como método de estudo. **Flores e abelhas em São Paulo**, v. 2, p. 17-30, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2010. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

ITAGIBA, M. G. O. R.. **Noções básicas sobre criação de abelhas**. São Paulo: NBL Editora, 1997.

KERR, W.E. The history of introduction of African bees to Brazil. **South African Bee Journal**, v. 39, n. 2, p. 3-5, 1967.

KLEINERT, A. M. P.; FERNANDES, P. C. **Manual de Manejo de Abelhas sem ferrão**. Instituto de Desenvolvimento Ambiental Sustentável. São Paulo – SP, 2007.

KAMMER, A. E.; HEINRICH, B. Insect flight metabolism. In: **Advances in insect physiology**. Academic Press, p. 133-228, 1978.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. **Abelha Uruçu: biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte: Fundação Acangaú, 1996.

LEITE, G. L. D.; ASSOCIADO, I. I. Entomologia Básica. **Tórax**, v. 17, p. 20, 2011.

LIMA, C. **Flores e insetos: A origem da Entomofilia e o sucesso das angiospermas**. 2000. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) □ Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília, 2000.

LOPES, M.; FERREIRA, J.B.; SANTOS, G.D. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível. **Agriculturas**, v. 2, n. 4, p. 7-9, 2005.

MARTINS, R. P.; BARBEITOS, M. S. Adaptações de insetos a mudanças no ambiente: ecologia e evolução da diapausa. **Oecologia Brasiliensis**, v. 8, n. 1, p. 6, 2000.

MARLEBO-SOUZA, D.T.; SANTOS SILVA, F.A. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, 2011.

MAYACK, C.; NAUG, D. Energetic stress in the honeybee *Apis mellifera* from *Nosema ceranae* infection. **Journal of invertebrate pathology**, v. 100, n. 3, p. 185-188, 2009.

MCALLESTER, A.L. **História Geológica da vida**. 5º Reimpressão. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1994.

MELO, G. A. R.; GONÇALVES, R. B. MELO. Higher-level bee classifications (Hymenoptera, Apoidea, Apidae sensu lato). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 1, p. 153-159, 2005.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 2000.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 2 Ed, 2007.

MOREIRA, J. C. S. **Morfologia do sistema reprodutor masculino e dos espermatozoides de duas espécies de Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NEUKIRCH, A. Dependence of the life span of the honeybee (*Apis mellifica*) upon flight performance and energy consumption. **Journal of Comparative Physiology**, v. 146, n. 1, p. 35-40, 1982.

NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honey bee colony losses. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, p. 1–6, 2010.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas Indígenas sem ferrão**. São Paulo: Editora Nogueirapis, 1997.

NIVEN, J. E.; SCHARLEMANN, J. P. Do insect metabolic rates at rest and during flight scale with body mass?. **Biology Letters**, v. 1, n. 3, p. 346-349, 2005.

OLIVEIRA, M. L.; CUNHA, J. A. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta Amazônica. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 3, p. 389-394, 2005.

PRONI, E. A.; MACIEIRA, O. J. D. Circadian rhythm of the respiratory rate of *Tetragonisca angustula fiebriqi* (Schwarz), *T. a. angustula* (Latreille) and *Trigona spinipes* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 4, p. 987-993, 2004.

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N. C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 6, n. 10, 2007.

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **Fisiologia Animal (ECKERT)**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara & Koogan, 2000.

SANTOS, A. L. **Identificação da flora microbiana em colmeias de meliponina**. 2007. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica), Instituto de Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SANTOS, E. M. et al. O Parque Estadual Mata da Pimenteira: primeira unidade de conservação estadual na caatinga de Pernambuco. In: _____. (Org.). **Parque Estadual Mata**

da Pimenteira: riqueza natural e conservação da caatinga. Recife: EDUFRPE, 2013. p. 15-26.

SANTOS, T. C. A.; CRUZ-LANDIM, C. Determinação das castas em *Scaptotrigona postica* (Latreille)(Hymenoptera, Apidae, Meliponini): diferenciação do ovário. **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 703-714, 2002.

SHARKEY, M. J. et al. Phylogenetic relationships among superfamilies of Hymenoptera. **Cladistics**, v. 28, n. 1, p. 80-112, 2012.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Animal physiology: adaptation and environment**. Reino Unido: Cambridge University Press, 2012.

SHUGART, J. Earth e Environment: Rise of oxygen on Earth pushed back: Gas was present in the planet's atmosphere 3 billion years ago. **Science News**. v, 184, p. 12-13, 2013.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras. Sistemática e Identificação. **Fundação Araucária**, Belo Horizonte, v. 253, 2002.

TOMASETO, A. F. **Fatores bióticos e abióticos influenciando a mobilidade e aspectos biológicos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera; Liviidae)**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WITTER, S. et al. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P. **Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponíneos)**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014.

WOLFF, L. F.; REIS, V. D. A.; SANTOS, R. S. S. **Abelhas melíferas:** bioindicadores de qualidade ambiental e de sustentabilidade da agricultura familiar de base ecológica. Embrapa Clima Temperado-Docmentos (INFOTECA-E), 2008.