

A Interface do Conhecimento sobre Abelhas

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2019

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

A Interface do Conhecimento sobre Abelhas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
161	<p>A interface do conhecimento sobre abelhas [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-706-2 DOI 10.22533/at.ed.062191510</p> <p>1. Abelhas – Criação. 2. Apicultura. 3. Polinização. I. Pereira, Alexandre Azevedo.</p> <p style="text-align: right;">CDD 638.1</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A polinização de pomares de frutas, bem como lavouras de legumes e grãos, e diversas outras espécies vegetais angiospermas, muito se deve à vida das abelhas que é, portanto, crucial para o planeta e para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres. Pode-se afirmar que sem os serviços ecológicos ofertados pelas abelhas, a grande maioria das plantas não se reproduziriam. Aproximadamente dois terços dos alimentos que ingerimos são produzidos com a ajuda da polinização das abelhas. Apenas com esse argumento preliminar, podemos apontar, convictos, que esses insetos da ordem Hymenoptera afetam a nossa vida cotidiana, sem que nós sequer nos apercebamos disso. Dessa forma, sem as abelhas, a segurança alimentar da humanidade estaria fortemente ameaçada.

Não obstante, a sociedade civil, bem como diversos outros ramos representativos da população brasileira como os estratos envolvidos com políticas públicas de preservação e mitigação ambiental, bem como a comunidade científica, acadêmica e demais atores envolvidos com o meio ambiente de maneira direta - ou indireta - precisam ser abastecidos continuamente de informações que possam valorizar o papel das abelhas ao planeta, bem como dos produtos por elas derivados.

A presente obra “*A Interface do Conhecimento sobre Abelhas*” é a mais recente iniciativa da Editora Atena no sentido de difusão de conhecimento, demonstração de aprimoramentos e divulgação de ideias, em forma de e-book, na área de Apicultura. A importância prática da própolis, subproduto oriundo das atividades comportamentais das abelhas, bem como a compreensão dos requerimentos nutricionais desses insetos; a composição físico-química, incluindo aminoácidos e minerais, além de análises qualitativas de amostras de méis oriundas da região Norte e Nordeste do Brasil com foco em abelhas sem ferrão são temas de caráter prático e aplicado abordados na presente obra. Além disso, estudos sobre a diversidade de espécies e o número total de indivíduos em áreas restauradas do bioma Cerrado, com ênfase na conservação e restabelecimento das populações de abelhas em paisagens agrícolas, incluindo a diversidade de análises polínicas de espécies florais polinizadas pela espécie *Bombus morio* são apresentadas. Por fim, um estudo sobre a influência de fatores ambientais no fluxo de entrada de grãos de pólen e sua coloração em colmeias de abelhas do gênero *Apis mellifera* finaliza a presente obra tratando de contribuições sobre o entendimento da complexa relação entre o meio ambiente e as atividades forrageadoras das abelhas.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com atividades apícolas frente ao acúmulo constante de conhecimento com potencial de

transpor o conhecimento atual acerca dos processos envolvidos com a produção mel, atrelada à conservação das atividades ecológicas das abelhas: seres vivos de relevante importância a diversos sistemas naturais, bem como agroecossistemas terrestres.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A PRÓPOLIS E A BIONANOTECNOLOGIA	
Mayara Santana dos Santos	
Bianca Pizzorno Backx	
DOI 10.22533/at.ed.0621915101	
CAPÍTULO 2	13
ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE ABELHAS <i>Apis mellifera</i>	
Mara Rúbia Romeu Pinto	
Aline Nunes	
Deise Munaro	
Marcelo Maraschin	
Fábio Pereira Leivas Leite	
DOI 10.22533/at.ed.0621915102	
CAPÍTULO 3	25
CARACTERIZAÇÃO DE MÉIS DE MELIPONÍNEOS NO MUNICÍPIO DE MÂNCIO LIMA – AC	
Joede Mota Brandão	
Rogério Oliveira Souza	
Luís Henrique Ebling Farinatti	
DOI 10.22533/at.ed.0621915103	
CAPÍTULO 4	36
CHEMICAL COMPOSITION AND FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY OF HONEY FROM STINGLESS <i>Melipona mandacaia</i> BEES	
Paulo Ricardo da Silva	
Eva Monica Sarmento da Silva	
Rodolfo França Alves	
Francisco de Assis Ribeiro dos Santos	
Celso Amorim Camara	
Tania Maria Sarmento Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0621915104	
CAPÍTULO 5	48
DIVERSITY OF BEES IN RESTORED FORESTS LOCATED IN AGRICULTURAL LANDSCAPES	
Roberta Cornélio Ferreira Nocelli	
Tiago Egydio Barreto	
Rafael Alexandre Costa Ferreira	
Nino Tavares Amazonas	
Osmar Malaspina	
DOI 10.22533/at.ed.0621915105	
CAPÍTULO 6	63
NÍVEIS DE PROTEÍNA PARA ABELHAS TUBÚNA (<i>scaptotrigona bipunctata</i>)	
Gustavo Krahl	
Marcos Henrique Baldi	
DOI 10.22533/at.ed.0621915106	

CAPÍTULO 7 75

FONTES DE ALIMENTOS USADAS POR ABELHAS *Bombus morio* (HYMENOPTERA, APIDAE)
ATRAVÉS DE ANÁLISE POLÍNICA DE RESÍDUOS DE NINHO DE ÁREA URBANA

Caroline Schmitz

Aline Nunes

Marcelo Maraschin

Suzane Both Hilgert-Moreira

DOI 10.22533/at.ed.0621915107

CAPÍTULO 8 86

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NO FLUXO DE ENTRADA DE GRÃOS DE PÓLEN E SUA
COLORAÇÃO EM COLMEIAS DE ABELHAS DO GÊNERO *Apis mellifera* L

Antonio Geovane de Morais Andrade

Rildson Melo Fontenele

Antonio Jonas Cardoso Siqueira

Raquel Miléo Prudêncio

Antonio Rodolfo Almeida Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.0621915108

SOBRE O ORGANIZADOR..... 95

PALAVRAS-CHAVE..... 96

A PRÓPOLIS E A BIONANOTECNOLOGIA

Mayara Santana dos Santos

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Campus
Duque de Caxias - Rio de Janeiro

Bianca Pizzorno Backx

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Campus
Duque de Caxias - Rio de Janeiro

RESUMO: Ao longo do tempo, a sociedade passou a valorizar tudo o que fosse mais natural e ecologicamente correto. Este interesse alavancou diversas aplicações biotecnológicas e nanotecnológicas e, desta forma, surgiu uma demanda econômica ao aumentar os investimentos relacionados aos produtos naturais. Neste sentido, os produtos apícolas como a própolis, uma substância peculiar elaborada excepcionalmente pelo trabalho realizado pelas abelhas, destacam-se em aplicações médicas devido as suas propriedades biológicas antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e antivirais. Atividades cicatrizantes e farmacológicas também podem ocorrer através das ações químicas encontradas em compostos como os óleos essenciais que contém flavonoides e compostos fenólicos em geral. Sendo assim, as propriedades presentes na própolis agem em sinergia com as aplicações da bionanotecnologia nas escalas atômicas e moleculares empregando, de maneira interdisciplinar, diversas áreas da ciência e da

saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Própolis, abelhas, aplicações, nanotecnologia, biotecnologia.

PROPOLIS AND THE BIONANOTECHNOLOGY

ABSTRACT: Over time, society has come to value whatever is most natural and environmentally friendly. This interest has leveraged diverse biotechnological and nanotechnological applications, and thus an economic demand has emerged by increasing investments related to natural products. In this sense, bee products such as propolis, a peculiar substance elaborated exceptionally by the work done by the bees, stand out in medical applications due to their biological antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and antiviral properties. Healing and pharmacological activities may also occur through chemical actions found in compounds such as essential oils containing flavonoids and phenolic compounds in general. Thus, the properties present in propolis act in synergy with the applications of bionanotechnology at the atomic and molecular scales, employing, in an interdisciplinary manner, several areas of science and health.

KEYWORDS: Propolis, bees, applications, nanotechnology, biotechnology.

1 | INTRODUÇÃO

A própolis é uma substância variada e complexa de composição resinosa e de textura peculiar advinda exclusivamente do trabalho realizado pelas abelhas. No Brasil, a própolis foi definida pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, em 2001, descrevendo o seguinte aspecto (BRASIL, 2001):

“Produto oriundo de substâncias resinosas, gomosas e balsâmicas, colhidas pelas abelhas de brotos, flores e exsudatos de plantas, nas quais as abelhas acrescentam secreções salivares, cera e pólen para a elaboração do produto final”

De forma geral, as abelhas realizam um trabalho sinérgico entre si ao confeccionar a própolis e, para tal, coleta substâncias de caráter resinoso extraído de espécies vegetais e, juntamente as suas secreções salivares e glandulares, adicionam ceras, óleos essenciais e eventuais grãos de pólen presentes na superfície de seu corpo por consequência da polinização (BREYER; BREYER; CELLA, 2016).

A própolis é um material de extrema relevância e funcionalidade para as abelhas na colmeia devido as suas propriedades químicas e mecânicas. Neste sentido, a própolis possui um material de consistência forte e rígida propiciando uma resistência a estrutura do enxame, sendo utilizada para vedar espaçamentos da colmeia protegendo-a de predadores e de temperaturas extremas. Além disso, os óleos essenciais contribuem para a proteção de predadores por conta de seu aroma inibitório (ALVES PINTO; TAIRONI DO PRADO; DE CARVALHO, 2011).

Além da aplicabilidade natural na colmeia, a própolis e a bionanotecnologia protagonizam um avanço científico-tecnológico em tratamentos médicos alternativos (CANCINO; MARANGONI; ZUCOLOTTO, 2014). O entendimento de como este campo da ciência pode ser utilizado tecnologicamente com a própolis deve ser associado às estruturas em escalas atômicas e moleculares passíveis de caracterizações, manipulações e projeções a fim de desfrutar das propriedades particulares da própolis, como sua capacidade antimicrobiana e antioxidante, em sinergia com os fenômenos especiais da nanoescala em diversas aplicações.

Além de impactar positivamente áreas medicinais, a bionanotecnologia influenciou diversos setores fundamentais da sociedade como os aspectos socioculturais, o meio ambiente, a economia e a saúde de maneira geral através, por exemplo, de nanoestruturas que auxiliam no diagnóstico e no tratamento de patologias, possibilitando o entendimento e a utilização de mecanismos moleculares avançados na área da saúde para combater e prevenir doenças (LIMA; QUEIROZ, 2013).

2 | O MUNDO E A PRÓPOLIS

Desde o início da humanidade, utilizam-se uma gama de propriedades advindas de produtos naturais. O advento da Iatroquímica, através do médico Paracelsus, colaborou para que os recursos naturais passassem por processos técnicos e científicos,

com objetivo de parametrizar protocolos antes usados pelos chamados “curandeiros” com a utilização de plantas e extratos naturais e possibilitar suas utilizações como fármacos, seguindo protocolos de sínteses, alavancando a indústria de medicamentos fitoterápicos.

Acerca da própolis, há diversos relatos históricos indicando seu uso há séculos por diferentes civilizações, neste sentido, como descrito nos primeiros registros encontrados no Egito Antigo em torno de 1700 A.C., a própolis era denominada de a “cera negra”, sendo utilizada para embalsamar os mortos e, conseqüentemente, evitar o rápido apodrecimento dos corpos (CASTALDO; CAPASSO, 2002). Também há registros da própolis na antiga medicina tradicional chinesa Tibetana que indica seu uso em procedimentos de cicatrização e controle antisséptico. A cultura Greco-romana também apresentou registros, descrevendo-a como medicamento apto na redução de inchaços, redutor de dores e cicatrizante de feridas internas e externas (IOIRISH, 1982). No final do século XIX em batalhas ocorridas na África do Sul, a própolis foi empregada em feridas devido às suas propriedades cicatrizantes (MARCUCCI, 1996), assim como na segunda guerra mundial foi utilizada em várias clínicas soviéticas para fornecer cuidados médicos aos soldados lesionados (IOIRISH, 1982). Na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, a própolis foi aplicada em procedimentos médicos em humanos e em animais com seu uso no tratamento da tuberculose devido a sua efetiva regressão de problemas pulmonares; além de ser empregada em distúrbios alimentares para a recuperação do apetite (WOISKY; GIESBRECHT; SALATINO, 1994). Adicionalmente, ao longo dos anos, a própolis tornou-se um produto importante na medicina alternativa (LUSTOSA, 2007), por exemplo, através da utilização da apitoxina, o veneno extraído das abelhas, que está sendo utilizado para o fortalecimento do sistema imunológico, dentre outras aplicações (DANTAS et al., 2014).

3 | HISTÓRICO DA PRÓPOLIS NO BRASIL

A história da própolis no Brasil se iniciou desde os primeiros anos, pois os nativos americanos utilizavam a própolis advinda das abelhas nativas melíponas na confecção de ferramentas devido ao seu material rígido, sendo que a própolis também era empregada nos sepultamentos com o propósito de evitar o rápido apodrecimento dos corpos (Barth et al. 2009).

Ao longo da história, a própolis tornou-se um produto de demasiado interesse em diversas áreas, mas a partir do desenvolvimento da apicultura brasileira, a própolis foi consolidada no país. De acordo com registros históricos, a partir de 1839 se iniciou a implantação da apicultura no Brasil através do padre Antônio Carneiro Aureliano que importou algumas colônias de abelhas da espécie *Apis Mellifera* advindas de Portugal para o Rio de Janeiro e, posteriormente, foram se introduzindo outras abelhas do mesmo

gênero e espécie, como a *Apis Mellifera Scutellata*. Vale ressaltar que o cruzamento inesperado desta espécie com outras formou híbridos naturais de grande relevância para história da apicultura (SEBRAE, 2015). Neste contexto, a falta de conhecimento e técnicas no manejo do apiário não foram adequadas e muitos apicultores largaram seu ofício devido à agressividade e efeitos colaterais que essa técnica apresentava aos apicultores. Após o desenvolvimento da apicultura com as técnicas de manejo apropriadas, na década de 1970 houve uma expansão das atividades apícolas para em diversas regiões brasileiras. Desde então, o crescimento de estudos e técnicas revolucionaram o status do mercado brasileiro em relação à apicultura, colocando o Brasil como o terceiro maior produtor de própolis no mundo (PEREIRA et al., 2015).

4 | ASCENSÃO DAS ABELHAS

A própolis é um material complexo repleto de substâncias de consistência resinosa advinda exclusivamente do trabalho realizado pelas abelhas. Desta forma, torna-se importante compreender que o processo evolutivo das abelhas se originou no Cretáceo, um período geológico que marcou o surgimento de diversas espécies vegetais que possuíam flores, como as gimnospermas. Neste período, os insetos começaram a consumir e absorver, assim como ofertar as suas progênes, os nutrientes e propriedades que as flores ofereciam como, por exemplo, os óleos essenciais atrativos e perfumados, as pétalas pomposas e coloridas, as secreções liberadas como o néctar constituído de açúcar e o pólen (gameta masculino de plantas) composto por diversas proteínas.

As vespas foram os insetos primordiais a consumir as propriedades vegetais que as flores poderiam oferecer e, desta forma, elas optaram por absorver essas substâncias advindas das flores, ao invés de caçar outros insetos cuja prática era realizada antes do processo evolutivo originar flores. Sendo assim, consumir nutrientes advindos das flores era mais favorável do que realizar a caça de insetos. Neste sentido, o consumo de produtos gerados pelas flores padecia de ser uma dieta complementar e se tornou uma dependência alimentícia das vespas; por conta desta dependência alimentícia pelos nutrientes presentes nas flores, ocorreu uma melhor adaptação de algumas espécies de vespas existentes e, por consequência, do mecanismo de seleção natural houve a origem das abelhas (FREITAS, 2014).

5 | PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA PRÓPOLIS

A própolis é uma substância complexa confeccionada pelas abelhas a partir de diversos compostos de origem vegetal. As proporções de matéria presente na própolis são variadas de acordo com fatores ambientais, estações do ano, o clima, a região, a flora, bem como fatores biológicos e características genéticas das espécies

das abelhas (SOUSA et al., 2007). Em aspectos gerais, a própolis bruta recém fabricada pelas abelhas contém resinas, ceras, grão de pólen, óleos essenciais e compostos orgânicos (LUSTOSA et al., 2008). Devido a diferentes condições acerca dos fatores ambientais e a variabilidade genética advinda das abelhas, a composição química presente na própolis é variável. Desta forma, algumas substâncias podem estar presentes em todas as própolis produzidas, enquanto outros compostos estão presentes apenas em própolis advindas de espécies vegetais peculiares e por condições sazonais (VARGAS et al., 2004) as Gram positive bacteria (Staphylococcus sp., Streptococcus sp., Nocardia asteroides and Rhodococcus equi).

A composição química presente na própolis é formada por altos teores de compostos orgânicos, como os flavonóides. Esses compostos, pertencentes à classe dos polifenóis, estão associados a atividades antimicrobianas, antivirais e antioxidantes (OLIVEIRA et al., 2013). Sendo importante ressaltar que esses metabólitos secundários estão presentes em variados tecidos e estruturas desenvolvidas em espécies vegetais (FERRERA et al., 2016). Para nanotecnologia, estas substâncias possuem elevado potencial antioxidante, característica muito importante para estabelecer um meio eficiente para dispersão e estabilização de nanoestruturas.

Além disso, possuem compostos com funções orgânicas como ácidos aromáticos, ésteres, cetonas, aldeídos e compostos como aminoácidos, hidrocarbonetos, polissacarídeos, fenilpropanóides, esteróides, bem como ácidos graxos em pequenas concentrações (LUSTOSA et al., 2008). Nesta composição também há compostos inorgânicos como o ferro, silício, vanádio, cobre, manganês e alumínio (MARCUCCI, 1996). Ao todo, no mínimo 100 compostos foram identificados através de caracterizações realizadas em amostras de própolis, totalizando acima 200 compostos encontrados em amostras variadas (MARCUCCI et al., 2001).

6 | PROPRIEDADES BIOLÓGICAS

As propriedades biológicas acerca da própolis e da bionanotecnologia se tornaram objetos de estudos em diversas áreas, principalmente em âmbitos medicinais e para a fabricação de produtos fitoterápicos devido as suas possibilidades tecnológicas.

As atividades antifúngicas e antibacterianas são as propriedades biológicas mais descritas na literatura, sendo atribuídas a diferentes aplicações. De acordo com o estado da arte, a própolis e as nanopartículas, principalmente metálicas como as compostas por prata, possuem atividades antibacterianas em bactérias gram-positivas e gram-negativas (FREIRE et al., 2018; VARGAS et al., 2004). Neste sentido, a capacidade antimicrobiana da própolis pode ser atribuída sinergicamente a um complexo de substâncias entre os quais são ésteres, aldeídos, ácidos fenólicos e

flavonoides, que associadas as nanopartículas otimizam a ação antimicrobiana, como o dano a parede celular, desestabilização de moléculas fundamentais no interior dos microrganismos, dentre outras possibilidades de atividades antimicrobianas descritas na literatura (Dakalet al., 2016).

Nesta perspectiva, a proposta de utilizar extratos naturais tem sido uma medida alternativa para a substituição ou sinergia com antibióticos que obtiveram baixa ou nula eficácia em pacientes que possuem bactérias resistentes a estes. Desta forma, foram realizados altos investimentos financeiros em pesquisas científicas *in vitro* que elaboraram extratos hidroalcoólicos com a própolis para a sua utilização em ensaios de verificação da atividade antimicrobiana em relação às cepas bacterianas dos gêneros e espécies *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* e *Streptococcus mutans* bem como em cepas fúngicas do gênero e espécie *Candida albicans* isoladas amostras clínicas. A partir desses estudos, constatou-se que a capacidade antimicrobiana dos extratos é promissora (AURICCHIO et al., 2006; FERNANDES JÚNIOR et al., 2006).

A atividade anti-inflamatória observada na própolis tem gerado demasiado interesse por conta de seus compostos inibitórios a inflamações como a galangina, a apigenina, o ácido salicílico, o ácido felúrico, o ácido cafeico, a quercetina, a narigenina e o éster fenético do ácido cafeico (KROL et al., 1996; MENEZES, 2005). Essas substâncias presentes na própolis estão associadas à inibição da síntese das prostaglandinas, um grupo de lipídeos inflamatórios produzidos a partir de fosfolipídios de membrana. Neste sentido, ao inibir a síntese das prostaglandinas há uma cascata sinalização complexa modulada por diversos fatores imunológicos que atuam em atividades antagonistas que resultam na inibição da inflamação

Além disso, o sistema imunológico possui uma célula de importante relevância denominada macrófago que possui elevada capacidade fagocítica na eliminação de agentes estranhos ao organismo e durante sua atividade biológica ocorre a liberação de óxido nítrico como um dos principais mecanismos pró-inflamatórios. Neste aspecto, a própolis está associada à inibição da produção de óxido nítrico e isto é apontado como uma das principais causas responsáveis por suas ações anti-inflamatórias (MENEZES, 2005).

Além do mais, no organismo há constantemente uma produção de espécies químicas reativas de caráter oxidantes capazes de gerar danos as células por conta do mecanismo de ação do metabolismo aeróbio presente nos indivíduos (PEREIRA et al., 2015). Assim sendo, esses efeitos danosos estão sendo associados a doenças neurológicas, cardíacas, cardiovasculares, psiquiátricas, dentre outras (DEVASAGAYAM et al., 2004). Neste sentido, foi avaliada a capacidade antioxidante da própolis em destruir radicais DDPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), um dos radicais com maiores efeitos tóxicos ao organismo e foram observados excelentes resultados (DE MATOS ALVES PINTO; ROBSON TAIRONI DO PRADO; CARVALHO, 2011). Sendo

assim, a partir de resultados promissores na remoção do excesso de radicais livres do organismo, existem boas perspectivas no uso destas propriedades em novas aplicações tecnológicas como através da presença de compostos antioxidantes na própolis.

Ainda neste contexto, estudos científicos descrevem que a ação cicatrizante da própolis e está relacionada à capacidade antioxidante da própolis por conta da remoção dos radicais livres danosos que impedem a renovação e regeneração tecidual (MENEZES, 2005). Devido à importância da cicatrização de feridas atribuída à própolis, foram realizados ensaios comparando a própolis com emulsões terapêuticas utilizadas em feridas e no tratamento de queimaduras, como o creme de sulfadiazina de prata em que foi observado que a própolis apresentou menos inflamação local e uma cicatrização em menor tempo do que o creme de sulfadiazina de prata (LUSTOSA et al., 2008). Além disso, analisaram experimentalmente a ativação de algumas citocinas, células do sistema imunológico, associadas ao mecanismo de cicatrização de tecidos lesionados em ratos e, 30 dias após a lesão, corroboraram que as nanopartículas de prata podem modular a expressão das citocinas de forma dependente da dose, diminuindo assim a inflamação e a aparência da cicatriz (TIAN et al., 2007).

A fim de avaliar os efeitos negativos proeminente da própolis foram realizados ensaios de citotoxicidade, por exemplo, no uso do extrato da própolis associada a uma inflamação nos lábios, denominada quelite, (RAJPARA et al., 2009). Esta condição foi atribuída aos constituintes presentes no extrato, como os flavonóides, as agliconas e os ácidos aromáticos livres. Além disto, também foram realizados ensaios de citotoxicidade acerca das nanopartículas observando suas características físico-químicas como a morfologia, o tamanho, as cargas de superfície e sua reatividade a fim de compreender o processo de toxicidade biológica (Zhang et al., 2014). Desta forma, convém salientar que concentrações elevadas de determinados compostos podem vir a ser citotóxicos, porém em concentrações terapêuticas os efeitos são minimizados ou inexistentes assim como a grande maioria das substâncias, sintéticas ou naturais, utilizadas em terapias pela humanidade.

Portanto, além destas, diversas outras atividades biológicas da própolis são descritas na literatura, tais como atividades imunomoduladoras e imunossupressoras (FISCHER et al., 2008); analgésicas (PAULINO et al., 2003) e antitumorais (DE MATOS ALVES PINTO; ROBSON TAIRONI DO PRADO; CARVALHO, 2011); antibióticas (BIANCHINI; BEDENDO, 1998); antineoplásicas (MENEZES, 2005); antimutagênica (NUNES, 2008); antiúlcera gástrica (REIS et al., 2000), dentre outras. Gerando, assim, inúmeras possibilidades de aplicações tecnológicas a partir destas propriedades inerentes a própolis.

7 | PRÓPOLIS E A BIONANOTECNOLOGIA

Na Grécia antiga surgiu o prefixo nano, que significava anão. Neste sentido, um nanometro equivale a 1 bilionésimo do metro, 10^{-9} m. O desenvolvimento da nanotecnologia ocorreu com o surgimento da tecnologia moderna, que através de instrumentos como microscópios, capazes de gerar imagens em nanoescala, habilitou o mundo científico a manipular átomos e moléculas com a finalidade de desenvolver novos sistemas e materiais diferenciados. Enquanto, a biotecnologia é uma tecnologia baseada na biologia que utiliza processos biomoleculares e celulares para desenvolver tecnologias e produtos que ajudem a melhorar a existência dos seres humanos e do meio ambiente. A bionanotecnologia é a combinação das duas tecnologias a fim de associar a biologia à sistemas em escala nanométrica. Desta forma, diversas vertentes deste segmento permitem que a própolis seja protagonista de inovações tecnológicas em consonância com os fenômenos observados em escalas atômicas e moleculares da nanociência.

Neste sentido, a síntese verde de nanopartículas metálicas tem sido destaque em pesquisas científicas por conta de seu viés sustentável que consiste em não utilização de solventes tóxicos prejudiciais ao meio ambiente, aos seres humanos e animais (BACKX et al., 2018). O método da síntese verde de nanopartículas metálicas baseia-se na utilização de agentes redutores que apresentam baixa ou nenhuma toxicidade promovendo a formação e estabilização das nanopartículas ao impedirem a agregação das mesmas permitindo a formação de um sistema dispersivo coloidal (Figura 1). Desta forma, a própolis é uma substância que pode ser utilizada na síntese de nanomateriais como as nanopartículas de prata, porque se apresenta capaz de promover a redução do metal, bem como a sua estabilização em nanoescala. Vale ressaltar que este potencial bionanotecnológico está atrelado a sua composição fenólica e ao seu alto teor de flavonóides (BARBOSA, 2018).

A própolis como agente estabilizador na síntese verde de nanopartículas de prata.

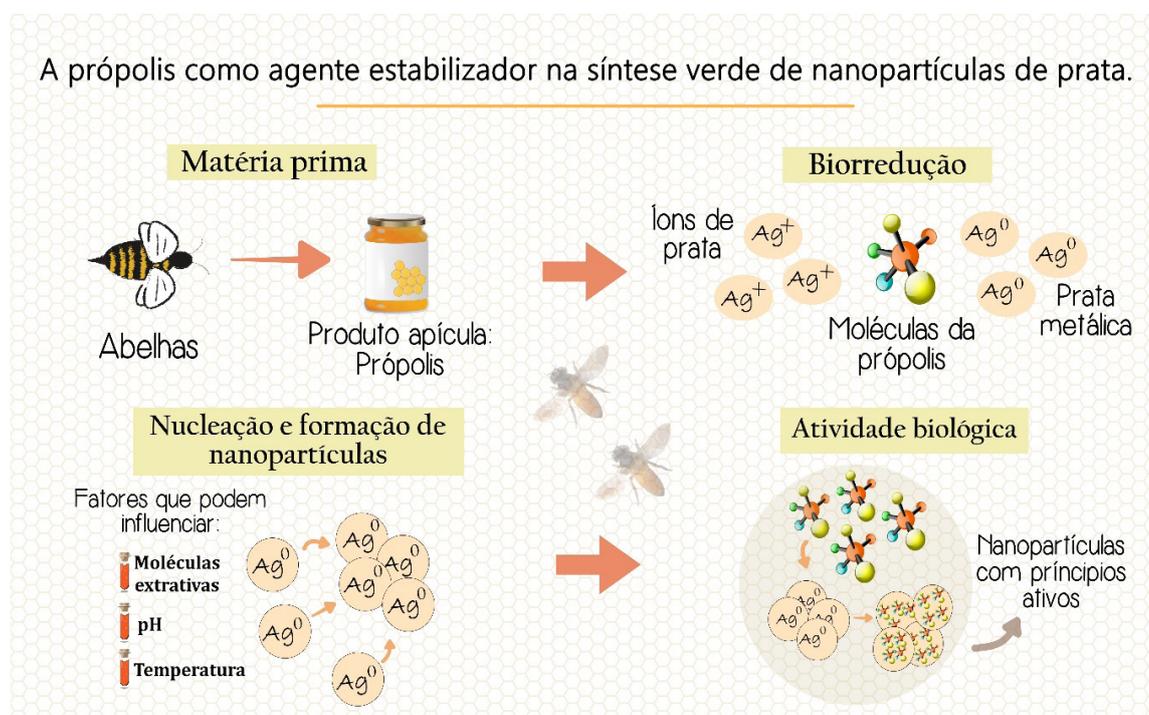


Figura 1: Esquema representativo da própolis como agente estabilizador na síntese verde de nanopartículas de prata.

A partir da síntese verde de nanopartículas metálicas foram descritos diversos trabalhos científicos que permitem a proposição de diversas aplicações tecnológicas a partir da consonância dos nanomateriais (BACKX e ANTUNES FILHO, 2018). Ao associar as melhorias advindas com a nanotecnologia com as propriedades peculiares da própolis é possível uma gama de possibilidades associadas às áreas farmacêuticas e medicinais, como a síntese de partições nanoscópicas de própolis através de nanoemulsões que permitem a própolis agir com maior eficiência mediante suas propriedades antimicrobianas ou sua utilização como nanocarreadora biocompatível e biodegradável de fármacos (Seven et al., 2000).

8 | CONCLUSÕES

Diversos estudos foram realizados e estão em desenvolvimento com a própolis para avaliar suas propriedades e aplicações na bionanotecnologia em diversas áreas e, para tal, cada vez mais ensaios experimentais serão desenvolvidos a fim de descobrir, principalmente, novas finalidades terapêuticas para as substâncias produzidas pelas abelhas que, além de possuírem uma importante função ecológica, produzem substâncias como a própolis que permitem uma série de inovações tecnológicas, pois a nanotecnologia em sinergia com as propriedades peculiares da própolis possuem grande potencial bionanotecnológico. Contudo, vale ressaltar que é importante a realização de estudos associados à citotoxicidade nos produtos nano estruturados a base da própolis para assegurar que suas aplicações venham a influenciar e impactar positivamente os seres vivos e o meio ambiente!

REFERÊNCIAS

- ALVES PINTO, L. D. M.; TAIRONI DO PRADO, N. R.; DE CARVALHO, L. B. **PROPRIEDADES, USOS E APLICAÇÕES DA PRÓPOLIS**. Revista Eletrônica de Farmácia, v. 8, n. 3, p. 25, 29 set. 2011.
- BACKX, B.P., RECH, B., DELAZARE T, et al. **GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES: A STUDY OF THE DISPERSIVE EFFICIENCY AND ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF THE EXTRACTS OF PLINIA CAULIFLORA FOR APPLICATION IN SMART TEXTILES MATERIALS FOR HEALTHCARE**. Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology 7: 1-1, 2018
- BACKX, B.P.; ANTUNES FILHO, S. **GREEN DISPERSIVE SYSTEMS AND THE FORMATION OF MICRO- AND NANOSTRUCTURED MULTIPHASE IN LEAVES EXTRACT FROM PSIDIUM GUAJAVAL**. SF Nanotec Res Let 2:2, 2018.
- BARBOSA, V. T. **SÍNTESE BIOGÊNICA DE NANOPARTÍCULS DE PRATA USANDO PRÓPOLIS VERMELHA DE ALAGOAS**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS ESCOLA DE ENFERMAGEM E FARMÁCIA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS, p. 78, 2018.
- BARROS, A. M. C.; DE SOUZA, F. C. **MIGRAÇÃO DE CÉLULA MONONUCLEADA DO SANGUE PERIFÉRICO (MONÓCITOS/MACRÓFAGOS) EM DIFERENTES PROCESSOS INFLAMATÓRIOS**. v. 01, p. 28, 2017.
- BIANCHINI, L.; BEDENDO, I. P. **EFEITO ANTIBIÓTICO DO PRÓPOLIS SOBRE BACTÉRIAS FITOPATOGÊNICAS**. Scientia Agricola, v. 55, n. 1, p. 149–152, jan. 1998.
- BORRELLI, F. et al. **Phytochemical compounds involved in the anti-inflammatory effect of propolis extract**. Fitoterapia, v. 73 Suppl 1, p. S53-63, nov. 2002.
- BREYER, H. F. E.; BREYER, E. D. H.; CELLA, I. **PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO DA PRÓPOLIS**. p. 21, 2016.
- CANCINO, J.; MARANGONI, V. S.; ZUCOLOTTI, V. **Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações**. Química Nova, v. 37, n. 3, p. 521–526, jun. 2014.
- CASTALDO, S.; CAPASSO, F. **Propolis, an old remedy used in modern medicine**. Fitoterapia, **Propolis: Chemical and Pharmacological Aspects Naples**, Italy, February 24, 2001. v. 73, p. S1–S6, 2002.
- CUETO, A. P. S. **AVALIAÇÃO DA CITOTOXICIDADE E ATIVIDADE ANTIVIRAL DA PRÓPOLIS FRENTE AO CALICÍVIRUS FELINO (FCV), ADENOVÍRUS CANINO 2 (CAV-2) E VÍRUS DA DIARRÉIA VIRAL BOVINA (BVDV)**. 3 dez. 2010.
- DANTAS, C. et al. **Apitoxina: coleta, composição química, propriedades biológicas e atividades terapêuticas**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 4, p. 127, 31 dez. 2014.
- Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S., e Yadav, V. (2016) **Mechanistic Basis of Antimicrobial Actions of Silver Nanoparticles**. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1831. doi:10.3389/fmicb.2016.01831
- DE MATOS ALVES PINTO, L.; ROBSON TAIRONI DO PRADO, N.; CARVALHO, L. **PROPRIEDADES, USOS E APLICAÇÕES DA PRÓPOLIS**. Revista Eletrônica de Farmácia, v. 8, 29 set. 2011.
- DEVASAGAYAM, T. P. A. et al. **Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects**. The Journal of the Association of Physicians of India, v. 52, p. 794–804, out. 2004.
- FERNANDES JÚNIOR, A. et al. **Atividade antimicrobiana de própolis de Apismellifera obtidas em três regiões do Brasil**. Ciência Rural, v. 36, n. 1, p. 294–297, fev. 2006.

FERRERA, T. S. et al. **Substâncias fenólicas, flavonoides e capacidade antioxidante em erveiras sob diferentes coberturas do solo e sombreamentos.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 18, n. 2 suppl 1, p. 588–596, 2016.

FISCHER, G. et al. **IMUNOMODULAÇÃO PELA PRÓPOLIS.** São Paulo, p. 7, 2008.

FREIRE, N. B. et al. **Atividade antimicrobiana e antibiofilme de nanopartículas de prata sobre isolados de *Aeromonas* spp. obtidos de organismos aquáticos.** Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 38, n. 2, p. 244–249, fev. 2018.

FREITAS, B. M. **CONHECENDO AS ABELHAS.** p. 5, 2014.

KROL, W. et al. **Synergistic effect of ethanolic extract of propolis and antibiotics on the growth of *staphylococcus aureus*.** Arzneimittel-Forschung, v. 43, n. 5, p. 607–609, maio 1993.

KROL W. , ET, K. W., et. **Inibição da quimiluminescência de neutrófilos pelo extrato etanólico da própolis (EEP) e seus componentes fenólicos.** - PubMed - NCBI. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9121163>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

LIMA, M. C. P.; QUEIROZ, P. R. **Nanomedicina: Aplicação da nanotecnologia na medicina.** p. 20, 2013.

LUSTOSA, S. R. **PADRONIZAÇÃO DE EXTRATO DE PRÓPOLIS E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA.** p. 86, 2007.

LUSTOSA, S. R. et al. **Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 18, n. 3, p. 447–454, set. 2008.

MARCUCCI, M. C. et al. **Phenolic compounds from Brazilian propolis with pharmacological activities.** Journal of Ethnopharmacology, v. 74, n. 2, p. 105–112, 2001.

MENEZES, H. **PRÓPOLIS: UMA REVISÃO DOS RECENTES ESTUDOS DE SUAS PROPRIEDADES FARMACOLÓGICAS.** São Paulo, p. 7, 2005.

NUNES, L. C. C. **PRÓPOLIS VERMELHA DO LITORAL DE PERNAMBUCO:** p. 130, 2008.

OLIVEIRA, K. A. DE M. et al. **Atividade antimicrobiana e quantificação de Flavonoides e Fenóis totais em diferentes extratos de Própolis.** Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 33, n. 2, p. 211–222, 19 mar. 2013.

PAULINO, N. et al. **Bulgarian propolis induces analgesic and anti-inflammatory effects in mice and inhibits in vitro contraction of airway smooth muscle.** Journal of Pharmacological Sciences, v. 93, n. 3, p. 307–313, nov. 2003.

PEREIRA, D. S. et al. **Histórico e principais usos da própolis apícola.** v. 11, n. 2, p. 21, 2015.

RAJPARA, S. et al. **The importance of propolis in patch testing--a multicentre survey.** Contact dermatitis, v. 61, n. 5, p. 287–290, nov. 2009.

REIS, C. M. F. et al. **Atividade antiinflamatória, antiúlcera gástrica e toxicidade subcrônica do extrato etanólico de própolis.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 9–10, n. 1, p. 43–52, 2000.

SEBRAE. **Conheça o histórico da apicultura no Brasil.** Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-o-historico-da-apicultura-no-brasil,c078fa2da4c72410VgnVCM10000b272010aRCRD?origem=segmento&codSegmento=13>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

Seven, Pınar & Seven, Ismail & Gul Baykalir, Burcu & iflazoglu Mutlu, Seda & A.Z.M., Salem. **Nanotechnology and nano-propolis in animal production and health: an overview.** Italian Journal of Animal Science. 17. 1-10. 10.1080/1828051X.2018.1448726.

SOUSA, J. P. B. et al. **Perfis físico-químico e cromatográfico de amostras de própolis produzidas nas microrregiões de Franca (SP) e Passos (MG), Brasil.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 17, n. 1, p. 85–93, mar. 2007.

TIAN, J. et al. **Topical Delivery of Silver Nanoparticles Promotes Wound Healing.** ChemMedChem, v. 2, n. 1, p. 129–136, 15 Jan. 2007.

VARGAS, A. C. DE et al. **Atividade antimicrobiana “in vitro” de extrato alcóolico de própolis.** Ciência Rural, v. 34, n. 1, p. 159–163, fev. 2004.

Zhang, T., Wang, L., Chen, Q., e Chen, C. (2014) **Cytotoxic Potential of Silver Nanoparticles.** *Yonsei Medical Journal*, 55(2), 283–291. DOI:10.3349/ymj.2014.55.2.283

WOISKY, R. G.; GIESBRECHT, A.M; SALATINO, A. **Atividade Antibacteriana de uma Formulação preparada a partir de Própolis de Apismellífera L.** Actas del IV Congreso Iberoamericano de Apicultura. I Foro Expo Comercial Internacional de Apicultura. Rio Cuarto. Córdoba. Argentina. p. 213-216, 1994.

ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE ABELHAS *Apis mellifera*

Mara Rúbia Romeu Pinto

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica
Vegetal – Parque Cidade das Abelhas. Empresa
de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
de Santa Catarina/Secretaria de Estado da
Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural
Florianópolis, Santa Catarina

Aline Nunes

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
– Parque Cidade das Abelhas
Florianópolis, Santa Catarina

Deise Munaro

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
– Parque Cidade das Abelhas
Florianópolis, Santa Catarina

Marcelo Maraschin

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
– Parque Cidade das Abelhas
Florianópolis, Santa Catarina

Fábio Pereira Leivas Leite

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico - CDTec - Núcleo
Biotecnologia, Laboratório de Microbiologia
Pelotas, Rio Grande do Sul

o cruzamento entre indivíduos e a geração de variabilidade genética. Entre os insetos polinizadores, a espécie *Apis mellifera* é considerada responsável por grande parte deste serviço ecológico em todo o mundo, sendo que 90% das culturas agrícolas são polinizadas por abelhas. Considerando seu papel ecológico, pesquisas têm evidenciado a relevância em compreender os requerimentos nutricionais de *A. mellifera*, visto que estes podem implicar efetivamente na performance de sua atividade polinizadora. As necessidades nutricionais são distintas nas diferentes etapas da vida das abelhas e de acordo com as castas. Ao adequado desenvolvimento das abelhas e a execução de suas funções nas colmeias, macro e micronutrientes são requeridos, e.g., carboidratos, proteínas, vitaminas, lipídios e minerais. No processo de digestão, os constituintes macromoleculares do alimento sofrem uma série de processos bioquímicos que os convertem em espécies químicas estruturalmente mais simples e de menor massa molecular, permitindo sua assimilação e a nutrição das células do organismo. Neste contexto, este trabalho objetivou revisar os aspectos básicos relacionados à alimentação de abelhas melíferas, suas necessidades nutricionais e os processos digestivos associados a determinados tipos de alimentos. O referencial teórico compilado e analisado

RESUMO: Insetos são de extrema importância à dispersão de grãos de pólen, o que possibilita

criticamente poderá subsidiar trabalhos de pesquisa aplicados à nutrição apícola.

PALAVRAS-CHAVE: insetos polinizadores, nutrição apícola, grãos de pólen.

FEEDING AND NUTRITION OF *Apis mellifera* HONEY BEES

ABSTRACT: Insects are of huge importance to the dispersion of pollen grains, which allows the crossing between individuals and the generation of genetic variability. Among pollinating insects, the species *Apis mellifera* has been considered responsible for much of this ecological service around the world, with 90% of agricultural crops being pollinated by bees. Considering its ecological role, research has evidenced the relevance in understanding the nutritional requirements of *A. mellifera*, since these can effectively implicate in the performance of its pollinating activity. The nutritional needs change over the stages of life of the bees and according to their castes. For the proper development of bees and the performance of their ecological functions macro and micronutrient are required, e.g., carbohydrates, proteins, vitamins, lipids. and minerals. In the process of digestion, food's macromolecular constituents undergo a series of biochemical processes that convert them into structurally simpler chemical species and of lower molecular mass, allowing their assimilation and the cell nutrition. In this context, this work aimed to review the basic issues related to the feeding of honeybees, their nutritional needs and the digestive processes associated with certain types of food. The theoretical framework compiled and critically analyzed may support further research works applied to the apicultural nutrition.

KEYWORDS: insect pollinators, bee nutrition, pollen grains.

1 | INTRODUÇÃO

As abelhas são consideradas os principais insetos polinizadores, sendo responsáveis pela polinização de ecossistemas agrícolas e naturais. O serviço ecossistêmico prestado por estes insetos tem garantido a disseminação e a variação genética das espécies vegetais (BARBOSA et al., 2017).

As abelhas realizam a polinização enquanto buscam recursos florais, como néctar e grãos de pólen. As necessidades nutricionais podem variar de acordo com as diferentes castas e as etapas de desenvolvimento das abelhas (GIROU, 2003). O néctar fornece carboidratos que são utilizados como fonte de energia às funções metabólicas vitais, enquanto o pólen é a fonte principal de proteínas (BATISTA et al., 2018).

Os nutrientes necessários ao desenvolvimento, manutenção e reprodução das abelhas são carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas e sais minerais, que são encontrados no pólen e no néctar floral ou extrafloral (DIETZ, 1975; WINSTON, 1987; GIROU, 2003). No processo de digestão do alimento, nutrientes de elevada massa molecular são decompostos em unidades menores, assimilados e transportados na hemolinfa, provendo a nutrição de todas as células do organismo (DIETZ, 1975).

No entanto, fatores como a qualidade nutricional de espécies hospedeiras que fornecem néctar e pólen (VAUDO et al., 2015) e a escassez de pasto apícola afetam a alimentação e nutrição das abelhas (COELHO et al., 2008), podendo causar o enfraquecimento e até a perda de colônias (LEACH; DRUMMOND, 2018).

As populações de abelhas estão em declínio nos últimos 30 anos, devido a ação de parasitas e outros patógenos, exposição a agrotóxicos, menor oferta de alimentos florais diversificados e estresse nutricional relacionado à transformação do seu habitat (WRITE; NICOLSON; SHAFIR, 2017). Portanto, estudos sobre a dieta nutricional têm sido realizados a fim de auxiliar os apicultores na manutenção e produção das colmeias.

A. mellifera apresenta uma dieta dependente de sua fase de desenvolvimento, função que exerce na colmeia e maturação sexual (ROBINSON; NATION, 1970; PANZENBOCK; CRAISHEIM, 1997). De acordo com Liao, Wu e Berenbaum (2017), a abelha coleta alimentos para atender às necessidades da colmeia, ajustando o comportamento na coleta a partir das necessidades coletivas, cabendo às operárias avaliar os recursos florais e determinar se são importantes em determinado momento.

Considerando a importância em compreender os hábitos alimentares, necessidades nutricionais e processos digestivos de *A. mellifera*, buscou-se revisar aspectos básicos relacionados a sua alimentação e nutrição, compilando-se e analisando-se informações disponíveis na literatura científica.

2 | ALIMENTOS NATURAIS

2.1 Néctar e mel

O néctar é um líquido adocicado composto principalmente por sacarose, glucose e frutose, secretado por nectários florais e menos comumente por nectários extraflorais, i.e., de secreções de insetos, sendo por isto denominado de pseudo-néctar ou *honeydew*. Dependendo da origem floral, o néctar pode conter entre 5 a 80% de açúcares, constituindo a fonte energética utilizada como matéria-prima à elaboração do mel (WINSTON, 1987; NICOLSON, 2011).

Durante a coleta e transporte, o néctar é depositado na vesícula melífera das abelhas, onde adiciona as enzimas invertase, amilase e glucose-oxidase, produzidas nas glândulas hipofaríngeas e salivares, dando início ao processo de elaboração do mel. A invertase catalisará a hidrólise da sacarose em frutose e glucose, a amilase converterá o amido à maltose e a glucose-oxidase catalisará a conversão da glucose em ácido glucônico e peróxido de hidrogênio (ODDO; PIAZZA; PULCINI, 1999; OHASHI; NATORI; KABO, 2001). Adicionalmente, ao longo do processo de produção do mel as abelhas desidratam aquela biomassa, elevando a concentração (m/v) de seus constituintes e contribuindo à estabilização do produto final.

2.2 Pólen e Pão de Abelha

O pólen é a principal fonte de proteínas, aminoácidos, lipídios, amido, esteróis, vitaminas e minerais, sendo um dos fatores que mais influência sobre a longevidade dos indivíduos (DI PASQUALE et al., 2013). Uma colmeia requer entre 20 e 40 Kg de pólen anualmente (HERBERT JUNIOR, 1992).

A abelha realiza a coleta de pólen e mistura-o com as secreções glandulares, enzimas e o mel. Sob a ação de diversos microrganismos, e.g., *Saccharomyces* spp., *Lactobacillus* spp. e *Pseudomonas* spp., ocorre a fermentação láctica e redução da tensão de oxigênio na biomassa, contribuindo a sua conservação e incrementando os conteúdos de vitaminas e proteínas solúveis em água. O produto final desse processo é denominado “pão-de-abelha” (HERBERT JUNIOR, 1992).

O valor nutritivo dos grãos de pólen é um fator que influencia a dieta nutricional das abelhas, pois este é dependente das espécies botânicas constituintes do pasto apícola (MARCHINI; REIS; MORETI, 2006). Estudos demonstram que pólenes poliflorais e monoflorais também podem alterar a fisiologia nutricional das abelhas, bem como, prover ou não resistência a patógenos, influenciando na tolerância ao parasitismo por *Nosema ceranae* (DI PASQUALE et al., 2013) e *Varroa destructor* (HUANG, 2012).

Deficiências proteicas durante o estágio larval provocam má formação das glândulas hipofaríngeas das operárias (DUSTMANN; VON DER OHE, 1988), sendo essencial o consumo de pólen, ou de dietas com composição equivalente, à produção de geleia real e, conseqüentemente, à alimentação das crias (PEREIRA et al., 2015).

2.3 Geleia Real

A geleia real é um produto elaborado por abelhas operárias, com idades de 5 a 15 dias, chamadas nutrizas (PEREIRA et al., 2015). Estas realizam uma série de processos bioquímicos que têm início com a ingestão do pão de abelhas e consideram a ação de enzimas presentes nas secreções das glândulas hipofaríngeas e mandibulares (WRIGHT; NICOLSON; SHAFIR, 2017; FINE et al., 2018) sobre aquela biomassa, resultando em produto final de grande valor nutricional.

A geleia real é o alimento que nutre as larvas de operárias e zangões até o 3º dia de vida e a rainha durante toda sua existência, sendo, portanto, fator responsável pela diferenciação de castas (WRIGHT; NICOLSON; SHAFIR, 2018). Além disto, o consumo de geleia real é fator determinante ao desenvolvimento do aparelho reprodutivo da rainha e a sua longevidade (PEREIRA et al., 2015).

Em sua composição química, em média são observados valores (m/v) de 63% de água, 14% de proteína, 18% de carboidratos, 6% de lipídios e 2% de micronutrientes, e.g. esteróis, vitaminas e compostos fenólicos (WRIGHT; NICOLSON; SHAFIR, 2018). Os lipídios da geleia real contêm ácido (E)-10-hidróxido-2-decanóico (10-HDA) que é um modulador epigenético de expressão gênica e com efeito inibitório da histona desacetilase, desempenhando um importante papel na determinação das castas

(SPANNHOFF et al., 2011).

2.4 Água

A água não é estocada na colmeia, mas coletada, quando necessário, a partir de diferentes fontes. A detecção de fontes de água depende de hidro-receptores que as abelhas têm nas antenas. As abelhas não ingerem água, mas esta é extremamente importante ao controle térmico da colmeia. A elevação da temperatura interna da mesma pode ocasionar uma série de reações no comportamento das abelhas, entre elas a enxameação. A água também é usada para diluir os estoques de mel, especialmente quando há pouco fluxo de néctar. As abelhas são capazes de utilizar a água do néctar, sendo que sob condições de oferta abundante de néctar, a colheita de água fica diminuída (FREE, 1980; GIROU, 2003).

3 | NECESSIDADES NUTRICIONAIS

3.1 Carboidratos

As principais fontes de carboidratos às abelhas são o néctar e o mel, matrizes contendo frutose (α - e β -D-frutose), glucose (α - e β -D-glucose) e sacarose (β -D-frutofuranosil-(2 \rightarrow 1)- α -D-glucopiranosídeo) como principais constituintes, embora outros açúcares possam estar presentes em quantidades menores como a rafinose, a maltose e a melibiose (PERCIVAL, 1961). Os açúcares servem como fonte de energia às abelhas, sendo utilizados à geração de calor, para o voo, para a produção de cera e do alimento larval, por exemplo (FREE, 1980; GIROU, 2003).

A proporção de açúcares no néctar depende da anatomia das plantas e estruturas que o secretam. Percival (1961) relata que algumas famílias vegetais possuem maiores teores em hexoses ou sacarose, o que pode implicar na proporção absorvida pelas abelhas. Desse modo, estudos demonstram que em determinadas épocas de florada apicultores podem utilizar suplementações ricas em carboidratos para suprir necessidades da colônia (KAFTANOGLU; LINKSVAYER; PAGE JR, 2011; SAMMATARO; WEISS, 2013).

3.2 Proteínas

Proteínas são nutrientes essenciais ao desenvolvimento da colmeia. O pólen é a fonte proteica natural ao atendimento das demandas metabólicas das abelhas (HAYDAK, 1970). O conteúdo de proteínas do pólen relaciona-se diretamente às espécies vegetais doadoras, refletindo em amplitudes de valores nutricionais daquele alimento às abelhas (DI PASQUALE et al., 2013). Teores mais elevados de proteínas no pólen correlacionam-se positivamente com o desenvolvimento de larvas e com a reprodução das abelhas (LI et al., 2012). De fato, a adequada disponibilidade de proteína à colônia tende a elevar a quantidade de crias, incrementando os níveis

populacionais da colmeia e, por consequência, sua capacidade produtiva (HERBERT JUNIOR; SHIMANUKI, 1977). Adicionalmente, a biossíntese de proteínas com função imunoprotetora, e.g., lisozima, apidecina, fenoloxidase e vitelogenina (CREMONEZ; DE JONG; BITONDI, 2002), o incremento de hemócitos, plasmócitos e a capacidade fagocitárias de células de defesa são otimizados (SZYMAS; JEDRUSZUK, 2003), conferindo melhor condição de saúde à colmeia.

As abelhas necessitam de dez aminoácidos essenciais, cujo balanço expresso em g/16g N foi estabelecido por De Groot (1953): leucina (4,5), isoleucina (4,0), valina (4,0), treonina (3,0), arginina (3,0), lisina (3,0), fenilalanina (2,5), histidina (1,5), metionina (1,5) e triptofano (1,0). Estes podem ser supridos a partir da alimentação com pólen de origem variada. Todavia, colmeias alocadas em áreas de monocultivos de eucalipto e milho poderão apresentar deficiências em isoleucina e histidina, respectivamente, por serem os pólenes daquelas espécies fontes deficitárias desses aminoácidos, com eventuais reflexos sobre a taxa de reprodução e longevidade das abelhas (SOMERVILLE; NICOL, 2006; HÖCHERL et al., 2012). De fato, a deficiência em qualquer um dos aminoácidos essenciais à *A. mellifera* interfere na biossíntese proteica necessária ao desenvolvimento dos insetos e à produção da colmeia (HAYDAK, 1970). De outra forma, Paoli et al. (2014) descrevem que altas concentrações de aminoácidos na dieta podem ser tóxicas às abelhas, sendo, portanto, um importante fator a ser observado na formulação de dietas artificiais.

3.3 Vitaminas

A principal fonte de vitamina às abelhas é o pólen, embora uma pequena quantidade possa ser proveniente do néctar. Microrganismos presentes no trato digestivo das abelhas também produzem vitaminas que podem ser aproveitadas pelas abelhas (HERBERT JUNIOR, 1992).

Em abelhas adultas, os requerimentos vitamínicos são mínimos (GIROU, 2003), com exceção das nutrízes que necessitam de vitaminas na dieta para a secreção de alimento larval. Andi e Ahmadi (2014) realizaram experimento sobre o efeito do ácido ascórbico (vitamina C) na suplementação da dieta das abelhas e demonstraram a importância daquele nutriente no aumento da área de crias, no peso destas e no teor de proteínas corpóreas.

Herbert Junior e Shimanuki (1978a) relatam que o fornecimento adequado de tiamina e riboflavina influencia no desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas em *A. mellifera*. De forma similar, o desenvolvimento normal das crias apresenta requerimentos vitamínicos específicos, e.g., vitaminas A (retinol), K (HERBERT JUNIOR; SHIMANUKI, 1978b), B6 (piridoxina) (ANDERSON; DIETZ, 1976), inositol (NATION; ROBINSON, 1968) e, de forma interessante, de ácido giberélico (NATION; ROBINSON, 1966).

3.4 Lipídios

Os lipídios desempenham diversas funções biológicas, sendo constituintes estruturais de membranas celulares, atuam no armazenamento de energia, como mensageiros intracelulares e precursores de hormônios (NELSON; COX, 2006). Na natureza, as abelhas retiram os lipídios do pólen, cujos teores variam de 1 a 20 % (HERBERT JUNIOR, 1992).

As abelhas adquirem massa lipídica durante os primeiros dias de vida adulta e na fase de transição à atividade de forrageamento inicia-se um processo de perda de gordura abdominal (TOTH; ROBINSON, 2005; TOTH et al., 2005). Um fator relacionado à mudança de comportamento das abelhas e a perda lipídica é a infecção por patógenos, como observado na presença de *Nosema ceranae*, um parasita intracelular que afeta o sistema imunológico, causa estresse nutricional e energético, induz o forrageamento precoce e reduz a longevidade das abelhas. A perda lipídica causada por *N. ceranae* desencadeia efeitos em cascata sobre a fisiologia das abelhas, podendo levar ao colapso das colônias. Portanto, uma dieta lipídica adequada é de suma importância na manutenção das colmeias (LI; CHEN; COOK, 2018).

Dentre os esteróis presentes no pólen, o 24-metileno colesterol é o constituinte principal das células de abelhas rainhas e operárias (STANDIFER, 1967). Além disto o colesterol é considerado um metabólito essencial às abelhas (HERBERT JUNIOR, 1992) e sua adição na dieta traz benefícios ao desenvolvimento das crias (AMENT; WANG; ROBINSON, 2010).

3.5 Minerais

Elementos minerais são encontrados no pólen e néctar, porém em menores quantidades em relação aos demais nutrientes. Todavia, ainda que as demandas metabólicas por estes elementos sejam inferiores àquelas observadas para as proteínas, carboidratos e lipídios, tal aspecto não afeta a essencialidade destes em determinadas vias metabólicas. É reconhecido que a disponibilidade de cobre, zinco e magnésio na dieta afeta o desenvolvimento e a saúde das abelhas (GIROU, 2003; LEACH; DRUMMOND, 2018). Por exemplo, tem sido demonstrado que a deficiência de zinco compromete de forma importante o desenvolvimento das crias (ZHANG et al., 2015).

Experimentos realizados por Taha (2015) apontam que a composição química do pólen está associada às espécies vegetais doadoras e, portanto, os teores e o balanço de elementos minerais (magnésio, fósforo, manganês, zinco, cálcio, ferro e potássio, e.g.) dependerá substancialmente desse fator. No entanto, poucos são os estudos que relacionam a importância dos nutrientes minerais às etapas de desenvolvimento das abelhas, ou ainda aos efeitos destes no organismo do inseto.

4 | ALIMENTAÇÃO POR FASE DE DESENVOLVIMENTO

4.1 Nutrição das crias

As larvas são alimentadas com geleia real produzida pelas glândulas hipofaríngeas e mandibulares de operárias nutrizas, sendo que a diferenciação das castas é regulada basicamente pela quantidade e qualidade do alimento larval, respeitadas as diferenças no tamanho dos alvéolos em que são geradas e ao fato de fêmeas serem originadas de ovos diploides e zangões de ovos haploides (WINSTON, 1987). Durante os primeiros dias das larvas a alimentação é bastante similar entre operárias, rainhas e zangões, ainda que não idêntica (GIROU, 2003).

As rainhas são sempre alimentadas com geleia real, tendo como açúcar predominante a glicose durante todo o período larval. Além disso, conteúdos maiores de ácido pantotênico e ácido fólico estão presentes na geleia real fornecida à rainha, comparativamente à geleia de cria de operárias.

Na alimentação das operárias e zangões a glicose é predominante nos primeiros estágios larvais e posteriormente a frutose torna-se o principal monossacarídeo (BROUWERS, 1984). De interesse, destaca-se que o alimento às crias de zangão é oferecido em maior quantidade em relação ao observado às crias de operárias (DIETZ, 1975).

As crias de *A. mellifera* recebem até 10.000 visitas de nutrizas para sua alimentação (WINSTON, 1987) até o momento da operculação. Após aquele momento, não mais recebem suprimento alimentar do exterior e ao longo do processo de metamorfose ocorre a reciclagem de nutrientes (GIROU, 2003).

A diferenciação entre castas é regulada basicamente pela quantidade e qualidade do alimento da larva. A nutrição das larvas é altamente complexa, sendo que colônias com baixas reservas de pólen podem impedir que adultos e larvas tenham uma alimentação adequada, eventualmente limitando o número de indivíduos que irão atingir a idade adulta (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

4.2 Nutrição de abelhas adultas

As abelhas iniciam a ingestão de pólen com poucas horas de vida, alcançando o consumo máximo em cinco dias. Isso acontece porque as abelhas nascidas têm grande necessidade proteica para o desenvolvimento dos músculos, glândulas e estruturas corporais (WINSTON, 1987).

Devido ao controle do proventrículo, as abelhas jovens digerem o pólen de maneira muito eficaz. As nutrizas são especializadas na distribuição do alimento no interior da colmeia, consumindo grandes quantidades de pólen e transformando-o, como anteriormente descrito, no alimento que nutrirá as larvas e a rainha. À medida que a função de nutrição dessas abelhas diminui e com o começo da atividade de campeira, as necessidades de proteína diminuem e aumenta-se o requerimento de

carboidratos (GIROU, 2003).

A rainha é alimentada com geleia real por toda a vida e somente consome mel em caso de extrema necessidade, uma vez que somente a geleia real é capaz de suprir as necessidades proteicas à postura. O consumo de uma rainha adulta é de 65g de geleia real/ano, do qual 60g (~ 92%) são necessários à postura e 5g como dieta de manutenção. Os ovos são ricos em proteínas e a rainha seria incapaz de ingerir e digerir a quantidade de pólen necessária para a produção de semelhante quantidade de proteínas (CHAUVIN, 1968).

Os zangões adultos consomem uma mistura de mel, pólen e secreção glandular fornecida pelas nutrizes. A alimentação dos zangões parece ter influência sobre as glândulas produtoras de muco do sistema reprodutor relacionadas com a fertilidade. Também requerem um adequado provimento de açúcares como reservas que permitam o voo a grandes distâncias (GIROU, 2003).

REFERÊNCIAS

AMENT, S. A.; WANG, Y.; ROBINSON, G. E. Nutritional regulation of division of labor in honey bees: toward a systems biology perspective. **Wiley Interdisciplinary Reviews Systems Biology and Medicine**, v. 2, n. 5, p. 566–576, 2010.

ANDERSON, L. M.; DIETZ, A. Pyridoxine requirement of the honey bee (*Apis mellifera*) for brood rearing. **Apidologie**, v. 67, p. 67-84, 1976.

ANDI, M. A.; AHMADI, A. Influence of vitamin C in sugar syrup on brood area, colony population, body weight and protein in honey bees. **International Journal of Biosciences**, v. 4, n. 6, p. 32-36, 2014.

BARBOSA, D. B. et al. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 4, p. 694-703, 2017.

BATISTA, M. D. C. S. et al. Alimentação das abelhas: revisão sobre a flora apícola e necessidades nutricionais. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 14, n. 1, p. 62-72, 2018.

BROUWERS, E. V. M. Glucose/fructose ratio in the food of honey bee larvae during caste differentiation. **Journal of Apicultural Research**, v.23, p. 94-101, 1984.

CHAUVIN, R. **Traité de biologie de l'abeille**. Paris: Masson Paris, 1968.

COELHO, M. S. et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 01-09, 2008.

CRAILSHEIM, K. The protein balance of the honey bee worker. **Apidologie**, v. 21, n. 5, p. 417-429, 1990.

CREMONEZ, T. M.; DE JONG, D.; BITONDI, M.G. Efeitos da nutrição na saúde das abelhas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 5., Ribeirão Preto, SP, **Anais...** 2002.

DE GROOT, A. P. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica* L.). **Physiologia Comparata et Oecologia**, v. 3, p. 1-83, 1953.

- DI PASQUALE, G. et al. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? **PloS one**, v. 8, n. 8, p. e72016, 2013.
- DIETZ, A. Alimentación de la abeja melífera adulta. In: **La Colmena y la abeja melífera**. Dadant & hijos (Eds.). Montevideo: Hemisferio sur, p. 173-211, 1975.
- DUSTMANN, J. H.; VON DER OHE, W. Effect of cold snaps on the build up of honeybee colonies (*Apis mellifera* L.) in springtime. **Apidologie**, v. 19, n.3, p. 245-254, 1988.
- FINE, J. D. et al. Quantifying the effects of pollen nutrition on honey bee queen egg laying with a new laboratory system. **PloS one**, v. 13, n. 9, p. 1-16, 2018.
- FREE, J. B. **A organização social das abelhas (Apis)**. São Paulo: Edusp, v. 18, 1980. 79 p.
- GIROU, N. G. **Fundamentos de la producción apícola moderna**. Bahía Blanca: Editorial Encestando S.R.L, 2003.
- HAYDAK, M. H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v. 15, n. 1, p. 143-156, 1970.
- HERBERT JUNIOR, E. W.; SHIMANUKI, H. Brood-rearing capacity of caged honeybees fed synthetic diets. **Journal of Apicultural Research**, v. 16, n. 3, p. 150-153, 1977.
- HERBERT JUNIOR, E. W. Honey bee nutrition. In: GRAHAM, J. M. (ed). **The hive and the honey bee**. Hamiltom, Illinois: Dadant & Sons Inc., p. 197-233, 1992.
- HERBERT JUNIOR, E. W.; SHIMANUKI, H. Effects off thiamine-or riboflavin-deficient diet fed newly emerged honeybees, *Apis mellifera* L. **Apidologie**, v. 9, p. 341-348, 1978a.
- HERBERT JUNIOR, E. W.; SHIMANUKI, H. Effects off fat soluble vitamins on the brood rearing capabilities of honeybee fed a synthetic diet. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 71, p. 689-691, 1978b.
- HÖCHERL, N. et al. Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. **Journal of Insect Physiology**, v. 58, n. 2, p. 278-85, 2012.
- HUANG, Z. Y. Pollen nutrition affects honey bee stress resistance. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v. 5, n. 2, p. 175-189, 2012.
- KAFTANOGLU, O.; LINKSVAYER, T. A.; PAGE JR, R. E. Rearing honey bees, *Apis mellifera*, in vitro I: Effects of sugar concentrations on survival and development. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2011.
- LEACH, M. E.; DRUMMOND, F. A review of native wild bee nutritional health. **International Journal of Ecology**, v. 2018, p. 1-10, 2018.
- LI, C. et al. Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera ligustica*). **Apidologie**, v. 43, n. 5, p. 576-586, 2012.
- LI, W.; CHEN, Y.; COOK, S. C. Chronic *Nosema ceranae* infection inflicts comprehensive and persistent immunosuppression and accelerated lipid loss in host *Apis mellifera* honey bees. **International Journal for Parasitology**, v. 48, n. 6, p. 433-444, 2018.
- LIAO, L. H.; WU, W. Y.; BERENBAUM, M. R. Behavioral responses of honey bees (*Apis mellifera*) to natural and synthetic xenobiotics in food. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-8, 2017.

- MARCHINI, L. C.; REIS, V. D. A.; MORETI, A. C. C. C. Composição físico-química de amostras de pólen coletado por abelhas Africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) em Piracicaba, Estado de São Paulo. **Ciência Rural**, v. 6, n. 3, p. 949-953, 2006.
- NATION, J. L.; ROBINSON, F. A. Brood rearing by caged honey bees in response to inositol and certain pollen fractions on their diet. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 61, p. 514-517, 1968.
- NATION, J. L.; ROBINSON, F. A. Gibberellic acid: effects of feeding in artificial diet for honey bees. **Science**, v. 152, p. 1765-1766, 1966.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. 4 ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202 p.
- NICOLSON, S. W. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. **African Zoology**, v. 46, n. 2, p. 197-204, 2011.
- ODDO, L. P.; PIAZZA, M. G.; PULCINI, P. Invertase activity in honey. **Apidologie**, v. 30, n. 1, p. 57-65, 1999.
- OHASHI, K.; NATORI, S.; KUBO, T. Expression of amylase and glucose oxidase in the hypopharyngeal gland with an age-dependent role change of the worker honeybee (*Apis mellifera* L.). **European Journal of Biochemistry**, v. 265, n. 1, p. 127-133, 1999.
- PANZENBOCK, U.; CRAILSHEIM, K. Glycogen in honeybee queenas, workers and drones (*Apis mellifera carnica* Pollm.). **Journal of Insect Physiology**, v. 43, n. 2, p. 155-165, 1997.
- PAOLI, P. P. et al. The dietary proportion of essential amino acids and Sir2 influence lifespan in the honeybee. **Age**, v. 36, 1239-1247, 2014.
- PERCIVAL, M. S. Types of nectar in angiosperms. **New Phytologist**, v. 60, n. 3, p. 235-281, 1961.
- PEREIRA, D. S. et al. Produção de geléia real por abelhas africanizadas em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. **Holos**, v. 6, n. 77-89, 2015.
- ROBINSON, F. A.; NATION, J. L. Long-chain fatty acids in honeybees in relation to sex, caste, and food during development. **Journal of Apicultural Research**, v. 9, n. 3, p. 121-127, 1970.
- SAMMATARO, D.; WEISS, M. Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or high fructose corn syrup. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 19, p. 1-13, 2013.
- SOMERVILLE, D. C, NICOL, H. I. Crude protein and amino acid composition of honey bee-collected pollen pellets from south-east Australia and a note on laboratory disparity. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 26, n. 1, p. 141-49, 2006.
- SPANNHOFF, A. et al. Histone deacetylase inhibitor activity in royal jelly might facilitate caste switching in bees. **EMBO Reports**, v. 12, n. 3, p. 238-243, 2011.
- STANDIFER, L. N. **Honey bee nutrition**. New York: Beekeeping in the United State, 1967. 147 p.
- SZYMAS, B.; JEDRUSZUK, A. The influence of different diets on haemocytes of adult worker honey bees, *Apis mellifera*. **Apidologie**, v. 34, n. 2, p. 97-102, 2003.
- TAHA, E. K. A. Chemical composition and amounts of mineral elements in honeybee-collected pollen in relation to botanical origin. **Journal of Apicultural Science**, v. 59, n. 1, p. 75-81, 2015.

TOTH, A. L. et al. Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. **The Journal of Experimental Biology**, v. 208, p. 4641-4649, 2005.

TOTH, A. L.; ROBINSON, G. E. Worker nutrition and division of labour in honeybees. **Animal Behaviour**, v. 69, p. 427-435, 2005.

VAUDO, A. D. et al. Bee nutrition and floral resource restoration. **Opinion in Insect Science**, v. 10, p. 133-141, 2015.

WINSTON, M. L. **The biology of the honey bee**. Cambridge: Harvard University Press, 1987. 294 p.

WRIGHT, G. A.; NICOLSON, S. W.; SHAFIR, S. Nutritional physiology and ecology of honey bees. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 327-344, 2018.

ZHANG, G. et al. Zinc nutrition increases the antioxidant defenses of honey bees. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 156, n. 3, p. 201-210, 2015.

CARACTERIZAÇÃO DE MÉIS DE MELIPONÍNEOS NO MUNICÍPIO DE MÂNCIO LIMA – AC

Joede Mota Brandão

Universidade Federal do Acre – UFAC
Cruzeiro do Sul - Acre

Rogério Oliveira Souza

Universidade Federal do Acre – UFAC
Cruzeiro do Sul – Acre

Luís Henrique Ebling Farinatti

Universidade Federal do Acre – UFAC
Cruzeiro do Sul – Acre

RESUMO: O mel de abelha sem ferrão é um produto que tem apresentado uma demanda crescente de mercado orgânico, a despeito de seu consumo para fins alimentares e de serem atribuídos a ele vários usos medicinais e culturais. Nesse cenário, a realização de estudos técnico-científicos que caracterizem os méis de abelhas sem ferrão é importante para verificar a adequação dos méis aos padrões da legislação brasileira para avaliar as condições higiênico-sanitárias conforme os níveis toleráveis de contaminantes inorgânicos à saúde humana. Este estudo buscou determinar a composição físico-química de méis de melíponas no município de Mâncio Lima no Estado do Acre. O experimento foi realizado no município de Mâncio Lima no Estado do Acre (Latitude - 07°36' 51" e Longitude - 72° 53' 45"), altitude de 195 metros. Para análise das

características físico-químicas de amostras de méis poliflorais de abelhas da espécie *Melipona (Michmelia) seminigra aff. merrillae* (Cockerell, 1919) e *Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950). Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas inteiramente casualizado e todos os dados obtidos foram testados quanto à distribuição normal (teste de Kolmogorov - Smirnov) e à homogeneidade das médias (amostra única) Teste T adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$), todas as análises foram feitas em triplicata obtendo-se assim os valores de média de umidade por secagem de 49.14%, umidade por refratometria de 1410.22, pH de 3.03, acidez de 64.41 (meq.kg-1), índice de formol de 10.33, condutividade elétrica de 190.44 mV para de abelhas da espécie *M. seminigra merrillae* e de valores de média de umidade por secagem de 25.05%, umidade por refratometria de 1437.83, pH de 2.85, acidez de 82.83 meq.kg-1, índice de formol de 12.18, condutividade elétrica de 198.83 mV, para de abelhas da espécie *M. seminigra aff. pernigra*, obteve-se diferença significativa entre os méis de meliponíneos quando correlacionado ao máximo permitido de valores preconizados pelos padrões da legislação brasileira da qualidade do mel recomendada pela Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 – MAPA.

PALAVRAS-CHAVES: Abelhas sem ferrão,

CHARACTERIZATION OF MELIPONINE MONTHS IN THE CITY OF MÂNCIO LIMA

– AC

ABSTRACT: Stingless Bee Honey is a product that has presented a growing demand for organic market, despite its consumption for food purposes and to be attributed to it various medicinal and cultural uses. In this scenario, the realization of technical-scientific studies that characterize the honeys of stingless bees are important to verify the adequacy of the honeys to the standards of the Brazilian legislation to assess the sanitary-hygienic conditions according to the Tolerable levels of inorganic contaminants to human health. This study aimed to determine the physicochemical composition of Melipone honeys in the municipality of Mâncio Lima in the state of Acre. The experiment was carried out in the municipality of Mâncio Lima in the state of Acre (Latitude-07°36' < 51 « and Longitude-72 ° 53' < 45»), altitude of 195 meters. To analyze the physicochemical characteristics of samples of polyfloral honeys of bees of the species *Melipona (michmelia) Seminigra aff. Merrillae* (Cocktail, 1919) and *Melipona (Michmelia) Seminigra aff. Pernigra* (Moure; Kerr, 1950). The following physical-chemical analyses were performed completely randomized and all data obtained were tested for normal distribution (Kolmogorov-Smirnov test) and homogeneity of the means (single sample) T test adopting a level of Significance of 5% ($P < 0.05$), all analyses were performed in triplicate, thus obtaining the average values of moisture per drying of 49.14%, moisture by refratometry of 1410.22, PH of 3.03, acidity of 64.41 (meq.kg-1), formaldehyde index of 10.33, conductivity Electric of 190.44 MV, for bees of the species *M. Seminigra merrillae* and average values of moisture per drying of 25.05%, moisture by refratometry of 1437.83, PH of 2.85, acidity of 82.83 meq.kg-1, formaldehyde index of 12.18, electrical conductivity of 198.83 MV, for bees of the species *M. seminigra aff. pernigra*, a significant difference was obtained between the meliponine honeys when correlated to the maximum allowable values recommended by the Brazilian standards of the quality of the honey recommended by normative instruction No. 11, of October 20, 2000 – MAPA.

KEYWORDS: Stingless bees, physicochemical composition, wild honey, meliponiculture, honey quality.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Roubik (1989), as abelhas são sem dúvida os polinizadores mais importantes para a reprodução da maior parte das angiospermas, entre as 308.006 espécies de plantas conhecidas atualmente, cerca de 87% dependem de polinização realizada por seres vivos (polinização biótica). A eficiência deste grupo na polinização provavelmente está relacionada à dependência dos recursos florais desde

a fase larval até a adulta, sendo o pólen a fonte proteica e o néctar a fonte energética (BAWA, 1990).

Conforme Moore (2001) a diversidade presente no grupo das abelhas e as adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais otimizam a localização e a exploração dos recursos florais. Entre os animais, as abelhas são os principais polinizadores da flora do planeta, elas respondem pela polinização de mais de 50% das plantas das florestas tropicais e no cerrado podem chegar a polinizar mais de 80% das espécies vegetais (ROUBIK, 1989). Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) as abelhas seriam responsáveis pela polinização de 73% das plantas cultivadas, as quais são utilizadas de forma direta ou indireta na alimentação humana. Além disso, dentre as 57 espécies de plantas mais cultivadas em todo o mundo, 42% delas dependem das abelhas nativas para a sua polinização (IMPERATRIZ-FONSECA, 2014).

Os meliponíneos apresentam produtos e subprodutos bastante valorizados economicamente, tais como, mel, pólen, própolis e o geoprópolis, sendo estes os atrativos mais valorativos para a sua criação racional e manejo (SILVA; PAZ, 2012). Conforme o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, mel é definido como produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de secreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia.

A elaboração do mel resulta em duas reações principais que ocorrem no néctar, sendo uma física pela desidratação, por meio da evaporação na colmeia e absorção no papo das abelhas e a outra reação, química, pela transformação da sacarose em glicose e frutose, por meio da ação da enzima invertase (LEGLER, 2000).

Conforme Marchini et al. (2005), o mel é uma solução concentrada de açúcares com predominância de glicose e frutose, além de uma mistura complexa de outros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas, pigmentos e grãos de pólen, podendo conter ainda cera de abelhas procedente do processo de extração.

Segundo Vidal e Fregosi (1984), o mel é um produto biológico muito complexo, cuja composição varia notavelmente em função da flora visitada pelas abelhas e das condições climáticas e edáficas da região onde foi produzido. Barth et al. (2005), afirmam que características organolépticas e a composição química de mel são alteráveis dependendo de muitos fatores associados aos tipos de vegetação, condições climáticas e edáficas da região de sua procedência que alteram suas propriedades químicas.

Nesse cenário, a realização de estudos técnico-científicos que caracterizem os méis silvestres é importante para compor um banco de dados que permita estabelecer padrões para servir de referência de qualidade, para proteger o consumidor contra

produtos contaminados ou adulterados (ALMEIDA-ANACLETO, 2007).

O presente trabalho objetivou caracterizar o mel silvestre com os resultados das análises físico-químicas de 21 amostras de méis de espécies meliponíneos produzidos no município de Mâncio Lima – AC e verificar a adequação dos méis aos padrões da legislação brasileira da qualidade do mel recomendada pela Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 – MAPA, para avaliar as condições higiênico-sanitárias do mel silvestre conforme os níveis toleráveis de contaminantes inorgânicos à saúde humana.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Mâncio Lima no Estado do Acre (Latitude - 07° 36' 51" e Longitude - 72° 53' 45"), altitude de 195 metros. Para análise das características físico-químicas de amostras de méis de meliponíneos, todos os méis utilizados foram poliflorais. As amostras foram obtidas por meio de sucção com seringas de 20 ml adaptadas a uma sonda (dispositivo hospitalar). A sonda foi cortada a aproximadamente 5 cm da região do adaptador para reduzir seu comprimento e, assim, não reter grande quantidade de amostra. As amostras foram estocadas em recipiente de exames laboratoriais transparente com tampa de rosca e condicionadas em temperatura ambiente até a realização das análises nos Laboratórios de Bromatologia e nos Laboratórios de Química e Física do Solo da Universidade Federal do Acre – UFAC, *Campus* Floresta, Estado do Acre, Brasil. Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: umidade por refratometria, umidade por secagem, pH, acidez, índice de formol, condutividade elétrica e cor, todas as análises foram feitas em triplicata obtendo-se assim os valores de média ± desvio padrão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 foram registrados os dados de localização das coletas das amostras e coordenadas geográficas das espécies de meliponíneos das amostras de méis poliflorais.

Locais	Coordenadas	Amostras	
		<i>Melipona (Michmelia) seminigra aff. merrillae</i>	<i>Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra</i>
Ramal do Banho	7°36'56" S 72°57'04" W		01, 02, 03, 04, 05
Ramal do Feijão Inosso	7°40'38" S 73°03'05" W	06, 07, 08, 09	
Ramal da União	7°36'49" S 72°53'47" W	15, 16, 17,	10, 11, 12, 13, 14
Ramal do São Domingos	7°34'11" S 72°59'25" W	19, 20	18, 21

Tabela 1– Locais de coletas e coordenadas geográficas de acordo com os ninhos, espécie de abelha e amostra de mel, em estudo sobre caracterização de mel em meliponíneos no município de Mâncio Lima – AC, 2018.

Fonte: Autor

Com os dados obtidos para cada amostra por parâmetro analisado das características físico-químicas de amostras de méis poliflorais de meliponíneos e após efetuar-se as análises estatísticas, construiu-se a tabela 3, para os respectivos parâmetros analisados com os valores médios e desvio padrão, por amostra, para os parâmetros de umidade por refratometria, umidade por secagem, pH, acidez, índice de formol, condutividade elétrica e cor, todas as análises foram feitas em triplicata obtendo-se assim os valores de média \pm desvio padrão.

(continua)

Nº	pH	U. S. (%)	Ac. L. (mEq/Kg)	I.F.	Cor	C.E. (mV)	U. R.
01	2,66 \pm 0,03	25,83 \pm 0,21	79,80	11,00 \pm 0,01	Âmbar	201 \pm 0,01	1459 \pm 0,03
02	2,74 \pm 0,02	23,63 \pm 0,23	93,70	12,00 \pm 0,01	Âmbar	204 \pm 0,01	1463 \pm 0,02
03	3,05 \pm 0,02	25,24 \pm 0,02	80,33	11,50 \pm 0,02	Âmbar	191 \pm 0,01	1465 \pm 0,03
04	2,95 \pm 0,04	25,19 \pm 0,12	80,37	13,00 \pm 0,01	Âmbar	196 \pm 0,01	1461 \pm 0,02
05	2,98 \pm 0,04	27,75 \pm 0,15	79,34	12,00 \pm 0,01	Âmbar	196 \pm 0,01	1458 \pm 0,01
06	3,13 \pm 0,05	34,98 \pm 0,09	62,05	7,80 \pm 0,03	Âmbar	188 \pm 0,02	1439 \pm 0,02
07	2,72 \pm 0,06	69,72 \pm 0,61	51,97	9,80 \pm 0,04	Âmbar extra claro	208 \pm 0,01	1374 \pm 0,04
08	2,87 \pm 0,03	43,72 \pm 0,26	68,25	11,50 \pm 0,03	Âmbar	200 \pm 0,01	1420 \pm 0,03
09	3,13 \pm 0,08	50,85 \pm 0,46	67,06	12,40 \pm 0,04	Âmbar claro	186 \pm 0,01	1403 \pm 0,02
10	2,83 \pm 0,08	24,84 \pm 0,31	82,10	13,60 \pm 0,05	Âmbar	202 \pm 0,01	1408 \pm 0,03
11	2,84 \pm 0,04	24,98 \pm 0,49	80,65	14,10 \pm 0,02	Âmbar	202 \pm 0,01	1426 \pm 0,01
12	2,81 \pm 0,02	23,63 \pm 0,62	92,07	9,30 \pm 0,03	Âmbar	203 \pm 0,01	1387 \pm 0,04
13	2,94 \pm 0,07	24,90 \pm 0,56	81,46	14,10 \pm 0,02	Âmbar	196 \pm 0,01	1415 \pm 0,03
14	2,89 \pm 0,04	23,98 \pm 0,34	83,60	10,00 \pm 0,01	Âmbar	199 \pm 0,01	1390 \pm 0,03
15	3,20 \pm 0,11	34,10 \pm 0,87	63,81	8,00 \pm 0,01	Âmbar	182 \pm 0,02	1451 \pm 0,02
16	3,22 \pm 0,07	35,80 \pm 0,75	70,26	6,20 \pm 0,02	Âmbar	181 \pm 0,01	1418 \pm 0,02
17	2,71 \pm 0,04	69,63 \pm 1,87	65,31	12,10 \pm 0,02	Âmbar extra claro	206 \pm 0,01	1371 \pm 0,03
18	2,84 \pm 0,05	24,86 \pm 0,64	82,07	13,50 \pm 0,03	Âmbar	196 \pm 0,01	1463 \pm 0,05
19	3,10 \pm 0,06	51,07 \pm 1,22	65,52	14,30 \pm 0,02	Âmbar claro	185 \pm 0,02	1401 \pm 0,02
20	3,17 \pm 0,03	52,38 \pm 1,39	65,48	10,90 \pm 0,03	Âmbar claro	186 \pm 0,01	1415 \pm 0,01
21	2,65 \pm 0,01	25,87 \pm 0,84	78,48	12,10 \pm 0,03	Âmbar	200 \pm 0,01	1459 \pm 0,01

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas expressos valores médios, por amostra, para Potencial Hidrogeniônico (pH), Umidade por secagem a pressão atmosférica (U. S.), Acidez Livre (Ac. L. mEq/Kg), Índice de Formol (I.F.), Cor, Condutividade Elétrica (C.E. mV), Umidade por Refratometria (U. R.), em estudo sobre caracterização de mel em meliponíneos no município de Mâncio Lima – AC 2018.

Fonte: Autor

A Tabela 3 mostra os resultados médios das análises físico-químicas obtidas das amostras de méis *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) e *Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) e valores preconizados

para méis de *Apis mellifera* pela Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000, (BRASIL, 2000).

Parâmetros	Legislação Brasileira para mel de <i>Apis mellifera</i>	Valores (média e Desvio Padrão) obtidos nas amostras de méis de meliponíneos	
		<i>M. seminigra merrillae</i>	<i>M. seminigra aff. pernigra</i>
pH	-	3,03 ±0,20	2,85 ±0,12
Umidade (%)	Máximo de 20,00	49,14 ±13,67	25,05 ±1,12
Acidez (meq.kg ⁻¹)	Máximo de 50,00	64,41 ±5,24	82,83 ±4,90
Índice de Formol (meq.Kg ⁻¹)	-	10,33 ±2,60	12,18 ±1,56
Condutividade (mV)	-	190,44 ±9,08	198,83 ±3,86
Cor	Incolor a pardo-escuro	Dentro do padrão	Dentro do padrão
Umidade por Refratometria (mV)	-	1,4100 ±26,59	1,4370 ±30,55

Tabela 3 – Parâmetros estabelecidos pela Legislação Brasileira para o mel floral e os valores médios obtidos das amostras de méis de Meliponíneos, em estudo sobre caracterização de mel em meliponíneos no município de Mâncio Lima – AC, 2018.

Fonte: Autor

3.1 Umidade por secagem a pressão atmosférica

Nos valores médios de obtidas de umidade por secagem a pressão atmosférica das amostras de méis de meliponíneos das abelhas de espécies *Melipona seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) foi de 49,14% ±13,67 e para as abelhas de espécie de *Melipona seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) foi de 25,05% ±1,12. Como o mel é proveniente do néctar, pode-se sugerir que o néctar coletado pela abelha nativa talvez tenha em sua composição um teor maior de água. Outro ponto a ser discutido é o manejo utilizado para opercular o mel, ou seja, para as espécie de meliponíneos o mel é operculado com um alto valor de umidade, o que ativará a fermentação caso haja condições próprias (COUTO, 1996).

3.2 Umidade por refratometria

Nos valores médios de umidade por refratometria obtidas das amostras de méis de meliponíneos das espécies *M. seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) foi de 1,4100 ±26,59 e para a espécie de *M. seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) foi de 1,4370 ±30,55. Contudo, os valores obtidos pelas amostras de meliponíneos não permitiram determinar a porcentagem de umidade segundo índice refratométrico de Chataway, revisado por Wedmore, onde utiliza a medida de índice de refração da amostra para ser convertida em porcentagem de umidade, a interpretação da leitura do índice de refração a 20°C, é padronizado entre os valor mínimo de 1,4740 = 25,0% de umidade e de valor máximo de 1,5044 = 13,0% de umidade.

3.3 Acidez

Nos valores médios de acidez obtidas das amostras de méis de meliponíneos das espécies *M. seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) foi de 64,41mEq/Kg \pm 5,24 e para a espécie de *M. seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) foi de 82,83 mEq/Kg \pm 4,90, ocorrendo discrepância nas amostras acima correlacionados com o preconizado pela Legislação Brasileira para Méis de *Apis mellifera* (BRASIL, 2000), como é o caso dos diversos méis estudados publicados por Souza et. al. (2006) e por Mesquita et. al.(2007) que encontraram médias de 81,27mEq/Kg em méis de abelhas Jandaira, e Belucci et. al. (2008) obtiveram valores de 88mEq/Kg em méis de abelhas Jataí.

3.4 Cor

As amostras analisadas estão dentro dos padrões exigidos pela legislação, que classifica o mel do incolor ao âmbar escuro. A cor do mel líquido pode, realmente, variar de branco-aquoso a próximo de preto, com variantes tendendo para matizes de verde ou vermelho, ou mesmo azul (CAVALCANTE et al. 2006).

A cor do mel está associada à sua origem floral, porém as substâncias responsáveis pela cor são ainda desconhecidas. Acredita-se que minerais estejam entre os fatores responsáveis; entretanto, o armazenamento prolongado, a luz, as possíveis reações enzimáticas, aquecimento e o processo de colheita podem escurecer o mel (ALMEIDA, 2002).

3.5 Condutividade Elétrica

Nos valores médios de condutividade elétrica obtidos nas amostras das amostras de méis de meliponíneos das espécies *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) foi de 190,44 mV e para a espécie de *Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) foi de 198,83 mV, a condutividade elétrica do mel depende dos ácidos orgânicos e dos sais minerais, além das proteínas e de algumas outras substâncias. Apesar de não ser exigida pela Legislação Brasileira, a condutividade elétrica é considerada um bom critério para a determinação botânica do mel e atualmente substitui a análise de teor de cinzas, pois essa medição é diretamente proporcional ao teor de cinzas na acidez do mel (CAVALCANTE et al., 2006).

3.6 Potencial Hidrogeniônico - pH

Nos valores médios de Potencial Hidrogeniônico – pH obtidos nas amostras das amostras de méis de meliponíneos das espécies *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) foi de 3,03 e para a espécie de *Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) foi de 2,85.

O valor de pH do mel pode ser influenciado pelo pH do néctar, solo ou

associação de vegetais para composição do mel. Substâncias mandibulares da abelha acrescentadas ao néctar quando do transporte até a colmeia também podem alterar o pH do mel.

3.7 Índice de Formol

Nos valores médios de índice de formol obtidos nas amostras das amostras de méis de meliponíneos das espécies *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) foi de $10,33 \pm 2,60$ meq.g⁻¹ e para a espécie de *Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950) foi de $12,18 \pm 1,56$ meq.g⁻¹. Apesar deste parâmetro não constar das características de avaliação da qualidade do mel pelas legislações vigentes, constitui um parâmetro importante para os méis de meliponíneos por representar uma medida global dos compostos aminados, o que permite avaliar o conteúdo de proteínas e aminoácidos. A importância dos aminoácidos é de que eles fornecer características que distinguem os tipos de méis e de méis falsificados.

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que de acordo com os valores da Tabela 3, as médias obtidas das amostras para umidade por refratometria, umidade por secagem, pH, acidez, índice de formol e condutividade elétrica, nenhuma das médias dos parâmetros das análises físico-químicas obtidas das amostras de méis de meliponíneos atende ao máximo permitido de valores preconizados pelos padrões da legislação brasileira da qualidade do mel recomendada pela Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 – MAPA.

O mel de abelhas sem ferrão é influenciado pelo local de origem e do período de coleta dos méis, as características dos solos e a floração das plantas em cada região as quais ofertam diferentes fontes de minerais às abelhas da região onde os meliponários estão instalados, sendo variáveis também afetadas pela sazonalidade que originam variações para todos os parâmetros analisados. Os resultados expressam a heterogeneidade das amostras de méis de abelhas nativas perfazem uma característica organoléptica intrínseca a esse produto.

Os resultados demonstram que a legislação atual refere-se ao mel de abelha da espécie *Apis mellifera* que não é adequada correlacionar esses parâmetros com os analisados das espécies de abelhas *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* (Cockerell, 1919) e *Melipona (Michmelia) seminigra aff. pernigra* (Moure; Kerr, 1950), reforçando a necessidade de estabelecer um padrão próprio para os méis de meliponíneos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023, Informação e documentação: Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, p. 68. 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10520, Informação e documentação: Citações em documentos – Apresentação.** Rio de Janeiro, p. 7. 2002.

ALMEIDA-ANACLETO, DANIELA DE. **Recursos alimentares, desenvolvimento das colônias e características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponíneos do município de Piracicaba,** Estado de São Paulo - Piracicaba, 2007. 133 p.: il.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists, 17 ed. Horwitz, W.; Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg, MD, 2000. Chapter 44, p. 22 - 33.

A. O. A. C. Association of Official Analytical Chemists, 7 da 4ª ed. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, Morton, 2001.

A. O. A. C. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis.** 16.ed. rev.4. Washington, 1998. 1170p.

BARTH, M.O. MAIORINO, C. BENATTI, A.P.T. BASTOS, D.H.M. **Determinação de parâmetros físico-químicos e da origem botânica de méis indicados monoflorais do sudeste do Brasil.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.25,n.2,p.229-233, abr-jun, 2005.

BAWA, K.; Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. Annual **Review of Ecology and Systematics** 21: 399-422, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000:** Regulamento Técnico de identidade e qualidade do mel. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 out. 2000. Seção 1, p.16-17. Disponível em: (<http://www.agricultura.gov.br/>). Acesso em: 20 jan. 2018.

CARVALHO, C. A. L. et al. **Mel de abelhas sem ferrão:** contribuição para a caracterização físico-química. Cruz das almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI- -BA, 2005. 32 p. (Série Meliponicultura, n. 4)

CARVALHO, C. A. L. et al. Proposta de regulamento técnico de qualidade físico--química do mel floral processado produzido por abelhas do gênero *Melipona*. In: VIT, P.; ROUBIK, D. W. (Eds). **Stingless bees process honey and pollen in cerúmen pots.** Merida, Venezuela: Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes, 2013. p. 1-9. Disponível em <<http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35292>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

CAVALCANTE, S.M.P.; SODRÉ, G. da S.; CARVALHO, C.A.L. de.; FONSECA, A.A.O.; SOUZA, B. de A.; OLIVEIRA, G.A. de; SANTOS, T.B.A. dos. Características físico-químicas de méis de *Melipona scutellaris* de diferentes municípios do Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16., 2006, Aracajú, **Anais...** Aracajú: Confederação Brasileira de Apicultura, 2006. 1 CD-ROM.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (C.A.C.). **Official methods of analysis.** v.3, Supl2, 1990. 390p.

CRANE, E. **Honey: a comprehensive survey.** London: Heinemann, 608 p. 1975

CRANE, E. **Livro do mel.** Trad. de Astrid Kleinert Giovannini. São Paulo: Nobel. 1983. 226p.

DADE, H.A. **Anatomy and dissection of the honeybee.** Oxford: International Bee Research Association, 1994. 158p. DE JONG, D. O comportamento das abelhas africanizadas nas Américas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1, 1994, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo. 1994.

- DENADAI, J.M.; RAMOS-FILHO, M.M.; COSTA, D.C. **Caracterização físico-química de mel de abelhas Jataí (*Tetragonisca angustula*) do município de Campo Grande-MS**. Obtenção de parâmetros para análises de rotina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14. 2002, Campo Grande, Anais... Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p.80.
- FONSECA, A.A.O.; SODRÉ, G. da S.; CARVALHO, C.A.L. de. Atividade diastásica encontrada em amostras de méis de diferentes espécies de abelhas sem ferrão do Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16., 2006, Aracajú-SE, **Anais...** Aracajú: Confederação Brasileira de Apicultura, 2006. 1 CD-ROM.
- HORN, H.; DURÁN, J.E.T.; CORTOPASSILAURO, M.; ISSA, M.R.C.; TOLEDO, V.A.A.; BASTOS, E.; SOARES, A.E.E. **Méis brasileiros: resultados de análise físico-químicas e palinológicas**. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, Piauí, 1996. Anais.... Piauí: CBA, 1996, p. 403-429.
- IBGE. Centro de Documentação e Disseminação de Informações. **Normas de apresentação tabular** / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Centro de Documentação e Disseminação de informações. – 3. Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 62p.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. “Conservação e Manejo de Polinizadores para uma Agricultura Sustentável, através da abordagem Ecosistêmica”, São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), 2014, v.01, p.52.
- INTERNATIONAL TRADE FORUM upswing in the honey market. International Trade Forum, v.13, n.3, p.21-31, 1977. **Resumo em Apicultura Abstracts**, 1979. v.30,n.3, p.214.
- Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** / coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020
- LEGLER, S. **Inspeção e controle de qualidade do mel**. 2000. 34p. Disponível em:<www.sebraern.com.br/apicultura/inspeção_mel.doc>Acesso em: 02 de jan. de 2018.
- MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C.; OTSUK, I.P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005
- MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore, The Johns Hopkins 2007.
- MICHENER, C. D. The Meliponini. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. H. (Orgs.). **Pot-Honey: um legacy of stingless bees**. New York: Springer, 2013. p. 3-17.
- MOORE, D.; Honey bee circadian clocks: behavioral control from individual workers to whole-colony rhythms. **Journal of Insect Physiology** 47: 843-857, 2001.
- MORAES, R. M. **Análise do mel**. Pindamonhangaba: Centro de Apicultura Tropical, IZ/SAA, 1994. SNP. 1v. (Manual Técnico).
- MOURE, J. S. 1951 Notas sobre Meliponinae. **Dusenya** v.2 n.1 p.25-70.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.
- NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. 445 p.

OLIVEIRA, F. F.; RICHERS, T. T.; SILVA, J. R.; FARIAS, R. C.; MATOS, T. A. **Guia ilustrado das abelhas “sem-ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Tefé: IDSM, 2013. 267 p.

OLIVEIRA, R. C. et al. Trap-nests for stingless bees. **Apidologie**, v. 44, p. 29-37, 2013.

ORTIZ VALBUENA, A. 1989. **The ash content of 69 honey sample from La Alcarria and neighbouring areas, collected and period 1985-87**. Cuadernos de Apicultura, n. 5, p.8-9, 1988. Resumo em Apicultural Abstracts, 40(4): 360.

POSEY, D. A.; CAMARGO, J.M.F. Additional notes on the classification and knowledge of stingless bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by Kayapó Indians of Gorotire, Pará, Brazil. **Annals of Carnegie Museum**, v. 54, n. 8, p. 247-274, 1985.

ROUBIK, D. W. Stingless bee nesting biology. **Apidologie**, v. 37, p.124-143, 2006.

ROUBIK, D. W. **The Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge: University Press, 1989.

SCOTT, V. N.; CLAVERO, R. S.; TROLLER, J. A. Measurement of water activity (aw), acidity, and brix. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 2001. cap. 64, p.649-657.

SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza Online**, v.10, n.3, p.146-152, 2012.

SOUZA, B de A.; CARVALHO, A.L. de; SODRÉ, G. da S.; MARCHINI, L.C. **Características físico-químicas de amostras de méis de *Melipona asilvai* (Hymenoptera, Apidae)**. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.5, p.1623-1624, 2004.

SOUZA, D.C.; BAZLEN, K. Análises preliminares de características físico-químicas de méis de tiuba (*Melipona compressipes*) do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12, Salvador. **Anais...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998. p.38.

SOUZA, R.C. da S.; YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; OLIVEIRA, F.P.M. Valor nutricional do mel e pólen de abelhas sem ferrão da região amazônica. **Acta Amazônica**, v. 34, p. 333-336, 2004.

VIDAL, R.; FREGOSI, E.V. de. **Mel: características, análises físico-químicas, adulterações e transformações**. Barretos: Instituto Tecnológico Científico “Roberto Rios”, 1984. 95p.

CHEMICAL COMPOSITION AND FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY OF HONEY FROM STINGLESS *Melipona mandacaia* BEES

Paulo Ricardo da Silva

Instituto Federal de Pernambuco, Unidade descentralizada de Ipojuca, Ipojuca, Pernambuco

Eva Monica Sarmiento da Silva

Universidade Federal do Vale de São Francisco, Colegiado de Zootecnia, Petrolina, Pernambuco.

Rodolfo França Alves

Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.

Francisco de Assis Ribeiro dos Santos

Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.

Celso Amorim Camara

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Recife, Pernambuco.

Tania Maria Sarmiento Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Recife, Pernambuco.

Tel.: +55 81 3320 6317

E-mail: sarmentosilva@gmail.com

ABSTRACT: *Melipona mandacaia* is a stingless bee species popularly known as 'mandacaia' that is native to northeastern Brazil. In this study, we conducted both melissopalynological and physicochemical analyses to investigate the minerals and amino acids of four sample of mandacaia honey. In addition, the major phenolic constituents of the honey samples were extracted and analyzed

using high-performance liquid chromatography using a diode-array detector (HPLC-DAD). *Mimosa arenosa* (Fabaceae/Mimosoideae) was the predominant pollen type in the four honeys, and it represents a minimum of 44.4% to a maximum of 61.7% of the total pollen. All of the identified compounds, i.e., quercetin, luteolin, kaempferol and 3,4-dihydroxybenzoic, 1,2-dihydroxybenzoic caffeic, cinnamic, ferulic and sinapic acids, were quantified by HPLC-DAD. All of the samples of honey exhibited the presence of essential amino acids: proline, alanine, serine and threonine. The highest mineral contents consisted of calcium followed by potassium. All honey samples exhibited free-radical-scavenging activity.

KEYWORDS: Honey, *Melipona mandacaia*, analysis.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE

ANTIRRADICALAR DOS MÉIS DAS

ABELHAS SEM FERRÃO *Melipona mandacaia*

RESUMO: A espécie de abelha sem ferrão *Melipona mandacaia* é conhecida popularmente como mandacaia e é nativa do Nordeste brasileiro. Neste estudo foram realizadas análises palinológicas, físico-químicas, aminoácidos e minerais de quatro amostras de mel da mandacaia. Os principais

constituintes fenólicos foram extraídos e analisados por cromatografia líquida de alta eficiência acoplado ao detector de arranjo de diodo (CLAE-DAD). A análise palinológica mostrou que o pólen predominante nas amostras de mel foi da espécie vegetal *Mimosa arenosa* (Fabaceae/Mimosoideae), variando de 44.4% a 61.7%. Os flavonóides identificados quercetina, luteolina, kanferol e os derivados de ácido: 3,4-dihidroxibenzoico, 1,2-dihidroxibenzoico, cafeico, cinâmico ferúlico e sinápico foram quantificados. Todas as amostras de mel apresentaram os aminoácidos prolina, alanina, serina e treonina. Os minerais predominantes foram o cálcio e potássio. Todos os méis apresentaram atividade sequestradora de radical livre.

PALAVRAS-CHAVE: Mel, *Melipona mandacaia*, análises

1 | INTRODUCTION

Stingless bees are highly diverse in the neotropics, with approximately 43 genera and approximately 350 species being identified (Michener 2000). These bees play an important role in Caatinga, acting as specific pollinators for this biome (HEARD, 1999).

Melipona mandacaia is a stingless bee popularly known as ‘mandacaia’ that is native to Northeastern Brazil, where it faces extinction due to habitat loss. This species is endemic to Caatinga and is widespread in the states of Piauí, Ceará, Bahia, Paraíba and Pernambuco, usually found close to the São Francisco River (BATALHA-FILHO et al., 2011).

The honey from the Meliponas species has several unique features that differentiate its composition from other honeys, especially the water content (moisture), which makes it less dense than the honey of *Apis* bees. The color ranges from nearly transparent to dark amber, and the taste and sugar levels depend upon the species, region and, especially, the vegetal species. In addition to the sugars in the solution, the honey of Meliponas also contains organic acids, flavonoids and a wide variety of other organic compounds that contribute to its color, odor and flavor (SILVA et al., 2013, ALMEIDA-SILVA et al., 2013). The demand for this product has increased recently, raising its commercial value higher than that of *Apis mellifera* honey. However, there have not been any studies to quantify the amino acids and minerals of *Melipona mandacaia* honey.

The phenolic profile of honeys, and consequently their antioxidant capacity, depend on the floral sources used to produce the honey. The predominance of a particular floral source in honey is primarily influenced by geographical, seasonal and environmental factors (ANDRADE et al., 1997; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2014). Therefore, different properties of honeys are expected because the composition of the active compounds in honey from different locations is likely to be different.

In this study, we conducted both melissopalynological and physicochemical analyses to investigate the minerals and amino acids of mandacaia honey. In addition, the major phenolic constituents of the honey samples were extracted and analyzed

using high-performance liquid chromatography with a diode-array detector (HPLC-DAD). The identified phenolics were quantified. The total phenolic contents were determined using the Folin-Ciocalteu test. The radical activities of the honey and the extracts were also studied by testing their scavenging effect on the molecules DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) and ABTS (2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)).

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Honey Samples

Four samples of *M. mandacaiá* “mandaçaia” honey were collected in the semi-arid region in the state of Bahia, Brazil. The honey was collected into small storage bottles from the hives and was refrigerated at 4 °C until it was analyzed.

2.2 Reagents and Standards

Apigenin, isorhamnetin, kaempferol, 8-methoxykaempferol, luteolin, myricetin, quercetin, tricetin, dihydromyricetin, taxifolin and naringenin had been previously isolated and identified from the pollen loads (SILVA et al., 2006; 2009, FREIRE et al., 2012). Ferulic acid, 3-hydroxy-4-methoxycinnamic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, cinnamic acid, sinapic acid, 4-methoxycinnamic acid, chlorogenic acid, 3,4,5-trihydroxybenzoic acid, 1,2-dihydroxybenzoic acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, 4-hydroxybenzoic acid and syringic acid were obtained from Sigma-Aldrich (Hamburg, Germany); gallic and vanillic acids were obtained from Fluka Chemie AG (Buchs, Switzerland). All reagents used were of analytical grade. Folin-Ciocalteu's phenol reagent, DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl), potassium persulfate and Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) were supplied by Acros Organics (Belgium). ABTS (2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) was purchased from Fluka Chemie GmbH (Buchs, Switzerland). Ascorbic acid and formic acid were purchased from Vetec (Brazil). Methanol (Tedia, Brazil) were of analytical grade.

2.3 Melissopalynological Analysis

The honey samples were treated using the typical melissopalynological methods (LOUVEAUX et al., 1978). The pollen sediment was acetolyzed (ERDTMAN, 1960), mounted on glycerin jelly and sealed with paraffin. To determine the frequency classes, 500 pollen grains were counted from each sample. The pollen types were placed into four percentage classes, as determined by Louveaux et al. (1978): predominant pollen (>45%); secondary pollen ($\leq 45\%$ to $>15\%$); important minor pollen ($\leq 15\%$ to $\geq 3\%$); and minor pollen (<3%). The pollen slides from the Palynothecae of the Universidade Estadual de Feira de Santana (Bahia, Brazil) and pollen catalogs were used to identify the botanical affinities of the pollen types.

2.4 Physicochemical Analysis

The physicochemical analysis of the honey samples consisted of the following basic determinations, which were performed in triplicate: the electrical conductivity, pH and free acidity and the hydroxymethylfurfural, water, ash, reducing-sugar and moisture contents.

2.5 Extraction of the Phenolic Compounds from the Honey

The extraction was performed using previously described methods (HADJMOHAMMADI et al., 2009) with the following modification: 100 g of honey was dissolved into 200 mL of distilled water, and the solution was adjusted to pH 2.0 by adding concentrated HCl, stirring with a magnetic stirrer at room temperature for 10 min. The fluid samples were then filtered through a Celite layer to remove the solid particles. The C18 cartridge (SEP-PAK Waters) was sequentially conditioned with 30 mL of MeOH and 60 mL of distilled deionized water without allowing the cartridge to dry. The filtrate was passed through the cartridge and rinsed with 60 mL of water to remove all sugars and other polar constituents of honey, and the phenolic compounds were eluted with 8 mL of HPLC-grade methanol. The eluate was dried under reduced pressure in a rotatory evaporator at 40 °C and dissolved in methanol, filtered through a 0.45- μ m nylon syringe filter (Whatman) and injected into the HPLC system.

2.6 Hplc-Dad Analysis of the Phenolics and Free Amino Acids

All chromatographic analyses were performed using a Shimadzu Prominence LC-20AT equipped with an SPD-M20A diode-array detector (Shimadzu Corp. Kyoto, Japan). For amino acid analysis, the samples were injected into a Rheodyne 7125i injector with a 20- μ l loop. Amino acid derivation with AccQ•Tag reagents was conducted according to the manufacturer's protocol. Briefly, 10 and 20 μ L of a standard amino acid mixed solution or the honey (0.2 g/mL), respectively, were mixed with 60 μ L AccQ•Tag borate buffer and 20 μ L AccQ•Tag reagent previously dissolved in 1.0 mL of AccQ•Tag reagent diluent. The reaction was allowed to proceed for 1 h at room temperature. The separation column was a Waters AccQ•Tag (3.9 mm i.d. \times 150 mm, 4.0 μ m particles). The column heater was set at 37 °C, and the mobile-phase flow rate was maintained at 1.0 mL/min. Eluent A was 1% AccQ•Tag solvent A, eluent B was acetonitrile and eluent C was Milli-Q water. The separation gradient was 0-0.5 min (100-99% A), 18 min (95.0% A), 19 min (91% A), 29.5 min (83% A), 33 min (60% A and 40% C), 36 min (100% A) 65 min (60% A and 40% C) and 100 min (60% A and 40% C). Ten microliters of the sample were injected for analysis. The PDA detector was set at 254 nm.

For the flavonoids, the chromatographic separation was performed with a C-18 column (150 x 4.6 mm x 5 μ m, Supelco). The flavonoids were separated using a mobile phase consisting of 1% aqueous formic acid (A) and methanol (B) at a flow rate of 1 mL/min. The mobile phase was delivered using the following solvent gradient: 0-3 min

40% B, 5-15 min 45% B, 17-25 min 45% B, 25-27 min 50% B and 35-40 min 70% B. The injection volume was 10 μ L. Chromatograms were recorded at 290 nm and 340 nm. The identification of the flavonoids was based on the retention times and the UV spectra with authentic markers. The flavonoids quercetin, luteolin and kaempferol were quantified using the external-standard method based on the peak area. The analyses were performed by plotting a calibration curve. To construct the calibration curve for each flavonoid, working solutions with concentrations between 0.5 and 400 mg/mL were prepared from each stock solution by diluting appropriate volumes with methanol, which were then correlated with the measured area. For each sample, the quantitative analyses were performed in triplicate at 320 nm. For the analysis of the phenolic acids, the elution system was composed of 5% formic acid (solvent A) and MeOH (solvent B). The elution conditions were: 0.01-15 min 20-30% B, 15-20 min 30% B, 20-30 min 30-40% B and 40-50 min 100% B, at a flow rate of 1.0 mL/min. The wavelengths 254 and 290 nm were employed for monitoring.

2.7 Metal Determination From the Honey

The digestion of the honey was performed in a closed microwave acid-digestion MARS 5 system (CEM Corporation, USA). The samples (500 mg) were diluted in concentrated nitric acid (5 mL). The program used had the following features: 800 W for 5 min at 120 °C and then 160 °C for 20 min. Upon cooling, the solution was filtered to remove any remaining solid material. The solution was diluted with deionized water prior to analysis. The analysis of metals (Cu, Fe, K, Mn, Cd, Zn, Na and Ca) was performed with a Varian AA 240 (Victoria, Australia) by flame atomic absorption spectrometry (FASS). Under optimized parameters, the standard calibration curves for the metals were constructed by plotting the absorbance against the concentration in a fixed range for each metal, and good linearity was observed. All analyses were performed in triplicate, and the mean values were reported. All of the values obtained for the metal contents in the pollen samples were calculated as mg/kg pollen.

2.8 Determination of the Total Phenolic Content and the Dpph[•] Radical-Scavenging Assay and the Abts^{•+} Radical Cation-Decolorization Assay

The total soluble phenolic content of the MeOH extract was determined with the Folin-Ciocalteu reagent according to the method of Slinkard and Singleton (1977) with the modification of using gallic acid as the standard phenolic compound. The MeOH extract was analyzed using DPPH (SILVA et al., 2006) for the free-radical-scavenger activity and ABTS (RE et al., 1999) for the radical cation-decolorization assay.

2.9 Statistical Analysis

All samples were analyzed in triplicate and the results are expressed as the mean \pm standard deviation. All statistical analyses were performed using the Microsoft

3 | RESULTS AND DISCUSSION

All honey samples studied had a bright yellow color. The results from the physicochemical analyses of the honey samples are presented in Table 1. The moisture values ranged from 24.47 to 27.39%, which are expected values for the honey of *Meliponas* because the water content is commonly very high and causes the honey to be more fluid. (SILVA et al., 2013; ALMEIDA-SILVA et al., 2013). The results for the pH, free acidity, reducing sugars and moisture and water contents were similar to those found for the honey of *Melipona subnitida* (SILVA et al., 2013), but the values for ash and HMF were lower and higher, respectively. The electrical conductivity ranged from 377.2 to 418.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. According to Almeida-Muradian et al. (2013), who analyzed the honeys of *Melipona subnitida* (mean value of $102.77 \pm 1.31 \mu\text{S}/\text{cm}$), the fact that the electrical-conductivity values were not higher than 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ suggests that the samples are from nectar honey. The electrical conductivity is directly related to the concentration of mineral salts, organic acids and proteins and is very useful in the determination of the floral origin (ACQUARONE et al., 2007).

	Sample			
	01	02	03	04
pH	3.0 \pm 0.01	3.11 \pm 0.02	3.16 \pm 0.02	3.17 \pm 0.02
Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	401.5 \pm 0.10	413.6 \pm 0.20	418.4 \pm 0.10	377.2 \pm 0.20
Free acidity (mequiv./kg honey)	48.1 \pm 0.10	49.7 \pm 0.2	50.0 \pm 0.10	46.3 \pm 0.1
HMF (mg/kg honey)	6.0 \pm 0.04	5.87 \pm 0.04	5.61 \pm 0.05	6.35 \pm 0.04
Ash (mg/100 g honey)	27.3 \pm 0.10	28.04 \pm 0.20	26.9 \pm 0.20	28.9 \pm 0.10
Reducing sugars (g/100 g honey)	75.04 \pm 0.30	76.34 \pm 0.30	76.07 \pm 0.40	73.9 \pm 0.30
Moisture (g/100 g honey)	24.78 \pm 0.56	24.47 \pm 0.83	25.79 \pm 1.05	27.39 \pm 0.90
Aw	0.86 \pm 0.07	0.85 \pm 0.06	0.85 \pm 0.07	0.87 \pm 0.08
Iron (mg/Kg honey)	16.73 \pm 0.01	30.90 \pm 0.02	17.13 \pm 0.01	37.35 \pm 0.02
Potassium (mg/Kg honey)	76.95 \pm 0.02	70.69 \pm 0.02	69.07 \pm 0.02	57.42 \pm 0.02
Sodium (mg/Kg honey)	27.91 \pm 0.02	23.20 \pm 0.02	32.39 \pm 0.02	36.02 \pm 0.02
calcium (mg/Kg honey)	79.17 \pm 0.02	78.25 \pm 0.02	80.75 \pm 0.02	78.33 \pm 0.02

Table 1. Physicochemical composition and metals of mandaçaia (*Melipona mandacaia*) honey samples.

The results from the qualitative pollen analysis for the mandaçaia honey samples are summarized in Table 2. All results are listed as percentages of the total pollen content in each sample. *Mimosa arenosa* (Fabaceae/Mimosoideae) was the predominant pollen type in the four honeys, and it represents a minimum of 44.4% to a maximum of 61.7% of the total pollen. *M. arenosa* ('calumbi' ou 'jurema-branca') is a very common plant species in the Caatinga region, and its presence in mandaçaia honey in large amounts is expected. It is a shrub with inflorescences composed of very small,

white, sweet-scented flowers. Its flowers provide nectar and pollen for many insects, such as flies, beetles and native bees. *M. arenosa* is a species of great importance for the creation of stingless bees and is essential for the production of honey (MAIA-SILVA et al., 2013). A significant amount of *Mimosa tenuiflora* (Fabaceae/Mimosoideae) was present in two samples of the honey (21.80 and 29.49%). This pollen type had already been observed in honeys collected by *Melipona subnitida* (SILVA et al., 2013) and *Frieseomelitta doederleini* (SANTISTEBAN et al., 2019). *M. tenuiflora* is a shrub known popularly as jurema-preta. This species blooms over a long period of the year, but mostly during the dry season. Its inflorescences are formed by white, small, sweet-scented flowers and provide floral resources as pollen and nectar for many species of bees, wasps, flies and other insects. This species is very important for maintaining the biodiversity and the ecosystem (MAIA-SILVA et al., 2013). Other specific plant varieties presented levels ranging from 0.3% to 11.0% of the total pollen grains. All of these are relatively common plants in Caatinga.

Family	Pollen type	Frequency (%)			
		honey 01	honey 02	honey 03	honey 04
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	0.3	0.5	0.3	-
Arecaceae	<i>Syagrus coronata</i>	-	0.3	1.0	-
Caesalpinaceae	<i>Copaifera martii</i>	-	0.8	-	-
	<i>Chamaecrista nictitans</i>	-	-	-	0.64
	<i>Chamaecrista ramosa</i>	0.3	0.5	-	-
	<i>Chamaecrista repens</i>	0.7	0.8	0.3	-
	<i>Senna rizzinii</i>	2.3	1.3	1.9	3.85
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	-	-	0.3	-
	<i>Phyllanthus</i>	-	0.3	-	-
Fabaceae	Tipo Fabaceae	-	0.3	-	-
Cyperaceae	Cyperaceae	-	-	-	0.32
Mimosaceae	<i>Acacia</i>	0.3	-	-	-
	<i>Anadenanthera colubrina</i>	-	0.8	-	-
	<i>Mimosa adenophylla</i>	1.7	-	3.2	0.32
	<i>Mimosa arenosa</i>	61.7	44.4	59.4	53.53
	<i>Mimosa pudica/sensitiva</i>	4.3	3.0	4.8	0.32
	<i>Mimosa tenuiflora</i>	9.9	21.8	5.8	29.49
	<i>Parapiptadenia</i>	-	0.3	-	-
	<i>Piptadenia stipulacea</i>	0.3	0.5	-	0.32
	<i>Pithecelobium</i>	-	0.3	-	-
	<i>Plathymenia reticulata</i>	-	0.3	0.6	-
	<i>Ptyrocarpa moniliformis</i>	-	0.8	-	-
Myrtaceae	Tipo <i>Mimosa</i>	-	0.3	-	-
	<i>Myrcia</i> sp1	7.9	11.0	6.7	0.32
	<i>Myrcia</i> sp2	-	3.8	7.0	0.32
	<i>Psidium</i>	5.3	0.0	3.2	-
Rutaceae	<i>Citrus</i>	-	0.3	-	-
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp1	4.0	4.6	2.2	3.53

	<i>Solanum</i> sp2	0.3	2.4	2.6	6.41
Indeterminate		0.7	0.8	0.6	0.64
Total		100.0	100.0	100.0	100.0

Table 2. Melissopalynological analysis of mandaçaia (*Melipona mandacaia*) honey samples.

Regarding minerals, the highest content was determined for calcium (Ca), followed by potassium (K). The iron (Fe) and sodium (Na) contents vary in the samples (Table 1). The mineral content percentage is considered as a quality criterion indicating the possible botanical origin of the honey. The variability in the mineral content of honeys can arise from harvesting processes, beekeeping techniques and the material collected by the bees while foraging on the flora (FINOLA et al., 2007). The mineral elements have already been quantified in honey from *Melipona*, K was the most abundant element in the honeys studied of *M. fasciculata* and *M. flavoneata*, Na was the second most abundant and Ca was the third most abundant element (SILVA et al., 2013).

The samples of honey contained seven essential amino acids (Table 3). Proline was found at the highest concentrations (184.8 mg/Kg and 232.3 mg/Kg), followed by threonine (99.4 mg/Kg and 133.9 mg/Kg). According to Bergner and Hahn, 1972, proline derives mainly from the salivary secretions of *A. mellifera* during the conversion of nectar into honey. The amino acid content of the honey of meliponas has not yet been reported.

AA	Sample			
	01	02	03	04
Ser	13.46	36.72	32.81	41.89
Thr	99.38	109.68	121.27	133.85
Ala	55.61	61.67	70.07	79.48
Pro	197.90	232.29	184.79	222.93
Val	nd	nd	nd	10.81
Met	nd	15.07	33.36	nd
Phe	64.13	nd	nd	nd

Table 3. Content (mg/kg pollen) of free amino acids in mandaçaia honey.

nd, not detected.

All honey samples have been found to have six phenolic compounds: 3,4-dihydroxybenzoic, 1,2-dihydroxybenzoic, caffeic, cinnamic, ferulic and synapic acids and the three flavonoids quercetin, luteolin and kaempferol (Table 4). Cinnamic acid was detected in samples 1-3. The existence of luteolin (ALMEIDA SILVA et al., 2013) and quercetin (SILVA et al., 2013) in *Melipona* honey from Brazil was previously reported. Kaempferol and caffeic acid were also detected in the monofloral honey of *Mimosa scabrella* provided by *Melipona marginata* in southern Brazil (BORSATO et al., 2014). Interestingly, all of the honeys analyzed predominantly contain the vegetal

species *Mimosa arenosa*, suggesting that the flavonoid luteolin may be specific for the *Mimosa* genus; therefore, its main compound may be a possible marker for the botanical classification. Honeys produced in Amazonian Ecuador (GUERRINI et al., 2009) and Venezuela (TRUCHADO et al., 2011) by *Melipona* spp. have also been reported to have a small content of flavonoid aglycones, including kaempferol and quercetin.

	Sample			
	01	02	03	04
Quercetin	47.89	31.98	31.11	17.40
Luteolin	1348.71	770.18	1047.89	1196.60
Kaempferol	18.25	34.19	19.68	29.67
3,4-dihydrobenzoic acid	39.40	139.33	37.11	60.47
1,2- dihydrobenzoic cid	851.59	345.57	931.05	669.05
Caffeic acid	13.06	27.76	16.85	11.87
Coumaric acid	107.81	101.83	103.05	67.32
Ferulic acid	8.09	64.15	14.14	131.07
Synapic acid	18.60	74.81	21.52	24.55
Cinnamic acid	21.42	27.39	15.76	nd

Table 4. Quantitative analysis of the compounds identified in the jandaira honey ($\mu\text{g}/100\text{ g}$ honey).

nd, not detected.

The amount of the total phenolics estimated using the Folin-Ciocalteu reagent in the various samples ranged from 90.4 to 112.1 mg GAE/g (gallic acid equivalent by gram of extract) in the MeOH extract. These results are similar to those found for *Melipona subnitida* honey but are larger than the values for the honey of *Apis mellifera* (ESCUREDO et al., 2013).

Two methods were used to determine the free-radical-scavenger activity of the mandaçaia honey. All honey samples exhibited free-radical-scavenging activity. As shown in Table 5, the EC_{50} values ranged from 49.9 to 53.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ for the MeOH extract in the DPPH radical-scavenging assay. The EC_{50} results for the ABTS test varied from 19.6 $\mu\text{g}/\text{mL}$ to 27.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$. These methanol extracts were more active than the methanol extracts from the honey of *Melipona subnitida* (SILVA et al., 2013). This may be related to the phenolics present in mandaçaia honey.

Honey	mgGAE/g	DPPH (CE_{50}) $\mu\text{g}/\text{mL}$	ABTS (CE_{50}) $\mu\text{g}/\text{mL}$
01	90.4 \pm 0.4	53.2 \pm 0.5	23.3 \pm 0.2
02	105.7 \pm 0.4	51.4 \pm 0.6	27.2 \pm 0.3
03	99.5 \pm 0.6	49.9 \pm 0.5	19.6 \pm 0.3
04	112.1 \pm 0.6	52.9 \pm 0.7	20.0 \pm 0.2

Table 5. Total phenolics and free-radical-scavenger activity of the mandaçaia honey.

4 | CONCLUSIONS

The melissopalynological analysis of *M. mandacaia* honeys from a semiarid region of Brazil exhibited the predominant pollen type of *Mimosa arenosa*. The physicochemical analysis revealed that all of the samples had a similar profile. The flavonoids quercetin, luteolin and kaempferol and the phenolics 3,4-dihydroxybenzoic, 1,2-dihydroxybenzoic caffeic, ferulic and synapic acids were common in all of the samples. Coumaric acid was detected in samples 1-3. The samples of honey showed the presence of essential amino acids: proline, alanine, serine, threonine, valine, methionine and phenylalanine. Regarding minerals, the highest content was determined for calcium, followed by potassium. All honey samples exhibited free-radical-scavenging activity.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was financially supported by grants from CNPq (301935/2018-1 and 425493/2018-0), FACEPE (Grant no. PRONEM APQ-0741106/2014), and CAPES. The authors also thank the CENAPESQ-UFRPE for the use of facilities.

REFERÊNCIAS

- ACQUARONE, C.; BUERA, P.; ELIZALDE, B. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. **Food Chemistry**, v. 101, n. 2, p. 695–703, 2007.
- ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; STRAMM, K. M.; HORITA, A.; BARTH, O. M.; FREITAS, A. S.; ESTEVINHO, L. M. Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 8, p. 1698–1706, 2013.
- ALMEIDA-SILVA, I. A.; SILVA, T. M. S.; CAMARA, C. A.; QUEIROZ, N.; MAGNANI, M.; NOVAIS, J. S.; SOLEDADE, L. E. B.; LIMA, E. O.; SOUZA, A. L.; SOUZA, A. G. Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. **Food chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3552–3558, 2013.
- ANDRADE, P.; FERRERES, F.; AMARAL, M. T. Analysis of honey phenolic acids by HPLC, its application to honey botanical characterization. **Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies**, v. 20, n. 14, p. 2281–2288, 1997.
- BATALHA-FILHO, H.; WALDSCHMIDT, A.M.; ALVES, M. O. R. Distribuição potencial da abelha sem ferrão endêmica da Caatinga, *Melipona mandacaia* (Hymenoptera, Apidae). **Magistra**, v. 23, p. 129-133, 2011.
- BERGNER, K.-G.; HAHN, H. Zum vorkommen und zur herkunft der freien aminosäuren in honig. **Apidologie**, v. 3, n. 1, p. 5–34, 1972.
- BORSATO, D. M.; PRUDENTE, A. S.; DOLL-BOSCARDIN, P. M.; BORSATO, A. V.; LUZ, C. F. P. ; MAIA, B. H. L. N. S.; CABRINI, D. A.; OTUKI, M. F.; MIGUEL, M. D.; FARAGO, P. V.; MIGUEL, O. G. Topical anti-inflammatory activity of a monofloral honey of *Mimosa scabrella* provided by *Melipona*

marginata during winter in Southern Brazil. **Journal of Medicinal Food**, v. 17, n. 7, p. 817–825, 2014.

ERDTMAN G. The acetolysis method, a revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, v. 39, p. 561-564, 1960.

ESCUREDO, O.; MIGUEZ, M.; FERNANDEZ-GONZALEZ, M. M.; SEIJO, C. Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. **Food Chemistry**, v. 138, n. 2–3, p. 851–856, 2013.

da Silva, T. M. G.; da Silva, P. R., Camara, C. A.; da Silva, G. S.; dos Santos, F. A. R. Silva, T. M. S. Análises químicas e potencial antioxidante do mel de angico produzido pelas abelhas sem-ferrão jandaíra. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1370-1379, 2014.

FINOLA, M. S.; LASAGNO, M. C.; MARIOLI, J. M. Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1649–1653, 2007.

FREIRE, K. R. L.; LINS, A. C. S.; DÓREA, M. C.; SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A.; SILVA, T. M. S. Palynological origin, phenolic content, and antioxidant properties of honeybee-collected pollen from Bahia, Brazil. **Molecules**, v. 17, n. 2, p. 1652–1664, 2012.

GUERRINI, A.; BRUNI, R.; MAIETTI, S.; POLI, F.; ROSSI, D.; PAGANETTO, G.; MUZZOLI, M.; SCALVENZI, L.; SACCHETTI, G. Ecuadorian stingless bee (Meliponinae) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product. **Food Chemistry**, v. 114, n. 4, p. 1413–1420, 2009.

HADJMOHAMMADI, M. R.; NAZARI, S.; KAMEL, K. Determination of flavonoid markers in honey with SPE and LC using experimental design. **Chromatographia**, v. 69, n. 11–12, p. 1291–1297, 2009.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, v. 44, n. 1, p. 183–206, 1999.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of Melissopalynology. **Bee World**, v. 59, n. 4, p. 139-157, 2015.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C.I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R.T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Guia de Plantas visitadas por abelhas na Caatinga. 1º Ed. Fortaleza-CE: **Fundação Brasil Cidadão**, 2012.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2º Ed. Maryland: The Johns Hopkins University Press: 2000.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 98, p. 1231–1237, 1999.

SANTISTEBAN, R. M.; CABRERA, S. P.; NETO, J. F.; SILVA, REBERT C. CORREIA, R. C.; ALVES, R. F.; FRANCISCO DE A. R. SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A.; SILVA, T. M. S. Análises melissopalínológicas, físico-químicas, atividade antirradicalar e perfil químico por UPLC-DAD-QTOF-MS/MS dos méis de *Frieseomelitta doederleini* (abelha branca): comparação com os fenólicos presentes nas flores de *mimosa tenuiflora* (jurema preta). **Química Nova**, in Press.

SILVA, A. S.; ALVES, C. N.; FERNANDES, J. G.; MÜLLER, R. C. S. Classification of honeys from Pará State (Amazon Region, Brazil) produced by three different species of bees using chemometric methods. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 7, p. 1135–1145, 2013a.

SILVA, T. M. S.; SANTOS, F. P.; RODRIGUES, A. E.; SILVA, E. M. S.; SILVA, G. S.; NOVAIS, J. S.; SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6–7, p. 507–511, 2006.

SILVA, T. M. S.; CAMARA, C. A.; LINS, A. C. S.; AGRA, M. F.; SILVA, E. M. S.; REIS, I. T.; FREITAS, B. M. Chemical composition, botanical evaluation and screening of radical scavenging activity of collected pollen by the stingless bees *Melipona rufiventris* (Uruçu-amarela). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 2009.

SILVA, T. M. S.; CAMARA, C. A.; LINS, A. C. S.; BARBOSA, J. M.; SILVA, E. M. S.; FREITAS, B. M.; SANTOS, F. A. R. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaira (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, n. 1, p. 10–18, 2013b.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 28, n. 1, p. 49–55, 1977.

TRUCHADO, P. et al. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry analysis allows the simultaneous characterization of C-glycosyl and O-glycosyl flavonoids in stingless bee honeys. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n. 42, p. 7601–7607, 2011.

DIVERSITY OF BEES IN RESTORED FORESTS LOCATED IN AGRICULTURAL LANDSCAPES

Roberta Cornélio Ferreira Nocelli

Departamento de Ciências da Natureza,
Matemática e Educação, Centro de Ciências
Agrárias, Universidade Federal de São Carlos,
campus Araras, SP, Brasil.

Tiago Egydio Barreto

Fundação Espaço Eco, Departamento de Gestão
para Sustentabilidade, São Bernardo do Campo,
SP, Brasil.

Rafael Alexandre Costa Ferreira

Centro de Estudos de Insetos Sociais,
Departamento de Biologia, Instituto de Biociências
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, campus Rio Claro, SP, Brasil.

Nino Tavares Amazonas

Laboratório de Silvicultura Tropical (LASTROP),
Departamento de Ciências Florestais, Escola
Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP,
Brasil.

Osmar Malaspina

Centro de Estudos de Insetos Sociais,
Departamento de Biologia, Instituto de Biociências
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, campus Rio Claro, SP, Brasil.

ABSTRACT: Bees play an important role as pollinators in natural areas and provide important ecosystem services for agricultural production. We studied bee diversity in restored sites immersed in fragmented agricultural

landscapes in Southeastern Brazil, which is, to our knowledge, the first study of its kind. We evaluated species diversity in restored areas at least five-year-old located in three sites within the Cerrado biome (savannah) in São Paulo, Brazil. We collected data through four methods (active search, spot observations, transect walks and trapping with colored pantraps) and assessed the total number of individuals and species found in each site. We performed spatial analyses to calculate the connectivity indexes for each area and related this bee diversity. We recorded 61 species of bees, 69% of which were solitary and 31% social. *Apis mellifera* was the only non-native species found and was the most abundant one in all sites. We found more species of bees in areas with higher Integral Connectivity Index. Even landscapes with very low natural vegetation cover can support a considerably high proportion of native bee community. Landscape connectivity together with tree diversity are important factors for the number of bee species supported in a given agricultural area. For this reason, we believe that ecological restoration can be a good way to support the conservation and reestablishment of bee populations in highly fragmented agricultural landscapes. We recommend that restoration projects contemplate an array of suitable plant species to provide resources for bees throughout the year.

KEYWORDS: Landscape connectivity; biodiversity conservation; pollinators; ecological interactions.

DIVERSIDADE DE ABELHAS EM FLORESTAS RESTAURADAS LOCALIZADAS EM PAISAGENS AGRÍCOLAS.

RESUMO: As abelhas desempenham importante papel como polinizadores em áreas naturais e na produção agrícola. Estudamos a diversidade de abelhas em florestas restauradas, inseridas em paisagens agrícolas no sudeste do Brasil, que é, no nosso conhecimento, o primeiro estudo do gênero. Avaliamos a diversidade de espécies e o número total de indivíduos em áreas restauradas com pelo menos cinco anos de idade, localizadas em três locais dentro do bioma Cerrado (savana) em São Paulo, Brasil. Coletamos dados através de quatro métodos (busca ativa, observações pontuais, transectos e armadilhas coloridas). Realizamos análises espaciais para calcular os índices de conectividade de cada área e relacionamos isso com a diversidade de abelhas. Registramos 61 espécies de abelhas, 69% das quais eram solitárias e 31% sociais. *Apis mellifera* foi a única espécie não nativa encontrada e foi a mais abundante em todos os locais. Encontramos mais espécies de abelhas em áreas com maior índice de conectividade. Mesmo as paisagens com cobertura vegetal muito baixa podem suportar uma proporção consideravelmente alta da comunidade de abelhas nativas. A conectividade da paisagem junto com a diversidade de árvores são fatores importantes para o número de espécies de abelhas apoiadas em uma dada área agrícola. Por essa razão, acreditamos que a restauração ecológica pode ser uma boa maneira de apoiar a conservação e o restabelecimento das populações de abelhas em paisagens agrícolas. Recomendamos que os projetos de restauração contemplem uma variedade de espécies de plantas adequadas para fornecer recursos para as abelhas ao longo do ano.

PALAVRAS-CHAVE: Conectividade da paisagem; conservação da Biodiversidade; polinizadores; interações ecológicas.

1 | INTRODUCTION

The basic premise for an area to be considered a restored area is the restoration of ecological processes responsible for reconstruction and maintenance of a functional community (Ruiz-Jaen & Aide 2005). One of the most important ecological processes is cross-pollination, because it is essential for sexual reproduction of plants and, in their absence, the maintenance of genetic variability between plants does not occur, can lead to poor fruit and seed formation, fruit abortion and consequent non-formation of seed bank with propagules of these species (Castro et al. 2007).

Several restoration models were developed for restoration of ecosystems with different levels of disturbance. Recommendations to restore degraded areas in low resilience landscapes include planting seedlings of regional native tree species with high diversity (Gandolfi & Rorigues 2007). This restoration methodology helps

to rebuild of forest and promotes the connection in the landscape between isolated remnants (Brançalion et al. 2013). Projects to restore degraded areas in low resilient landscapes it is common in São Paulo State - Brazil. Usually these projects are realized on the banks of rivers that in the past were old pastures, formed by grasses that are self-pollinated. However, this promotes the reintroduction of tree species and it is not known, if restored areas within the reported above context contribute to restoration of fauna groups, since due to the habitat loss and degradation process many species may have disappeared locally.

Pinheiro-Machado et al. (2002) cite about 52 studies of bee communities in Brazil, and most of them were made predominantly in natural areas and few in urban or agriculture areas. In addition, given the fragmentation and degradation of natural areas and land use conversion to agriculture and / or urbanization, it cannot be inferred if bee populations that remain in these areas are representative of what may have existed or, if they are only a small part of the existing potential. This makes it difficult to establish a baseline reference to have an expectation of the diversity of bees that can be found in certain localities (Silveira et al. 2002). In this way, the knowledge of communities of bees and their association with specific habitats, such as restored areas inserted in the agricultural landscape, is a large knowledge gap.

This study aims to identify the diversity of bee species in restored areas within a landscape with low percentage of native vegetation cover, high forest fragmentation and land use occupied by intensive farming for many years.

METHODS

Study site

We evaluated the richness and abundance of bee species from December 2013 to November 2014 in restored areas, for at least 5 years, in three farms located in the state of São Paulo: Ouro Verde Farm in Araraquara (coordinate 21°46'S and 48°20'W) with a restored area of 3.75 hectares, São José Farm in Nuporanga (coordinate 20°45'S and 47°45'W), with a restored area of 15 hectares and Santa Julia Farm in Bebedouro (coordinate 21°00'S and 48°34'W) with a restoration area of 12.25 hectares. In the three areas, the restoration strategy was the planting of native tree seedlings using high diversity of species (80+ species), in a 3 x 2 m spacing (1,667 trees/hectare and 6 m² per tree). These three municipalities are inserted within a phytogeographical context of Cerrado biomes (Figura 1). The historical occupation of land use in this region is based on conversion of most of the native vegetation into agricultural fields, and today only 5 to 8% of these municipalities' territory is covered by degraded native vegetation (São Paulo 2009).

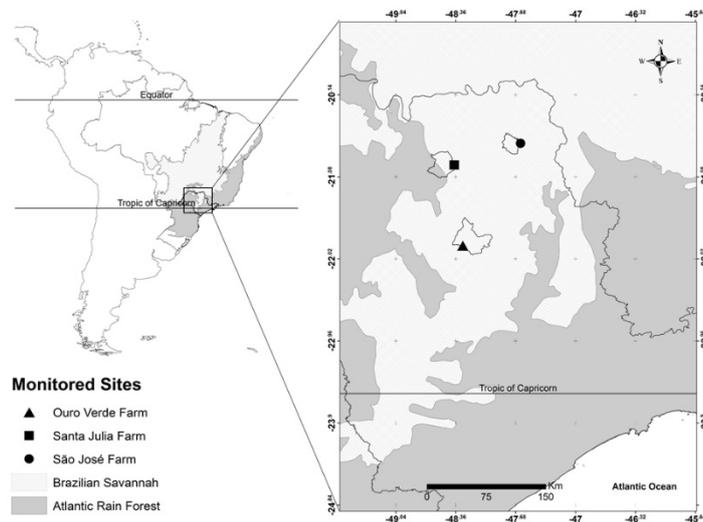


Figure 1. Location of the three forest restoration programs evaluated in São Paulo State, Brazil.

Characteristics of Restored Areas

In 2014, we assessed native tree species richness in all sites. For species richness, we counted planted seedlings or wildlings (natural regeneration) (inclusion criterion was height > 50 cm).

Survey of data

The individuals of the bee species were sampled throughout the 4 seasons of the year (summer, autumn, winter and spring). The evaluations were carried out mainly in the morning, due to the greater activities of the insects in the first hours of the day.

Evaluation of richness of species and abundance of individuals

Due to the wide range of existing behaviors in bees the use of different capture methods is recommended to obtain a more reliable sample of the species richness in each location, therefore, in this study we used four assessment methodologies as described below:

- Visual assessment of flight intensity in transects - Transects were covered, passing the borders (between 0-10 m – agriculture area - restored area) and inside the restored areas (reforestation area with at least 10 m of agricultural area) in trails which had larger quantity of flowery tree species.

- Visual assessment of flight intensity in single location (spot observations) - three fixed points were chosen in stretches of borders and another three in stretches in the central area of reforestation for each of the restored areas.

The active collecting consisted in the capture and observation of bees on the flowers with the help of entomological nets throughout the restored area.

Colored pantraps (yellow, blue and white) were used for capturing of pollinators by visual attraction. Each pantrap was filled with soap water to avoid the escape of the trapped insects. The traps were randomly arranged within the restored areas with

a minimum distance of 10 m from the agricultural area and 5 m between traps. The traps remained in place for 24 hours in the area, inspected every 4 hours. The trapped insects collected were stored in vials containing alcohol.

Identification of bee species

For identification of the sampled species dichotomous keys containing the systematic descriptions of different taxa were used or was requested help of specialists. The specimens collected were transferred to bottles containing 70% alcohol, screened in laboratory and subsequently pinched and oven dried, labeled and deposited in the entomological collection of the Center of Studies of Social Insects, Department of Biology, Institute of Biosciences, UNESP campus of Rio Claro.

Diversity Index

To evaluate the diversity of the studied sites we obtained the indicators of Maximum Richness (S') which was defined as the number of species found in the restored areas studied, by the Shannon-Weaver index (H') which was obtained from formula:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i) \quad (1)$$

p_i = Abundance (proportion) of species i in the sample ($p_i = n_i/N$)

n_i = number of individuals of species i

N = total number of individuals in the sample

and by the Pielou Equability index (J') which was calculated using the formula:

$$J' = H'/H_{max} \quad (2)$$

J = Pielou Equability

H' = Shannon diversity index

H_{max} = $\ln(S)$.

The Shannon-Weaver diversity index expresses both species richness and uniformity, to consider the weight of rare and abundant species. The greater value of H' , the greater the diversity of the community under study (Magurran 1988). The index of Pielou Equability belongs to the interval [0,1], it allows to represent the uniformity of the distribution of individuals among the existing species (Pielou 1966). Its value ranges from 0 (minimum uniformity) to 1 (maximum uniformity - the probability of all species having the same abundance).

Similarity Indexes

The species composition similarity was calculated between the different seasons of the year using the Jaccard index. The Jaccard index considers the number of common species between two areas (a) and the number of species unique to each area (b , c) (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974):

$$Jac = 100a / (a + b + c) \quad (3)$$

Based on this index, a dendrogram based on the group average (UPGMA) was elaborated, in which the grouping is done from the arithmetic mean of the elements, generating a dendrogram, in which the ordinate values express the similarity relations between the objects indicated in the abscissa (Sneath & Sokal 1973). Similarity analysis was performed using Vegan package from software R (Oksanen et al., 2016).

Integral Connectivity Index

The connectivity of the landscape is understood in this study as the capacity of faunistic elements to move throughout the landscape (JOHNSON et al., 1992). The Integral Connectivity Index (IIC), a measure of connectivity based on the graph theory proposed by Pascual-Hortal and Saura (2006), can vary from 0 to 1, increasing as the landscape becomes more connected. It is calculated for a given part of the landscape and considers not only the value of the remaining vegetation area but also the number of connections between the fragments for a given dispersion capacity of an organism according to the following formula:

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j / (1 + nl_{ij})}{A_L^2} \quad (4)$$

where:

a_i is the area of the forest fragment i ;

a_j is the area of the forest fragment j ;

nl_{ij} is the number of connections between forest fragments i e j ;

A_L is the total area of landscape.

We evaluated the IIC considering the moment before and after the restoration activities were carried out in the three areas studied. The areas of the forest fragments in the previous moment of restoration activities were obtained from the Forest Inventory of the Natural Vegetation of São Paulo State (Kronka et al., 2005) and at the later moment, the fragments resulting from the restoration activities were added to perform the calculations. In order to analyze connectivity of the forest fragments, six pre-determined distances (500, 1000, 1500, 2000, 2500 and 3000 meters) were considered, which were based on the flight capacity of native social bees contained in ARAUJO et. al. (2004). Then the values obtained for the IIC were compared using the t-test to assess if there was a difference in landscape connectivity (ZAR 1999). The delimitation of the total area of the landscape was obtained by the buffer of 3 kilometers from the boundaries of the three farms. This analysis was performed using the softwares Arc Gis 10.6 and Sensinode 2.5.8.

RESULTS

We collected 11,721 individuals from 61 species of bees. A total of 24 species (40%) were common to all sites; 12 (20%) were found in two farms; and 25 (40%) were exclusive to one study area. The abundance of bees was greatest in Winter and in Spring (4,193 in Spring; 1,249 in Summer; 3,134 in Fall ; and 3,144 in Winter) (Table 1).

Classification	habit of life Sp	Ouro Verde Farm				Santa Julia Farm				São José Farm			
		Su	Au	Wi		Sp	Su	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi
APIDAE													
<i>Anthophorinae</i>													
<i>Anthophorini</i>													
<i>indeterminada</i>	Solitary	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
<i>Centridini</i>													
<i>Centris sp. Fabricius, 1804</i>	Solitary	0	0	1	0	3	1	6	0	18	1	2	0
<i>Epicharis sp. Klug, 1807</i>	Solitary	1	2	2	0	1	0	2	1	0	0	1	0
<i>Emphorini</i>													
<i>Melitoma sp. Lepeletier & Serville, 1828</i>	Solitary	1	1	0	0	26	19	27	5	4	0	0	0
<i>Melitoma segmentaria (Fabricius, 1804)</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Ptilothrix sp. Smith, 1853</i>	Solitary	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eucerini</i>													
<i>Indeterminada</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Melissodes sp. Latreille, 1829</i>	Solitary	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Melissoptila sp. Holmberg, 1884</i>	Solitary	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Thygater sp. Holmberg, 1884</i>	Solitary	3	2	5	0	1	0	0	0	2	5	0	3
<i>Peponapis sp. Robertson, 1902</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Apinae</i>													
<i>Apini</i>													
<i>Apis mellifera Linnaeus, 1758</i>	Social	1734	190	717	318	668	329	714	1466	408	103	482	722
<i>Indeterminada</i>	NC	3	0	2	0	20	4	19	2	0	17	6	0
<i>Euglossini</i>													
<i>Indeterminada</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Euglossa sp. Latreille, 1802</i>	Solitary	0	0	0	0	4	5	2	0	14	0	0	1
<i>Eulaema sp. Lepeletier, 1841</i>	Solitary	0	0	0	0	1	3	1	2	0	0	1	0
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita Lepeletier, 1841</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0
<i>Exomalopsini</i>													
<i>Indeterminada</i>	Solitary	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0

<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i>auropilosa</i> Spinola, 1853	Solitary	0	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0
<i>Exomalopsis</i> sp. Spinola, 1853	Solitary	3	2	8	0	51	4	59	7	46	4	57	0
<i>Tetrapediini</i>													
<i>Tetrapedia</i> sp. Klug, 1810	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Bombinae</i>													
<i>Bombini</i>													
<i>Bombus</i> sp. Latreille, 1802	Social	0	0	5	1	2	18	28	1	24	0	5	36
<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>morio</i> (Swederus, 1787)	Social	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Meliponinae</i>													
<i>Meliponini</i>													
<i>Indeterminada</i>	Social	0	0	11	24	1	0	0	0	6	0	0	0
<i>Camargoia</i> sp. Moure, 1989	Social	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geotrigona</i> sp. Moure, 1943	Social	0	1	7	0	0	2	6	0	1	0	0	0
<i>Geotrigona</i> <i>subterranea</i> (Friese, 1901)	Social	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Melipona</i> <i>quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836	Social	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
<i>Oxytrigona</i> sp. Cockerell, 1917	Social	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paratrigona</i> sp. Schwarz, 1938	Social	12	0	11	0	0	0	0	0	18	0	8	29
<i>Paratrigona</i> <i>lineata</i> (Lepeletier, 1836)	Social	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Scaptotrigona</i> sp. Moure, 1942	Social	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0
<i>Tetragona</i> sp. Lepeletier & Serville, 1828	Social	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0
<i>Tetragonisca</i> sp. Moure, 1946	Social	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetragonisca</i> <i>angustula</i> (Latreille, 1811)	Social	3	0	12	0	21	4	45	0	10	0	0	12
<i>Trigona</i> sp. Jurine, 1807	Social	8	12	0	0	2	25	19	2	1	0	0	0
<i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	Social	3	9	75	0	11	69	58	12	3	2	3	43
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	Social	161	8	58	39	66	103	226	31	39	29	58	186
<i>Trigonisca</i> sp. Moure, 1950	Social	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Xylocopinae</i>													
<i>Ceratinini</i>													
<i>Ceratina</i> sp. Latreille, 1802	Solitary	2	2	1	0	34	3	8	7	5	0	0	1
<i>Xylocopini</i>													

<i>Xylocopa sp.</i> <i>Latreille, 1802 sp</i>	Solitary	16	31	5	3	20	59	18	1	29	17	0	5
<i>Xylocopa</i> <i>(Neoxylocopa)</i> <i>suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	Solitary	0	2	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0

HALICTIDAE

<i>Halictinae</i>														
<i>Indeterminada</i>	Solitary	94	14	137	13	265	30	51	19	79	14	31	29	
<i>Augochlorini</i>														
<i>Indeterminada</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Augochlora sp.</i> <i>Smith, 1853</i>	Solitary	12	9	3	6	26	13	12	24	22	5	8	19	
<i>Augochlorella</i> <i>Sandhouse, 1937</i>	Solitary	17	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	
<i>Augochloropsis</i> <i>sp. Cockerell,</i> <i>1897</i>	Solitary	13	1	1	0	27	6	1	22	6	5	3	0	
<i>Paroxystoglossa</i> <i>sp. Moure, 1941</i>	Solitary	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pseudaugochlora</i> <i>sp. Michener,</i> <i>1954</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	1	11	5	0	0	1	
<i>Temnosoma sp.</i> <i>Smith, 1853</i>	Solitary	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Halictini</i>														
<i>Indeterminada</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
<i>Agapostemon sp.</i> <i>Guerin-Meneville,</i> <i>1844</i>	Solitary	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Dialictus sp.</i> <i>Robertson, 1902</i>	Solitary	24	1	27	7	8	4	4	11	16	0	21	3	
<i>Habralictus sp.</i> <i>Moure, 1941</i>	Solitary	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

MEGACHILIDAE

<i>Megachilinae</i>														
<i>Megachilini</i>														
<i>Megachile sp.</i> <i>Latreille, 1802</i>	Solitary	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	

COLLETIDAE

<i>Colletinae</i>														
<i>Colletini</i>														
<i>Colletes sp.</i> <i>Latreille, 1802</i>	Solitary	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
<i>Diphaglossinae</i>														
<i>Diphaglossini</i>														
<i>Ptiloglossa sp.</i> <i>Smith, 1853</i>	Solitary	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ANDRENIDAE

<i>Oxaeinae</i>														
<i>Indeterminada</i>	Solitary	3	2	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	
<i>Oxaea</i>														
<i>flavescens</i> Klug, <i>1807</i>	Solitary	1	0	0	0	0	0	2	0	1	3	2	0	
<i>Oxaea sp. Klug,</i> <i>1807</i>	Solitary	7	0	8	1	0	3	13	0	5	6	6	4	

Solitary	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
Total	2129	289	1101	412	1276	745	1333	1631	789	215	700	1101

Table 1. Diversity and abundance of bees, separated by season, found in the three farms evaluated. (Sp = Spring, Su = Summer, Au = Autumn, Wi = Winter).

The largest number of species was in the São José Farm, but lower abundance of individuals. The Shannon-Weaver and Pielou equability indexes were higher in the São José Farm, followed by Santa Julia and Ouro verde farms ($J = 0.44, 0.42, 0.32$ Pielou equability) and ($H' = 1.64, 1.61, 1.13$ Shannon-Weaver index). The cover of native vegetation was higher in Fazenda São José, but the number of tree species found in the restored areas was the lowest. (Table -2).

Site	Ouro Verde	Santa Julia	São José	Total	Average
Individuals	3,931	4,985	2,805	11,721	3,907
Bee species	35	45	44	61	
Shannon Diversity Index (H')	1.13	1.61	1.64		
Pielou Equability Index (J')	0.32	0.42	0.44		
Total native vegetation cover (%)	2.30%	4.50%	6.90%		4.50%
Tree diversity of restored forests	66	94	43		68

The species richness showed great variation throughout the different seasons of the year. The records were larger during spring and autumn (43 during spring, 39 in autumn, 34 in summer and 30 in winter). The cluster analysis showed that only for São José and Ouro Verde there was formation of a group for summer season, and São José farm was the only one had a group to two seasons (Figure 3).

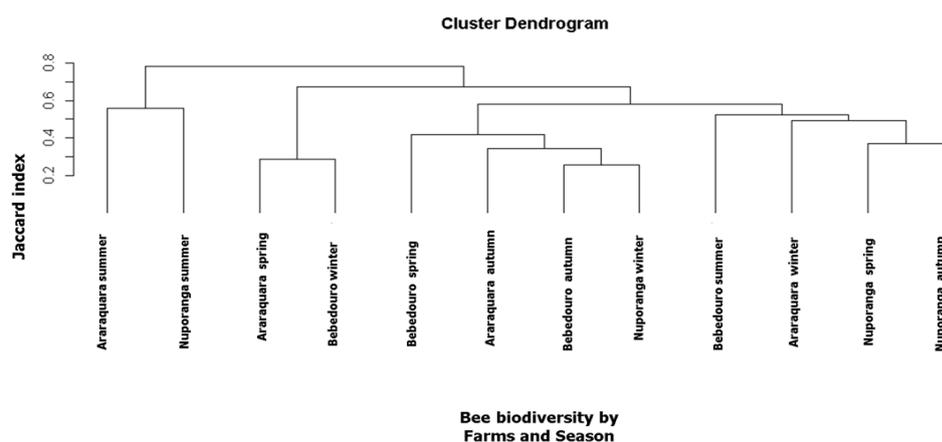


Figure 3. Cluster analysis dendrogram (UPGMA), based upon Jaccard's Similarity Index, considering the bee biodiversity over the 4 seasons (Summer, Autumn, Winter and Spring) to the three farms evaluated.

Landscape Connectivity

Restoration activities resulted in significant modifications in landscape

connectivity for the three study areas. However, the values obtained for the IIC were low and did not exceed 0.001, even considering the possibility of landscape connectivity to a distance of 3,000m. The two sites with higher connectivity were also the sites that hosted the highest diversity of bees. (Table 3). These values are consistent with a landscape with few remnants of native vegetation, a reality found in the three study areas mainly for the Ouro Verde farm located in the municipality of Araraquara (Figure 4).

Ouro Verde Farm		São José Farm		Santa Julia Farm		Connectivity Distance (m)
IIC Before Restoration	IIC After Restoration	IIC Before Restoration	IIC After Restoration	IIC Before Restoration	IIC After Restoration	
0,0000018	0,0000125	0,0007136	0,0010767	0,0001115	0,0003928	3000
0,0000018	0,000011	0,0006498	0,0009925	0,0000712	0,0003841	2500
0,0000018	0,0000109	0,0005799	0,0009369	0,0000599	0,0003548	2000
0,0000013	0,0000089	0,0004581	0,0007394	0,0000598	0,0003497	1500
0,0000013	0,0000087	0,0001459	0,0002956	0,0000466	0,0002657	1000
0,0000013	0,0000052	0,0001108	0,0002267	0,0000372	0,0001763	500
0,0000015 ± 0,0000003	0,000009 ± 0,000003	0,0004 ± 0,00026	0,0007 ± 0,00037	0,00006 ± 0,00005	0,0003 ± 0,00008	
p<0,0001		p<0,002		p<0,0001		

Table 3. Comparison of Connectivity Integral Index (IIC) for the three farms (Ouro Verde, Santa Julia and São Jose) using t-test, considering the moment before and after restoration activities, for six scenarios of connectivity distance.

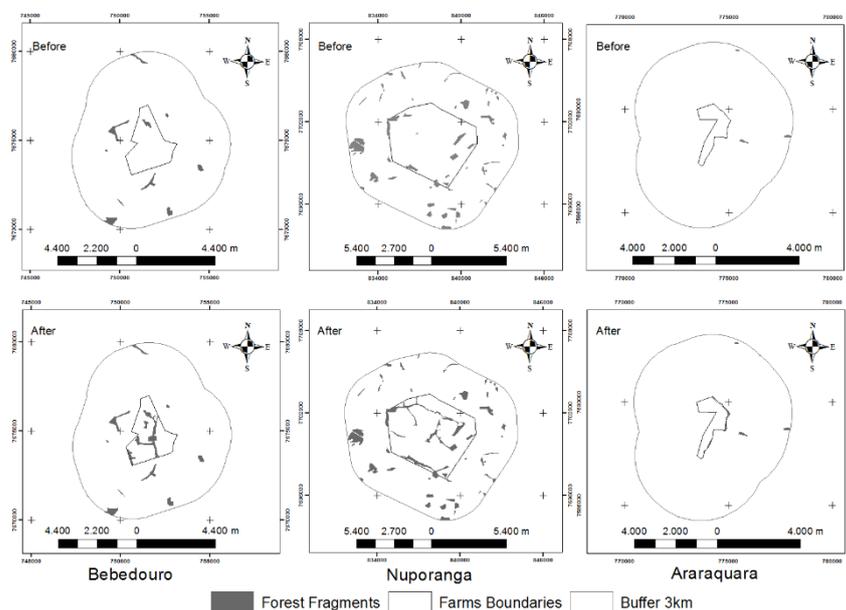


Figure 4. Remnants of native vegetation before and after restoration activities in three farms evaluated (Ouro Verde, Santa Julia and São José Farms). Datas on the remnants of native vegetation before restoration activities were obtained from Kronka et al., (2005)

Discussion

The diversity of bees we found (61 species) corresponds to approximately 58% of what is known for the Cerrado in the State of São Paulo (Imperatriz-Fonseca et al., 2010)

and to 9% of the species that occur in the State as a whole (Pedro & Camargo 1999). This is a surprising result, considering that our study areas had only an average 4.5% natural vegetation cover. These results highlight the importance of natural remnants and restored sites within fragmented agricultural landscapes.

Two thirds of the recorded species were solitary bees. The percentage of social species (29%) was considered high, since 95% of the species catalogued in the world are known for their solitary life history traits (Imperatriz-Fonseca et al. 2007). This result may help to understand how bees with different life history can colonize the restored areas in landscapes with low percentage of native vegetation cover, because many species have limited flight radius and, depending on the distance, would not be able to reach the restored areas alone due to fragmentation, while others with longer flight radius, particularly solitary bees, could.

The life cycle of the solitary bees can have great influence on their distribution areas, because many species nest in the ground, in bounds, dead trunks, fence post and even in holes in walls. As they produce fewer offspring, the need for food is smaller, which can be supplied by a few plants nearby while maintaining a small pool of bees in the area and, therefore, when the restoration project is installed, they benefit and settle rapidly.

In the case of the social bees, the food demand to keep the colony is larger. Bees nest in tree trunks, especially of older and even dead trees, which does not occur in restored environment in the early years of project establishment. Thus, many species are not able to colonize the restored areas at first, but can use the area in search of food at times when there is availability of floral resource.

There are few inventories of bee communities in remnants of native vegetation (Steiner et al., 2006; Alves-Dos-Santos 2007; Mouga & Krug 2010). In these studies the species richness found is quite distinct (32 - 292), possibly because each of them has been developed in different localities, with different aims, methods and sample effort. It is common to obtain more than 100 bee species in the surveys conducted in environments of natural vegetation in areas of the interior of Brazil (Pinheiro-Machado et al., 2002). Silveira et al., (1993) found more than 140 species in an inventory carried out in an abandoned pasture area undergoing regeneration process, inserted in landscape with high resilience.

There are only few publications that present score values for biodiversity index. Pinheiro-Machado et al. (2002) for inventories made up to one year, the value found for the Shannon-Weaver index varied between 2,11 and 4,48 nat/ind-1 and equability between 0,5 and 0,8. Our values were lower than those mentioned, however, we reinforce that we included in the index value *Apis mellifera* computation that was to species with greater number of individuals for the three surveys and this reflected in the values found, since these indexes are sensitive to the value of abundance of species.

Despite the increase in connectivity in the landscape, the values found for IIC in the three study areas were low. The restoration of degraded areas increased the

connectivity of our study sites and we found greater bee diversity in areas with greater connectivity indexes. However, we observed that in Santa Julia and São José Farm that had higher IIC values, the number of species found was higher than in the Ouro Verde farm with less forest fragments. The São José Farm has the most area of native vegetation and Santa Julia farm has most species in restored areas. Comparatively 30% of the species found were restricted to only one study area, which may indicate that many bee populations are isolated because of the fragmentation effect and lack of landscape connectivity. Poor connectivity can affect mainly those species that move at close range. This reinforces the importance of stimulating forest restoration activities to promote the increase of areas covered by native vegetation, diversity of flora and connectivity of the landscape for it to be permeable to the displacement of the fauna. This also strengthens the importance of conserving native vegetation remnants existing in the landscape, regardless of their size or conservation status, because they may be refuges of bee populations that have been isolated due to the habitat loss process.

This study can be considered as a first step to understand the presence of bees in restored areas in locations with intensive agricultural activity. We understand that restored areas, especially in landscapes occupied predominantly by agriculture and high forest fragmentation, can be important for the conservation of bee fauna. According to Garcia et al., (2015), restored areas take a long time to achieve functional diversity equivalent to natural forests including flowering aspects. However, much can still be improved to enable these spaces to be recolonized by the different populations of bees, for example: more studies that classify/catalog bee community in restored areas; New models of restoration considering the introduction of herbaceous species and providing improvement for nesting conditions of social bees; Set of plant species provider of nectar, pollen and vegetable oils, used by different species of bees at best all year around; Understanding the network of interactions of bees with different agricultural crops - agricultural area, restored area, native vegetation and anthropized areas.

CONCLUSION

Fragmented agricultural landscapes are very important for the conservation of native bees in the Brazilian Cerrado. Small restored areas can increase greatly landscape connectivity. In these landscapes, both natural vegetation remnants and restored areas contribute to support bee species. Even landscapes with very low natural vegetation cover can support a considerably high proportion of native bee community. Landscape connectivity together with tree diversity of restored sites are important factors to increase the number of bee species supported in a given agricultural area. Lastly, we recommend that restoration projects contemplate an array of suitable plant species that can provide resources for bees throughout the year. To our knowledge, this is the first study on native bees in restored tropical areas.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Fundação Espaço ECO and BASF S.A. for providing funds for this project. We also thank Dr. Christof Schneider and Carolina Wolf for their contributions to an earlier version of this manuscript.

REFERENCES

- ALVES-DOS-SANTOS, I. 2007. **Estudos sobre comunidades de abelhas no sul do Brasil e proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical**. Brazilian Journal of Ecology, v. 11: p. 53-65.
- BRANCALION P.H.S.; MELO, F.P.L.; TABARELLI, M.; RODRIGUES, R.R. 2013. **Restoration Reserves as Biodiversity Safeguards in Human-Modified Landscapes**. Natureza & Conservação, v. 11, p. 186-190.
- CASTRO C.; MARTINS S.V.; RODRIGUES R.R. 2007. **A focus on plant reproductive biology in the context of forest restoration**. Pages 197-206 In: Rodrigues RR, Martins SV, Gandolfi S (eds) High Diversity Forest Restoration in Degraded Areas: Methods and Projects in Brazil. Nova Science Publishers, Hauppauge N.Y.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. 2007). **Restoration actions**. In R.R. Rodrigues, S.V. Martins & S. Gandolfi (Eds.), High diversity forest restoration in degraded areas, pp. 77-102. Nova Science Publishers: Hauppauge N.Y.
- GARCIA, L.C.; CIANCIARUSO, M.V.; RIBEIRO, D.B., DOS SANTOS, F.A.M.; RODRIGUES, R.R. 2015. **Flower functional trait responses to restoration time**. Applied Vegetation Science, v. 12, p. 402-412.
- IMPERATRIZ-FONSECA V.L.; SARAIVA, A.M.; GONÇALVES, L.S. 2007. **A Iniciativa Brasileira de Polinizadores e os avanços atuais para a compreensão dos serviços ambientais prestados pelos polinizadores**. Bioscience Journal, v. 23, p. 100-106.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NUNES-SILVA, P. 2010. **As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro**. Biota Neotropica, v. 10, p. 59-62.
- JOHNSON, A.R.; WIENS, J.A.; MILNE, B.T.; CRIST, T.O. 1992. **Animal movements and population-dynamics in heterogeneous landscapes**. Landscape Ecology 7: 63–75.
- MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 179p.
- MOUGA, D.M.D.S.; KRUG, C. 2010. **Comunidade de abelhas nativas (Apidae) em Floresta Ombrófila Densa Montana em Santa Catarina**. Revista Brasileira de Zoologia, v. 27, p. 70–80.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley and Sons. 547 p.
- PASCUAL-HORTAL, L.; SAURA, S. 2006. **Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation**. Landscape Ecology, v. 21, p. 959-967.
- PEDRO, S.R.M.; CAMARGO J.M.F. 1999. **Apoidea Apiformes**. Pages 193-211 In (Joly CA, Bicudo CEM, Brandão CRF, Cancellato EM, (eds.) Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do

conhecimento ao final do século XX, 5: Invertebrados terrestres. São Paulo, FAPESP.

PIELOU, E.C. 1966. **The measurement of diversity in different types of biological collections.** Journal of Theoretical Biology, v. 13, p. 131– 44.

PINHEIRO-MACHADO, C.; DOS SANTOS, I.A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NUNES-SILVA, P.; KLEINERT, A.M.P.; SILVEIRA, F.A. 2002. **Brazilian Bee Surveys: State of Knowledge, Conservation and Sustainable Use.** Pages 115-129. In: Kevan P, Imperatriz-Fonseca V.L. (eds.) Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasília.

RUIZ-JAEN, M.C.; AIDE, T.M. 2005. **Restoration Success: How Is It Being Measured?** Restoration Ecology, v. 13, p. 569–577.

SÃO PAULO 2009. Instituto Florestal. **Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo - SIFESP. Quantificação da Vegetação Natural Remanescente para os Municípios do Estado de São Paulo - Legenda IBGE - RADAM.** http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/inventarioFlorestal/municipio_maior_porc.pdf (accessed 05 June 2016).

SILVEIRA F.A.; PINHEIRO-MACHADO, C.; ALVES, S.I.; KLEINERT, A.M.P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2002. **Taxonomic constraints for the conservation and sustainable use of wild pollinators – the Brazilian wild bees.** Pages 41-50. In: Kevan PG, Imperatriz-Fonseca VL (eds.) Pollinating bees – the conservation link between agriculture and nature. Ministry of Environment, Brasilia.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. 1973. **Numerical taxonomy.** W.H. Freeman, San Francisco.

STEINER, J.; HARTER-MARQUES, B.; ZILLIKENS, A.; FEJA, E.P. 2006. **Bees of Santa Catarina Island, Brasil – a first survey and checklist (Insecta, Apoidea).** Zootaxa, v.1220, p. 1-18.

ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis.** Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

NÍVEIS DE PROTEÍNA PARA ABELHAS TUBÚNA (*Scaptotrigona bipunctata*)

Gustavo Krahl

Universidade do Oeste de Santa Catarina,
Departamento de Zootecnia
Xanxerê – Santa Catarina

Marcos Henrique Baldi

Universidade do Oeste de Santa Catarina,
Departamento de Zootecnia
Xanxerê – Santa Catarina

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo determinar as exigências de proteína bruta e seus efeitos sobre a longevidade de operárias de abelha Tubuna mantidas em ambiente controlado, bem como definir a forma física da ração e se esta deve ser acompanhada ou não de alimento energético. O trabalho foi realizado em duas etapas, em que a primeira consistiu na avaliação de cinco níveis de proteína bruta (22, 25, 28, 31 e 34%), associados a presença ou ausência de mel como suplemento energético. A segunda etapa consistiu na avaliação dos mesmos níveis de proteína bruta, associados a forma física da ração, onde um grupo de abelhas recebeu a ração experimental seca e outro grupo recebeu a ração úmida. Em ambas as etapas houve um grupo de abelhas denominado controle, que recebiam pólen da própria espécie e mel de abelhas *Apis mellifera*. O nível de proteína bruta definido para abelha Tubuna deve ficar entre 25 e 31%, não sendo

possível a determinação de um nível ótimo. A suplementação proteica sempre deve ser acompanhada de suplementação energética ou verificação de presença de mel na colônia. A ração proteica pode ser fornecida seca, observando-se a disponibilidade de água próximo ao meliponário. A metodologia testada e os resultados deste estudo são promissores para o desenvolvimento de pesquisas para determinação de exigências nutricionais de abelhas sem ferrão.

PALAVRAS-CHAVE: alimento artificial, abelha sem ferrão, conservação, polinização

ABSTRACT: The objective of this work was to determine the crude protein requirements and their effects on the longevity of Tubuna stingless bees kept in a controlled environment, as well as to define the physical form of the feed and whether it should be accompanied by energy feed. The work was carried out in two stages, in which the first consisted of the evaluation of five levels of crude protein (22, 25, 28, 31 and 34%), associated with the presence or absence of honey as an energetic supplement. The second stage consisted in the evaluation of the same crude protein levels, associated to the physical form of the ration, where one group of bees received the dry experimental ration and another group received the wet ration. In both steps there was a group of bees called control,

which received pollen from the species itself and honey from *Apis mellifera* bees. The crude protein level defined for *Tubuna* stingless bee should be between 25 and 31%, and it is not possible to determine an optimum level. Protein supplementation should always be accompanied by energetic supplementation or verification of the presence of honey in the colony. The protein ration can be supplied dry, observing the availability of water near the meliponary. The methodology tested and the results of this study are promising for the development of research to determine the nutritional requirements of stingless bees.

KEYWORDS: artificial food, stingless bee, conservation, pollination

1 | INTRODUÇÃO

Cerca de 20.000 espécies de abelhas habitam os mais variados ecossistemas. Possuem uma diversificação muito rica em comportamentos, tamanhos e formas. A maior parte destas possui hábitos solitários, contrastando com a maioria que mostra vários níveis de organização social, ou seja, vive em colônias (PRONI, 2000). Os meliponíneos pertencem à ordem *Hymenoptera*, superfamília *Apoidea*, família *Apidae*, subfamília *Apinae*, tribo *Apini* e subtribo *Meliponinae* (ZANELLA, 1999).

Na abelha sem ferrão da espécie *Tubuna* (*Scaptotrigona bipunctata*), a entrada do ninho possui forma de funil e é construída de cerume escuro. Os favos de cria são construídos helicoidalmente, mas também podem ser construídos horizontalmente. Há construção de células reais. Invólucro presente, mas não é desenvolvido. Potes de alimento: podem atingir de 2,5 a 3,0 cm de altura (NOGUEIRA-NETO, 1997). Tamanho das colônias: 2.000-50.000 abelhas (LINDAUER; KERR, 1960). Apresentam comportamento altamente defensivo, ou seja, são relativamente agressivas, beliscando a pele e enrolando-se nos cabelos (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo sejam polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas (FAO, 2004). Além de várias plantas da flora brasileira ser polinizadas exclusivamente pelas abelhas nativas sem ferrão.

A criação racional destas abelhas é denominada Meliponicultura, citada a primeira vez pelo pesquisador Paulo Nogueira Neto em 1953 em seu livro. A criação de abelhas indígenas sem ferrão, que desde então vem sendo estudada com crescente ênfase, onde através de pesquisas e conhecimento prático se desenvolve diferentes técnicas que promovem a melhoria da atividade.

De acordo com Kerr et al. (1996), nas florestas brasileiras as abelhas indígenas constituem-se nos principais agentes polinizadores de 40% a 90% das espécies vegetais. O papel efetivo das abelhas sem ferrão na polinização de plantas agrícolas já foi confirmado para 18 culturas diferentes. Sua utilização em estufas foi bem-sucedida com 11 de 13 espécies de abelhas testadas, que polinizaram eficientemente culturas

economicamente importantes (SLAA et al., 2006).

As plantas quando bem polinizadas produzem frutos de maior valor comercial por apresentarem uma qualidade superior, ou seja, amadurecem mais uniformemente, não apresentam deformações e suas características organolépticas estão dentro ou acima dos padrões exigidos pelo mercado, além do tamanho e do peso geralmente maiores. A melhora na polinização, portanto, pode afetar diversos componentes da produção agrícola como o número de sementes, a qualidade da semente (teor de óleos), o tamanho e o peso dos frutos, a qualidade do fruto (acidez, teor de açúcares, volume de suco) e o formato dos mesmos (MALAGODI-BRAGA, 2005).

No entanto, para a consolidação da meliponicultura como atividade comercial e de preservação da fauna silvestre, algumas metas precisam ser atingidas. Dentre estas, destaca-se a necessidade de aumentar o número de colônias disponíveis para a criação (COSTA, 2008).

Atualmente dispomos de vários meios para multiplicação de enxames de abelhas indígenas sem ferrão. Basta apenas criarmos ou aprimorarmos procedimentos para realização desta prática com maior eficiência possível.

Na atividade apícola, a alimentação constitui uma das principais técnicas para aumentar a produtividade, entretanto é pouco comum na meliponicultura pela abundante e variada flora disponível no seu ambiente natural. Contudo, a modificação ou eliminação da flora apícola de muitas regiões reduz a alimentação natural, dificulta a manutenção e implantação de novos enxames (PINHEIRO et al., 2009). Os materiais básicos para a alimentação dos meliponíneos são o néctar, fonte de carboidratos (ROUBIK, 2006), e o pólen, fonte de aminoácidos, lipídeos, vitaminas e minerais (SEREIA et al., 2013).

As abelhas não armazenam pólen em grandes quantidades na colônia como o mel, dessa forma, os estoques diminuem rápido em períodos de pouco forrageamento ou falta de flores na natureza (SCHMICKL; CRAILSHEIM, 2002), o crescimento e a manutenção das colônias são limitados pela quantidade de proteína disponível (AMDAM; OMHOLT, 2002). A longevidade, a quantidade de cria e a produção de mel são reduzidas quando o consumo de proteína é inadequado e as colônias que não têm acesso ao pólen apresentam uma capacidade reduzida no desenvolvimento da cria, com redução da população e morte (MATTILA; OTIS, 2006). Desta forma, a suplementação artificial pode evitar a ocorrência de fatores indesejáveis (KELLER et al., 2005).

Alimentos substitutos ao pólen foram testados com sucesso para algumas espécies de abelhas sem ferrão (*Melipona flavolineata*, *Melipona subnitida*), como por exemplo, derivados de soja, levedura de cerveja, pólen de *Apis mellifera*, entre outros (COSTA; VENTURIERI, 2009; PINHEIRO et al., 2009). Níveis nutricionais para abelhas sem ferrão são escassos, já níveis de proteína foram estudados apenas para *Apis mellifera* (HERBERT et al., 1977; LI et al., 2012; ZHENG et al., 2014). Segundo Groot, (1953) citado por Stace (1996), as exigências mínimas de aminoácidos essenciais

para *Apis mellifera* com 20% de proteína bruta são de: lisina 3%, metionina 1,5%, treonina 3%, triptofano 1%, valina 4%, arginina 3%, fenilalanina 2,5%, histidina 1,5%, leucina 4,5% e isoleucina 4%. Já para meliponídeos não existem estudos consistentes sobre exigências de proteína bruta e muito menos aminoácidos, o que demonstra uma janela para novas pesquisas.

Este trabalho teve como objetivo determinar as exigências de proteína bruta para abelha *Tubuna* e seus efeitos sobre a longevidade de operárias mantidas em ambiente controlado, bem como definir a forma física da ração e se esta deve ser acompanhada de alimento energético.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na cidade de Xanxerê, na região Oeste de Santa Catarina, no laboratório de Biotecnologia da Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc campus de Xanxerê. O trabalho foi iniciado 04 abril de 2019 até 24 de junho de 2019 desenvolvido em ambiente controlado (temperatura média em $27,43 \pm 0,05^\circ\text{C}$ e umidade relativa em $90,13 \pm 0,77\%$ em estufa BOD - Demanda Bioquímica do Oxigênio), para reduzir a influência do ambiente sobre a longevidade das operárias.

O trabalho foi realizado em duas etapas, em que a primeira consistiu na avaliação de cinco níveis de proteína bruta associado a presença ou ausência de mel como suplemento energético. A segunda etapa consistiu na avaliação dos mesmos níveis de proteína bruta associado a forma física da ração, onde um grupo de abelhas recebeu a ração experimental seca e outro grupo recebeu a ração úmida. Em ambas as etapas houve um grupo de abelhas denominado controle, que recebiam pólen da própria espécie e mel de abelhas *Apis mellifera*.

Para ambas as etapas foram utilizadas abelhas *Tubuna* (*Scaptotrigona bipunctata*) distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5x2). Etapa 1, com cinco níveis de proteína bruta (22, 25, 28, 31 e 34%) e a presença ou ausência de alimento energético (mel), com 2 repetições e 5 abelhas por repetição. Etapa 2, com cinco níveis de proteína bruta (22, 25, 28, 31 e 34%) e a ração seca ou úmida, com 2 repetições e 5 abelhas por repetição. Na etapa 2 todos os grupos receberam alimento mel de *Apis mellifera* como alimento energético. O grupo de abelhas alimentadas com pólen e mel da própria espécie (controle positivo) com cinco repetições foi adicionado às duas etapas.

Foi coletado amostra de pólen de uma colônia de abelha *Tubuna*, para determinação da sua composição nutricional (proteína bruta 28,0%, extrato etéreo 2,9%, matéria mineral 3,3%, cálcio 1,98%, fósforo 3,44%, FDN (Fibra em detergente neutro) 25,2%, FDA (Fibra em detergente ácido) 16,7%). Com base nos níveis nutricionais do pólen foram formuladas cinco rações com auxílio do software Super Crac, com níveis crescentes de proteína bruta.

Para os demais nutrientes, buscou-se o equilíbrio para todas as dietas. Na Tabela 1 estão apresentadas as composições das dietas quanto aos ingredientes utilizados e a composição bromatológica calculada. Os teores de proteína bruta, matéria mineral, gordura bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido do pólen e dos ingredientes foram analisados no laboratório de bromatologia da Universidade do Oeste de Santa Catarina. Os teores de Ca e P do pólen foram analisados no laboratório de Solos da Unoesc, no campus de Campos Novos.

Ingredientes	Níveis de proteína				
	22%	25%	28%	31%	34%
Farinha de arroz, %	51,2	53,5	35,5	26,5	12,1
Concentrado proteico de soja, %	23,3	27,4	31,2	34,4	38,0
Farinha de trigo, %	0,0	3,2	14,1	29,9	42,8
Milho fubá, %	18,7	8,9	12,5	2,4	0,5
Óleo de soja, %	2,1	2,3	2,1	2,2	2,1
Fosfato bicalcico, %	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição bromatológica calculada ¹					
Proteína bruta, %	22,0	25,0	28,0	31,0	34,0
Matéria mineral, %	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
Gordura bruta, %	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Cálcio, %	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Fósforo total, %	1,8	1,8	1,5	1,3	1,1
Fibra em detergente neutro, %	3,5	3,5	3,7	3,9	4,1
Fibra em detergente ácido, %	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabela 1. Composição das dietas quanto aos ingredientes utilizados e a composição bromatológica calculada

*Fornecimento da mistura de milho e concentrado, % do peso vivo dia⁻¹; ¹Teorer determinados em 100% de MS.

As abelhas foram coletadas com sugador manual aleatoriamente dentro de uma colônia, no período da tarde, com o objetivo de minimizar a diferença de idade entre as operárias, já que naquele momento as abelhas forrageadoras estavam em sua grande maioria fora da colônia. Posteriormente foram alojadas em uma caixa confeccionada com madeira de eucalipto de aproximadamente 1,0 cm de espessura, com volume interno de 125 cm³ (dimensão interna de 5x5x5 cm), fechada com uma placa transparente na face superior e cada célula contendo recipientes para fornecimento de água, mel, pólen e ração experimental. Sendo utilizado um termômetro Data Logger internamente na BOD para monitoramento da temperatura e umidade relativa.

As contagens do número de abelhas mortas eram realizadas a cada 48 horas para a cálculo de longevidade média do grupo. Semanalmente realizava-se o arrazoamento, substituição da água com uso de uma seringa, higienização dos

recipientes, juntamente com verificação da temperatura e umidade relativa.

Os resultados obtidos em ambas as etapas foram previamente analisados quanto à normalidade dos resíduos e posteriormente submetidos a análise de variância. Realizou-se análise de regressão para determinação do nível de proteína bruta que maximizasse a longevidade das operárias. Foi realizado teste de médias (Tukey, 5%) para comparação do grupo controle, ração e mel, e somente ração (etapa 1) e para a comparação do grupo controle, ração seca e ração úmida (etapa 2). Também se realizou comparação entre o grupo controle e cada nível de proteína bruta para ambas as etapas (Dunnnett, 5%). Em caso de interação entre os níveis de proteína e a suplementação energética ou forma física da ração, os dados foram desdobrados e as médias comparadas por teste de médias (Tukey, 5%).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de sobrevivência das abelhas recebendo mel e pólen (19,22 dias) foi superior a sobrevivência dos grupos alimentadas com ração experimental e mel (14,85 dias), e apenas ração (4,03 dias) (Ilustração 1 - A). Já a média de sobrevivência das abelhas recebendo mel e pólen (13,15 dias), alimentadas com ração experimental seca (12,78 dias) e ração experimental úmida (13,25 dias), foi semelhante ($P=0,973$) (Ilustração 1 - B).

A qualidade do pólen pode ter sido o principal motivo da maior sobrevivência das abelhas do grupo controle (etapa 1), não somente o teor de PB por si só, mas em termos de perfil de aminoácidos, perfil de ácidos graxos, granulometria dos ingredientes testados, forma de oferecimento (seco, úmido, fermentado ou não), entre outros.

Em relação aos grupos de abelhas que receberam ração e mel ou apenas ração, a diferença provavelmente foi acentuada pela falta de energia, que a abelha busca principalmente no mel. De acordo com Pereira (2005) a falta de carboidratos é de grande impacto para abelhas mais velhas.

Quanto a forma física das dietas, a ração seca pode ser a opção mais bem empregada nas condições de campo, tendo em vista a alta probabilidade de deterioração da ração úmida. Desta forma, a suplementação pode ser realizada em intervalos maiores. Porém, provavelmente aumente a necessidade de água da colônia, devendo-se verificar a disponibilidade de água próximo ao meliponário.

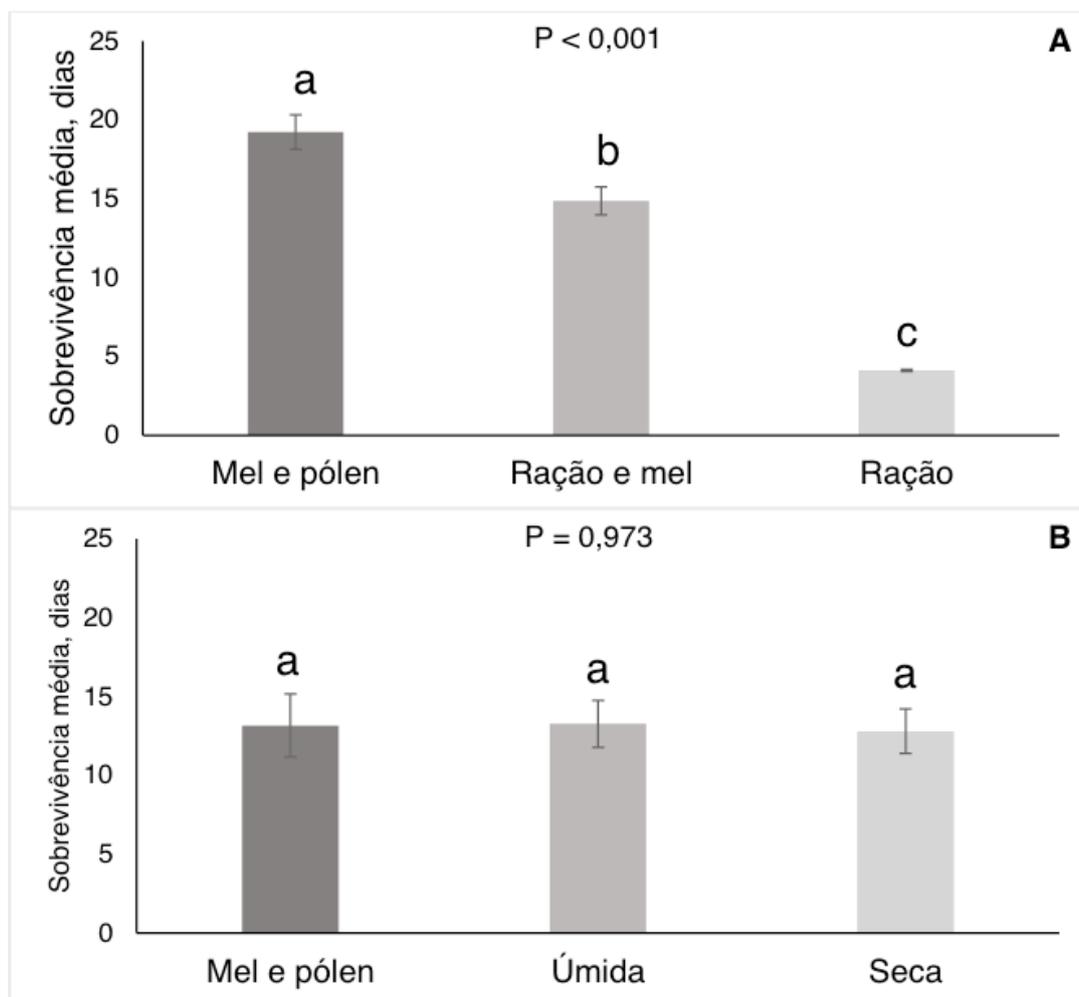


Ilustração 1. Sobrevivência média dos grupos de abelha *Tubuna* alimentados com mel e pólen da própria espécie (controle), ração experimental e mel, e apenas ração (a) e grupo controle, ração seca e úmida (B).

Já na comparação entre os diferentes níveis de proteína bruta na etapa 1 (Ilustração 2), não foi observado efeito ($P=0,872$) sobre as sobrevivências observadas. Observa-se que existem evidências de que os níveis de proteína selecionados para a avaliação estão adequados, devido a menor sobrevivência tanto com menor quanto com o maior nível de proteína. Ao derivarmos a equação obtida ($y = -0,0896x^2 + 5,0469x - 54,441$), obtemos o ponto de maior sobrevivência com 28,16% de proteína bruta, muito próximo do teor de proteína observado no pólen. Estas informações observadas são importantes para o planejamento de novos experimentos com abelhas sem ferrão.

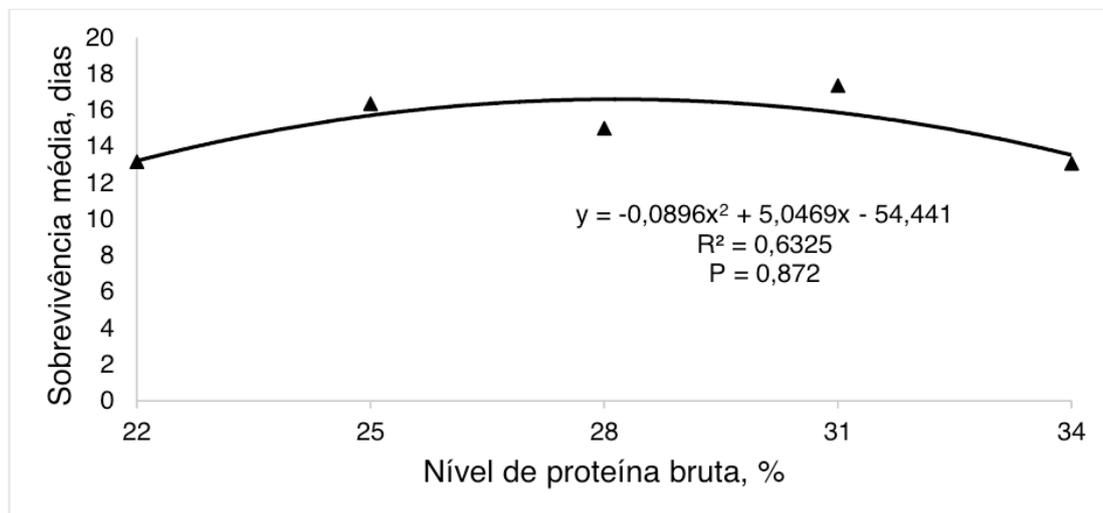


Ilustração 2. Sobrevivência média dos grupos de abelha *Tubuna* alimentados com rações experimentais com níveis crescentes de proteína bruta.

Na etapa 2, foi observado efeito quadrático dos níveis de proteína bruta para a sobrevivência média dos grupos de operárias de abelhas tubuna (Ilustração 3). A resposta observada indica que o nível ótimo de proteína para abelhas tubuna pode estar além dos níveis testados, necessitando novas avaliações para confirmação desta hipótese.

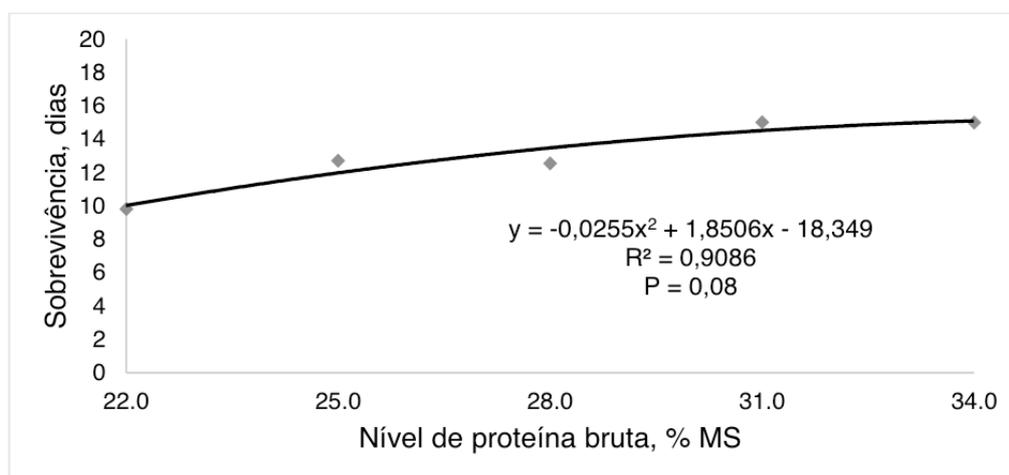


Ilustração 3. Sobrevivência média dos grupos de abelha *Tubuna* alimentados com rações experimentais com níveis crescentes de proteína bruta.

Pereira (2005) relata que de tentativas de descobrir a quantidade de proteína que necessita a *Apis Mellifera*, como feito por Herbert et al. (1977), ofereceu dietas com 5; 10; 23; 30 e 50% de proteína bruta, e observou melhores resultados com nível de 23% de proteína. Contudo para Azevedo-Benitez e Nogueira-Couto (1998), o melhor nível proposto foi 20% de proteína bruta.

Em um trabalho avaliando dietas proteicas para operárias de *Melipona flavolineata*, Costa e Venturieri (2009) relataram que a dieta a base de soja com 18% PB apresentou melhor resultado em relação às dietas a base de soja com 12% PB, levedura de cerveja (sem nível de PB) e pólen comercial de *Apis mellifera*. No

entanto Dias et al. (2010) alimentando colônias de *Melipona subnitida*, encontraram diferença para número de discos de cria e número de potes de mel com a combinação de alimentação proteica e energética em relação à dieta proteica e sem alimentação.

A Ilustração 4 mostra a comparação da sobrevivência média dos grupos de abelha *Tubuna* alimentados com mel e pólen da própria espécie (controle) e a sobrevivência média das abelhas recebendo rações experimentais com diferentes níveis de proteína bruta, na etapa 1 (A) e na etapa 2 (B).

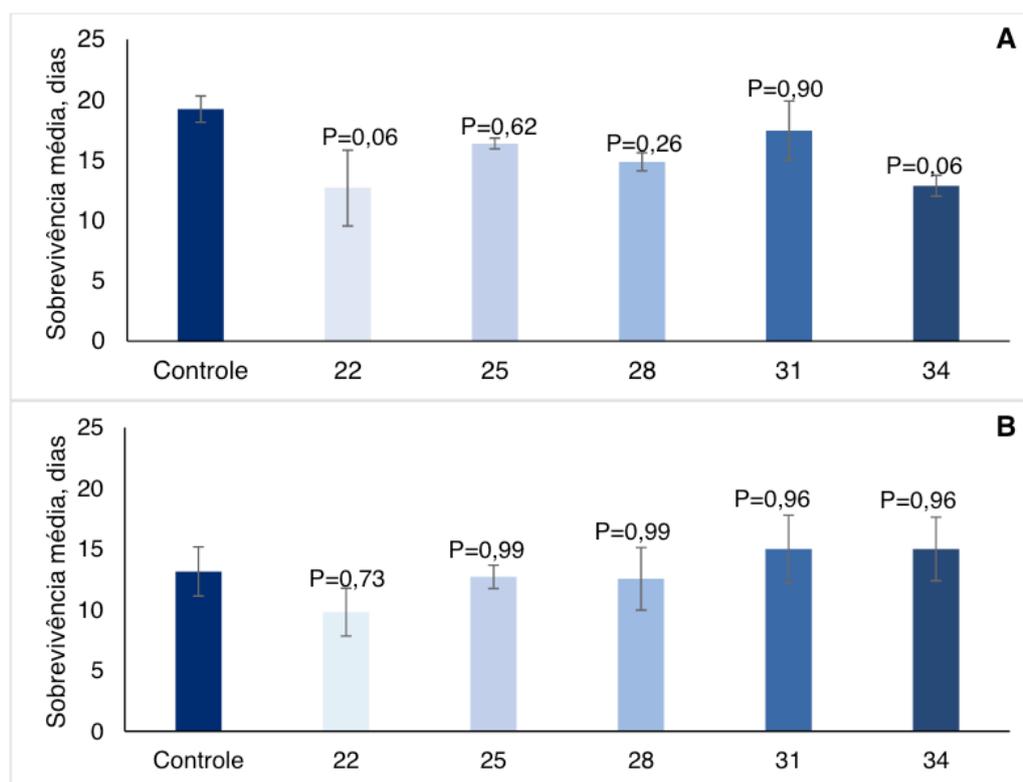


Ilustração 4. Comparação da sobrevivência média dos grupos de abelha *Tubuna* do grupo controle, grupo recebendo rações experimentais com diferentes níveis proteicos com ou sem suplementação energética (A), e rações experimentais na forma seca ou úmida (B).

Observa-se que os grupos que receberam rações contendo 25, 28 e 31% de proteína bruta, não diferiram quanto aos dias de sobrevivência quando comparado ao controle. Zheng et al. (2014) conduziram um trabalho para investigar os efeitos dos níveis de proteína na dieta de colônias de *Apis mellifera*, especificamente o crescimento da população, fisiologia e longevidade de operárias no início da primavera. Estes autores recomendaram um teor de PB de 29,5 a 34,0% para a dieta no início da primavera, devido a não diferença dos parâmetros avaliados entre estas rações e o controle (mel e pólen).

A Tabela 2 mostra que houve interação entre nível de proteína bruta e forma física das dietas. Basicamente, não houve diferença na sobrevivência dos grupos ($P > 0,05$) quanto aos níveis de proteína para nenhuma das formas físicas da ração. Embora para o nível de 28% de PB, a ração úmida proporcionou maior sobrevivência do grupo de abelhas *Tubuna*.

Nível PB, %	Dieta seca	Dieta úmida	Média	EPM	P-valor
22	11,9 aA	7,7 aA	9,8	2,0	0,384
25	12,4 aA	13,0 aA	12,7	1,0	0,827
28	8,2 aB	16,9 aA	12,6	2,6	0,018
31	19,1 aA	11,0 aA	15,0	2,8	0,155
34	12,3 aA	17,7 aA	15,0	2,6	0,409
Média	12,8	13,3	-	-	-
EPM	1,4	1,5	-	-	-
P-valor	0,153	0,154	-	-	-

Tabela 2. Sobrevivência média (dias) dos grupos de abelha *Tubuna* a partir de dietas com níveis crescentes de proteína bruta (PB) e em duas formas físicas

PB – Proteína Bruta; EPM – Erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste médias (Tukey, 5% de probabilidade).

Segundo Dreller e Tarpy (2000), a necessidade de pólen na colmeia é regulada pela quantidade de cria aberta. Independente dos fatores que determinam a exigência de proteína, dificilmente a quantidade de pólen ou nível de proteína deste serão os mesmos ao longo do ano ou em cada condição que a colônia se apresenta. Logo, deve-se realizar demais estudos para identificação das variações sazonais nas necessidades nutricionais das abelhas sem ferrão.

Ainda no ano de 2009, Pinheiro et al. (2009), relataram que as informações sobre a composição do mel e pólen, necessidades nutricionais e preferências alimentares de abelhas sem ferrão eram escassas. Em 10 anos praticamente não foram realizados trabalhos para a determinação de exigências nutricionais de abelhas sem ferrão. Assim, a metodologia aplicada neste experimento pode ser utilizada como ferramenta para a determinação de exigências nutricionais para abelhas sem ferrão.

Vale ressaltar que o teor de proteína do pólen (28%) foi utilizado como referência para determinação dos demais níveis. Bárbara et al. (2018) realizou estudo para caracterização microbiológica e físico-química de pólenes armazenados por abelhas sem ferrão, incluindo pólen do gênero *Scaptotrigona*. Observou que o pólen deste gênero apresentou média de $15,98 \pm 2,82\%$ de PB. Em todo o trabalho, o pólen apresentou variações de 15,98 a 30,37% de PB, justificando que a composição do pólen não possui um padrão rigoroso, e a causa desta variabilidade deve-se à origem floral, áreas geográficas, condições ambientais e climáticas, idade e estado nutricional das plantas e espécies de abelhas. Portanto, o pólen pode ser utilizado como composição de referência, mas com certa cautela.

4 | CONCLUSÕES

O nível de proteína bruta definido para abelha *Tubuna* deve ficar entre 25 e 31%, não sendo possível a determinação de um nível ótimo.

A suplementação proteica sempre deve ser acompanhada de suplementação energética ou verificação de presença de mel na colônia. A ração proteica pode ser fornecida seca, observando-se a disponibilidade de água próximo ao meliponário.

A metodologia testada e os resultados deste estudo são promissores para o desenvolvimento de pesquisas para determinação de exigências nutricionais de abelhas sem ferrão.

REFERÊNCIAS

- AMDAM, G.V.; OMHOLT, S.W. The regulatory anatomy of honeybee lifespan, **Journal of Theoretical Biology**, v.216, p.209-228, 2002.
- AZEVEDO-BENITEZ, A.L.G.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Estudo de algumas dietas artificiais visando a produção de geleia real em colmeias de *Apis mellifera*. IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3, 1998, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p.227-230.
- BÁRBARA, M.F.S.; MACHADO, C.S.; SODRÉ, G.S. et al. Caracterizações microbiológica e físico-química de pólenes armazenados por abelhas sem ferrão. **Brazilian Journal Food and Technology**, v. 21, e2017180, 2018.
- COSTA, L. **Nutrição de Operárias de Uruçu-Amarela, *Melipona Flavolineata* Friese, 1900 (Apidae: Meliponina)**. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.
- COSTA, L.; VENTURIERI, G.C. Diet impacts on *Melipona flavolineata* workers (Apidae, Meliponini). **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v.48, p.38-45, 2009.
- DRELLER, C.; TARPY, D.R. Perception of the pollen need by forager in a honeybee colony. **Animal Behaviour**, n.59, p. 91-96, 2000.
- DIAS, A.M.; FILGUEIRA, M.A.; OLIVEIRA, F.L. et al. Influência da alimentação artificial proteica no desenvolvimento de abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) (APIDAE: MELIPONINAE). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.1, p.196-206, 2010.
- FAO. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response**. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (eds.) Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil. p. 19-2. 2004.
- HERBERT, E.W.; SHIMANUKI, H.; CARON, D. Optimum protein levels required by honey bees (Hymenoptera, Apidae) to initiate and maintain brood rearing. **Apidologie**, v.8, p.141-146, 1977.
- KELLER, I.; FLURI, P.; IMDORF, A. Pollen nutrition and colony development in honey bees: part 1, **Bee World**, v.86, n.1, p.3-10, 2005.
- KERR, W.E.; et al. **Abelha Uruçu: biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte: Acangau. 1996. 144p.
- LI, C.; XU, B.; WANG, Y.; et al. Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera ligustica*). **Apidologie**, v.43, n.5, p.576-586, 2012.
- LINDAUER, M.; KERR, W.E. Communication between the workers of stingless bees. **Bee World**, v.41,

p.29-41 & 65-71, 1960.

MALAGODI-BRAGA, K. S. Abelhas: por que manejá-las para a polinização? **APACAME - Mensagem Doce** n° 80. Disponível em <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/abelhas2.htm>> Acesso em: 5 maio. 2019.

MATTILA, H.R.; OTTIS, G.W. Effects of pollen availability and Nosema infection during the spring on division of labour and survival of worker honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Entomology**, v.35, p.708-717, 2006.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão**. São Paulo: Editora Nogueirapis. 1997. 446p.

PEREIRA, F.B. **Desenvolvimento de ração proteica para abelhas *Apis mellifera* utilizando produtos regionais do nordeste brasileiro**. 2005. 192 f. Tese (Doutorado em Zootécnica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

PINHEIRO, E.B; MARACAJÁ, P.B; MESQUITA, L.X et al. Efeito de diferentes alimentos sobre a longevidade de operárias de abelhas jandaíra em ambiente controlado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.3, p. 50-56, 2009.

PRONI, E. A. Biodiversidade das abelhas indígenas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae) na bacia do rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.3, n.2, p.145-150, 2000.

ROUBIK, D.W. Stingless bee nesting biology. **Apidologie**, v.37, p.124-143, 2006.

SCHMICKL, T.; CRAILSHEIM, K. How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behavior in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.51, p.415-425, 2002.

SEREIA, M.J. TOLEDO, V.A.A.; FURLAN, A.C. et al. Alternative sources of supplements in Africanized honeybees submitted to royal jelly production. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, n.2, p.165-171, 2013.

SLAA, E.J. et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v.37, p.293-315, 2006.

STACE, P. Protein content and amino acid profiles of honeybee-collected pollens. Lismore: Bees 'N Trees Consultants, 1996. Disponível em: <<http://www.honeybee.com.au/Library/Pollenindex.html>>. Acesso em: 5 maio. 2019.

ZANELLA, F. C. V. **Apifauna da Caatinga (NE do Brasil): Biogeografia Histórica, incluindo um Estudo sobre a Sistemática, Filogenia e Distribuição das Espécies de *Caenonomada* Ashmead, 1899 e *Centris* (Paracentris) Cameron, 1903 (Hymenoptera, Apoidea, Apidea)**. 1999. 123 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2000.

ZHENG, B.; WU, Z.; XU, B. The effects of dietary protein levels on the population growth, performance, and physiology of honey bee workers during early spring. **Journal of Insect Science**, v.14, n.191, 2014.

FONTES DE ALIMENTOS USADAS POR ABELHAS *Bombus morio* (HYMENOPTERA, APIDAE) ATRAVÉS DE ANÁLISE POLÍNICA DE RESÍDUOS DE NINHO DE ÁREA URBANA

Caroline Schmitz

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
Florianópolis, Santa Catarina

Aline Nunes

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
Florianópolis, Santa Catarina

Marcelo Maraschin

Universidade Federal de Santa Catarina,
Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal
Florianópolis, Santa Catarina

Suzane Both Hilgert-Moreira

Universidade do Vale do Rio do Sinos, Laboratório
de Taxonomia Vegetal
São Leopoldo, Rio Grande do Sul.

RESUMO: As ameaças às populações nativas de polinizadores são diversas e vêm ocasionando o rápido declínio de espécies, gerando preocupação social, visto que a falta de polinizadores pode acarretar a redução ou extinção de espécies vegetais e o comprometimento da produção de alimentos. Considerando que os polinizadores são grandes promotores da diversidade genética das plantas, principalmente as utilizadas pelo homem, estudos têm buscado identificar maneiras de auxiliar na criação de novos planos de manejo e conservação de espécies. Dentre

os planos de manejo, análises polínicas, tanto de amostras de méis como cargas de pólen são empregadas para verificar a preferência dos polinizadores a espécies vegetais, o que possibilita o acompanhamento de colônias e a preservação da flora. Na região sul do Brasil, a abelha *Bombus morio* é um polinizador de espécies nativas e exóticas, características de áreas urbanas. Dessa forma, o objetivo do estudo foi realizar análises polínicas de espécies florais polinizadas por aquela espécie nativa. Para ilustrar as fontes de alimentação em uma área urbanizada, foi realizada a análise polínica de resíduos de ninho desativado. Foram encontrados quatorze tipos polínicos, distribuídos em oito famílias botânicas, com maior incidência de Melastomataceae, seguido da família Solanaceae.

PALAVRAS-CHAVE: polinização, espécies florais, gênero *Bombini* análise polínica.

SOURCES OF FOOD USED BY BEES

Bombus morio (HYMENOPTERA, APIDAE) THROUGH PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF URBAN AREA NEST RESIDUES

ABSTRACT: Threats to native populations of pollinators are diverse and have led to the rapid decline of species, and thus generating great concern, since the lack of pollinators can lead

to the reduction or extinction of plant species, as well to jeopardize food production. Considering that pollinators are great promoters of plant genetic diversity, especially those used by man, studies have sought to identify ways to assist in the creation of new species management and conservation plans. Among the management plans, pollen analyzes, both in honey samples and pollen loads are used to identify the preference of pollinator species, which allows colonies to be monitored and flora preserved. In the southern region of Brazil, the *Bombus morio* bee is a pollinator of native and exotic species, typical of urban areas. Thus, this study aimed at to carry out pollen analysis of floral species pollinated by that native bee. To illustrate the feeding sources in an urbanized area, the pollen analysis of detritus nests was performed at these sites. Fourteen pollen types were found, distributed in eight families, with a higher incidence of Melastomataceae, followed by the Solanaceae family.

KEYWORDS: pollination, floral species, Bombini, polyenic analysis.

1 | INTRODUÇÃO

A dinâmica de ecossistemas é, em grande parte, influenciada pela diversidade de animais antófilos responsáveis pela polinização das espécies vegetais (CUNHA; NÓBREGA; ANTONIALLI JUNIOR, 2014). Sem esses polinizadores grande parte das plantas não lograria êxito na reprodução sexuada. Dentre os polinizadores que se destacam na manutenção de cruzamento entre as plantas, principalmente de espécies agrícolas, a abelha possui grande impacto. Estima-se que cerca de 73% das plantas sejam polinizadas por alguma espécie de abelha (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005; D'AVILA; MARCHINI, 2013). A interação entre as abelhas e plantas garantiu aos vegetais o sucesso na polinização cruzada, que constitui uma importante adaptação evolutiva das plantas, aumentando o vigor das espécies, possibilitando novas combinações de fatores hereditários e aumentando a produção de frutos e sementes (NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2002).

Entretanto, nos últimos anos inúmeras pesquisas têm relatado o declínio nas colônias de abelhas, o que pode acarretar a redução ou até mesmo a extinção de espécies vegetais. Fatores como a expansão das áreas de produção, intensificação da agricultura, utilização demasiada de agrotóxicos e fragmentação dos habitats naturais pela urbanização têm provocado a síndrome “Colony Collapse Disorder” (CCD) no Brasil (PIRES et al., 2016). Relacionado às atividades de urbanização que levam à alteração drástica e persistente do hábitat, a construção de edifícios, estradas e áreas industriais intensificam a perda e isolamento dos habitats existentes, afetando negativamente todas as populações de abelhas (ZANETTE; MARTINS; RIBEIRO, 2005).

Espécies do gênero *Bombus* são importantes polinizadoras e têm sido afetadas pelos fatores acima mencionados. Apresentam-se amplamente distribuídas por quase todo o Hemisfério Norte e com ampla dispersão na América do Sul. No Brasil, o gênero

é representado por seis espécies, todas pertencentes ao subgênero *Fervidobombus*: *atratus* Franklin, 1913, *bellicosus* Smith, 1879, *brasiliensis* Lepageletier, 1836, *brevivillus* Franklin, 1913, *morio* Swederus, 1787 e *transversalis* Olivier, 1789, (OLIVIER, 1789; MOURE; SAKAGAMI, 1962). No entanto, estas espécies nativas do referido gênero vêm perdendo hábitat pela pressão antrópica, situação que pode ser agravada com a introdução da espécie invasora e generalista, i.e., *Bombus terrestris*. Esta espécie tem sido usada comercialmente, principalmente em plantações de tomate, e estudos já relacionam a perda de populações de espécies nativas com a introdução da invasora *B. terrestris* no norte do Japão (KADOYA et al., 2009).

A espécie *B. morio* distribuída do noroeste da América do Sul ao leste do Brasil, Uruguai e norte da Argentina sendo considerada grande polinizadora de espécies nativas e exóticas em áreas urbanas (ABDALA et al., 2014). A espécie possui hábito preferencialmente florestal, com a sua distribuição em florestas tropicais e subtropicais, bem como dos campos e cerrados moderadamente secos (MOURE; SAKAGAMI, 1962; CORTOPASSI-LAURINO; KNOLL; IMPERATRIZ-FONSECA, 2003). No entanto, há defasagem quanto ao conhecimento da espécie, visto que a redução drástica em suas populações tem sido relatada em diversos estados do Brasil (LAROCCA, 1976).

As espécies conhecidas popularmente por mamangavas são abelhas sociais de grande porte, com estruturas anatômicas especializadas que lhes permitem alcançar flores com corolas tubulares, como o tomate, sendo importantíssimas para várias culturas agrícolas, sendo, portanto, polinizadores de alta relevância (ABDALA et al., 2014). Os seus ninhos, normalmente, são encontrados acima do solo, em touceiras sem abertura definida, possibilitando a entrada por diversos locais. Um novo ninho sempre é iniciado por uma rainha solitária. Após ter selecionado um local para a construção do ninho, a rainha construirá um pote de cera para armazenar o néctar que ela coleta nas flores e, em seguida, constrói sua primeira célula para oviposição. Quando as larvas eclodem são alimentadas pela rainha que coleta pólen e néctar no campo; quando as operárias emergirem a rainha abandona as atividades de campo deixando-as para as operárias (GARÓFALO, 1976).

A colônia desenvolve-se lentamente e o intervalo de cada oviposição é entre dois a onze dias, diminuindo à medida em que a colônia aumenta. Quando a colônia alcança seu ápice, a hostilidade entre rainha e operárias aumenta e algumas se tornam aptas a construir células de cria, causando conflito e até mesmo a morte da rainha. No caso de a rainha sobreviver, inicia-se uma nova oviposição de machos e novas rainhas e, posteriormente, ocorre a morte do espécime, iniciando um novo ciclo biológico com uma nova geração. Para a espécie *B. morio*, o ciclo biológico estende-se, em média, por seis meses, chegando a produzir 500 a 600 operárias (LAROCCA, 1976).

Considerando a importância de *B. morio* na polinização, estudos têm buscado identificar maneiras de auxiliar na criação de novos planos de manejo e conservação de espécies. Dentre os planos de manejo, análises polínicas de amostras de méis e de cargas de pólen são empregadas para verificar as preferências de espécies de

polinizadores, possibilitando o acompanhamento de suas colônias e a preservação da flora. No caso específico de *B. morio*, um fator determinante ao aumento de densidade de suas populações em ambientes de cultivos agrícolas refere-se ao cuidado com o entorno das áreas cultivadas. Uma estratégia bastante conhecida para tal, considera a manutenção de áreas de preservação com plantas nativas que servirão de alimento àquela espécie (CAMILLO, 2003).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi estudar o conteúdo polínico utilizando protocolo de tratamento do resíduo polínico, i.e. o pólen residual estocado para o sustento da prole e o pólen contido nas fezes deixadas no ninho.

2 | METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A amostra de pólen foi coletada em uma área com altitude de 57 m, situada no município de Novo Hamburgo, entre as coordenadas 29°40'42"S e 51°7'50"W, há cerca de 40 quilômetros de Porto Alegre, na costa inferior do nordeste do estado do RS (FEE, 2011). A área de onde foi retirado o ninho em estudo está inserida em local urbanizado, sem grande volume de cobertura vegetal. O ninho estava em uma sala desativada de um prédio do tipo construção onde se localiza uma escola. A vegetação do local de coleta mostrou-se rica e variada, porém com reduzido espaço conservado. No entorno do ninho observou-se em maior quantidade plantas das famílias Solanaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Bignoniaceae e Rosaceae.

2.2 Processamento químico das amostras e montagem das lâminas

O material analisado foi proveniente de ninhos desativados de área escolar, contendo espécimes mortos em fase pré-emergente. O uso de um ninho desativado é um método não invasivo de estudo quanto à palinologia e nidificação de ninhos. A utilização de novos métodos de coleta pode ampliar os estudos, sem causar destruição de espécimes vivos.

O ninho foi lavado com álcool 93% (v/v) por três vezes, seguido de centrifugação para separação das fases líquida (álcool) e sólida (resíduo). Logo após, acrescentou-se ao conteúdo quatorze pastilhas contendo esporos *Lycopodium clavatum*, cerca de 10.679 grãos em cada uma, com o objetivo de obter um número absoluto de grãos de pólen (VILLANUEVA-GUTIERREZ; ROUBIK, 2004) e observar a homogeneidade na distribuição dos tipos polínicos nas lâminas. No entanto, os pólenes de *L. clavatum* foram desconsiderados na contagem microscópica.

O resíduo proveniente da centrifugação foi submetido à acetólise (hidrólise ácida) (ERDTMAN, 1966), que utiliza uma solução de anidrido acético (CH₃CO)₂O e ácido sulfúrico (H₂SO₄) na proporção de 9: 1 (v/v), para remoção do conteúdo celular do

pólen e observação da parede externa desta, i.e., exina. Devido à grande quantidade de material orgânico nas amostras, este processamento foi realizado duas vezes. Os grãos de pólen foram montados em lâminas com gelatina glicerinada lutadas com esmalte de unhas incolor.

Após acetolizado, o material foi mantido em glicerina a 50% (v/v), por 30 min e posteriormente centrifugado. As amostras foram retiradas para a montagem de 5 lâminas para análise microscópica, utilizando como meio de montagem a gelatina glicerinada.

2.3 Análise qualitativa e quantitativa das amostras

A análise polínica foi realizada utilizando um microscópio óptico Carl Zeiss®, com aumento de 400X e, quando necessário, 1000X. De cada lâmina foram contados 300 grãos de pólen (adaptado de KLEINERT et al., 2009), ao longo de transectos equitativamente distribuídos. Para identificação foram consideradas características morfológicas dos grãos tais como: tamanho, estrutura da parede do grão de pólen, incluindo ornamentações e, tipos e números de abertura. Nas classificações realizadas procurou-se incluir o tipo de pólen da menor categoria taxonômica possível.

As descrições polínicas e nomenclaturas utilizadas foram baseadas nos trabalhos de Heusser e Moar (1973), Roubik e Moreno (1991), Pire, Anzótegui e Cuadrado (1998) e Silva (2009), bem como na palinoteca de referência com material botânico coletado na região do entorno do ninho.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ninho desativado foram encontrados 46 espécimes de *B. morio* mortos em fase de pré-emergência, em células de cria sem emergir (Figura 1).



Figura 1. Ninhos desativados de área escolar contendo espécimes mortos de *B. morio* em fase pré-emergente, dos quais foram realizadas as análises polínicas.

Ao total foram analisados qualitativamente e quantitativamente 1.500 grãos de pólen. Destes, foram identificados quatorze tipos polínicos, distribuídos em oito famílias botânicas. Os pólenes encontrados foram de *Psidium guajava*, *Chamaecrista*

nictitans, *Miconia* sp.1, *Miconia* sp.2., *Passiflora* sp., *Syagrus romazoffiana*, *Solanum* sp1. *Solanum* sp.2, *Solanum* sp.3, *Mimosa* sp., *Tabebuia* sp., Melastomataceae 1, Arecaceae 1 e Arecaceae 2 (Tabela 1).

Destes quatorzes tipos polínicos, oito apresentaram maior abundância na amostra (> 2%). Os tipos polínicos com maior frequência de ocorrência foram de *Miconia* sp.2 (12%), seguido de *Miconia* sp.1 (9%), *Solanum* sp.2 (8%), *Solanum* sp.1 (6%), *Psidium guajava* (3%), *Tabebuia* sp. (3%), *Solanum* sp.3 e *Chamaecrista nictitans* com 2% (Tabela 1).

Famílias	Tipo polínico	Abundância
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. 2	24%
	<i>Miconia</i> sp. 1	17%
	<i>Tibouchina</i> sp.	2%
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp. 2	22%
	<i>Solanum</i> sp. 1	10%
	<i>Solanum</i> sp. 3	4%
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	8%
	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	2%
Arecaceae	Arecaceae 1	1%
	Arecaceae 2	1%
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp.	4%
Mimosaceae	<i>Mimosa</i> sp.	1%
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i>	4%
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	Não significativo

Tabela 1. Famílias botânicas, tipos polínicos e número de grãos de pólen detectados em amostras de ninhos desativados de *B. morio*.

De maneira geral, a riqueza de pólen coletados por *B. morio* na área urbana foi semelhante ao encontrado por CAMILLO e GAROFALO (1989) que também encontraram o gênero *Solanum* sp., *Tibouchina* sp representando as Melastomataceae e *Psidium guajava* como principais preferências para as populações de *Bombus*. Estes gêneros parecem ser de preferência desta espécie, a julgar pela frequência encontrada em com que aparecem nas amostragens de análise polínica.

A família botânica com maior representatividade foi a Melastomataceae, já citadas em outros trabalhos sobre *B. morio* (GARÓFALO; CAMILLO; SERRANO, 1989). Ao total, 3 tipos polínicos foram identificados, sendo dois deles associados ao gênero *Miconia* e um ao *Tibouchina* (Figura 2). Neste gênero com maior abundância encontram-se principalmente espécies arbóreas nativas que produzem grãos de pólen de tamanho pequeno, com cerca de 10 μ m, simetria radial e aberturas tricolporadas e tripseudocolpadas, sendo três com aberturas lalongadas e três com aberturas pseudocolpadas. Em um dos tipos polínicos da família Melastomataceae

não foi possível a identificação do gênero. Esta família botânica compreende cerca de 60 gêneros e 1.000 espécies no Brasil, sendo uma das principais famílias da flora brasileira. É bem representada em ecossistemas tropicais e subtropicais das Américas, onde são encontradas cerca de 3000 espécies (RENNER, 1993). Acredita-se que a maior ocorrência de pólen desta família se dá pela grande quantidade de espécimes no local, os quais conseguem se desenvolver em áreas perturbadas, como o local de coleta em estudo (SOUZA; LORENZZI, 2012).

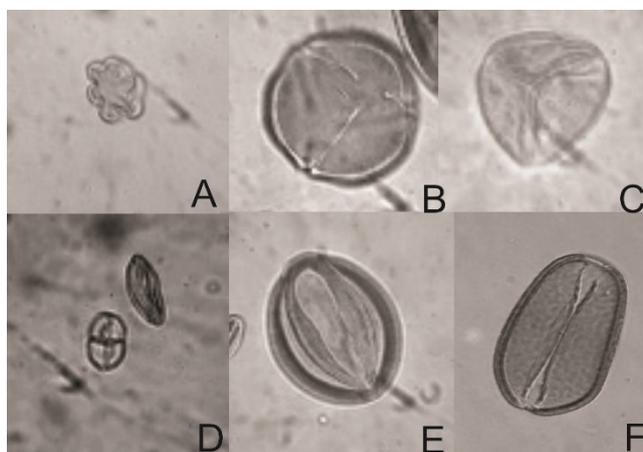


Figura 2. Microfotografias dos tipos polínicos presentes nos ninhos desativados da espécie *Bombus morio*, coletados em área urbana do município de Novo Hamburgo, RS: A- *Miconia* sp.; B- *Solanum* sp.; C- *Psidium guajava*; D- *Mimosa* sp.; E- Fabaceae e F- Arecaceae.

A segunda família com maior abundância de pólen foi Solanaceae, representada por três tipos polínicos pertencentes ao maior gênero da família, i.e. *Solanum*. O gênero foi muito representado em análises polínicas, estas coletas de pólen nas anteras poricidas são efetuadas pelo método de vibração. Os grãos de pólen deste gênero se diferenciam pelo seu tamanho (pequenos e médios), com características como o colpo longo e o poro alongado e tricolporado, apresentando simetria radial com ornamentação da exina microrreticulada. As plantas do gênero *Solanum* sp. são polinizadas principalmente por abelhas das espécies *Xylocopa carbonaria*, *Eulaema nigrita* e as operárias de *B. morio* e *B. atratus* por estas apresentarem corola rasa, permitindo o pouso diretamente nas anteras. De outra forma, as rainhas de grande porte dos gêneros *Xylocopa* sp. e *Bombus* sp. possuem maior dificuldade para forragear em espécies do gênero *Solanum* (CARVALHO et al., 2001).

Pólen da família Myrtaceae apresentaram a terceira maior frequência de ocorrência nas amostras, com apenas um tipo de grão de pólen oriundo da espécie *Psidium guajava*. O grão de pólen de *P. guajava* é pequeno, com âmbito triangular, tricolporado, com colpo longo e ornamentação de exina escabrada. A goiabeira, não constitui a preferência floral de *B. morio* em algumas regiões, apesar de ser a família Myrtaceae uma das maiores do Brasil (SOUZA; LORENZZI, 2012). As flores desta espécie são geralmente polinizadas na região norte-nordeste por espécies dos gêneros *Trigona* sp. e *Melipona* sp. (CASTRO, 2002). De interesse, ressalta-se que

nas regiões sudeste e sul *B. morio* demonstra o hábito de forragear esta espécie mais frequentemente em relação às demais regiões do país (GARÓFALO; CAMILLO; SERRANO, 1989).

A quarta família botânica doadora de pólen, i.e., Arecaceae, foi representada por 3 espécies, porém somente *Syagrus romanzoffiana* foi identificada. Os grãos de pólen da família Arecaceae são muito distintos e, no caso de *S. romanzoffiana*, seu pólen é de tamanho médio a grande, com simetria bilateral, heteropolar, piriforme, monossulcado e com exina microrreticulada. Os demais tipos polínicos não identificados quanto às espécies botânicas doadoras, além da exina microrreticulada, mostraram-se bicolorados, sendo que Arecaceae 2 apresentou uma extremidade arredondada e outra cônica, com um poro terminal.

As demais famílias botânicas foram representadas por apenas um exemplar polínico. Os grãos de pólen atribuídos ao gênero *Tabebuia* sp. possuem tamanho médio a grande, simetria radial, com ângulo subtriangular e exina microrreticulada. O grão de pólen de *Mimosa* sp. é pequeno e o único de morfologia políade com ângulo esférico, formado por quatro grãos de pólen com exina rugulada. O grão de pólen de *Chamaecrista nictitans* é grande, radial, tricolorado e com endoabertura alongada. O gênero *Passiflora* sp. possui um grão de pólen grande e polar, um colpo longo unindo-se longitudinalmente nas extremidades e exina reticulada-heterobrocada (Figura 2) (BAUERMANN, 2013).

Algumas flores das famílias botânicas de maior representatividade, como Melastomataceae e Solanaceae, são geralmente polinizadas por abelhas que coletam o pólen disposto em anteras tubulosas, com forma variável, mas quase sempre com deiscência poricida. Estas abelhas abraçam as anteras e efetuam movimentos vibratórios para extrair o pólen das anteras, efetuando polinização vibrátil, “*buzz pollination*” (BUCHMANN, 1983). As abelhas que realizam o *buzz pollination*, como os gêneros *Bombus*, *Eulaema* e *Xylocopa*, são de extrema importância para novos estudos, pois a flora necessita obrigatoriamente destes polinizadores para a sua reprodução. Estas abelhas por serem mais lentas carregam um número maior de pólen em seus forrageios, aumentando a probabilidade de uma fecundação (CARVALHO et al., 2001).

A espécie *B. morio* possui grande importância na cadeia polinizadora de espécies vegetais com flores com anteras poricidas. Para as abelhas acessarem o pólen das anteras poricidas é necessário que estas realizem a vibração floral. As espécies de abelhas que o fazem podem ser de tamanho médio ou pequeno e são capazes de vibrar indiretamente os músculos das asas, causando a vibração floral e, como consequência, a eliminação do pólen de dentro das anteras (BUCHMANN, 1983).

Há dados que apontam que as populações de polinizadores já estão em declínio, com evidências fortes no hemisfério norte e na Europa (POTTS et al., 2010). No Brasil não há dados significativos para uma avaliação concreta até o momento. As áreas de cultivos agrícolas, antes restritas a determinadas regiões e com matas

nativas no entorno, agora compreendem grandes centros urbanos em seu entorno, reduzindo drasticamente o nicho ecológico das abelhas. A importância em utilizar árvores nativas em grande quantidade também em centros urbanos pode auxiliar na oferta de alimentos para os insetos polinizadores, aumentando a abundância destes. Sugere-se incrementar o uso de espécies de floração longa em ambientes urbanos, pois representam uma fonte de recursos garantida às populações de abelhas da área e podem ser ainda uma fonte extra àquelas de matas circunvizinhas (NEWSTROM; FRANKIE; BAKER, 1994).

4 | CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostram quais espécies vegetais foram utilizadas em área urbana por uma população de *Bombus morio*. Os resultados são semelhantes aos trabalhos já realizados na região sudeste do país. Este tipo de trabalho pode servir de auxílio para compor estratégias de conservação e preservação de espécies vegetais em ambientes urbanos, as quais proverão alimentação aqueles insetos polinizadores tão importantes.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, F. C. et al. Larval development of Physocephala (Diptera, Conopidae) in the bumble bee *Bombus morio* (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 4, p. 343-348, 2014.
- BAUERMANN, S.G. et al. **Pólen nas angiospermas: diversidade e evolução**. Canoas: Ed. Ulbra, 2013. 216p.
- BENAVIDES, M. L. A. **Aspectos da biologia reprodutiva de *Bombus morio* (Swederus) e *Bombus atratus* (Franklin) Hymenoptera, Apidae**. 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- BUCHMANN, S. L. Buzz pollination in Angiosperms. In: **Handbook of experimental pollination biology** (C.E. Jones & R.J. Little, eds.) Van Nostrand Reinhold, New York, p. 73-113, 1983.
- CAMILLO, E. **Polinização do Maracujá**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2003. 44 p.
- CAMILLO, E.; GAROFALO, C. A. Analysis of the niche of two sympatric species of *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) in southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 1, p. 81-92, 1989.
- CARVALHO, C. A. L. et al. Foraging behavior of bees (Hymenoptera, Apoidea) in flowers of *Solanum palinacanthum* dunal (Solanaceae). **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 3, n. 1, p. 35-44, 2001.
- CASTRO, M. S. Bee Fauna of some tropical and exotic fruits: Potential pollinators and their conservation, p. 275-288. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (eds.). **Pollinating bees the conservation link between agriculture and nature**. Brasília, Ministry of Environment, 2002. 313p.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; KNOLL, F. R. N.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Nicho trófico

e abundância de *Bombus morio* e *Bombus atratus* em diferentes biomas brasileiros. **Apoidea Neotropica**, v. 90, p. 285-295, 2003.

CUNHA, A. S.; NÓBREGA, M. A. S.; ANTONIALLI JUNIOR, W. F. Insetos polinizadores em sistemas agrícolas. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 18, n. 4, p. 185-194, 2014.

D'AVILA, M.; MARCHINI, L. C. Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, n. 1, p. 79-90, 2013.

ERDTMAN, G. The acetolysis method in a revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, v. 54, n. 4, p. 561-564, 1966.

FEE. **Resumo estatístico do município de Novo Hamburgo**. Porto Alegre, 2011.
Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Novo+Hamburgo>. Acesso em: 13 de jun. 2019.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, v. 80, p. 44-46, 2005.

GARÓFALO, C. A. **Evolução do comportamento social visualizada através da ecologia de *Bombus morio* (Hymenoptera, Bombinae)**. 1976 Tese (Doutorado em Ciências Biológicas-Genética) Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto, Brasil, 1976.

GARÓFALO C. A.; CAMILLO, E.; SERRANO, J. C. Espécies de abelhas do gênero *Centris* (Hymenoptera, Anthophoridae) nidificando em ninhos-armadilha. **Ciência e Cultura**, v. 41, p. 799, 1989.

KADOYA, Taku et al. Using monitoring data gathered by volunteers to predict the potential distribution of the invasive alien bumblebee *Bombus terrestris*. **Biological Conservation**, v. 142, n. 5, p. 1011-1017, 2009.

HEUSSER, C. J.; MOAR, N. T. Pollen and spores of Chile: Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. **New Zealand Journal of Botany**, v. 11, n. 2, p. 389-391, 1973.

KLEINERT, A. M. P. et al. Abelhas sociais (Meliponini, Apini, Bombini). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.) **Bioecologia e nutrição de insetos—Base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 373–426, 2009.

LAROCCA, S. Sobre a bionomia de *Bombus morio* (Hymenoptera, Apoidea). **Acta Biológica Paranaense**, v. 5, n. 1-2, p. 107-127, 1976.

MOURE, J. S.; SAKAGAMI, F. As abelhas sociais do Brasil (*Bombus* Latr.)(Hym. Apoidea). **Studia Entomológica**, v. 5, p. 65-194, 1962.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141-159, 1994.

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 191 p.

OLIVIER, G. A. **Encyclopédie Méthodique, histoire naturelle, Publiée par une société de gens de lettres, de savans et d'artistes**. Insectes. Paris, Liège, v. 4, 1789. 331p.

PIRE, S. M.; ANZÓTEGUI L. M.; CUADRADO G. A. **Flora polínica del nordeste Argentino**.

Corrientes: Editora de la universidad nacional de Nordeste, 1998. 144p.

PIRES, C. S. S. et al. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

POTTS, S. G. et al. "Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and drivers". **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

RENNER, S. S. Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. **Nordic Journal of Botany**, v. 13, n. 5, p. 519-540, 1993.

ROUBIK, D. W.; MORENO, J. E. **Pollen and spores from Barro Colorado Island**. Missouri: Missouri Botanical Garden, 1991. 270p.

SILVA, C. I. **Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de Xylocopa (Hymenoptera - Apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito triângulo mineiro**. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2009. 294 p.

SOUZA, V. C.; LORENZZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação de famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil**. 3 ed. São Paulo: Editora Nova Odessa, 2012. 767p.

VILLANUEVA-GUTIERREZ, R.; ROUBIK, D. W. Why are African honey bees and not European bees invasive? Pollen diet diversity in community experiments. **Apidologie**, v. 35, n. 5, 481–491, 2004.

ZANETTE, L. R. S.; MARTINS, R. P.; RIBEIRO, S. P. Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. **Landscape and Urban Planning**, v. 71, p. 105-121, 2005.

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NO FLUXO DE ENTRADA DE GRÃOS DE PÓLEN E SUA COLORAÇÃO EM COLMEIAS DE ABELHAS DO GÊNERO *Apis mellifera* L

Antonio Geovane de Moraes Andrade

Tecnólogo em Agronegócio; Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão Central.

Quixeramobim – Ceará.

Rildson Melo Fontenele

Professor do Curso de Tecnologia em Gestão em Agronegócio; Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão Central.

Quixeramobim – Ceará.

Antonio Jonas Cardoso Siqueira

Tecnólogo em Agronegócio; Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão Central.

Quixeramobim – Ceará.

Raquel Miléo Prudêncio

Aluna do Curso de Tecnologia em Gestão em Agronegócio; Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão Central.

Quixeramobim – Ceará

Antonio Rodolfo Almeida Rodrigues

Aluno do Curso de Tecnologia em Agronegócio; Faculdade de Tecnologia CENTEC/FATEC Sertão Central.

Quixeramobim – Ceará

RESUMO: A criação de abelhas (*Apis mellifera* L.) depende parcialmente da qualidade e da quantidade do recurso polinífero coletado pelas abelhas, uma vez que, fatores ambientais podem intervir diretamente nessa atividade. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar

a influência de fatores ambientais no fluxo de entrada de grãos de pólen e sua coloração em colmeias de abelhas do gênero *Apis mellifera* L. O experimento foi realizado em seis dias seguidos com intervalo de uma semana entre eles no período de junho a julho de 2018. Procederam-se cinco avaliações, uma em cada dia, buscando avaliar a velocidade do vento, expressa em m/s, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, coloração de pólen e número de abelhas que entraram na colmeia com pólen. A cada dia foram realizadas avaliações com duração de dez minutos por colmeia. Durante os dez minutos de avaliação foram anotados os dados de temperatura, umidade, velocidade do vento e realizada a filmagem das abelhas campeiras que entraram nas colmeias para posterior contagem das mesmas. Após os dez minutos de avaliação, foi retirado o pólen do coletor e feita a contagem. A determinação da entrada de abelhas campeiras e de grãos de pólen foram feitas em três colmeias simultaneamente. Os principais fatores ambientais que exercem influência na entrada de pólen nas colmeias são umidade relativa do ar e velocidade do vento. A umidade relativa acima de 70% exerce influência positiva na entrada de pólen nas colmeias. Já a velocidade do vento acima de 2,5 m/s influencia de forma negativa a entrada de pólen nas colmeias. O horário que há maior quantidade de pólen coletado é de 07 h e 30

min. Sendo que, a maior disponibilidade de pólen na área experimental é de coloração verde escura e branca.

PALAVRAS-CHAVE: pasto apícola, produto apícola, recurso polinífero.

ABSTRACT: Beekeeping (*Apis mellifera* L.) depends partly on the quality and quantity of the polliniferous resource collected by bees, since environmental factors can intervene directly in this activity. The objective of this work was to evaluate the influence of environmental factors on the flow of pollen grains and their coloration in bee hives of the genus *Apis mellifera* L. The experiment was carried out in six consecutive days with a one-week interval between them from June to July 2018. Five evaluations were carried out, one each day, seeking to evaluate the wind speed, expressed in m/s, at room temperature, relative air humidity, pollen coloration and number of bees that entered the hive with pollen. Each day ten-minute evaluations were carried out per hive. During the ten minutes of evaluation were recorded the data of temperature, humidity, wind speed and filming of the bees champion who entered the hives for later counting. After ten minutes of evaluation, the pollen was collected from the collector and counted. The determination of the entrance of chamfer bees and pollen grains was made in three hives simultaneously. The main environmental factors that influence the entry of pollens in hives are relative humidity and wind speed. The relative humidity above 70% exerts a positive influence on the entry of pollen into hives. The wind velocity above 2.5 m/s negatively influences the entry of pollen into hives. The time that there is more amount of pollen collected is of 07 h and 30 min. The highest availability of pollen in the experimental area is dark green and white.

KEYWORDS: beekeeping, bee product, polliniferous resource.

1 | INTRODUÇÃO

A criação de abelhas (*Apis mellifera* L.) é uma atividade lucrativa e pode ser praticada pelo pequeno produtor rural ou agricultor familiar, com bons resultados. Mas para isso, além de adotar as técnicas corretas, o criador precisa encarar a atividade como um negócio (EMBRAPA, 2007). Essa criação tem a finalidade de produzir mel, pólen apícola, própolis, geleia real, cera, apitoxina (veneno das abelhas para uso medicinal) e, o mais importante, contribuir com o aumento da produção e produtividade agrícola por meio da polinização (SENAR, 2010).

Os produtos apícolas dependem diretamente da abundância e da qualidade das flores, e o Brasil se destaca como um país com grande potencial para a produção de mel, por apresentar floradas diversificadas durante todo o ano (SEKINE, 2011). Diante do exposto, o estado do Ceará é um dos promissores para a produção de pólen apícola orgânico e do tipo exportação. Contudo, esse produto ainda é pouco explorado. A maior produção de pólen apícola neste estado ocorre durante o período chuvoso, variando entre 28 até 700 g/colmeia/mês (LIMA, 1995).

As abelhas alimentam-se basicamente do néctar e pólen das flores, assim, o

fundamento da exploração apícola é baseado na vegetação floral existente em uma localidade (PEREIRA *et al.* 2006).

A atividade das operárias é ajustada de acordo com as necessidades da colônia, e estas necessidades podem variar grandemente dependendo das condições internas e externas da colônia (DRELLER; TARPY, 2000; CALDERONE; JOHNSON, 2002). Assim, a atividade de coleta de alimentos, o tipo de alimento e o horário de maior coleta, dependem de características como: o caráter genético da colônia, a quantidade de néctar disponível, a concentração de açúcar nas flores, a hora do dia, fatores ambientais e as espécies das plantas (FUNARI, 1985).

O desenvolvimento de uma colônia depende parcialmente da qualidade e da quantidade do recurso polinífero coletado pelas abelhas uma vez que o pólen é essencial para a nutrição de larvas e adultos de *Apis mellifera* (DIETZ, 1992; ZERBO; MORAES; BROCHETTO-BRAGA, 2001).

Diante disso, este trabalho objetivou avaliar a influência de fatores ambientais no fluxo de entrada de grãos de pólen e sua coloração em colmeias de abelhas do gênero *Apis mellifera* L.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um apiário situado no Sítio Serrote no município de Pedra Branca – CE, localizado sob as coordenadas geográficas Latitude 5°31'26.96”S e Longitude 39°45'17.58” (Figura 1).



Figura 1 - Local de realização do experimento.

Fonte: Google Earth (2018).

O experimento foi realizado em seis dias seguidos com intervalo de uma semana entre eles no período de junho a julho de 2018. Procederam-se cinco avaliações, uma

em cada dia, buscando avaliar a velocidade do vento, em m/s, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, coloração de pólen e número de abelhas que entraram na colmeia com pólen.

Entre cada avaliação diária tinha um intervalo de duas horas, dando-se início as 05 h e 30 min, 07 h e 30 min, 09 h e 30 min, 11 h e 30 min, 13 h e 30 min, 15 h e 50 min e 17 h e 30 min. Foram selecionadas três colmeias consideradas como “fortes” ou mais povoadas. Após o processo de seleção destas, procedeu-se a colocação dos coletores de pólen em cada uma, com tempo de adaptação de um dia, para que não houvesse interferência no fluxo de entrada de pólen na colmeia.

A cada dia foram realizadas avaliações com duração de dez minutos por colmeia, e durante os dez minutos de avaliação foram anotados os dados de temperatura, umidade, vento e filmagem das abelhas que entraram nas colmeias. Após os dez minutos de avaliação foram retirados os pólenes do coletor e feita a contagem e posteriormente foi feita a contagem das abelhas que entraram na colmeia. Esse procedimento foi realizado em três colmeias simultaneamente.

Para auxiliar na contagem de abelhas que entravam na colmeia foram utilizadas câmeras para ter uma maior precisão na contagem das abelhas. A contagem dos grãos de pólen foi feita de forma manual e separados por cor, fazendo a contagem de grão em grão. Já para coleta do pólen foi colocado um coletor de pólen nas colmeias.

Para coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, foi usado um termohigrômetro. Os mesmos foram posicionados próximos das colmeias. Já para medir a velocidade do vento (m/s), utilizou-se um anemômetro que também foi posicionado próximo das colmeias.

Após a obtenção dos dados, os mesmos foram tabulados em planilhas do programa Microsoft Excel para realização da análise descritiva dos mesmos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que as variações de 22° a 30° C de temperatura apresentadas na Figura 2 não demonstraram influenciar de maneira significativa a taxa de coleta de pólen pelas abelhas campeiras. O pico de fluxo de entrada e saída de abelhas se situou no horário das 07 h e 30 min, tendo uma redução à medida que a velocidade do vento e a umidade do ar diminuíram. Os fatores climáticos podem atuar isoladamente ou em conjunto e interferir no padrão de forrageamento de *Apis mellifera* (PEGORARO *et al.* 2012).

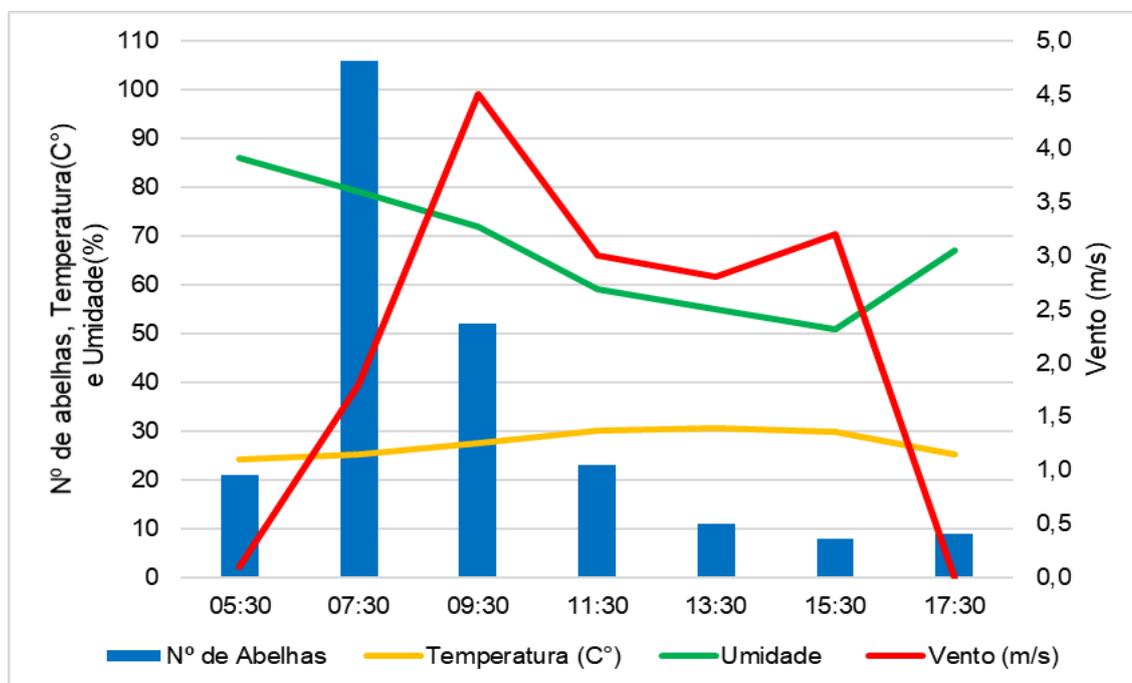


Figura 2 - Fluxo de entrada de abelhas campeiras nas colmeias e fatores ambientais, por horário.

A umidade relativa do ar, por sua vez, mostrou significativa influência no fluxo de entrada de pólen. A partir da análise da Figura 2, nota-se que a diminuição da umidade parece exercer uma influência negativa no fluxo de entrada de pólen na colmeia quando se encontra abaixo dos 70%. Dados estes que corroboram com os achados de Ferreira (2014), que afirma que a umidade relativa do ar tem influência no fluxo de entrada de pólen na colmeia.

A maioria das espécies de abelhas aumenta a atividade de forrageio nos períodos em que a temperatura e a intensidade luminosa estejam elevadas, e tanto a umidade relativa do ar e velocidade do vento estejam baixas (SOMMEIJER *et al.* 1983; HILÁRIO *et al.* 2000; KASPER *et al.* 2008).

No que se refere à velocidade do vento, observa-se uma influência negativa no fluxo de entrada de pólen a partir de 2,5 m/s, no horário de 09 h e 30 min, já que esse horário apresentou a maior velocidade do vento. Há que se ressaltar que o baixo fluxo de entrada no horário de 05 h e 30 min acredita-se que seja em virtude da abertura das flores, dado o fato de ser um horário com pouca iluminação solar.

Os fatores que mais exerceram influência na entrada de abelhas foram umidade e velocidade do vento. Porém, esses fatores foram significativos, porque influenciaram em conjunto, pois no trabalho de Silva *et al.* (2013), nos horários que a velocidade do vento estava mais elevada, outras variáveis estariam estimulando as abelhas para efetuarem mais forrageios de coleta de recursos, dessa forma essa variável não.

Houve uma grande interferência das variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) sobre as atividades de forrageio das abelhas no decorrer do dia (Figura 3). Resultado diferente do trabalho de Silva *et al.* (2013),

onde os mesmos explicam que a pouca interferência das variáveis ambientais pode ter sido influenciada pela quantidade de néctar disponível durante o dia.

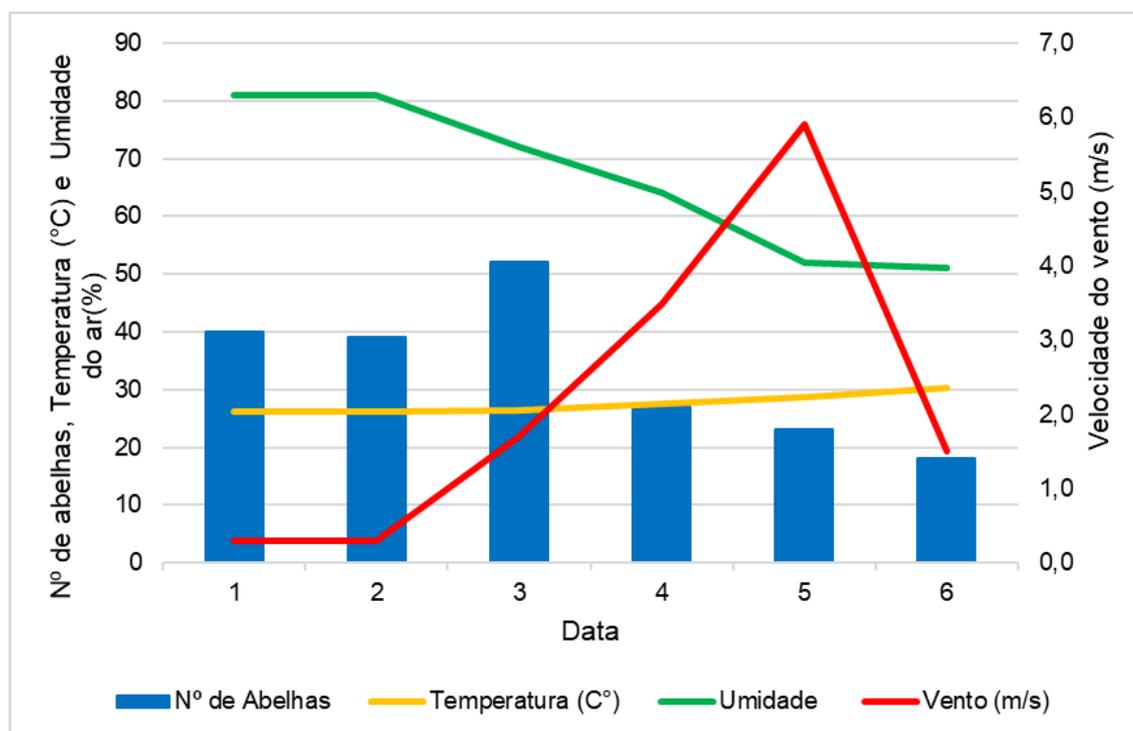


Figura 3 - Fluxo de entrada de abelhas campeiras nas colmeias e fatores ambientais, por dia.

Diante do exposto acima, observou-se que ao longo dos dias as variáveis umidade do ar e velocidade do vento exerceram influência negativa no fluxo de entrada de pólen. Já as variações de temperatura mostradas na Figura 3 não demonstraram exercer influência significativa.

Outros fatores podem estar relacionados a essa variação temporal na coleta de pólen. De maneira geral, pode ocorrer por vários fatores, dentre eles destacam-se o florescimento de uma ou mais espécies de plantas localmente abundantes; variações nas condições climáticas; tamanho das colônias; e quantidade de área de cria e idade da rainha (PANKIW *et al.*, 1998; KELLER; IMDORF, 2005; DIMOU; THRASYVOULOU, 2007; REBOLLEDO *et al.* 2011).

É importante destacar que o pico da velocidade do vento ocorreu entre o quarto e sexto dia de avaliação. Nesse sentido, nota-se a grande interferência desse fator ambiental no forrageamento das abelhas. Porém, as leituras de velocidade do vento são inferiores aquelas feitas por Lundie (1925), de 16 a 21 mph (7,2 m/s e 9,4 m/s, respectivamente), consideradas como prejudiciais ao vôo das abelhas do gênero *Apis mellifera*.

Observou-se quatro diferentes cores para os pólenes coletados, sendo estas: amarelo, laranja, verde escuro e branco (Figura 4). Essa coloração se dá pela presença de espécies característica da Caatinga na área experimental como: marmeleiro (*Roton sonderianus* Muell. Arg.), angico-de-bezerro (*Pityrocarpa moniliformis* Benth.), mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.), Jitirana (*Ipomoea bahiensis* Willd.) e

bamburram (*Mesosphaerum suaveolens* L.).

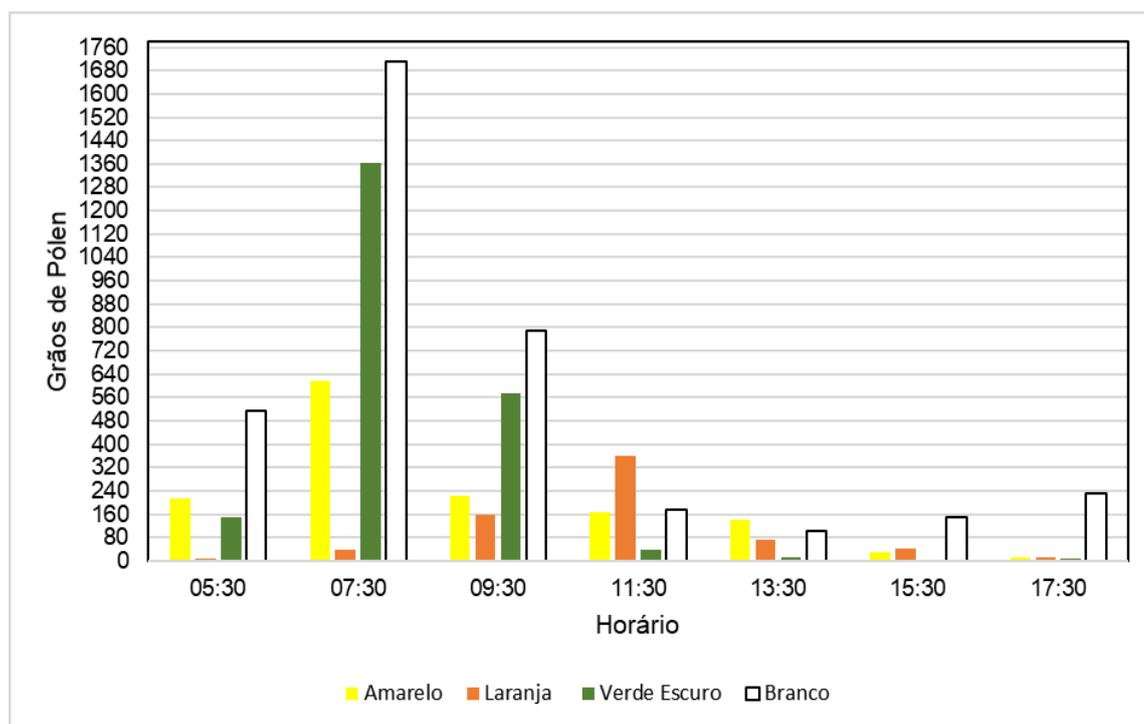


Figura 4 - Fluxo de entrada de grãos de pólen de diferentes cores nas colmeias de acordo com o horário.

A partir da análise dos dados encontrados, nota-se uma preferência das abelhas pelos pólenes de coloração verde escura e branca. Onde, o fluxo de entrada desses tipos de pólenes teve um pico de coleta às 07 h e 30 min, seguido por uma diminuição da quantidade a partir de 11 h e 30 min. Tal fato se deve provavelmente à disponibilidade de pólen de tal coloração.

O pico de entrada de pólen está relacionado diretamente com a atividade de forrageamento, influenciado pelos fatores: temperatura, umidade do ar e velocidade do vento (Figura 1). Sendo que, se observou uma preferência pela busca desse tipo de alimento em horários onde a temperatura e velocidade do vento estavam baixas e a umidade relativa do ar alta.

O horário de maior entrada de pólen foi de 07 h e 30 min, entrando em declínio durante o restante do dia. Dessa forma, a baixa entrada de pólen nos outros horários pode estar relacionada com a disponibilidade do mesmo na natureza.

Os pólenes da coloração branca e verde mostraram-se predominantes em relação aos demais (Figura 5). Sendo que, a quantidade de pólen coletada teve seu pico no terceiro dia para todas as cores, reduzindo no quarto dia em diante. Essa diminuição na quantidade de pólen coletada se deve, provavelmente, à pouca disponibilidade de pasto apícola, em virtude do final da estação chuvosa na região.

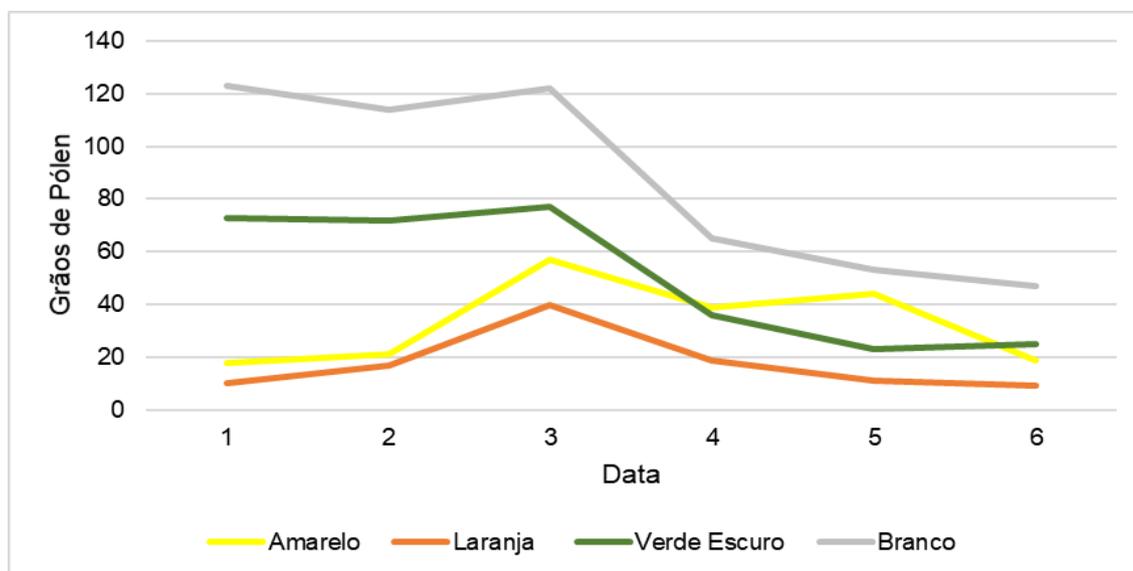


Figura 5 - Fluxo de entrada de pólen de diferentes colorações nas colmeias de acordo com a data.

Os resultados obtidos nesse trabalho foram semelhantes aos obtidos por Ferreira (2014), no que se referem às variáveis umidade relativa do ar e temperatura. Entretanto, diferindo quanto ao horário de maior fluxo de entrada de pólen, bem como a disponibilidade por determinada coloração.

Ainda para Ferreira (2014), o horário de maior fluxo de entrada de abelhas foi o de 05 h e 30 min. Neste trabalho o maior fluxo de entrada de abelhas foi no de 07 h e 30 min. Já em relação à coloração do pólen, Ferreira (2014), cita que os mais abundantes foram os de colorações branca e amarela, diferindo dos resultados obtidos nesse trabalho que foram os de colorações branca e verde escura.

4 | CONCLUSÕES

Os principais fatores ambientais que exercem influencia na entrada de pólen nas colmeias são umidade relativa do ar e velocidade do vento.

A umidade relativa acima de 70% exerce influência positiva na entrada de pólen nas colmeias.

A velocidade do vento acima de 2,5 m/s influencia de forma negativa a entrada de pólen nas colmeias.

O horário que há maior quantidade de pólen coletado é de 07 h e 30 min.

A maior disponibilidade de pólen na área experimental é de coloração verde escura e branca.

REFERÊNCIAS

DRELLER, C.; TARPY, D. R. Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony. **Animal Behaviour**, London, v.59, p.91-96, 2000.

DIETZ, A. Nutrition of the adult honey bee. In: GRAHAM, J. M. (Dd.). **The hive and the honey bee**. Hamilton: Dadant, 1992. p.125-156.

EMBRAPA. **ABC da Agricultura Familiar: Criação de abelhas (apicultura)**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 122p.

SENAR. **Abelhas *Apis mellifera*: instalação do apiário**. 2. ed. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, SENAR, 2010. 81p.

FERREIRA, J. L. **Práticas de extensão, pesquisa, manejo e produção de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) no Sertão Central, Quixeramobim-CE**. 2014. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FUNARI, S. R. C. **Atividades de coleta, vôo e morfometria em *Apis mellifera* L.** 1985. 163p. Tese de Doutorado em Zootecnia apresentada a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita", Botucatu, 1985.

LIMA, A. O. N. **Pólen coletado por abelhas africanizadas em apiário comercial na Caatinga cearense**. 1995. 118f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LUNDIE, A. E. **The flight activities of the honeybee**. 1925. USDA Dept. Bul. v.1328, p1-37.

PANKIW, T.; PAGE JR, R.E.; FONDRK, M. K. Brood pheromone stimulates pollen foraging in honey bees (*Apis mellifera*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.44, n.3, p.193-198, 1998.

PEGORARO, A.; NETO, A. C.; LAZZARI, S. M. N.; COSTA, D. C. P. B.; RODRIGUES, S. R. N. Forrageamento de *Apis mellifera* L. em inflorescência de *Symplocos tenuifolia* Brand. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias Ambientais**. Curitiba, v.10, n.4, p.327-334, 2012.

SEKINE, E. S. **Flora apícola, caracterização físico-química e polínica de amostras de mel de *apis mellifera* L., 1758 em apiários nos municípios de Ubiratã e Nova Aurora (PR)**. 2011. 40p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2011.

SOMMEIJER, M. J.; G. A. DEROOY, W. PUNT; L. L. M. BRUIJN. A comparative study of foraging behavior and pollen resource of various stingless bees (Hym., Meliponinae) and honey bees (*Hym., Apinae*) in Trinidad, West-Indies. **Apidologie**, v.14, p.205-224, 1983.

SILVA, K. N.; DUTRA, J. C. S.; NUCCI, M.; PALATTO, L. P. Influência dos Fatores Ambientais e da Quantidade de Néctar na Atividade de Forrageio de Abelhas em Flores de *Adenocalymma bracteatum* (Cham.) DC. (*Bignoniaceae*). **Entomo Brasilis**, v.6, n.3, p.193-201, 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

ALEXANDRE IGOR AZEVEDO PEREIRA é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012. Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abelha sem Ferrão 25, 36, 45, 63, 64

Alimento Artificial 63

Análise Polínica 8, 75, 79, 80

Análises 5, 25, 28, 29, 32, 34, 35, 36, 37, 46, 49, 75, 77, 79, 81

Aplicações 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10

Applications 1

B

Bees 7, 1, 14, 21, 22, 23, 24, 26, 33, 34, 35, 36, 37, 42, 43, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 73, 74, 75, 83, 85, 87, 94

Biotechnology 1

Biotecnologia 1, 8, 13, 66

C

Composição Físico-Química 5, 25, 26, 34

Conectividade da Paisagem 49

Conservação 5, 6, 16, 34, 49, 61, 63, 73, 75, 77, 83, 85

E

Espécies Florais 5, 75

G

Grãos de Pólen 2, 13, 14, 16, 27, 78, 79, 80, 81, 82, 86, 88, 89, 92

I

Insetos Polinizadores 13, 14, 83

Interações Ecológicas 49

M

Mel 6, 15, 16, 17, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 87, 94

Meliponicultura 26, 33, 64, 65

Mel Silvestre 26, 28

N

Nanotechnology 1, 10, 12

Nanotecnologia 1, 5, 8, 9, 10, 11

Nutrição Apícola 14

P

Pasto Apícola 15, 16, 87, 92

Polinização 2, 14, 21, 26, 27, 63, 64, 65, 74, 75, 76, 77, 82, 83, 84, 87

Polinizadores 13, 14, 26, 27, 34, 49, 61, 64, 75, 76, 77, 78, 82, 83, 84

Produto Apícola 87

Própolis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 27, 87

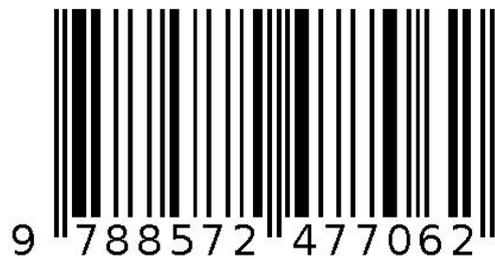
Q

Qualidade de Mel 26

R

Recurso Polinífero 86, 87, 88

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-706-2



9 788572 477062