



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL – PR
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

REMILI CRISTIANI GRANDO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL SENSORIAL DE MÉIS DE
ABELHAS NATIVAS, SEM FERRÃO, ORIUNDAS DA REGIÃO CENTRO-SUL DO
ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

LARANJEIRAS DO SUL - PR

2018

REMILI CRISTIANI GRANDO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL SENSORIAL DE MÉIS DE
ABELHAS NATIVAS, SEM FERRÃO, ORIUNDAS DA REGIÃO CENTRO-SUL DO
ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Helen Treichel
Coorientador: Prof.^o Dr.^o Luciano Tormen

LARANJEIRAS DO SUL - PR

2018

PROGRAD/DBIB – Divisão de Bibliotecas

Grando, Remili Cristiani

Caracterização físico-química e perfil sensorial de méis de abelhas nativas, sem ferrão, oriundas da região centro-sul do Estado do Paraná, Brasil / Remili Cristiani Grando. – 2018.

98 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Helen Treichel

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano Tormen

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - PPGCTAL, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.

1. Compostos fenólicos totais. 2. Elementos químicos. 3. Meliponinae. I. Treichel, Helen, orient. II. Tormen, Luciano, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título

REMILI CRISTIANI GRANDO

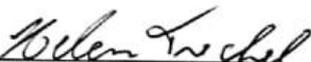
TÍTULO: "CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL SENSORIAL DE MÉIS DE ABELHAS NATIVAS SEM FERRÃO ORIUNTADAS DA REGIÃO CENTRO-SUL DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL".

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* - **Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos** – PPGCTAL da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos, defendido em 10/08/2018.

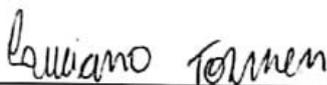
Presidente da Banca: Prof. Dr. Luciano Tormen

Aprovado em: 10 / 08 / 2018

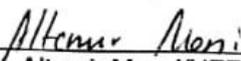
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Helen Treichel/UFFS



Prof. Dr. Luciano Tormen/UFFS



Prof. Dr. Altemir Mossi/UFFS



Prof.^a. Dr.^a. Larissa Canhadas Bertan/UFFS

Laranjeiras do Sul/PR, agosto de 2018

Dedicatória

A Deus.

Aos, mais especiais, meus admirados pais, Antonio e Mereci.

As minhas queridas irmãs, Cler e Keila,

E ao Wilian, com carinho especial.

Muito obrigada a todos vocês, por me ensinarem sempre a ser persistente e seguir em frente. Vocês são minha inspiração, meu alicerce!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela presença sublime em todos os momentos da minha vida e a fé que me fortalece a cada dia.

Por sempre se fazerem presentes em minha vida, pelo amor incondicional, conselhos, motivação, compreensão, carinho e principalmente pela paciência, agradeço aos meus queridos pais, Antonio e Mereci, as minhas irmãs Cler e Keila, e ao meu noivo Wilian. Vocês são o motivo de toda minha inspiração, determinação e caráter. Não esqueçam jamais: vocês são meu alicerce!

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Helen Treichel, e ao coorientador Prof.^o Dr. ^o Luciano Tormen, agradeço por todo conhecimento transmitido, pela paciência, acessibilidade, compreensão, carinho, amizade, incentivo e principalmente pela atenção em todos os momentos em que se dedicaram a me orientar. Tenho a absoluta certeza que os senhores proporcionaram meu crescimento pessoal e intelectual, mostrando-me os melhores caminhos a seguir. Muito obrigada por confiarem em mim.

Às professoras Dr.^a Larissa Canhadas Bertan, Dr.^a Cátia Tavares dos Passos Francisco e ao professor Dr.^o Altemir José Mossi, por aceitarem ser membros examinadores dessa pesquisa. Tenho um carinho imenso, muita gratidão por todos os ensinamentos e conselhos que, diretamente ou indiretamente, fizeram-me crescer ao longo desses anos. Além disso, agradeço pelas oportunidades em desenvolver pesquisas em parcerias e expandir meus horizontes.

Aos mestres e doutores que passaram por minha formação, desde a base até a pós-graduação, pelos ensinamentos, conversas, incentivos, auxílios e amizades.

Aos meus queridos familiares, em especial a Giovana e a Ana, por todo apoio, incentivo, horas de conversas que me trouxeram paz e sabedoria.

A todos os meus amigos de longa data, por compreender minha ausência. Vocês, de alguma forma sempre estiveram presentes, física ou emocionalmente. Aos amigos que a graduação me trouxe e perpetuam até os dias de hoje, Cristian Cristofel e Naiane Malherbi. Aos novos amigos que a pós conduziu, em especial a Daniella Pillati Riccio, e aos colegas de laboratório. Agradeço pelos conhecimentos transmitidos, pelas amizades, momentos de alegrias, experiências vividas e por todo auxílio.

Aos técnicos de laboratórios Ellen, Fernanda, Sílvia, Marcelo e Edmilson, pela atenção.

A todos os servidores da Universidade Federal da Fronteira Sul, que prestaram auxílio e atenção ao longo de todos esses anos.

E a todos que se fizeram presentes em minha vida acadêmica, contribuíram e participaram para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar a caracterização físico-química e microbiológica, além disso foi avaliado o perfil sensorial de três méis de abelhas nativas sem ferrão *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, e *Scaptotrigona postica*, obtidos na região Centro-Sul do Estado do Paraná, a fim de comparar as características entre as espécies. Sete amostras foram caracterizadas por meio das análises de atividade de água, umidade, pH, acidez total titulável, cor, Sólidos Solúveis Totais -SST- (°Brix), compostos fenólicos totais, hidroximetilfurfural (HMF) e elementos químicos. Os méis de *Tetragonisca angustula* demonstraram ter singularidades em sua composição, diferindo-se das demais espécies avaliadas. Esses méis possuem menor conteúdo de água (21,07 a 22,40%) e concentrações inferiores de acidez total (38-75 mEq/Kg). Os méis da espécie *Tetragonisca angustula* foram considerados com coloração âmbar-claro a escuro, enquanto as espécies *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, e *Scaptotrigona postica*, foram classificadas com cor extra âmbar claro e colorações próximas ao amarelo. Para SST, a espécie *Tetragonisca angustula* apresentou maiores concentrações (75,93-77,17) e o mesmo foi observado para os compostos fenólicos totais (18,30-39,60 mg AG/100 g). Dezenove elementos químicos foram quantificados, sendo os componentes majoritários: K, Na, P, Ca e Mg, em todas as amostras. A avaliação microbiológica foi desenvolvida através das determinações de bolores e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes, e demonstraram que os méis são aptos para o consumo imediato. Todas as amostras de méis de abelhas sem ferrão divergiram dos padrões de identidade e qualidade do mel. O mel de abelhas sem ferrão possui características singulares das *A. mellifera*, sendo necessária uma regulamentação específica às espécies de abelhas sem ferrão. Nos resultados da análise sensorial, a amostra 4 (*Tetragonisca angustula*) foi a que mais apresentou diferenças significativas no teste de aceitação, para todos os atributos avaliados (aroma, aparência, cor, sabor e textura), apresentando médias acima de 7,0, representando uma avaliação positiva. A amostra 7 (*Melipona q. quadrifasciata*) foi rejeitada pelos provadores, pois exibiu médias inferiores para sabor e textura, 4,0 e 5,0, respectivamente. Por meio da intenção de compra, a amostra 4 (*Tetragonisca angustula*) foi a mais aceita pelos provadores. Deste modo, a espécie *Tetragonisca angustula* se difere em suas características físico-químicas interferindo nos parâmetros sensoriais e, conseqüentemente, resultando na aprovação sensorial perante os julgadores. Isso demonstrou que as características físico-químicas podem auxiliar na escolha de preferência sensorial de méis. Por fim, a pesquisa contribuiu para observar que os consumidores preferem méis doces de menor acidez, com textura viscosa e de coloração escura.

Palavras-Chave: °Brix. Compostos fenólicos totais. Elementos químicos. HMF. Intenção de compra. Meliponinae. *Tetragonisca angustula*.

ABSTRACT

The objective of this study was to perform the physico-chemical and microbiological characterization. In addition, was evaluated the sensory profile of three honeys of native stingless bees *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, and *Scaptotrigona postica*, obtained in the Central-Southern region of the State of Paraná, were evaluated in order to compare the characteristics among the species. Seven samples were characterized by analysis of water activity, moisture, pH, titratable total acidity, color, total soluble solids -SST- (°Brix), total phenolic compounds, hydroxymethylfurfural (HMF) and chemical elements. The honeys of *Tetragonisca angustula* have been shown to have singularities in their composition, differing from the other evaluated species. These honeys have lower water content (21.07 to 22.40%) and lower concentrations of total acidity (38-75 mEq / kg). The honeys of the species *Tetragonisca angustula* were considered light to dark amber, while the species *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, and *Scaptotrigona postigo*, were classified as extra light amber color and colorations close to yellow. For TSS, the species *Tetragonisca angustula* presented higher concentrations (75.93 to 77.17) and the same was observed for total phenolic compounds (18.30 to 39.60 mg AG / 100 g). Nineteen chemical elements were quantified, with the major components: K, Na, P, Ca and Mg, in all samples. The microbiological evaluation was carried out through determinations of molds and yeasts, total coliforms and thermotolerant coliforms, and demonstrated that honeys are suitable for immediate consumption. All samples of stingless bee honeys diverged from honey identity and quality standards. Honey from stingless bees has unique characteristics of *A. mellifera*, requiring specific regulation of stingless bee species. In the results of the sensory analysis, the sample 4 (*Tetragonisca angustula*) presented the most significant differences in the acceptance test, for all evaluated attributes (aroma, appearance, color, flavor and texture), presenting averages above 7.0, representing a positive assessment. Sample 7 (*Melipona q. quadrifasciata*) was rejected by the tasters, as it showed lower averages for flavor and texture, 4.0 and 5.0, respectively. By means of purchase intention, Sample 4 (*Tetragonisca angustula*) was the most accepted by the tasters. Thus, the species *Tetragonisca angustula* differs in its physico-chemical characteristics interfering in the sensory parameters and, consequently, resulting in the sensory approval before the judges. This demonstrated that the physico-chemical characteristics can aid in the choice of sensorial preference of honeys. Finally, the research contributed to the observation that consumers prefer sweet honeys of lower acidity, with viscous texture and dark coloring.

Keywords: °Brix. Buy intention. Chemical elements. HMF. Meliponinae. *Tetragonisca angustula*. Total phenolic compounds.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 ABELHAS SEM FERRÃO	14
3.2 O MEL.....	15
3.3 COMPOSIÇÃO DO MEL	16
3.4 ELEMENTOS QUÍMICOS.....	20
3.5 ANÁLISE SENSORIAL	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 MATERIAL.....	25
4.1.1 Equipamentos	25
4.1.2 Reagentes	25
4.2 MÉTODOS.....	25
4.2.1 Obtenção das amostras de mel e seu armazenamento	25
4.2.2 Caracterização Físico-química	28
4.2.2.1 Determinação da atividade de água	28
4.2.2.2 Determinação do teor de umidade	28
4.2.2.3 Análise de pH	30
4.2.2.4 Determinação da acidez livre	30
4.2.2.5 Determinação de Cor	30
4.2.2.6 Análise de Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	31
4.2.2.7 Determinação de Compostos Fenólicos Totais.....	31
4.2.2.8 Determinação de Hidroximetilfurfural (HMF).....	32
4.2.2.9 Determinação de Elementos Químicos	33
4.2.3 Características microbiológicas das amostras de mel de abelhas sem ferrão	34
4.2.3.1 Bolores e leveduras.....	34
4.2.3.2 Coliformes Totais a 35°C	34
4.2.3.3 Coliformes Termotolerantes a 45°C.....	34
4.2.4 Análise sensorial	34
5.0 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO	39
6.1.1 Atividade de água, umidade, pH e acidez livre titulável	39

6.1.2 Análise de cor.....	45
6.1.3 Concentração de Sólidos Solúveis Totais (°Brix), Compostos fenólicos totais e Hidroximetilfurfural (HMF).....	47
6.1.4 Elementos químicos	53
6.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO	58
6.3 ANÁLISE SENSORIAL DOS MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO	60
6.3.1 Informações complementares dos julgadores	60
6.3.2 Avaliação sensorial e correlação dos parâmetros sensoriais de méis de abelhas sem ferrão	62
6.3.3 Intenção de compra das amostras de méis de abelhas sem ferrão	68
7.0 CONCLUSÃO.....	71
8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXO I – Sistema CIELAB.....	86
ANEXO II– Tabela de numeração aleatória de três dígitos	87
APÊNDICE 1 - Comitê de Ética em Pesquisa - CEP/UFS.....	88
APÊNDICE 2 - Ficha de avaliação sensorial.....	90
ARTIGO PUBLICADO.....	91.

1. INTRODUÇÃO

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel disposto na Instrução Normativa N°11 de 20 de outubro de 2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) define o mel como um produto alimentício elaborado por abelhas melíferas, por meio do néctar das flores, secreções de plantas, excreções de insetos sugadores em que as abelhas coletam. Essas substâncias são modificadas por meio da ação de enzimas das abelhas e, posteriormente, são armazenadas em favos de cera para maturação (BRASIL, 2000; ARVANITOYANNIS e KRISTALLIS, 2006; BILUCA et al., 2017).

O cultivo de abelhas pode ser classificado em duas formas distintas: (i) a apicultura e (ii) meliponicultura. O cultivo e manejo de abelhas da espécie *Apis mellifera*, refere-se a apicultura, enquanto o cultivo de abelha nativas sem ferrão é denominado de meliponicultura. As Meliponinae são conhecidas como abelhas nativas sem ferrão ou abelhas indígenas. Seu cultivo ocorre na América Latina e África, mas é especialmente na América do Sul que grande parte das abelhas sem ferrão são encontradas (NOGUEIRA-NETO, 1997; VILLAS-BÔAS, 2012).

As abelhas nativas possuem papel de extrema importância na biodiversidade e utilização sustentável dos recursos naturais, pois diversas espécies botânicas dependem, principalmente, dessas abelhas para desenvolver o transporte e troca de gametas. Ao realizar visitas as flores em busca de alimentos, as abelhas transportam pólen e néctar até suas colmeias e, posteriormente, transforma-os em méis (ALVES et al., 2010; VILLAS-BÔAS, 2012).

O mel é composto por mais de 200 substâncias diferentes. Os principais constituintes referem-se aos açúcares (em sua maioria frutose e glicose) e água. Há a presença de componentes em proporções minoritárias, como os aminoácidos, ácidos orgânicos, grãos de pólen, proteínas, minerais, pigmentos, lipídios, compostos voláteis, enzimas, compostos fenólicos e dentre outros (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2010; ESCUREDO et al., 2013).

A meliponicultura possui menor produtividade quando comparado à apicultura, entretanto, as características dos méis produzidos são diferentes devido à criação de Meliponinae ser conduzida em ambientes naturais. Meliponinae vem ganhando a atenção de pesquisadores e consumidores, pois proporcionam um produto de sabor suave, levemente ácido, com menor teor de açúcares e características particulares e exóticas. A prática do cultivo de abelhas sem ferrão torna uma atividade econômica com grande potencial a ser explorado, pois o Brasil possui extensão territorial, clima e diversidade de espécies de abelhas sem ferrão, o

que tornaria a meliponicultura uma atividade de grande destaque (YAMAMOTO et al., 2007; CHUTONG et al., 2016; SILVA et al., 2013; RAMÓN-SIERRA et al., 2015; BILUCA et al., 2017).

A agricultura brasileira tem crescido de forma significativa em produtividade e qualidade técnica de mel, especialmente quando se refere à exportação, tornando o Brasil um dos grandes polos produtores mundiais de mel, porém, não há uma legislação específica para méis de abelhas nativas sem ferrão que avalie a qualidade e os parâmetros de identidade desses produtos. Com o aumento do consumo de mel, houve um interesse crescente pelo mel dos Meliponíneos e, conseqüentemente, o interesse em determinar as características dos diferentes méis produzidos no Brasil (EVANGELISTA-RODRIGUES et al., 2003; CARVALHO et al., 2005; REHDER, 2015).

Nos últimos anos muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de verificar a preferência e qualidade do habitat de vida das abelhas sem ferrão devido á rápida redução de abelhas Meliponinae, por consequência da ação do homem pelos desmatamentos. Com essa redução, a qualidade do mel de abelhas nativas sem ferrão vem sendo cada vez mais estudada a fim de se conhecer mais sobre esse produto (RODRIGUES, 2016).

O mel de abelhas sem ferrão possui características sensoriais peculiares, propriedades terapêuticas, antimicrobianas e anti-inflamatórias que aguçam o interesse de pesquisadores. Devido a essas características, muitos estudos têm sido realizados a fim de analisar as suas características, determinar a qualidade e caracterizar a composição de méis de abelhas sem ferrão (CORTOPASSI-LAURINO & GELLI, 1991; MOTHERSHAW, JAFFER, 2004; SILVA et al., 2006; BALLIVIÁN, 2008; BOGDANOV et al., 2008; BORSATO et al., 2013). A maioria dos estudos sensoriais de méis de abelhas sem ferrão não correlacionam as características químicas com parâmetros sensoriais, bem como a preferência dos consumidores, principalmente quando relacionados a méis de *Tetragonisca angustula*, *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica*.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a caracterização físico-química e avaliar o perfil sensorial de três méis de abelhas nativas sem ferrão, *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, e *Scaptotrigona postica*, obtidos na região Centro-Sul do Estado do Paraná, visando a comparação das características entre as diferentes espécies.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a composição físico-química de três espécies de méis de abelhas sem ferrão obtidas da região Centro-Sul do Estado do Paraná, por meio das seguintes análises: (i) atividade de água; (ii) umidade; (iii) pH; (iv) acidez titulável; (v) cor; (vi) sólidos solúveis totais; (vii) compostos fenólicos totais; (viii) hidroximetilfurfural; (iv) elementos químicos;
- Avaliar a qualidade microbiológica das amostras de méis de abelhas nativas, sem ferrão, por meio das análises de: (i) bolores e leveduras, (ii) coliformes totais e (iii) coliformes termotolerantes;
- Realizar a análise sensorial das amostras de méis oriundas da região Centro-Sul do Estado do Paraná a fim de verificar a aceitabilidade e intenção de compra do produto;
- Correlacionar as características sensoriais obtidas, com as demais análises de caracterização físico-química das amostras de méis de abelhas nativas sem ferrão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ABELHAS SEM FERRÃO

A criação de abelhas para a produção de mel pode ser dividida em duas formas, sendo elas: a apicultura tradicional que utiliza as espécies de abelhas *Apis mellifera*, e a meliponicultura que utiliza espécies de abelhas sem ferrão (VILLAS-BÔAS, 2012).

A prática do cultivo de Abelhas Sem Ferrão (ASF) foi introduzida por Paulo Nogueira-Neto, em 1953, e foi designada como meliponicultura em referência à classificação da subtribo Meliponinae, tendo como principal objetivo a produção de mel de abelhas nativas. As abelhas sem ferrão pertencem à superfamília *Apoidea* e possuem comportamento “avançado” devido a organização de centenas ou milhares de indivíduos que apresentam divisão de trabalho.

Esse comportamento de organização apenas é visto em subfamílias de *Meliponinae*, *Bombinae* e *Apinae*. A Meliponinae é o único grupo de *Apidae* cujas fêmeas e machos possuem ferrão atrofiado, permanecendo incapaz de utiliza-lo como um instrumento de defesa como nos demais grupos dessa família, sendo essa característica principal das abelhas nativas sem ferrão (NOGUEIRA-NETO, 1997; VILLAS-BÔAS, 2012; WITTER & NUNES-SILVA, 2014).

As abelhas Meliponinae são popularmente conhecidas como abelhas nativas, abelhas indígenas, ou abelhas sem ferrão. Seu cultivo se dá na América Latina e África, mas é na América do Sul que grande parte da diversidade de espécies é encontrada. Acredita-se que no mundo todo haja mais de 500 espécies de abelhas sem ferrão e estima-se, que no Brasil, são conhecidas mais de 400 espécies de abelhas nativas, sendo elas responsáveis por 90% da polinização de vegetais nativos (DUTRA et al., 2008; VILLAS-BÔAS, 2012; MICHENER, 2013).

Segundo o Instituto Ambiental do Paraná (2009), há aproximadamente, ocorrência de 35 espécies presentes no Estado do Paraná, e dessas, apenas 10 espécies possuem capacidade de produção de mel. Dentre as espécies abelhas nativas sem ferrão mais comuns encontradas no Estado do Paraná, tem-se: jataí (*Tetragonisca angustula*), mandaçaia (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata*), mirins (*Plebia spp.*) e a tubana (*Scaptotrigona bipunctata*). A espécie jataí se encontra com maior facilidade em todo território brasileiro e apresenta características favoráveis quando se refere à produtividade, com um excelente mel e docilidade. A espécie mandaçaia encontra-se com maiores dificuldades, pois atualmente é rara na natureza (PARANÁ, 2009).

As abelhas nativas possuem papel fundamental na biodiversidade e utilização sustentável dos recursos naturais, uma vez que muitas espécies botânicas dependem, exclusivamente, destas abelhas para desenvolver o transporte e troca de gametas (ALVES, 2010). A polinização é de extrema importância tanto para a reprodução sexuada das angiospermas, quanto para a produção de alimentos, manutenção e conservação de interações entre plantas e animais (YAMAMOTO et al., 2010; KUSTIAWAN et al., 2014). Sabe-se que ao menos 15% da polinização mundial está associada a abelhas sem ferrão que vivem em habitat natural (MADER et al., 2011; GARBACH et al., 2014).

As abelhas sem ferrão estão desaparecendo e são vários os fatores que podem influenciar na redução populacional, dentre os principais encontram-se: a destruição de colônias de colheitas do mel, a intensificação do uso de pesticidas e contaminantes químicos, a urbanização e desmatamento de florestas nativas que são ambientes preferencial de espécies nativas, falta de recursos florais e presença de espécies exóticas invasoras, dentre outros fatores. Como as abelhas sem ferrão produzem menores quantidades de mel ao longo do ano, quando comparado com a espécie *Apis mellifera*, os produtores de mel não apresentam grande interesse pelo manejo racional da meliponicultura (abelhas sem ferrão), limitando ainda mais a oferta desse produto. Em algumas regiões do Brasil, poucos são os produtores de mel de abelhas nativas e esse fato torna o produto uma iguaria devido à falta de conhecimento e exploração do produto (LOPES et al., 2005; ANTUNES et al., 2012; SILVA, PAZ, 2012; GOULSON et al., 2015).

Acredita-se que o uso do mel de abelhas nativas advém desde os primórdios e que ao longo das décadas o mel passou a apresentar uma importância cultural. Além de seu uso na alimentação, ao mel também se atribui propriedades terapêuticas, sendo utilizados em tratamentos oftálmicos, tratamentos de infecções, uso como cosméticos, sendo que diversos autores observaram propriedades antimicrobiana, antifúngica, antiviral, antiparasitária e anti-inflamatório (CORTOPASSI-LAURINO & GELLI, 1991; MOTHERSHAW, JAFFER, 2004; SILVA et al., 2006; BALLIVIÁN, 2008; BOGDANOV et al., 2008; BORSATO et al., 2013).

3.2 O MEL

As abelhas são popularmente conhecidas por fornecer diferentes produtos, tais como: cera, própolis, pólen, geleia real, mel e outros produtos de variado valor comercial. De maneira geral, as abelhas são relacionadas principalmente por fornecerem o mel e por ter grande influência por realizar a polinização (VILLAS-BÔAS, 2012).

Segundo Nogueira-Neto (1997) o mel produzido pelas abelhas sem ferrão (Meliponíneos) possui diversos apreciadores ao redor do mundo, especialmente ao sabor suave e levemente ácido, diferenciando-se da espécie *Apis mellifera*. A composição do mel, a sua cor, aroma e sabor, dependem exclusivamente das flores, regiões geográficas, condições climáticas e espécies de abelhas, além do estado fisiológico das colônias produtoras de mel e das práticas de processamento, manipulação que podem influenciar a qualidade e suas características físico-químicas (ADJLANE et al., 2014; ESCUREDO et al., 2014; KARABAGIAS et al., 2014).

Os méis de abelhas sem ferrão possuem maior valor comercial quando comparado ao mel de *Apis mellifera*, principalmente devido a sua potencialidade, suas propriedades terapêuticas e pela pequena proporção de mel produzido por Meliponinae, tornando-o requisitado (SOUZA et al., 2006). Apesar das particularidades de méis de abelhas sem ferrão, não há diretivas de padrão de qualidade próprio a esse produto. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2000) e o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel do Mercosul (MERCOSUL, 1999) o mel possui a seguinte definição:

[...] produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções 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 (BRASIL, 2000; MERCOSUL, 1999).

Pelas definições, o mel é procedente das abelhas melíferas, as quais se referem apenas à espécie *Apis mellifera*. No presente, não há uma regulamentação vigente e específica para mel de abelhas sem ferrão, sendo que o mel de Meliponinae necessita atender aos padrões físico-químicos baseados no mel de *Apis mellifera*, como indicado pelas legislações vigentes (CAMARGO et al., 2017).

Atualmente, há uma proposta de um “Regulamento Técnico de Identidade e Padrão de mel de abelhas sem ferrão Meliponinae” desenvolvido por Camargo, Oliveira e Berto (2017). Essa proposta de regulamento enfatiza a importância de uma legislação específica para méis de Meliponinae, uma vez que o mel produzido pelas espécies Meliponinae possui diferenças significativas em parâmetros físico-químicos quando comparado ao mel produzido por *Apis mellifera*, especialmente em função da umidade elevada, proporcionando mel menos denso quando correlacionado ao mel de abelhas africanizadas (VILLAS-BÔAS, 2012).

3.3 COMPOSIÇÃO DO MEL

O mel é um alimento que possui, em sua composição, mais de 200 substâncias, sendo constituído principalmente por açúcares, em sua maioria frutose e glicose, água e constituintes em proporções minoritárias, como aminoácidos, ácidos orgânicos, grãos de pólen, proteínas, minerais, pigmentos, lipídios, compostos voláteis, enzimas e substâncias fitoquímicas, especialmente flavonoides e compostos fenólicos (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2010; ESCUREDO et al., 2013).

Já o mel de abelhas sem ferrão é um alimento com composição diferenciada, apresentando características peculiares e de sabor exótico, proporcionando um produto de maior valor agregado, quando comparado aos méis de *Apis mellifera* (BORSATO, 2013).

Os açúcares podem chegar a representar mais de 90 % da composição do mel de *Apis mellifera*. Dentre os principais açúcares, a frutose, seguida pela glicose, são predominantes. Esses monossacarídeos podem corresponder a 75% da sua composição, enquanto os dissacarídeos (sacarose, isomaltose e maltose) podem representar de 10 a 15%, e outros açúcares em quantidades minoritárias (KAMAL; KLEIN, 2011). A composição dos açúcares em méis depende da origem botânica, origem geográfica, condições climáticas e de armazenamento (ESCUREDO et al., 2014).

Para Oliveira et al., (2006) méis de abelhas sem ferrão possuem menor teor de açúcares, sendo a frutose o componente predominante e o que mais proporciona doçura ao produto. O sabor de méis de abelhas sem ferrão é influenciado pelo baixo teor de açúcares e, por sua acidez. Esses fatores são primordiais para a preferência do consumidor pela escolha de mel de abelhas nativas, sem ferrão (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Nascimento (2014) avaliou a proporções de açúcares redutores em méis de Meliponinae oriundas dos Estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul e verificou que a proporção de açúcares variou entre 65,01 a 75,21%. Proporções semelhantes foram obtidas por Alves et al., (2005) ao avaliar amostras de *Melipona manducaia*, provenientes do Estado da Bahia- BR, em que obtiveram um teor médio de 74,82% de açúcares redutores.

O mel de abelhas sem ferrão apresenta maior teor de umidade, quando comparado às amostras de *Apis mellifera*. Sua proporção de umidade pode variar de 25% a 35% da composição (VILLAS-BÔAS, 2012). A água corresponde ao segundo maior componente presente na composição do mel, podendo este influenciar nas características do mel, tais como maturidade, peso específico, viscosidade, sabor e cristalização (SILVA et al., 2010).

Segundo Escuredo et al., (2013) o maior teor de umidade poderá influenciar em perdas de qualidade do produto, pois o maior teor de umidade levará o mel a fermentação durante o

armazenamento. Essa alteração poderá ocorrer devido à ação de microrganismos sobre os açúcares (frutose e glicose) transformados em álcool e dióxido de carbono.

Rodrigues (2016) ao avaliar o mel de abelhas sem ferrão, oriundas dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, verificou que o teor de umidade das amostras variou entre 23,8 a 25%. Teores ainda mais alto foi constatado por Biluca (2014), em que o teor de umidade do mel de abelha sem ferrão, *M. q. quadrifasciata*, alcançou 33,78%. Essas mesmas variações de umidade também foram confirmadas por Borsato (2013), Nascimento (2014) e Sousa et al., (2016).

Tabela 1- Especificações físico-químicas estabelecidas pela legislação brasileira e internacional para análise do mel.

Parâmetro	Legislação para mel		
	BRASIL, 2000	CODEX, 2001	MERCOSUL, 1999
Umidade (%)	Máximo 20	Máximo 20	Máximo 20
Açúcares redutores (%)	Mínimo 65	Mínimo 60	Mínimo 65
Sacarose aparente (%)	Máximo 6	Máximo 5	Máximo 6
Sólidos insolúveis (%)	Máximo 0,1	Máximo 0,1	Máximo 0,1
Minerais (%)	Máximo 0,6	*	Máximo 0,6
Acidez (mEq.kg ⁻¹)	Máximo 50	Máximo 50	Máximo 50
Índice de diástase (escala Göthe)	Mínimo 8 ou 3, se HMF inferior a 15	Mínimo 8 ou 3, se HMF inferior a 15	Mínimo 8 ou 3, se HMF inferior a 15
Hidroximetilfurfural (HMF) (mg.kg ⁻¹)	Máximo 60	Máximo 40	Máximo 60

*Limite máximo não encontrado

Fonte: Brasil, 2000; *Codex Alimentarius*, 2001; Mercosul, 1991; adaptado pela autora.

No Brasil, não há uma regulamentação específica para méis de abelhas sem ferrão. Contudo, os parâmetros de identidade e qualidade do mel de abelhas nativas devem ser comparados aos da legislação vigente, a qual define os parâmetros para mel de *Apis mellifera*. As principais substâncias definidas como critérios de identidade e qualidade do mel são descritas na Tabela (1) e seguem o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel disposto na Instrução Normativa N°11 de 20 de outubro de 2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) e o *Codex Alimentarius* (2001) e o Regulamento Técnico Mercosul de Identidade e Qualidade do Mel, disposto na Resolução N.º89/99. Pelos estudos supracitados,

verifica-se que o mel de abelha sem ferrão possui diferenças significativas sobre as especificações físico-químicas estabelecidas pela legislação vigente, demonstrando ainda mais a necessidade de uma regulamentação específica a esse produto, uma vez que seus parâmetros sempre serão superiores ao estabelecido por lei.

Para Karabagias et al., (2014) todos os méis apresentam uma pequena acidez, aproximadamente 0,57%. A acidez é um parâmetro de qualidade definido por legislações nacionais e internacionais. A Tabela (1), demonstra que o máximo permitido se refere a 50 mEq.kg⁻¹. Elevados teores de acidez podem ser indicativos de fermentação de açúcares em ácidos orgânicos. A acidez livre do mel deve-se à presença de ácidos orgânicos e íons inorgânicos (GOMES et al., 2010).

Méis de abelhas sem ferrão podem apresentar variações nos teores de acidez, pois Oliveira et al., (2013) e Lira et al., (2014) avaliaram mel de Meliponinae e alcançaram teores entre 69,06 a 101,10 e 71,68 a 81,01 mEq.kg⁻¹, respectivamente. Já Rodrigues (2016) obteve teores entre 18,32 à 46,01 mEq.kg⁻¹ para méis de abelhas sem ferrão e o mesmo foi percebido por Nascimento (2014), onde suas amostras de Meliponinae variaram entre 6,83 à 48, 58 mEq.kg⁻¹.

Um maior teor de acidez, geralmente, é característico de méis de Meliponíneos. Essa característica é detectável ao paladar, constituindo uma peculiaridade ao produto, podendo ser um indicativo pela preferência do consumidor ao mel de abelhas sem ferrão (LIRA et al., 2014).

Variações na composição física e química do mel são comuns, tendo em vista que são vários os fatores que podem interferir na sua qualidade, assim como a fonte floral, as condições climáticas e geográficas a que esse produto advém, além da espécie de abelhas, dentre outros fatores. (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2010; LIRA et al., 2014).

Há ainda componentes em proporções minoritárias presentes no mel, tais como minerais, proteínas e antioxidantes. A presença de proteínas e aminoácidos no mel se deve as fontes animais e vegetais, bem como das secreções de néctar das glândulas salivares das abelhas e especialmente pelo pólen, sendo essa principal fonte de proteína. O conteúdo proteico do mel é pouco estudado, mas sua presença pode ser avaliada para detectar adulteração do produto. Dentre os aminoácidos no mel, a prolina é predominante. Os aminoácidos presentes em méis ocorrem pela quebra da proteína, resultando em pequenas proporções de aminoácidos (CRANE, 1983 apud SODRÉ, 2005; SAK-BOSNAR & SAKAC, 2012; ESCUREDO et al., 2013).

O mel contém pequenas quantidades de vitaminas, principalmente do complexo B. As vitaminas encontradas no mel referem-se à: tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido nicotínico (B3), ácido pantotênico (B5), piridoxina (B6), biotina (B8) e ácido fólico (B9). A vitamina C é

encontrada em todos os tipos de méis e sua avaliação se deve ao seu efeito antioxidante (BONTÉ & DESMOULIÈRE, 2013). Além disso, outras substâncias com capacidade antioxidante também já foram relatadas em mel, tais como, ácidos fenólicos e flavonoides (SILVA, 2011).

A determinação de diástase e hidroximetilfurfural (HMF) são realizadas para indicar o superaquecimento, grau de conservação e deterioração do mel. As enzimas estão naturalmente presentes no mel e são provenientes dos néctares ou das secreções salivares das abelhas. As enzimas mais conhecidas são a gluco-invertase, catalase, diástase, fosfatase, dentre outras enzimas. A diástase é comumente avaliada como parâmetro de qualidade verificados por legislações vigentes. Sua presença ou ausência pode indicar o superaquecimento do produto (YÜCEL & SULTANOGLU, 2013; BONTÉ & DESMOULIÈRE, 2013).

A formação de HMF ocorre pela decomposição de monossacarídeos ou por Reação de Maillard, quando o mel sofre algum tipo de tratamento térmico, ou quando armazenado por um longo período de tempo. Além disso, o alto teor de HMF pode indicar adulteração do produto ao ser adicionado xarope invertido (CASTRO-VAZQUEZ et al., 2007; BARRA et al., 2010; TORNUK et al., 2013; YÜCEL & SULTANOGLU, 2013). Assim como na Tabela (1), o Comitê do *Codex Alimentarius* (CAC, 2001) define como requisito o teor máximo de 40,00 mg.kg⁻¹, enquanto a legislação brasileira tolera o limite máximo de 60 mg.kg⁻¹ (BRASIL, 2000).

3.4 ELEMENTOS QUÍMICOS

Os minerais estão presentes em baixas concentrações no mel, variando de 0,04% em méis claros, a 0,2% em méis escuros (ALQARINI et al., 2012). O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel disposto na Instrução Normativa Nº11 defini o limite máximo de minerais de 0,6% em méis (BRASIL, 2000). Oroian e Sorina (2017) encontraram variações entre 0,08 a 0,49% de cinzas em méis de diferentes origens florais oriundos da Romênia. Já Rodrigues (2016) observou variações inferiores, entre 0,0003 a 0,006% para méis de abelhas sem ferrão. Braghini et al., (2017) avaliaram o conteúdo de cinzas em méis de abelhas africanizadas e méis de abelhas jataí (*Tetragonisca angustula*), e seus conteúdos variaram entre 0,04 a 0,21% e 0,15 a 0,17%, respectivamente. Os autores mencionam que o conteúdo de cinzas expressa uma estimativa do conteúdo de elementos químicos presentes no mel.

O mel pode conter, em sua composição, a presença de elementos majoritários como, por exemplo, potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), e a presença de

elementos minoritários, tais como o alumínio (Al), boro (B), ferro (Fe), iodo (I), manganês (Mn), zinco (Zn), lítio (Li), cobalto (Co), níquel (Ni), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e dentre outros elementos. A presença destes constituintes químicos (minerais) em méis depende, especialmente, das características do néctar coletado das plantas, assim como a presença de nutrientes no solo e de aspectos geográficos e ambientais, pois é a partir do néctar das plantas que as abelhas produzem o mel (LACHMAN et al., 2007; ALQARINI et al., 2012; ESCUREDO et al., 2015; SOUSA et al., 2016).

O conteúdo majoritário de elementos, tais como ferro, sódio, cálcio, zinco, manganês, e dentre outros componentes, possuem extrema importância a dieta humana, pois estão diretamente relacionados ao desenvolvimento dos ossos, batimentos cardíacos, transmissão e sinalização neural, entre outras funções do sistema biológico humano (GHARIBZAHEDI & JAFARI, 2017). Todavia, há metais como chumbo (Pb), alumínio (Al), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) que podem ser altamente tóxicos quando os níveis máximos permitidos por legislações vigentes são ultrapassados (STANISKIEN et al., *apud* ALQARINI et al., 2012).

O Regulamento Técnico N°12/2011 do Mercado Comum do Sul (Mercosul) e a Resolução N°42 de agosto de 2013 (BRASIL, 2013), definem os limites máximos de contaminantes inorgânicos permitidos em alimentos. Para mel, em geral, os principais contaminantes referem-se ao arsênio (As), chumbo (Pb) e cádmio (Cd) com limites máximos permitidos de 0,30 mg Kg⁻¹ para As e Pb, enquanto para Cd, os limites máximos permitidos são ainda mais restritivos, sendo cerca de 0,10 mg Kg⁻¹, respectivamente.

Rodrigues (2016), avaliou a presença de Na, K, Cd, Mn, Cu, Mg, Ca em amostras de méis de abelhas Meliponinae (*T. angustula*, *S. depilis*, *M. q. quadrifasciata*, *S. postica*) oriundas dos Estados do Rio Grande e Santa Catarina. A autora constatou a presença especialmente de potássio (K), sódio (Na) e magnésio (Mg), correspondendo a variação de 13,5 a 113,03 mg/100 g, 2,30 a 12,3 mg/100 g e 0,88 a 9,8 mg/100, respectivamente. Teores semelhantes foram encontrados por Biluca et al., (2016) ao analisar amostras de mel de abelhas sem ferrão (Meliponinae) obtidas de diferentes localidades do Estado de Santa Catarina, Brasil. Os autores obtiveram a presença especialmente de K (27,3 a 215 mg/100 g), Ca (1,12 a 35, 2 mg/100 g), Mg (0,410 a 17,3 mg/100 g) e Na (0,730 a 30,4 mg/100 g).

Segundo Biluca et al., (2016) poucos são os estudos que avaliam a presença de elementos químicos em méis de abelhas sem ferrão. Grande parte dos estudos referem-se, principalmente, à espécie *Apis mellifera*. Esse fato demonstra a importância em estabelecer padrões de qualidade para méis de abelhas sem ferrão, assim como o desenvolvimento de novos estudos a fim de elucidar o perfil físico-químico deste produto.

Karabagias et al., (2017) avaliaram a presença de elementos químicos em amostras de mel comercial *Citrus spp.* de diferentes países mediterrâneos (Grécia, Espanha, Egito e Marrocos), constatando variações entre as amostras analisadas. As maiores proporções de foram encontradas para os seguintes elementos químicos: cálcio, fósforo, magnésio, estanho, silício, boro, ferro, cobre, alumínio, zinco, selênio e dentre outros. Os autores explicam que o conteúdo mineral em mel pode variar de acordo com a origem botânica e geográfica, condições climáticas e, pelo processo utilizado para extração do mel em amostras industriais, uma vez que a contaminação por metais em méis pode ser decorrente da lixiviação destes utensílios na extração, bem como da embalagem onde o mesmo é armazenado (EPIFÂNIO, 2012).

A presença de elementos químicos pode influenciar diretamente na coloração de méis. Acredita-se que quanto maior o conteúdo mineral, mais escuro são os méis, assim como, baixos conteúdos minerais resultarão em méis mais claros. Dentre os elementos que contribuem para a intensidade da coloração de méis tem-se: K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Mn e dentre outros (ANKLAM, 1998 *apud* RIBEIRO et al., 2014; DA SILVA et al., 2016).

3. 5 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é considerada um instrumento aplicado com o intuito de detectar os sentidos humanos para verificar a qualidade global de um produto, assim como a sua aceitabilidade e características dos alimentos. Essa análise é utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações características dos produtos e como são percebidas pelos consumidores, ou seja, através dos sentidos: visão, sabor, tato, olfato e audição (DUCTOSKY, 2013).

A avaliação sensorial em méis vem sendo estudada por diversos autores (SOUSA et al., 2013; SILVANO et al., 2014; SILVA, 2015; TAHIR et al., 2016; ESCRICHE et al., 2017) com o intuito de caracterizar o perfil sensorial de diferentes méis no Brasil e de outros países, além verificar os principais aspectos considerados por consumidores para a escolha do produto.

Segundo Barros (2011), a análise sensorial em méis é imprescindível para verificar a aceitação do produto perante o mercado consumidor. Suas contribuições levam em consideração a percepção do aroma, sabor e cor característica do mel. As características sensoriais do mel são delimitadas por legislações vigentes, porém como não há uma regulamentação específica para mel de abelhas nativas, sem ferrão, é preciso seguir os critérios exigidos por diretivas estabelecidas para mel de *Apis mellifera*.

Perante a Instrução Normativa Nº 11/2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), e do Regulamento Técnico Nº89/99 do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) para a Identidade e Qualidade do mel, os requisitos sensoriais estabelecidos, referem-se a: cor, que pode variar de incolor a pardo-escuro; o sabor e o aroma devem ser característicos de sua origem; e a consistência deve ser pertinente com seu estado físico. Além disso, é de extrema importância que em seu sabor não haja indícios de fermentação.

A cor é considerada um parâmetro de qualidade, preferência e aceitação entre consumidores. A cor do mel varia em função a sua origem botânica, da temperatura na colmeia, o tempo de armazenamento e da sua composição química, especialmente em função do seu conteúdo mineral, pois quanto maior a presença de minerais, mais escuro será o mel (RIBEIRO et al., 2014; KARABAGIAS et al., 2017).

Nascimento (2014) avaliou diferentes amostras de mel de Meliponinae oriundas dos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. A autora constatou que a coloração das amostras avaliadas variou de âmbar claro ao âmbar escuro, sendo o mel de *Tetragonisca angustula* o que apresentou maior diferença de coloração nos diferentes locais coletados, constituindo essa possível diferença ser ocasionada pelas maiores quantidades de açúcares e outros componentes presentes nas amostras.

Os aromas são produzidos por uma mistura extremamente complexa de moléculas voláteis, sendo provenientes de substâncias produzidas nos alimentos (DUTCOSKY, 2013). De acordo com Lira et al., (2014) méis de abelhas sem ferrão são produtos com características peculiares, especialmente quando se refere ao sabor e aroma, evidenciando um diferencial do produto e elevando seus preços de comercialização.

Em um estudo comparativo entre méis de abelhas sem ferrão (Meliponinae) com mel de *Apis mellifera*, realizado por Lira et al., (2014), constatou-se que os Meliponíneos possuem teores de acidez mais elevados. Para Sousa et al. (2013), o teor de acidez varia, também, entre espécies de Meliponíneos, interferindo diretamente na aceitação de méis nativos, pois méis pouco ácidos foram mais aceitos por consumidores da região de Seridó – Rio Grande do Norte, Brasil. O sabor do mel está diretamente relacionado com seu aroma e docilidade. Essas características sensoriais são resultantes de substâncias complexas contidas no mel, diferentes aromas e sabores são derivados das fontes vegetais (CRANE, 1983 *apud* SILVA, 2015).

Os méis de abelhas sem ferrão apresentam maior fluidez, quando comparado à espécie *Apis mellifera*. Essa característica, é resultante do alto teor de umidade encontrado em amostras de abelhas sem ferrão (BILUCA, 2014). O teor de umidade varia de acordo com a época de produção e das condições meteorológicas, sendo essa característica facilmente influenciável

sobre as propriedades físicas do mel (ESCUREDO et al., 2013). A fluidez do mel, também pode estar associada à presença de açúcares, pois segundo Dobre et al., (2012), os principais fatores que influenciam na viscosidade do mel são frutose e glicose, considerando méis que apresentaram aproximadamente 78% de açúcares.

A análise sensorial vem sendo empregada a fim de avaliar condições de processamento (SODRÉ et al., 2008) e armazenamento do mel (RIBEIRO et al., 2017), bem como seu impacto nas características sensoriais dos méis. Estudos recentes utilizam a análise sensorial de méis com o intuito de correlacionar a identidade floral e geográfica com o perfil sensorial e voláteis de méis de abelhas sem ferrão (COSTA et al., 2017). Os autores definiram o perfil aromáticos dos méis produzidos por abelhas sem ferrão e constataram a diferenciação de fontes botânicas através da análise sensorial.

Escriche et al., (2017) também avaliaram as características de méis da Espanha, correlacionando o perfil volátil, parâmetros químicos e sensoriais. Porém os autores realizaram o estudo com o intuito de avaliar a classificação correta de rotulagens dos méis lavanda e tomilho e constataram falhas de classificação dos mesmos.

Nota-se que os estudos correlacionam as características dos méis com parâmetros sensoriais, porém há escassez de pesquisas que correlacionem as características químicas com a preferência dos consumidores, através de análises sensoriais, principalmente pesquisas que comparem com espécies de abelhas sem ferrão, como *Tetragonisca angustula*, *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para o desenvolvimento das análises foram: (i) agitador magnético (Nova Instruments, NI1103, Brasil), (ii) vortex (Marconi, Ma-162, Brasil), (iii) centrífuga (Sigma, 3-16kl, Alemanha), (iv) medidor de atividade de água (Novasina AG, CH-8953, Suíça), (v) espectrofotômetro (Thermo Scientific 201, China), (vi) balança analítica (Shimadzu, AUY220, Brasil), (vii) colorímetro digital (BKYK Gardner, Estados Unidos), (viii) pHmetro (Hanna Instruments – HI2221, Romênia), (ix) refratômetro de bancada (Bio Brix, Brasil), (x) Espectrômetro de Emissão Atômica (Modelo ICPE-9800, Shimadzu).

4.1.2 Reagentes

Os reagentes utilizados para o desenvolvimento das análises, foram: (i) hidróxido de sódio 99%, (ii) álcool etílico 99%, (iii) carbonato de Sódio (P.A /ACS) 99,5%, (iv) ácido gálico anidro 98% P.A, (v) reativo folin-ciocalteau 2 N, (vi) ferrocianeto de potássio, (vii) acetato de zinco, (viii) bissulfito de sódio, (ix) ácido nítrico P.A, (x) peróxido de hidrogênio 30% e (xi) ítrio.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção das amostras de mel e seu armazenamento

As amostras de méis de abelhas sem ferrão foram adquiridas de produtores rurais da região Centro-Sul do Estado do Paraná. A Figura 01 ilustra o mapa do Paraná. O círculo em vermelho refere-se à região onde as amostras de méis de abelhas nativas sem ferrão foram colhidas pelos meliponicultores.

Figura 01 – Região Centro-Sul do Estado do Paraná, localidade onde as amostras foram coletadas.



Fonte: Emater - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão rural, modificado.

A Tabela 02 exibe a identificação das amostras, a origem entomológica (Nome científico - espécies), nome popular, procedência das amostras, período de coleta e sua forma de obtenção. As amostras foram armazenadas em embalagens de vidro, devidamente esterilizadas e vedadas, juntamente com filme de Policloreto de vinil (PVC), como cobertura, sob a tampa. As amostras foram mantidas em temperaturas de refrigeração até o momento de sua utilização. Os méis foram armazenados sob refrigeração a fim de evitar a fermentação do produto, devido ao período de coleta se dar entre os meses de verão e pela região apresentar temperaturas elevadas durante essa estação ($> 30^{\circ}\text{C}$). É importante destacar que o armazenamento sob refrigeração não favoreceu para o processo de cristalização dos méis avaliados.

A porção de cada amostra de *Tetragonisca angustula* (Jataí) é de aproximadamente 1 kg, enquanto as demais foram possíveis coletar apenas 650 g, de cada. A pequena quantidade das demais espécies, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* (Mandaçaia) e *Scaptotrigona postica* (Mandaguari preta), adquirida se devem pela baixa produtividade de mel produzido pelas abelhas sem ferrão.

Tabela 02 - Identificação das amostras de méis de abelhas sem ferrão.

Amostras	Nome científico (espécies)¹	Nome popular	Procedência	Mês/Ano da coleta	Processo de obtenção
01	<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí	Área rural de Candói (PR)	12/2016	Gotejamento seguido de filtração ²
02	<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí	Área rural de Laranjeiras do Sul (PR) – Comunidade do Passo liso ³	01/2017	Gotejamento seguido de filtração ²
03	<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí	Área rural de Laranjeiras do Sul (PR) – Comunidade do Passo liso ³	01/2017	Gotejamento seguido de filtração ²
04	<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí	Área rural de Laranjeiras do Sul (PR) – Comunidade Barro Preto	12/2016	Gotejamento seguido de filtração ²
05	<i>Melipona quadrifasciata</i>	Mandaçaia	Área rural de Rio Bonito do Iguaçu - PR	12/2016	Retirada com seringa descartável seguido de filtração ²
06	<i>Scaptotrigona postica</i>	Mandaguari Preta	Área rural de Rio Bonito do Iguaçu - PR	12/2016	Retirada com seringa descartável seguido de filtração ²
07	<i>Melipona quadrifasciata</i>	Mandaçaia	Área rural de Cantagalo - PR	02/2017	Gotejamento seguido de filtração ²

¹ Indicação das espécies fornecidas por meliponicultores.

² Filtração realizada com peneira domestica para retirada de possíveis matérias grosseiras e/ou sujidades.

³ Amostras coletadas na mesma região, porém de produtores diferentes.

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.2 Caracterização Físico-química

As análises de caracterização foram desenvolvidas na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), no *Campus* de Laranjeiras do Sul-PR e Erechim-RS. Para o desenvolvimento da análise em Erechim-RS, as amostras foram acondicionadas em embalagens primárias descartáveis de poliestireno (PS) com tampa, sendo ainda, armazenadas em caixa térmica de isopor com placas de gelo, como embalagem secundária, afim de garantir o acondicionamento seguro e em baixa temperatura. Abaixo, estão descritas as metodologias utilizadas para cada análise:

4.2.2.1 Determinação da atividade de água

A atividade de água (A_w) foi avaliada por meio do uso de Analisador de Atividade de Água LabMaster – Novasina Tecnal, conforme os procedimentos indicados pelo fabricante.

4.2.2.2 Determinação do teor de umidade

Os teores de umidade das amostras de méis de abelhas sem ferrão foram determinados através do método refratométrico, método recomendado pela *Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000)* – método 969.38b, sem utilizar quaisquer tratamentos prévios. As amostras de méis foram analisadas em refratômetro de Abbé, à temperatura ambiente (25°C).

Conforme estabelecido pelo método, utiliza-se o índice de refração (IR), para a determinação da umidade do mel, em uma tabela correspondente entre o IR e o teor de umidade do mel. A Tabela 3 é derivada de uma fórmula desenvolvida por Wedmore, tendo como base os dados de Chataway (BOGDANOV; MARTIN; LÜLLMANN, 1997).

O índice de refração (IR) de cada amostra depende da temperatura e concentração, sendo realizada a correção do IR para cada amostra que estivesse diferente de 20°C, aplicando o fator de correção de $\pm 0,00023$ ao IR para cada grau abaixo ou acima de 20°C.

Tabela 03- Tabela de Chataway, com valores correspondentes entre o índice de refração (IR) à 20°C e a porcentagem de água dos méis.

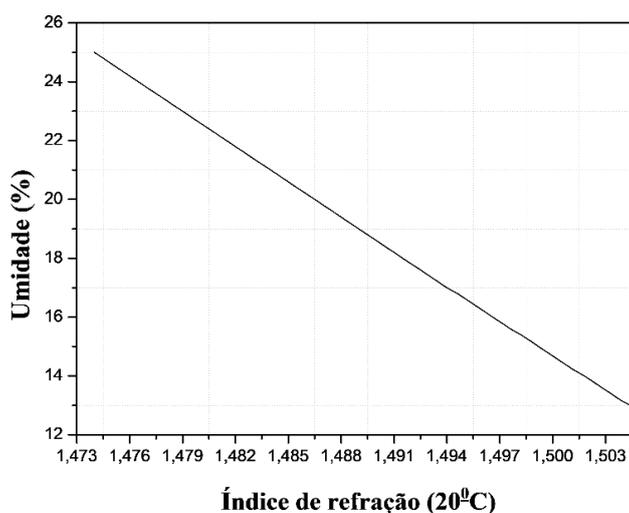
Índice de refração (à 20°C)	Umidade (%)	Índice de refração (à 20°C)	Umidade (%)	Índice de refração (à 20°C)	Umidade (%)
1,5044	13,0	1,4935	17,2	1,4830	21,4
1,5038	13,2	1,493	17,4	1,4825	21,6
1,5033	13,4	1,4925	17,6	1,4820	21,8
1,5028	13,6	1,4920	17,8	1,4815	22,0
1,5023	13,8	1,4915	18,0	1,4810	22,2
1,5018	14,0	1,4910	18,2	1,4805	22,4
1,5012	14,2	1,4905	18,4	1,4800	22,6
1,5007	14,4	1,4900	18,6	1,4795	22,8
1,5002	14,6	1,4895	18,8	1,4790	23,0
1,4997	14,8	1,4890	19,0	1,4785	23,2
1,4992	15,0	1,4885	19,2	1,4780	23,4
1,4987	15,2	1,4880	19,4	1,4775	23,6
1,4982	15,4	1,4875	19,6	1,4770	23,8
1,4976	15,6	1,4870	19,8	1,4765	24,0
1,4971	15,8	1,4865	20,0	1,4760	24,2
1,4966	16,0	1,4860	20,2	1,4755	24,4
1,4961	16,2	1,4855	20,4	1,4750	24,6
1,4956	16,4	1,4850	20,6	1,4745	24,8
1,4951	16,6	1,4845	20,8	1,4740	25,0
1,4946	16,8	1,4840	21,0	--	--
1,4940	17,0	1,4835	21,2	--	--

*Correção para temperaturas diferente de 20°C: $\pm 0,00023$ ao valor do IR encontrado na tabela para cada grau acima ou abaixo de 20°C. Fonte: AOAC; BOGDANOV; MARTIN; LÜLLMANN, 1997.

A Tabela 3 foi disposta em forma de gráfico (Figura 2) e foi realizado uma regressão linear de dados da Tabela de Chataway, para determinação da umidade correspondente a > 25% (Tabela 3). A Equação 01 consiste na regressão linear, onde Y= a umidade e enquanto “X” expressa o IR, os quais foram utilizados para obtenção dos valores de umidade.

$$Y = 608,87 - 396,14X \quad (\text{Equação 01})$$

Figura 2 – Regressão linear entre umidade (%) e índice de refração.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.2.3 Análise de pH

A determinação do pH foi realizada simultaneamente com a análise de acidez livre, conforme descrito pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990). O potenciômetro digital foi previamente calibrado a pH 4 e 7, conforme descrito pelo fabricante.

4.2.2.4 Determinação da acidez livre

A acidez livre foi determinada por meio da metodologia de titulação potenciométrica com solução de hidróxido de sódio, conforme descrita *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990).

4.2.2.5 Determinação de Cor

As cores das amostras foram avaliadas com auxílio de colorímetro digital, por meio do padrão C.I.E. $L^* a^* b^*$, onde a coordenada L^* expressa o grau de luminosidade da cor medida ($L^* = 0$, preto a 100, branco). O valor de a^* expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde (a^* positivo = vermelho; a^* negativo = verde) e a coordenada b^* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo (b^* positivo = amarelo; b^*

negativo = azul), conforme ilustra o sistema CIELAB do Anexo I. O colorímetro digital foi previamente calibrado em placa de porcelana branca, antecedendo a avaliação das amostras. Todas as amostras foram avaliadas em fundo branco conforme exibe a Figura 03 (McGUIRE,1992).

Figura 03 – Análise colorimétrica das amostras de méis de abelhas sem ferrão em fundo branco.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.2.6 Análise de Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

A determinação dos sólidos solúveis totais (SST - °Brix) foi avaliada com o auxílio de um refratômetro digital ABBE de bancada. O equipamento foi previamente calibrado conforme instruções do fabricante.

4.2.2.7 Determinação de Compostos Fenólicos Totais

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada baseando-se no método de *Folin-Ciocalteu*, de acordo com Bucic-Kojic et al., (2007) com modificações. Foi medido aproximadamente 1,25 g de cada amostra de mel, juntamente com 20 mL de etanol a 50% e homogeneizando, em vortex, durante 2 min. A mistura foi centrifugada durante 5 min a 5000 rpm e uma alíquota de 0,50 mL desse extrato foi transferida para um balão de 25 mL, protegido da luz (envoltos em papel alumínio), com 3,0 mL de água destilada, 4,0 mL de solução de *Folin-Ciocalteu* a 10 % e, entre 30 s a 8 min, foram adicionados 2,00 mL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3), a 7,5%. O volume foi complementado com água destilada e a mistura homogeneizada. Os frascos foram mantidos em repouso, na ausência de luz, por 2 h e posteriormente foi realizada a leitura

em espectrofotômetro a 765 nm, descontando o valor do branco, de cada medida. Uma curva padrão foi realizada com ácido gálico nas concentrações de 0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,5 e 5,0 mg de GAE/L. Os resultados foram expressos em mg AG/100 g de amostra (KWIATKOWSKI et al., 2010).

4.2.2.8 Determinação de Hidroximetilfurfural (HMF)

A determinação de Hidroximetilfurfural (HMF) nos méis de abelhas nativas sem ferrão, foram avaliadas baseando-se no método espectrofotométrico recomendado pela AOAC (2000), com modificações, sendo utilizadas as seguintes soluções:

- Solução de Carrez I [15 g de ferrocianeto de potássio dissolvidos e completados para 100 mL com água destilada].
- Solução de Carrez II [30 g de acetato de zinco dissolvidos e completados com 100 mL com água destilada].
- Solução de bissulfito de sódio 0,2% (m/v).

Foi medido 5,0 g de amostra de mel, juntamente com 25 mL de água destilada e prosseguiu-se com homogeneização, em vortex. Após agitação, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL e adicionados 5 mL da solução de Carrez I, homogeneizado e adicionado 5 mL da solução de Carrez II e homogeneizado novamente. Neste momento, a solução tornou-se turva e completou-se o volume do balão para 100 mL com água destilada. A solução foi filtrada em papel, descartando-se os primeiros 10 mL.

Da solução filtrada, foram transferidos 5 mL para cada um de seis tubos de ensaio. Nos três primeiros tubos acrescentou-se 5 mL de água destilada, sendo esses denominados de soluções testes. Nos demais tubos, foram acrescentados 5 mL de bissulfito de sódio 0,20%, denominando-os de soluções de referência (Branco). Todas as soluções foram homogeneizadas, em vortex, e avaliou-se a absorvância em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 284nm e 336nm, em cubeta de quartzo. Primeiramente fez-se as medidas das soluções de referência para calibração e posteriormente, das soluções teste.

O teor de Hidroximetilfurfural dos méis, foram calculados de acordo com a Equação 2, sendo expressos em mg/Kg.

$$\frac{(A_{284} - A_{336}) * 149,7 * 5}{P} = HMF \text{ mg/Kg} \quad (\text{Equação 2})$$

A_{284} = leitura da absorbância a 284 nm

A_{336} = leitura da absorbância a 336 nm

P = massa da amostra em gramas

5 = massa nominal da amostra

149,7 = [(126/16830)*(1000/10)*(1000/5)], sendo: peso molecular do HMF (126); absorptividade molecular do HMF a 284 nm (16830); conversões de unidade de g para mg (1000), centilitro/litro (10), g para Kg (1000).

4.2.2.9 Determinação de Elementos Químicos

A quantificação dos elementos químicos em amostras de méis de abelhas sem ferrão foi desenvolvida conforme metodologia descrita por Mendes (2003) por Espectrometria de Emissão com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES) utilizando, como pré-tratamento das amostras, a mineralização assistida por micro-ondas (MW).

Para a mineralização assistida por micro-ondas, foi utilizado aproximadamente 1,0 g de mel, tratado com uma mistura de 2,0 mL de HNO_3 (65% m/v), 2,0 mL de H_2O_2 (30% v/v) e 0,5 mL de ítrio (100,0 mg L^{-1}), utilizando como padrão interno. A solução foi submetida ao programa de aquecimento em forno micro-ondas fechado, onde as condições de operação são apresentadas na Tabela 4. Posteriormente, a solução resultante foi diluída para 25,0 mL e analisada por ICP OES. O mesmo procedimento foi utilizado na análise das sete amostras de méis de abelhas sem ferrão.

Tabela 4 – Condições de operação para mineralização em forno micro-ondas.

Etapa	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Espera (min)
1	60	1	1
2	70	1	2
2	80	5	5
3	120	5	5
4	180	5	5
Arrefecimento	40	0	0

Fonte: Mendes (2003), modificado.

4.2.3 Características microbiológicas das amostras de mel de abelhas sem ferrão

As análises microbiológicas foram desenvolvidas no Laboratório de Análises de Alimentos (LANALI) credenciado do Paraná. As amostras foram encaminhadas ao laboratório acondicionadas em embalagem primária, descartável (Poliestireno – PS) com tampa, e embalagem secundária em caixa térmica de isopor com placas de gelo, com o intuito de garantir o acondicionamento seguro e baixas temperaturas. Abaixo são descritas as metodologias utilizadas para o desenvolvimento das análises microbiológicas.

4.2.3.1 Bolores e leveduras

As análises de bolores e leveduras foram avaliadas de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) correspondente a metodologia 997.02 de 2012. A contagem de bolores e leveduras foi feita através de Unidades Formadoras de Colônias (UFC/g).

4.2.3.2 Coliformes Totais a 35°C

A determinação de Coliformes Totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela *American Public Health Association* (APHA), pela metodologia 8.71 de 2001. As determinações foram feitas pela técnica de Número Mais Provável (NMP/g).

4.2.3.3 Coliformes Termotolerantes a 45°C

Os coliformes termotolerantes foram avaliados de acordo com as instruções indicadas pela *American Public Health Association* (APHA) conforme metodologia 9.81 de 2015. As avaliações foram feitas pela técnica de Número Mais Provável (NMP/g).

4.2.4 Análise sensorial

Para o desenvolvimento da análise sensorial, a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) o qual teve parecer liberado sob o número CAAE: 64382217.8.00005564.

A análise sensorial foi conduzida utilizando o teste de aceitabilidade, a partir das amostras de méis de abelhas nativas sem ferrão, do Estado do Paraná, região Centro-Sul. O objetivo central do teste foi avaliar o grau com que os consumidores gostaram ou desgostaram dos méis (Teste de aceitação), e também a intenção de compra das amostras de mel de abelhas nativas. Foram avaliadas as sete amostras de méis nativos sendo elas: quatro amostras de mel de jataí (*Tetragonisca angustula*), duas amostras de mandaçaia (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata*) e uma amostra da espécie Mandaguari preta (*Scaptotrigona postica*).

Os participantes foram convidados, pessoalmente, a participar da pesquisa e também, foram esclarecidas quaisquer dúvidas e informações sobre a finalidade, riscos, benefícios, direitos e procedimentos decorrentes da participação na pesquisa. Os provedores que aceitaram a participar da análise sensorial forneceram um endereço eletrônico (e-mail) para, posteriormente, receberem os avisos referente a data, horário e local do desenvolvimento da pesquisa. Essa forma de convite foi realizada a fim de que houvessem participantes que realmente consumissem mel e/ou produtos semelhantes.

A equipe de provedores foi constituída por julgadores não-treinados, de ambos os sexos (feminino e masculino), na faixa etária de 18 a 50 anos, composta por discentes, docentes, e funcionários da instituição da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), do *campus* de Laranjeiras do Sul-PR. Essa equipe foi composta por 50 avaliadores, sendo procedentes da cidade de Laranjeiras do Sul-PR.

Os testes foram conduzidos no laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul-PR, onde foram preparadas as amostras, em testes individuais. Durante a chegada dos participantes, os mesmos foram questionados quanto às alergias ao pólen e ao mel, bem como se gostavam do produto e se possuíam a real intenção em participar do teste. Os julgadores foram convocados a verificar o Termo de Consentimento Livre esclarecido (TCLE), Apêndice 1, e quanto a quaisquer dúvidas ou informações adicionais que pudessem surgir após o término da pesquisa. Os integrantes foram orientados que poderiam entrar em contato com os pesquisadores responsáveis, uma vez que também foi disponibilizado o contato no TCLE.

O grupo de participantes foi constituído por pessoas que não possuíam a doença crônica de Diabetes, não fumantes ou participantes que haviam ingerido café ao menos por uma hora antes da análise sensorial, a fim de que estivessem aptos para avaliar as amostras. Os horários dos testes deram-se entre as 09:00 e 12:00 horas e das 14:00 as 16:00 horas.

Os provadores receberam sete amostras, entregues de forma monádica. Para evitar resultados tendenciosos produzidos pela ordem de apresentação das amostras, foi utilizado o delineamento em blocos de ordem aleatória conforme descrito por Macfie et al., (1989). Para cada julgador havia uma sequência diferente de amostra a ser entregue, assim como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplos de ordenação e códigos de três dígitos aplicados aos provadores.

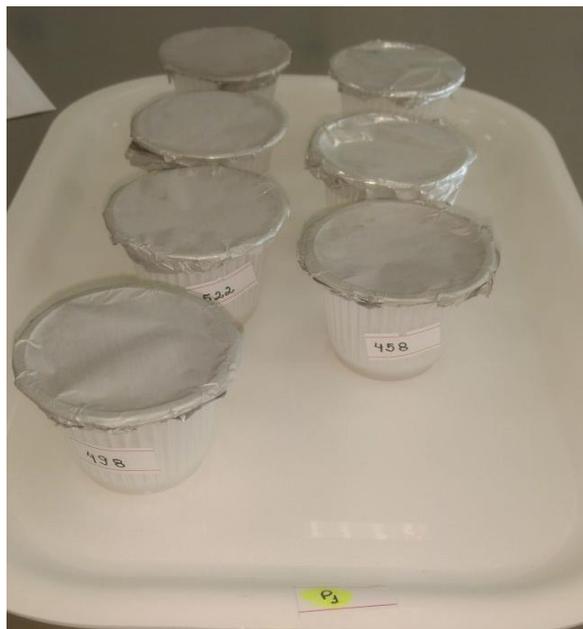
Prorador 01							
Amostras	1	2	3	4	5	6	7
Ordenação	6	5	4	1	3	7	2
Códigos	862	245	458	396	522	498	298
Prorador 02							
Amostras	1	2	3	4	5	6	7
Ordenação	4	6	3	5	2	1	7
Códigos	223	398	183	765	138	369	163
Prorador 03							
Amostras	1	2	3	4	5	6	7
Ordenação	3	4	2	6	7	5	1
Códigos	756	954	266	174	496	133	759

Fonte: Elaborado pela autora.

Esse quadro exemplifica três, das cinquenta, ordenações distintas entregues individualmente. E ainda, para cada amostra, de cada provador, havia um código de três dígitos distintos, não se repetindo aos provadores de outras cabines, como ilustra o Quadro 1 para “códigos”. Os códigos utilizados foram gerados de acordo com o Anexo II (MEILGAARD, CARR, CIVILLE 2007).

As amostras foram servidas na proporção de 3 g. Os recipientes foram vedados com papel alumínio e codificados com números de três dígitos, conforme ilustra a Figura 04. Foram fornecidos biscoito de “água e sal”, juntamente com um copo de água, para limpeza do palato entre a avaliação das amostras, conforme pode ser visto na Figura 05. Além disso, os julgadores receberam a ficha de avaliação do teste afetivo, a qual foi estruturada pela escala hedônica de nove pontos (9 = gostei extremamente e 1 = desgostei extremamente). A intenção de compra foi avaliada aplicando escala de 7 pontos (7 = eu certamente compraria o produto, 1 = eu certamente não compraria o produto), segundo a metodologia adaptada por Seabra (2002) e Hautrive (2008).

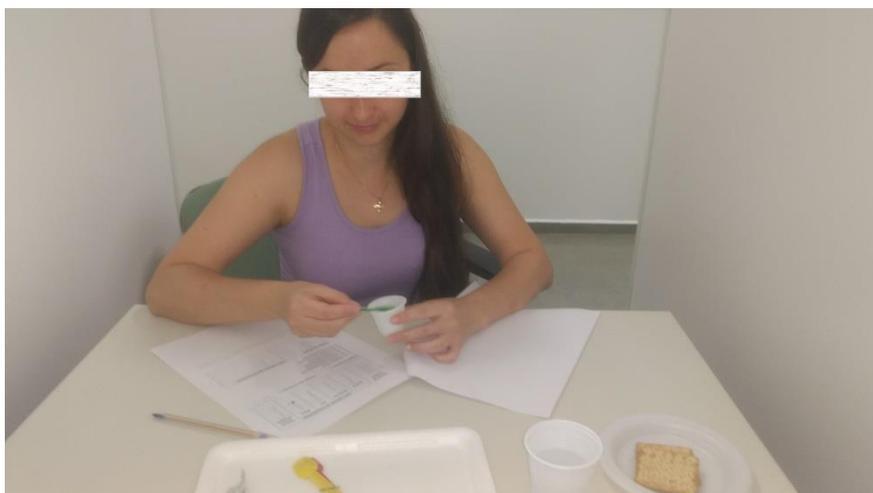
Figura 04 – Amostras de mel de abelhas nativas sem ferrão em recipientes vedados e codificados.



Fonte: Elaborado pela autora.

O Apêndice 2 apresenta o modelo das fichas utilizadas nas avaliações sensoriais, com o qual foram solicitadas, ao participante, informações complementares referentes ao sexo, idade, profissão e informações sobre o hábito de consumo de mel, as quais foram utilizadas para verificar o perfil dos julgadores. Quanto aos resultados, a avaliação estatística dos dados foi conduzida utilizando significância de 5% ($p < 0,05$).

Figura 05 - Cabine de avaliação sensorial, juntamente com a provadora avaliando uma das amostras de mel de abelhas sem ferrão.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.0 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* gratuito *Assistat* versão 7.7 beta. Os resultados experimentais foram obtidos como média e intervalo de confiança de três medições paralelas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, sendo esse utilizado para comparar os dados obtidos das diferentes amostras de mel. Os valores médios com $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO

6.1.1 Atividade de água, umidade, pH e acidez livre titulável

A atividade de água, umidade, pH e acidez titulável são fatores de extrema importância na conservação de alimentos, especialmente quando utilizados como parâmetros de controle de qualidade para avaliar a vida de prateleira de um produto. A Tabela 5 exibe os resultados de atividade de água (Aw), umidade, pH e acidez livre das amostras de mel de abelhas sem ferrão.

Tabela 5 - Resultados de atividade de água, teor de umidade, pH e acidez livre de méis de abelhas sem ferrão.

Amostras	Análises			
	Atividade de água (Aw)	Umidade (%)	pH	Acidez livre (mEq/ Kg)
1	0,709 ± 0,005 ^e	21,80 ± 0,01 ^e	3,82 ± 0,17 ^a	38 ± 2 ^d
2	0,718 ± 0,003 ^d	21,93 ± 0,47 ^{de}	3,53 ± 0,10 ^{bc}	75 ± 2 ^b
3	0,711 ± 0,001 ^e	21,07 ± 0,47 ^f	3,55 ± 0,13 ^b	75 ± 3 ^b
4	0,691 ± 0,002 ^f	22,40 ± 0,23 ^d	3,87 ± 0,04 ^a	55 ± 2 ^c
5	0,766 ± 0,001 ^b	30,87 ± 0,01 ^b	3,21 ± 0,03 ^d	115 ± 3 ^a
6	0,744 ± 0,005 ^c	28,87 ± 0,62 ^c	3,40 ± 0,06 ^c	114 ± 4 ^a
7	0,809 ± 0,002 ^a	34,00 ± 0,01 ^a	3,20 ± 0,08 ^d	118 ± 13 ^a

* Média e Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-f}. Média com letras minúsculas diferentes, numa mesma coluna, indicam diferenças significativas ao nível de p<0,05. Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*.

A atividade de água não é um parâmetro físico exigido por regulamentações nacionais (IN nº 11, 2000) e internacionais (*Codex Alimentarius*, 2001). No entanto, esse parâmetro é de grande importância para auxiliar na investigação das características de atividades microbianas, alterações do alimento, bem como sobre as características físicas do produto.

Constatou-se que a maioria das amostras diferiram (p<0,05) para a atividade de água (Aw), variando entre 0,691 a 0,809. As únicas amostras que não se diferem entre si,

são as amostras 1 e 3, ambas da espécie *Tetragonisca angustula*. As espécies *Tetragonisca angustula* (amostras 1, 2, 3 e 4) exibiram menores conteúdos de água livre, variando entre 0,691 a 0,718, enquanto as espécies de *Melipona q. quadrifasciata* (amostras 5 e 7) e *Scaptotrigona postica* (amostra 6) possuem maiores A_w , de 0,766 e 0,809, e 0,744 respectivamente.

Embora a maior atividade de água tenha sido obtida para a amostra 7 (A_w : 0,809), *Melipona q. quadrifasciata*, esse valor é insuficiente para o desenvolvimento de patógenos de importância alimentar. A maioria das bactérias deteriorantes necessitam de A_w mínima de 0,90 para seu desenvolvimento, enquanto bolores deteriorantes e leveduras osmofílicas necessitam de A_w mínima de 0,80 e 0,60 para sua multiplicação. Somente alguns gêneros de bactérias causadoras de toxinfecções alimentares são capazes de sobreviver em altas concentrações de açúcares como, por exemplo, bactérias do gênero *Staphylococcus aureus* que podem tolerar A_w de até 0,86 para sua multiplicação. Porém, há dependência de outros fatores intrínsecos e extrínsecos para que haja seu desenvolvimento tais como, pH do meio e temperatura de armazenamento (LIEVENS, et al., 2015; FRANCO; LANDGRAF, 2005).

A atividade de água é um parâmetro físico de grande importância, especialmente quando se deseja avaliar a estabilidade de um alimento. Os valores de A_w podem prever sobre a disponibilidade de água presente no alimento, se estão permissíveis para o crescimento microbiano, atividade enzimática e velocidade de reações de alteração em alimentos (MERABET, 2011; RIBEIRO et al., 2014).

Os méis, em geral, apresentam valores de atividade de água próximos a 0,6, demonstrando ser um produto estável em termos microbiológicos (BLACK; BARACH, 2015; CAMARGO et al., 2017). Entretanto, altos níveis de umidade são comuns de serem encontrados em méis de abelhas sem ferrão. Silva et al., (2013) avaliaram nove amostras de mel de *Melipona subnitida* (jandaíra), obtidos da região semiárida do Estado da Paraíba, Brasil. Os méis de abelhas sem ferrão estudados pelos autores também resultaram em maior atividade de água ($A_w \pm 0,720$), quando comparado aos méis de *Apis mellifera*.

Os resultados de atividade de água obtidos por Silva et al., (2013) corroboram com os resultados obtidos pelo presente estudo, ficando evidente que espécies de abelhas sem ferrão produzem méis com maiores conteúdos de umidade. De acordo com Escuredo et al., (2013) maiores teores de umidade são comuns em méis de abelhas nativas sem ferrão e constituem uma das principais peculiaridades ao produto.

Ainda nessa pesquisa a Tabela 5 exibe, os resultados obtidos para teores de umidade das amostras de méis avaliadas. Assim como obtido para a atividade de água (A_w), o teor de umidade também variou nos méis das abelhas nativas sem ferrão, nas diferentes espécies. As *Tetragonisca angustula* proporcionaram méis com menores conteúdos de umidade, variando entre 21,07 a 22,40%, seguido pela *Scaptotrigona postica* (28,07%) e *Melipona q. quadrifasciata* (30,87 e 34,00%), evidenciando que o teor de umidade também foi influenciado pela espécie de abelha sem ferrão.

Estudos evidenciaram que mel de meliponíneos se diferem amplamente das características de mel produzido por *Apis mellifera*. Biluca et al., (2016) avaliaram 33 amostras de méis de abelhas sem ferrão, de diferentes espécies, oriundas do Estado de Santa Catarina, Brasil. Os autores encontraram variações nos teores de umidade de 23,1 a 43,5%. Os teores mais elevados foram obtidos pela espécie *Melipona q. quadrifasciata* e dentre os menores conteúdos, tem-se a espécie *Tetragonisca angustula*. Esses mesmos resultados também foram encontrados nesse estudo, evidenciando que as espécies nativas influenciam e produzem méis com alto teor de umidade.

Rodrigues (2016) avaliou o teor de umidade de seis amostras de méis de abelhas sem ferrão, provenientes dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil. A autora também obteve variações no teor de umidade (23,8 a >25%) em diferentes espécies analisadas. Lira et al., (2014) e Sousa et al., (2016) também comprovam em seus estudos que o teor de umidade em méis de meliponíneos variam entre 20 a 35% e de acordo com a espécie das abelhas.

Os padrões de identidade e qualidade do mel devem ser comparados à legislação vigente. Os padrões estabelecidos, pela IN nº 11 (Brasil, 2000) e Comissão do *Codex Alimentarius* (*Codex Alimentarius*, 2001), determinam umidade máxima de 20%. Contudo, essas legislações são voltadas especialmente para mel de *Apis mellifera* e não condizem com as características físico-químicas de méis produzidos pelas abelhas sem Ferrão. Na presente pesquisa, todos os méis (amostras 1 a 7) de abelhas sem ferrão excedem ao máximo permitido por regulamentações vigentes. Diversos estudos (VILLAS-BÔAS, 2012; LIRA et al., 2014; BILUCA et al., 2016; BRAGHINI et al., 2017) evidenciam essa ampla diferença de umidade entre méis produzidos por abelhas sem ferrão e *Apis mellifera*. Esse fato deixa ainda mais evidente a necessidade de uma regulamentação específica para méis produzidos pelas espécies de abelhas sem ferrão, para que suas características possam ser comparadas e avaliadas de forma justa.

É pertinente comentar que a diferença no teor de umidade de méis de abelhas sem ferrão pode estar relacionada ao ambiente tropical úmido em que o mel é produzido, baixa taxa de desidratação do néctar durante o processo de transformação do mel, o qual é influenciado por condições ambientais tais como, por exemplo, umidade relativa do ar, temporada de colheita do mel e outras, como a espécie de abelhas, colheita do néctares de flores e frutos ricos em água, e dentre outros fatores (KARABAGIAS et al., 2014; RAMÓN-SIERRA et al., BILUCA et al., 2016; RODRIGUES, 2016).

O conhecimento do teor de umidade do mel é de extrema importância para melhorar sua conservação e armazenamento, para que se possa impedir o desenvolvimento de microrganismos. O mel contém leveduras osmofílicas que são responsáveis pelo processo de fermentação. Como supracitado, as abelhas sem ferrão produzem méis com altos teores de umidade e para que o produto permaneça íntegro, é preciso que os méis sejam armazenados a baixas temperaturas para não ocorrer processos de fermentações e desenvolvimento de outros microrganismos (TORNUK et al., 2013; ESCUREDO et al., 2013; YÜCEL; SULTANOGLU, 2013; KARABAGIAS et al., 2014).

Além disso, méis de Meliponinae são muito influenciados pela umidade, especialmente suas características de fluidez, viscosidade, cristalização, peso específico, perdas de qualidade do produto, influências sobre as propriedades sensoriais do produto tais como, o sabor (SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2013; ESCUREDO et al., 2013; KARABÁGIAS et al., 2017).

O pH não é um parâmetro exigido pelas legislações nacional (BRASIL, 2000) e internacional (CAC, 2001), mas pode ser utilizado como análise complementar à acidez e, também, pode ser utilizado como parâmetro a fim de avaliar a autenticidade do mel. Ainda pela Tabela 5, são mostrados os resultados para pH e acidez livre, das amostras de méis de abelhas sem ferrão, de três diferentes espécies.

Assim como nos demais parâmetros avaliados, o pH variou de acordo com as espécies das abelhas sem ferrão. Os pH obtidos estão entre 3,20 a 3,87. A espécie *Tetragonisca angustula* apresentou pH mais elevado entre as amostras, variando entre 3,53 a 3,87. Os demais resultados foram decrescentes para a espécie *Scaptotrigona postica* e amostras de *Melipona q. quadrifasciata*. Os valores de pH encontrados no presente estudo são coerentes com o obtido por outros pesquisadores.

Apesar do limite de pH não ser descrito e exigido, a maioria dos méis apresenta pH naturalmente em torno de 3,20 a 4,50. Ribeiro et al., (2014) avaliaram oitenta amostras de diferentes espécies, provenientes da região montanhosa dos Estados do Rio de Janeiro

e Minas Gerais, Brasil. Os autores constataram que o pH das amostras variou entre 2,98 a 4,15. Segundo os mesmos autores, o pH é influenciado por diferentes fontes de néctar, condições geográficas em que o mel foi produzido, pelas combinações de plantas, pela ação das bactérias presente no mel, e ainda pela presença de minerais nas amostras.

Ao avaliar as amostras de méis de abelhas sem ferrão oriundas dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul- Brasil, Rodrigues (2016) constatou variações no pH em função as espécies de abelhas avaliadas, entre 3,41 a 5,41. Karabagias et al., (2017) ao avaliar trinta e sete amostras de méis provenientes da Grécia, Espanha, Egito e Marrocos, de diferentes espécies, constataram variações de pH entre 3,22 a 3,67. Oroian e Sorina (2017) avaliaram cinquenta amostra de méis de diferentes origens flores, procedentes da Romênia e constataram variações de pH entre 4,4 a 5,5.

Segundo Siddiqui et al., (2017) alterações no pH são comuns em mel, devido as diferentes regiões em que os méis são produzidos, da presença de ácidos orgânicos, responsáveis pelas características sensoriais e em consequência da proteção natural do mel contra bactérias deteriorantes.

A determinação do pH em méis, pode ser utilizada como parâmetro de autenticidade e adulteração no produto. Possíveis adulterações, surgem a adição de xarope de milho ao mel, produto esse rico em frutose que resulta no aumento significativo do pH sobre mel o puro (RIBEIRO et al., 2014; DA SILVA et al., 2016).

O pH e acidez livre são fatores que regem a qualidade do produto, pois esses parâmetros podem indicar a deterioração do mel. O baixo pH inibe o crescimento microbiano, pois o pH ótimo para desenvolvimento de microrganismos varia entre 4,0 a 7,5 para a maioria das bactérias, bolores e leveduras. Entretanto, acidez maior do que 50 mEq/Kg pode indicar a fermentação de açúcares em ácidos orgânicos (BRAGHINI, 2016).

Por meio da Tabela 5, nota-se que dentre as sete amostras avaliadas, seis excedem ao conteúdo de acidez livre permitido pela IN nº 11 (BRASIL, 2000) e Comissão do *Codex Alimentarius* (CAC, 2001) tolerando o máximo de 50 mEq/Kg. Assim como para o pH, evidencia-se que as amostras de *Tetragonisca angustula* se diferem entre si ($p < 0,05$) e das demais espécies analisadas, também, no teor de acidez livre. A amostra 4 apresentou acidez intermediária, quando comparada com as demais amostras. Já as amostras 5, 6 e 7 (*Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona angustula*) exibiram os maiores teores de acidez, correspondendo a mais que o dobro de acidez máxima (50 mEq/Kg) permitida pelas legislações vigentes. Nota-se que as amostras 5 e 7,

pertencentes a espécie *Melipona q. quadrifasciata*, apresentaram maiores concentrações de acidez de 115 e 118 mEq/Kg, respectivamente.

A acidez do mel é decorrente da variação de ácidos orgânicos, sendo esses derivados de diferentes fontes de néctares e através da ação de enzimas. O ácido glucônico é predominante no mel e sua presença está diretamente relacionada com reações enzimáticas. Esse ácido é produzido pela ação de enzima glicose-oxidase sobre a glicose. A ação dessa enzima permanece mesmo durante o armazenamento e após o processamento. Devido a essas características, a acidez é um componente significativo do mel e contribui para sua estabilidade, podendo indicar a ocorrência de processos fermentativos, bem como condições de armazenamento (EVANGELISTA-RODRIGUES, et al., 2005; ALVES, et al., 2005; LIRA, et al., 2014). Porém, a maior acidez, geralmente, é características de méis de abelhas sem ferrão, constituindo uma peculiaridade ao produto.

Braghani (2016), avaliou dez amostras de abelhas sem ferrão provenientes do Estado de Santa Catarina, Brasil. A autora obteve alterações de acidez livre, variando com a espécie analisada, apresentando conteúdo de acidez livre entre 22,38 a 99, 42 mEq/Kg. Biluca et al., (2016) obtiveram concentrações de acidez ainda maiores, entre 16,2 a 139 mEq/Kg, oriundos da mesma região de Braghani (2016). Ao avaliar as amostras de méis de abelhas sem ferrão, Rodrigues (2016) obteve menor acidez livre entre 18,32 e 46,01 mEq/Kg.

Parpinelli (2016), avaliou quinze amostras de méis de *Tetragonisca angustula* e seis amostras de *Melipona q. quadrifasciata* oriundas diferentes regiões do Estado do Paraná. A autora obteve concentrações de acidez superiores ao do presente estudo para *Tetragonisca angustula*, entre 17,67 a 147, 63 mEq/Kg e 56,33 a 109,55 mEq/Kg para a espécie *Melipona q. quadrifasciata*. Esses resultados são superiores para espécie *Tetragonisca angustula* e concentrações inferiores para *Melipona q. quadrifasciata*, sendo o inverso obtido no presente estudo. Segundo Sousa et al., (2013), variações no teor de acidez são comuns para méis de Meliponinae. As concentrações de acidez, de modo geral, são coerentes com as desse estudo porque ambos os estudos apresentaram altos índices de acidez para méis de abelhas sem ferrão.

Como já mencionado anteriormente e com a observação feita por meio da revisão de literatura dessas pesquisas atuais é evidente a presença de acidez superior a 50 mEq/kg como sendo característico de mel Meliponinae, indicando a necessidade de uma regulamentação específica para méis de abelhas sem ferrão. Importa destacar que, sem

regulamentações vigentes específicas para méis de abelhas sem ferrão, as suas características físico-química sempre estarão incoerentes aos padrões exigidos, sendo prejudicial especialmente para a comercialização e até exportação do produto.

Aliás, conforme Lira et al., (2014), a acidez de Meliponinae costuma ser mais elevada, quando relacionada ao mel de *Apis mellifera*. Essa característica é detectável ao paladar de muitos consumidores, constituindo uma peculiaridade ao produto que agrada muitos consumidores.

6.1.2 Análise de cor

A cor do mel é considerada um parâmetro de qualidade, de preferência e aceitação entre os consumidores. Na Tabela 6 são mostrados os parâmetros de cor das amostras de méis de abelhas sem ferrão. Dentre os parâmetros avaliados, as amostras 1, 3 e 6 não se diferiram para o parâmetro de luminosidade (L^*) e no componente de cor a^* , as demais diferem-se entre si. Para o componente de cor b^* todas as amostras diferem entre si ($p < 0,05$).

Tabela 6 – Parâmetros de cor dos méis de abelhas sem ferrão.

Amostras	Cor		
	L^*	a^*	b^*
1	40,72 ± 0,04 ^c	-1,77 ± 0,04 ^c	8,58 ± 0,03 ^g
2	38,02 ± 0,05 ^e	-0,03 ± 0,03 ^e	11,75 ± 0,04 ^c
3	40,80 ± 0,02 ^c	-1,14 ± 0,01 ^d	9,49 ± 0,08 ^e
4	39,56 ± 0,25 ^d	-1,64 ± 0,01 ^c	14,55 ± 0,22 ^b
5	43,30 ± 0,10 ^b	-3,42 ± 0,04 ^b	10,21 ± 0,02 ^d
6	40,75 ± 0,01 ^c	-1,74 ± 0,02 ^c	8,74 ± 0,05 ^f
7	43,52 ± 0,04 ^a	-5,95 ± 0,04 ^a	18,17 ± 0,07 ^a

* Média e Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-g}. Média com letras minúsculas diferentes, numa mesma coluna, indicam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*.

Karabagias et al., (2017) avaliaram trinta e sete amostras de méis cítricos de quatro países, sendo eles: Egito, Grécia, Marrocos e Espanha. Ao avaliar os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*), os autores obtiveram resultados distintos para o parâmetro de luminosidade (± 77) e de componentes amarelos b^* ($\pm 6,0$), quando comparado ao atual

estudo. Entretanto, para o parâmetro a^* ambas as pesquisas mostraram valores semelhantes. Karabagias et al., (2017) encontraram valores próximos a $\pm 2,70$. Esse fato torna-se interessante, porque esses resultados podem indicar que os méis de abelhas sem ferrão possuem pigmentos de cor verdes em composição, semelhantes aos méis cítricos analisados por Karabagias et al., (2017).

Os resultados ilustrados na Tabela 6 mostram que as amostras 1, 2, 3, 4 e 6 possuem cor mais escura, por meio do sistema CIELAB (Anexo I) pode-se denominá-las como a âmbar-claro a escuro. As demais amostras (5 e 7) exibiram menor intensidade de cor, sendo classificadas como extra âmbar claro, devido a maior intensidade de coloração amarela. A amostra 7 foi a que mais se diferiu para os parâmetros avaliados (L^* , a^* e b^*), expondo coloração próxima a amarelo-esverdeado. Essas classificações foram definidas a partir da interpretação do sistema CIELAB, conforme mostra o Anexo I.

A legislação brasileira delimita que a coloração do mel se encontre entre quase incolor ao pardo escuro. Apesar disso, as normativas vigentes, Brasil (2000) e *Codex Alimentarius* (2001), de controle de qualidade do mel são baseadas sobre as características do mel produzido especificamente por abelhas *Apis mellífera*.

O predomínio de tons claros em méis de meliponíneos já foi relatado por outros pesquisadores (LACERDA et al., 2010; ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013; SOUSA et al., 2013), tornando-se intenso o fato de que méis de abelhas sem ferrão se diferem das características méis de *Apis mellífera*, não sendo aplicáveis para comparação. Esse fato alerta, mais uma vez, sobre a grande importância de uma regulamentação específica para os méis de abelhas sem ferrão, pois são vários os indícios que confirmam a necessidade de uma regulamentação exclusiva para o controle de qualidade de méis provenientes de abelhas sem ferrão.

Destaca-se que a coloração do mel é influenciada por diversos fatores, sendo eles: origem floral, maturação do mel, variações climáticas ao longo do período do fluxo do néctar, tempo e temperatura em que o mel permanece armazenado em colmeias, presença de elementos químicos, vitaminas B e C, processo de caramelização, produtos de reação de Maillard, teor de flavonoides e ácidos fenólicos e, quanto maior for a concentração desses componentes, mais intensa será a cor do mel (LACERDA et al., 2010; LIRA et al., 2014; BRAGHINI 2016; DA SILVA et al., 2016).

6.1.3 Concentração de Sólidos Solúveis Totais (°Brix), Compostos fenólicos totais e Hidroximetilfurfural (HMF)

Por meio da Tabela 7 mostra-se os resultados obtidos para as determinações de Sólidos Solúveis Totais – SST (°Brix), compostos fenólicos totais e hidroximetilfurfural (HMF). O teor de compostos fenólicos totais foi expresso em mg de ácido gálico por 100 g de amostra. E o HMF foi expresso em mg de HMF por kg de amostra.

A concentração de Sólidos Solúveis Totais – SST (°Brix) não é uma propriedade exigida pela legislação nacional -IN nº 11- (BRASIL, 2000) - e internacionais - Comissão do *Codex Alimentarius* - (*Codex Alimentarius*, 2001). Porém, essa análise expressa o conteúdo de açúcares totais e pode indicar a adulteração do produto.

Tabela 7 – Concentrações de SST, compostos fenólicos e HMF em méis abelhas sem ferrão.

Amostras	SST (°Brix)	Compostos fenólicos totais (mg AG/100 g) *	HMF (mg/Kg)
1	76,20 ± 0,01 ^b	18,3 ± 3,3 ^c	18,7 ± 0,3 ^b
2	76,27 ± 0,62 ^b	29,1 ± 1,4 ^b	21,0 ± 0,5 ^a
3	77,17 ± 0,59 ^a	26,5 ± 2,4 ^b	17,8 ± 0,3 ^c
4	75,93 ± 0,12 ^b	39,6 ± 2,8 ^a	21,5 ± 0,3 ^a
5	67,27 ± 0,12 ^d	16,9 ± 3,9 ^{cd}	12,8 ± 0,5 ^e
6	69,33 ± 0,84 ^c	13,2 ± 3,4 ^d	15,9 ± 0,2 ^d
7	64,00 ± 0,01 ^e	18,9 ± 4,5 ^c	17,8 ± 0,8 ^c

* Média e Intervalo de Confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. ^{a-g}. Média com letras minúsculas diferentes, numa mesma coluna, indicam diferenças significativas ao nível de p<0,05. SST: Sólidos Solúveis Totais (°Brix). HMF: Hidroximetilfurfural. Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*.

Os valores de SST dos méis de abelhas sem ferrão variaram de 64,00 a 77,17 e foram constatadas diferenças significativas (p<0,05) entre si. As maiores concentrações de SST foram obtidas pela espécie *Tetragonisca angustula* (amostras 1, 2, 3, 4), com concentrações entre 75,93 a 77,17. No entanto as demais espécies, *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona angustula*, possuem menores concentrações de SST, entre 64,00 a 69,33.

Esses resultados indicam que a espécie de *Tetragonisca angustula* pode produzir méis com maiores concentrações de SST. Por meio das Tabelas 5 e 7, nota-se que essa espécie mostrou ter menor teor de umidade e de acidez livre, indicando que há maiores concentrações de açúcares totais, conforme foi confirmado por esse parâmetro. O inverso também foi possível verificar para as demais espécies, que apresentaram menores concentrações de SST e maiores teores de umidade e acidez livre, como mostraram as Tabelas 5 e 7. Concentrações baixas de SST eram esperadas, devido aos méis de abelhas sem ferrão apresentarem maiores teores de umidade e acidez total e, conseqüentemente, menores concentrações de açúcares, quando comparado aos méis produzidos por *Apis mellifera*.

Biluca et al., (2016) avaliaram trinta e três amostras de méis de abelhas sem ferrão nativas do Estado de Santa Catarina, Brasil. Assim como no presente estudo, os autores obtiveram variações na concentração de SST (°Brix) para a mesma espécie, sendo observado menores concentrações de °Brix em amostras de *Melipona q. quadrifasciata*, entre 55,2 a 74,1°Brix. Para a *Tetragonisca angustula*, as concentrações foram de 75,1°Brix.

Os resultados do presente estudo também corroboram com a pesquisa de Rodrigues (2016) na avaliação de méis de abelhas sem ferrão de diferentes espécies oriundas dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil. A autora obteve resultados semelhantes para a espécie *Tetragonisca angustula* ($\pm 74,0$), com maior concentração e resultados inferiores de SST para *Melipona q. quadrifasciata* ($\pm 67,0$).

Sousa et al., (2016) também obtiveram resultados similares para as espécies de abelhas sem ferrão *M. Subnida* ($\pm 72,4$) e *M. scutellaris* ($\pm 73,0$) provenientes de regiões semiáridas dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Brasil. Do Vale et al., (2018) também observaram baixas concentrações, entre 61,8 a 76,1 de SST para méis de abelhas sem ferrão, *Melipona Scutellaris* e *Melipona sp.*, sendo elas derivadas do Estado do Acre, Brasil.

Oroian e Sorina (2017) avaliaram cinquenta amostras de méis de *Apis mellifera* de diferentes origens florais, nativas da Romênia e os autores observaram concentrações de SST entre 78,9 a 82,2°Brix, valores esses acima do obtido nesse estudo. A maior concentração de SST obtida pelos autores indica que as amostras possuem maior concentração de sólidos solúveis totais, podendo referir-se a maior concentração de açúcares totais.

Observa-se que açúcares são os componentes em maior quantidade no mel e podem chegar a representar até 90% de sua composição (KAMAL; KLEIN, 2011). Além disso, a composição dos açúcares pode depender da origem botânica e geográfica, condições climáticas, pelas condições de seu armazenamento e outros fatores (ESCUREDO et al., 2014).

A concentração de compostos fenólicos totais nos méis de abelhas sem ferrão, é mostrada na Tabela 7. O conteúdo de compostos fenólicos totais variaram de 13,2 a 39,6 mg AG/100 g, sendo observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras avaliadas. As maiores concentrações de fenólicos totais foram alcançadas para a espécie *Tetragonisca angustula*, variando entre 18,3 a 39,6 mg AG/100 g, enquanto a *Scaptotrigona postica* (amostra 6) possui a menor concentração, 13,2 mg AG/100 g.

A amostra 4 evidenciou ter a maior concentração desse componente, entre as amostras avaliadas. Braghini (2016), bem como Da Silva et al., (2016), mencionam que os compostos fenólicos, juntamente com outros elementos, interferem diretamente na coloração dos méis.

Comparando as Tabelas 6 e 7, nota-se que as abelhas da espécie *Tetragonisca angustula* produzem méis com colorações mais escuras, âmbar-claro a escuro. A influência dos compostos fenólicos sobre a coloração dos méis pôde ser confirmada por esse estudo, devido aos resultados dos compostos fenólicos totais obtidos serem maiores para a espécie *Tetragonisca angustula*, especialmente para a amostra 4. Lira et al., (2014) também observou a influência de substâncias fenólicas sobre a coloração de méis de meliponíneos, ao analisar méis das espécies *Tetragonisca angustula* e *Scaptotrigona sp*, em comparação aos méis de *Apis mellifera*.

Esse fato mostra a importância de estudos ainda mais aprofundados sobre o conteúdo de compostos fenólicos em méis de abelhas sem ferrão. Em especial para méis produzidos por *Tetragonisca angustula*, visto que o mel produzido por essas abelhas mostrou ter propriedades importantes por outros pesquisadores como RAO et al., (2016); BILUCA (2014) e LIRA et al., (2014).

A confirmação dessa evidência pode apontar que outros compostos também influenciam na coloração dos méis como, por exemplo, os elementos químicos, assim como mencionado por outros pesquisadores (BRAGHINI, 2016; DA SILVA et al., 2016; ROGRIGUES, 2016; BILUCA et al., 2017).

Biluca (2014) avaliou treze amostras de méis de abelhas sem ferrão nativos de diferentes regiões do Estado de Santa Catarina. A autora observou concentrações de

fenólicos totais de 14,69 a 98,04 mg EAG/100 g. O maior conteúdo de fenólicos totais foi alcançado para a espécie *Tetragonisca angustula* (98,04 mg EAG/100 g).

O mesmo foi observado nesta pesquisa, em que os méis produzidos por *Tetragonisca angustula* são mais significativos ($p < 0,05$) no conteúdo de compostos fenólicos totais, mas, de modo geral, as concentrações de fenólicos totais foram inferiores às de Biluca (2014). Apesar disso, Silva et al., (2013) obtiveram conteúdos bem inferiores ao avaliar nove amostras de *Melipona subnitida* nativas da região semiárida do Estado da Paraíba, Brasil. Os autores alcançaram teores de méis de 1,1 a 1,3 mg EAG/100 g.

Escuredo et al., (2013) avaliaram cento e oitenta e sete amostras de méis de diferentes origens botânicas provenientes do noroeste da Espanha, Europa. Os autores constataram variações entre 78,4 a 140,6 mg AG/100 g. Nota-se que os méis possuem grandes variações em relação ao conteúdo de fenólicos totais.

As variações nas propriedades dos méis são comuns devido a produção em diferentes locais, sendo susceptível a diferenciação. A concentração de compostos fenólicos totais são decorrentes das espécies de abelhas, origem botânica do néctar e pólen. As fontes florais utilizadas pelas abelhas, para a coleta de substâncias necessárias para a produção do mel, devem ser consideradas visto que a composição do mel é influenciada por fatores geográficos, sazonais e ambientais (Da SILVA, 2015; LIRA et al., 2014, SILVA et al., 2013).

Para Rao et al., (2016) os méis, em geral, apresentam diversas atividades biológicas, bioquímicas e fisiológicas importantes em seres humanos e em animais. Segundo os autores, essas propriedades dependem dos compostos fenólicos individuais presentes no mel. Entretanto, há um número reduzido de pesquisas referentes aos compostos fenólicos presentes em méis de abelhas sem ferrão. Isso evidencia a necessidade de novas pesquisas que correlacionem a atividade antioxidante desses méis, visto que sua ação é decorrente do sequestro de radicais livres, que atuam na etapa de iniciação da propagação de processo oxidativo. Devido a essas características, os compostos fenólicos são fortemente associados às ações antioxidantes do mel (JACOB, 2014; ALQARNI et al., 2016).

Na presente pesquisa, foi realizada somente a determinação dos compostos fenólicos totais, embora a determinação de compostos fenólicos possa auxiliar na identificação das origens florais. A determinação é realizada pela análise de compostos fenólicos individuais e dentre os resultados, as amostras apresentam um perfil fenólico típico de substâncias denominando, assim, a origem floral. Coelho et al., (2017)

obtiveram sucesso na determinação de compostos fenólicos individuais, pois das dezessete amostras de própolis estudadas, dezesseis apresentaram perfil fenólico típico, identificando a espécie *Baccharis dracunculifolia*.

Os resultados obtidos para HMF (Tabela 7) mostraram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os méis produzidos pelas abelhas sem ferrão, variando entre 12,8 a 21,5 mg/Kg. O maior teor de HMF foi obtido, principalmente, para os méis de *Tetragonisca angustula* (17,8 a 21,5 mg/Kg), seguido por *Melipona q. quadrifasciata* (12,8 e 17,8 mg/Kg) e *Scaptotrigona postica* (15,9 mg/Kg).

O HMF é um parâmetro exigido na avaliação da qualidade de méis. Com base no comitê do *Codex Alimentarius* (CAC, 2001) é tolerável o limite máximo de 40,00 mg/Kg. Contudo, em países de regiões tropicais, onde as temperaturas são elevadas, são permitidos limites máximos de até 80 mg/kg, desde que o mel e misturas de mel tenham origem declarada de região de clima tropical. No Brasil, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel, Instrução Normativa nº 11 (2000), tolera o limite máximo de 60 mg/Kg (BRASIL, 2000). Embora méis provenientes de regiões tropicais tenham HMF alterados, para ambas legislações, nacionais e internacionais, as amostras de méis de abelhas sem ferrão avaliadas encontram-se de acordo com as legislações vigentes.

O HMF é um produto resultante da decomposição de monossacarídeos (glicose e frutose) em presença de ácidos e em altas temperaturas, podendo ainda ser formado por reação de caramelização e Maillard, quando o mel é aquecido ou armazenado por longos períodos. Níveis elevados de HMF são considerados indicativos de superaquecimento ou adulteração do produto pela adição de xarope invertido (TORNUK et al., 2013; YÜCEL & SULTANOGLU, 2013; LIRA et al., 2014; BILUCA 2014; DA SILVA et al., 2016). Diante desses fatores, é possível enfatizar que as amostras de méis de abelhas nativas sem ferrão avaliadas nesse estudo não sofreram quaisquer tipos de tratamento térmico ou adulteração durante seu período de produção, coleta e armazenamento.

Há, ainda, outros fatores que podem interferir na formação de HMF, tais como, a atividade de água (A_w) e acidez. Em alta A_w , a reação de Maillard é mais lenta e, conseqüentemente, a formação de HMF reduz. Porém, quando a acidez é alta, a velocidade de reação de Maillard tende a diminuir e a formação de HMF é inibida (FALLICO et al., 2004; FENNEMA, 2010; BELAY et al., 2017).

A influência da atividade de água (A_w) e acidez sobre o teor de HMF pôde ser observada no presente estudo. Ao observar a Tabela 5, nota-se que as amostras de *Melipona q. quadrifasciata* (amostras 5 e 7) e *Scaptotrigona postica* (amostra 6)

apresentaram os maiores conteúdos para Aw e acidez total titulável e, conseqüentemente, o teor de HMF foi menor para essas amostras (Tabela 7).

E o inverso foi observado para as amostras de *Tetragonisca angustula* (amostras 1, 2, 3 e 4), em que o teor de HMF foi maior (Tabela 7), e o conteúdo de Aw e acidez total titulável foram menores (Tabela 5). Pode-se verificar que a espécie de abelha sem ferrão influencia diretamente na composição química do mel. De tal modo, a concentração de alguns componentes químicos pode ter ação sobre outros componentes das amostras, como visto na correlação entre Aw, acidez titulável sobre o HMF.

Entretanto, Rodrigues (2016) alcançou valores bem inferiores de HMF ao avaliar méis de abelhas sem ferrão dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil, variando entre 2,70 a 10,09 mg/ Kg. Braghini et al., (2017) avaliaram méis de *Apis mellifera* e *Tetragonisca angustula* nativas da microrregião Francisco Beltrão – PR, Brasil. As amostras de *Apis mellifera* alcançaram variações entre 19,17 a 21,10 mg/Kg, enquanto a espécie de abelha sem ferrão, *Tetragonisca angustula*, alcançou variações entre 0,53 a 1,07 mg/Kg.

Valores próximos aos do presente estudo foram encontrados por Nascimento et al., (2015) ao avaliar méis de abelhas sem ferrão provenientes dos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo, Brasil. Os autores obtiveram variações entre 11,63 a 58,27 mg/Kg para méis de diferentes espécies de abelhas sem ferrão.

Sousa et al., (2016) avaliaram amostras de *M. Subnida* e *M. scutellaris*, abelhas sem ferrão, adquiridas de regiões semiáridas dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Brasil e não encontraram presença de HMF nas amostras avaliadas. Entretanto, Silva et al., (2013) avaliaram amostras de *M. subnitida* coletadas de regiões semiárida do Estado da Paraíba e alcançaram variações entre 10,80 a 15,76 mg/Kg. Nota-se uma grande variação de HMF alcançados nos diferentes méis de abelhas sem ferrão, provenientes de diferentes regiões do Brasil.

De acordo com Habib et al., (2014) variações no teor de HMF em méis são decorrentes da fonte floral e com essa análise pode-se prever sobre o envelhecimento do produto, devido aos méis frescos apresentarem baixos teores de HMF durante seu processamento, armazenamento e/ou envelhecimento, pois o HMF tende a aumentar.

Destaca-se que a ação do HMF vem sendo estudada por pesquisadores devido aos seus efeitos desfavoráveis à saúde humana, por tornar-se mutagênico, organotóxico, inibitório enzimático e genotóxico. O HMF é convertido em 5-sulfoximetilfurfural (SMF)

e não é excretado pelo organismo, resultando em efeitos adversos à saúde humana e de abelhas (CAPUANO, FOGLIANO, 2011; SHAPLA et al., 2018).

6.1.4 Elementos químicos

Os resultados da composição mineral das amostras de méis de abelhas sem ferrão provenientes da região Centro-Sul do Estado do Paraná, encontram-se na Tabela 8. Dezenove elementos foram avaliados, sendo eles: prata (Ag), alumínio (Al), boro (B), bário (Ba), cálcio (Ca), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), potássio (K), lítio (Li), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), sódio (Na), níquel (Ni), fósforo (P), selênio (Se) e zinco (Zn), todos com concentrações acima do Limite de Quantificação (LOQ).

O conteúdo mineral nos méis de abelhas sem ferrão teve grande variabilidade, diferindo-se significativamente ($p < 0,05$), como mostra a Tabela 8. Os elementos químicos quantitativamente majoritários, em ordem decrescente, foram: potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em todos os méis. A espécie *Tetragonisca angustula* (Amostras 1, 2, 3 e 4) possui a maior concentração dos elementos mencionados acima. Nas demais espécies, *Melipona q. quadrifasciata* (Amostras 5 e 7) e *Scaptotrigona postica* (Amostra 6) as concentrações foram inferiores.

O K é o elemento predominante quantificado nas amostras de méis de abelhas sem ferrão. A amostra 4 possui a maior concentração média, correspondendo a 1228,75 mg/Kg. Essa concentração se diferenciou apresentando maior concentração quando comparado aos demais elementos químicos e aos outros méis avaliados. Para as demais, as concentrações variaram entre 219,62 a 885,0 mg/Kg. Outros autores (ESCUREDO, et al., 2015; NAVIK, et al., 2016; RODRIGUES, 2016; BILUCA, et al., 2017) relataram a maior abundância desse elemento químico em méis. O potássio pode representar até um terço do conteúdo total de elementos químicos presentes no mel (ALQARINI et al., 2012; YÜCEL & SULTANOGLU, 2013; DA SILVA, et al., 2016).

Escuredo et al., (2015) avaliaram sessenta tipos de méis oriundos da Espanha, nos quais os autores constataram diferenças médias entre 99,1 a 195,0 mg/100 g para o potássio. Nayik et al., (2016) encontraram variações de potássio entre 353, 56 a 752, 22 mg/kg em méis indianos de diferentes origens florais.

Para Rodrigues (2016), o K demonstrou ser o elemento mais abundante em méis de abelhas sem ferrão localizados nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul,

Tabela 8 – Elementos químicos (mg/Kg) em méis de abelhas sem ferrão.

Elementos químicos	Amostras de méis de abelhas sem ferrão (mg/Kg)						
	1	2	3	4	5	6	7
Prata - Ag	3,500 ± 0,002 ^b	4,65 ± 0,04 ^a	3,87 ± 0,02 ^b	4,563 ± 0,002 ^a	0,47 ± 0,04 ^d	1,15 ± 0,01 ^c	0,683 ± 0,002 ^{cd}
Alumínio - Al	3,44 ± 0,02 ^b	4,050 ± 0,002 ^{ab}	4,263 ± 0,0007 ^a	3,800 ± 0,005 ^{ab}	0,515 ± 0,0001 ^d	2,235 ± 0,002 ^c	0,170 ± 0,007 ^d
Boro - B	4,463 ± 0,002 ^a	2,833 ± 0,005 ^a	3,363 ± 0,007 ^a	6,775 ± 0,003 ^a	1,751 ± 0,002 ^a	4,138 ± 0,08 ^a	2,524 ± 0,002 ^a
Bário - Ba	0,44 ± 0,02 ^a	0,333 ± 0,002 ^a	0,39 ± 0,01 ^a	0,170 ± 0,005 ^b	0,130 ± 0,002 ^b	0,140 ± 0,005 ^b	0,043 ± 0,002 ^b
Cálcio - Ca	63,50 ± 0,07^d	96,75 ± 0,09^a	91,12 ± 0,16^b	76,12 ± 0,21^c	11,80 ± 0,11^f	28,50 ± 0,04^e	10,44 ± 0,005^f
Cobalto - Co	0,169 ± 0,002 ^b	0,165 ± 0,002 ^b	0,195 ± 0,005 ^b	0,179 ± 0,002 ^b	0,426 ± 0,008 ^a	0,359 ± 0,002 ^a	0,458 ± 0,002 ^a
Cromo - Cr	0,218 ± 0,002 ^c	0,231 ± 0,002 ^c	0,241 ± 0,002 ^{bc}	0,229 ± 0,002 ^c	0,323 ± 0,002 ^{ab}	0,286 ± 0,002 ^{abc}	0,338 ± 0,002 ^a
Cobre - Cu	0,106 ± 0,002 ^a	0,036 ± 0,002 ^a	0,128 ± 0,002 ^a	0,179 ± 0,002 ^a	0,083 ± 0,002 ^a	0,074 ± 0,002 ^a	0,091 ± 0,002 ^a
Ferro - Fe	2,28 ± 0,02 ^{bc}	3,16 ± 0,01 ^a	3,000 ± 0,005 ^{ab}	2,625 ± 0,005 ^{ab}	0,783 ± 0,002 ^e	1,764 ± 0,005 ^{cd}	1,34 ± 0,09 ^{de}
Potássio- K	885,00 ± 1,50^b	840,00 ± 1,42^c	863,75 ± 1,25^{bc}	1228,75 ± 0,75^a	99,00 ± 1,80^f	640,00 ± 0,46^d	219,62 ± 0,16^e
Lítio - Li	1,093 ± 0,002 ^a	1,051 ± 0,002 ^a	1,040 ± 0,002 ^a	0,996 ± 0,002 ^a	1,078 ± 0,002 ^a	1,068 ± 0,002 ^a	1,083 ± 0,002 ^a
Magnésio - Mg	27,625 ± 0,002^d	39,88 ± 0,01^b	34,375 ± 0,004^c	42,50 ± 0,11^a	3,850 ± 0,002^f	15,79 ± 0,02^e	3,475 ± 0,005^f
Manganês - Mn	0,176 ± 0,002 ^f	0,859 ± 0,002 ^c	1,063 ± 0,002 ^b	0,775 ± 0,002 ^d	0,104 ± 0,002 ^f	1,828 ± 0,002 ^a	0,260 ± 0,002 ^e
Molibdênio - Mo	0,18 ± 0,05 ^a	0,194 ± 0,005 ^a	0,129 ± 0,002 ^a	0,19 ± 0,02 ^a	0,291 ± 0,002 ^a	0,143 ± 0,002 ^a	0,304 ± 0,002 ^a
Sódio - Na	116,00 ± 0,45^{bc}	142,00 ± 0,18^{ab}	157,75 ± 0,47^a	122,87 ± 0,30^{bc}	61,00 ± 0,82^e	94,25 ± 0,18^{cd}	70,12 ± 0,94^{de}
Níquel - Ni	0,038 ± 0,002 ^c	0,030 ± 0,005 ^c	0,096 ± 0,002 ^{bc}	0,066 ± 0,002 ^{bc}	0,125 ± 0,002 ^{ab}	0,033 ± 0,002 ^c	0,180 ± 0,002 ^a
Fósforo - P	77,63 ± 0,12^{bc}	85,88 ± 0,17^b	79,88 ± 0,15^{bc}	104,62 ± 0,03^a	51,75 ± 0,09^{de}	65,25 ± 0,10^{cd}	45,25 ± 0,08^e
Selênio - Se	2,64 ± 0,07 ^a	3,271 ± 0,007 ^a	2,96 ± 0,02 ^a	3,100 ± 0,015 ^a	1,66 ± 0,01 ^a	1,635 ± 0,007 ^a	1,19 ± 0,01 ^a
Zinco - Zn	0,29 ± 0,02 ^{ab}	0,233 ± 0,002 ^{ab}	0,143 ± 0,003 ^{ab}	0,404 ± 0,005 ^a	0,150 ± 0,002 ^{ab}	0,254 ± 0,003 ^{ab}	0,026 ± 0,002 ^b

* Média e Desvio Padrão para 95% de confiabilidade. ^{a-f}. Média com letras minúsculas diferentes, numa mesma linha, indicam diferenças significativas ao nível de p<0,05.

Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*

Brasil. Suas concentrações variaram entre 13,5 a 113,03 mg/100 g. Biluca et al., (2017) também descreveram o K como o elemento mais abundante em méis de abelhas sem ferrão (Meliponinae) de diferentes municípios do Estado de Santa Catarina, variando entre 262 a 4980 µg/g.

O potássio (K), o cálcio (Ca), o sódio (Na) e o magnésio (Mg) são os principais elementos presentes no mel. Esses elementos químicos são encontrados na natureza de forma abundante e também muito dispersos. Suas concentrações em méis são de extrema importância, devido à presença desses elementos serem associados a absorção de plantas, do solo e do meio ambiente (ALQARINI et al., 2012; ESCUREDO et al., 2015; CAZIPA et al., 2015; BILUCA et al., 2017).

O segundo elemento mais abundante encontrado nas amostras de méis de abelhas sem ferrão foi o Na, apresentando variações entre 61,00 a 157,75 mg/Kg. O P foi o terceiro elemento majoritário nos méis de abelhas sem ferrão, suas concentrações foram predominantes para as amostras 4, 2, 3 e 1, resultantes em 104,62; 85,88; 79,87 e 77,63 mg/Kg, respectivamente.

O Ca compõe o quarto elemento químico predominante entre as amostras de méis. A maior concentração desse elemento foi obtida para a amostra 2 (96,75 mg/Kg), seguido pela amostra 3 (91,12 mg/Kg), 4 (76,12 mg/Kg) e 1 (63,50 mg/Kg). Para as demais espécies, foram obtidas concentrações inferiores. O quinto elemento majoritário foi o Mg, em que suas concentrações corresponderam entre 3,47 a 42,50 mg/Kg.

Resultados semelhantes foram obtidos por Karabagias et al., (2017) ao avaliar méis de diferentes países, para os seguintes elementos químicos: Ca (73,07 a 45,44 mg/Kg), Mg (8,09 a 13,63 mg/kg) e P (20,98 a 37,91 mg/Kg). O mesmo pôde ser correlacionado com Rodrigues (2016) para Ca (4,66 a 9,7 mg/100 g), Na (2,30 a 12,3 mg/100 g) e Mg (0,88 a 9,8 mg/100 g) em méis de abelhas sem ferrão. Segundo Nordin et al., (2018) os elementos químicos comumente avaliados em méis de abelhas sem ferrão foram: potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), fósforo (P), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), bário (Ba), cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsênico (As) e mercúrio (Hg).

A presença e concentração desses constituintes químicos em méis varia com as características do néctar coletado de plantas, origens geográficas e flora botânica. Além disso, dependem de condições de processamento e/ou armazenamento do mel, da poluição ambiental da região de cultivo do mel, bem como as possíveis contaminações do solo e plantas (MENDES, 2003; ALQARINI et al., 2012; ESCUREDO et al., 2015;

CZIPA et al., 2015; DA SILVA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; BILUCA et al., 2017).

Menciona-se que a presença de constituintes químicos pode influenciar diretamente na coloração dos méis. Os elementos que mais contribuem para a influência na coloração são: K, Ca, Mg, Na, Fe, Al e Mn. Méis escuros são característicos de maior concentração desses elementos (ANKLAM, 1998 apud RIBEIRO et al., 2014; DA SILVA et al., 2016).

Ao analisar os elementos químicos na Tabela 8, percebe-se que as maiores concentrações desses elementos estão presentes em méis oriundos da espécie *Tetragonisca angustula*. Ao avaliar a Tabela 6 (item 6.1.2), verifica-se que os méis de *Tetragonisca angustula* possuem coloração mais escuras quando comparados as espécies *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica*, os quais possuem colorações claras e próximas ao amarelo. Portanto, foi possível constatar que os elementos K, Ca, Mg, Na, Fe, Al e Mn atuam na coloração dos méis e que quanto maior a concentração desses constituintes, mais intensa e escura é a coloração dos méis. O atributo correspondente a cor também foi observada por Rodrigues (2016). Assim como nessa pesquisa, a autora observou que méis da espécie *Tetragonisca angustula* apresentam coloração escura e méis de *Melipona q. quadrifasciata* apresentam coloração clara.

Além dos elementos supracitados, outros componentes químicos foram quantificados, conforme mostra a Tabela 8. Há a presença de elementos minoritários como, por exemplo, Al, B, Co, Fe, Mn, Li, Ni e Zn. Suas concentrações foram inferiores, quando comparados aos elementos majoritários. A presença desses elementos depende da presença de nutrientes no solo, dos aspectos geográficos e ambientais do local de coleta do néctar (LACHMAN et al., 2007; ESCUREDO et al., 2015; SOUSA et al., 2016).

Alqarini et al., (2012) avaliaram vinte e três amostras de méis, de sete países diferentes, e obtiveram variações entre (em ppm): 68,02 a 98,13; 4,15 a 6,04; 3,44 a 5,24; 1,15 a 4,26; 1,00 a 1,32; e 0,15 a 0,67 para Fe, Mn, Zn, Li, Co e Ni, respectivamente.

A Resolução N°42 de agosto de 2013 (BRASIL, 2013), bem como, o Regulamento Técnico N°12/2011 do Mercado Comum do Sul (Mercosul), determinam o limite máximo de contaminantes inorgânicos em mel. Dentre eles, tem-se o arsênio (As), chumbo (Pb) com limites máximos permitidos de 0,30 mg Kg⁻¹, enquanto para o cádmio seus limites são mais restritos, de 0,10 mg Kg⁻¹. Esses elementos não foram quantificados nessa pesquisa.

A determinação de elementos químicos em mel de abelha pode, ainda, ser realizada com o intuito de verificar a autenticidade do alimento, bem como para garantir a qualidade do produto ao consumo humano. Concentrações de metais de transição, Ag, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni e entre outros, os metais pesados Ba, Ca, Fe, Pb, Al, Cd e entre outros, podem ser utilizados como bioindicadores para monitoramento ambiental, uma vez que esses metais podem estar associados a poluição (MENDES, 2003).

A presença de elementos químicos está diretamente relacionada à poluição ambiental, pois em estudo realizado por Almeida et al., (2017) a poeira do solo em suspensão foi o principal material particulado total no ar, correlacionando a composição mineral das partículas com Fe, Mn, Ni e Ti, seguido pela fumaça, associado ao tráfego de veículos. O Cu foi detectado em 45% das amostras coletadas em área urbana no município de Aracaju, Sergipe, representando concentrações de contaminação entre baixa a moderada ($0 < I_{geo}^1 \leq 1$) e contaminação moderada a pesada ($2 < I_{geo} \leq 3$).

Elementos secundários como, por exemplo, cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb), manganês (Mn), níquel (Ni), lítio (Li), bário (Ba), alumínio (Al) e cádmio (Cd) podem ser derivados de fontes externas, sendo decorrentes da poluição industrial, tratamento incorreto de resíduos e derivados de agroquímicos. É de extrema importância investigar outros elementos químicos presentes no mel, não apenas os minerais essenciais, mas com o intuito de garantir a qualidade do produto e assegurar a saúde do consumidor (ANDRADE et al., 2014; CZIPA et al., 2015; BILUCA et al., 2017).

Por meio da Tabela 8, observa-se que os bioindicadores quantificados nos méis de abelhas sem ferrão apresentaram concentrações baixas desses elementos. Na região onde os méis foram coletados há poucas indústrias e, dentre as existentes, são relacionadas a produção de alimentos tais como, por exemplo, frigoríficos e embutidos, laticínios, indústrias de erva-mate, café, grãos e dentre outros.

Esses resultados se diferem amplamente dos obtidos por Taha et al., (2017) ao investigar a presença de metais por meio do uso de abelhas, *Apis mellifera*, em produtos, a fim de monitorar a poluição ambiental próximo a uma indústria de cimento. Para o mel, as concentrações médias para Fe (21,69 mg/Kg), Zn (1,02 mg/Kg) Cu (0,68 mg/Kg) e Ni (0,86 mg/Kg) foram menores quando comparados ao pólen de abelhas, Fe (385, 71 mg/Kg), Mn (16,07 mg/Kg), Zn (20,93 mg/Kg), Cu (5,71 mg/Kg), Ni (2,07 mg/Kg), e seguido para as abelhas (Fe, Mn, Zn Cu, e Ni foram: 337,52; 21,66;43,64, 12,01; 1,07

¹ Índice de geoacumulação (I_{geo}).

mg/Kg, respectivamente). Os autores concluíram que a poluição por metais é mais intensa à medida que se aproximava da indústria de cimento. Além disso, os maiores níveis de contaminação afetaram primeiramente as abelhas, seguidas do pólen e posteriormente ao mel em níveis bem inferiores.

6.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO

Os resultados para a contagem de bolores e leveduras (UFC/g), coliformes totais e coliformes termotolerantes (NMP/g) são exibidos na Tabela 9. Os resultados mostram que nenhuma das amostras analisadas apresentou contaminação, de acordo com o Regulamento Técnico nº 56/1999 do Mercosul (MERCOSUL, 1999). A legislação brasileira não exige análises microbiológicas para mel, porém recomenda que esse produto seja manipulado de acordo com as práticas de higiene adequadas (BRASIL, 2000).

Tabela 9 – Avaliações microbiológicas (contagem de bolores e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes) de méis de abelhas sem ferrão.

Amostras	Contagem de Bolores e Leveduras (UFC/g)	Coliformes Totais 35°C (NMP/g)	Coliformes Termotolerantes 45°C (NMP/g)
1	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0
2	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0
3	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0
4	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0
5	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0
6	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0
7	< 1,0x10 ¹	< 3,0	< 3,0

UFC: Unidades Formadoras de colônias. NMP: Número Mais Provável. Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*.

O Regulamento técnico RDC N°012/2001 (BRASIL, 2001) estabelece os padrões microbiológicos e sanitários para alimentos destinados ao consumo humano. No entanto, essa legislação não especifica padrões para o mel, fazendo com que os pesquisadores realizem a comparação do mel com produtos similares. Esse regulamento permite o máximo de 100 UFC/g para bolores e leveduras, para a maioria dos alimentos. Ao

comparar seus limites com os méis de abelhas sem ferrão foi constatado que todas as amostras se encontraram dentro dos parâmetros exigidos (Tabela 9).

Deve-se salientar que as legislações nacionais e internacionais estabelecem (BRASIL, 2000; BRASIL, 2001; *Codex Alimentarius*, 2001) padrões de identidade e qualidade do mel somente para *Apis mellifera*, não considerando as demais espécies existentes, como as abelhas sem ferrão.

Os resultados obtidos nesse estudo diferem dos obtidos por Souza (2008), devido ao autor encontrar a presença de bolores e leveduras em 53,2% das 47 amostras de méis de abelhas sem ferrão, de diferentes espécies, oriundas do Estado da Bahia. Já em relação a presença de coliformes totais, o autor obteve a presença em somente uma amostra, enquanto para coliformes termotolerantes não houve presença de microrganismos.

Rodrigues et al., (2018), também obtiveram presença de bolores e leveduras, entre $9,4 \times 10^4$ a $1,3 \times 10^5$ UFC/g, microrganismos do grupo coliformes totais a 35°C ($> 2,3 \times 10^1$ NMP/g) e coliformes termotolerantes (4 e < 3 NMP/g) em amostras de méis Meliponinae provenientes dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Fernandes et al., (2018) avaliaram méis de *Melipona fasciculata* nativas de diferentes municípios do Estado do Maranhão. Os resultados alcançados pelos autores são semelhantes ao do presente estudo, os quais não identificaram a presença de bolores e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes em méis de *Melipona fasciculata*.

Os resultados de David et al., (2017) também são semelhantes aos do presente estudo para avaliação de bolores e leveduras, sendo encontrado $< 3,0$ UFC/g para amostras de mel de das espécies *Apis mellifera* e *Tetragonisca angustula* do Estado de Rondônia. Entretanto, os mesmos autores, ao estimarem os coliformes totais e coliformes termotolerantes, observaram que duas amostras apresentaram contaminação por coliformes totais e uma por coliformes termotolerantes, $3,0 \times 10^2$, $2,1 \times 10^3$ e $3,0 \times 10^2$ NMP/g, respectivamente.

Frente ao exposto foi possível constatar que diversos pesquisadores relataram a presença de bolores, leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes em amostras de méis de diferentes espécies e Estados do país. As contaminações podem ser decorrentes da microbiota do pólen, do néctar, da abelha e/ou inadequadas condições de manipulação e processamento do mel (FERNANDES et al., 2018).

Por meio dos resultados obtidos nesse estudo, foi possível verificar que os meliponicultores onde foram coletadas as amostras na região Centro-Sul do Estado do

Paraná seguem as práticas de higiene adequadas para o cultivo e processamento dos méis de abelhas sem ferrão. Tendo em vista que o mel é um alimento altamente susceptível à contaminação, especialmente quando se refere às boas práticas de manipulação, o cumprimento de fatores essenciais de qualidade e higiene são imprescindíveis para manter a vida útil do produto.

Bolores e leveduras encontram-se naturalmente no mel e estão associados as características físico-químicas do produto (SOUSA et al., 2012). Já a presença de coliformes totais são indicadores de condições higiênicas e manipulação insatisfatórias. E os coliformes termotolerantes sugerem contaminação por matéria orgânica fecal, podendo ainda ser transmissor de enteroparasitas (ALVES et al., 2011).

Embora os méis de abelhas sem ferrão avaliados nesse estudo mostrem umidade e acidez total elevadas (Tabela 5), acima do permitido por regulamentações nacionais e internacionais, nota-se que não houve desenvolvimento de microrganismos acima do permitido. Isso evidencia a necessidade de uma regulamentação que inclua as características físicas, químicas e microbiológicas de méis de abelhas sem ferrão, pois suas propriedades podem estar fora dos limites exigidos por normativas, porém sua qualidade microbiológica pôde ser mantida. Além disso, as condições de manipulação e armazenamento são imprescindíveis para assegurar a qualidade dos produtos.

6.3 ANÁLISE SENSORIAL DOS MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO

6.3.1 Informações complementares dos julgadores

A Tabela 10 exhibe a idade, frequência de gênero dos participantes e frequência do consumo de méis de abelhas sem ferrão. Perante a avaliação sensorial dos méis de abelhas sem ferrão, cinquenta provadores participaram desta análise. Dentre os julgadores, vinte e oito integrantes pertencem ao sexo masculino e vinte e duas do sexo feminino. Apesar do maior número de provadores pertencer ao gênero masculino, as mulheres foram as quem consomem mel de abelhas sem ferrão com maior frequência. Dos cinquenta julgadores, 52% consumiam méis de abelhas sem ferrão.

Dentre as justificativas para o baixo consumo, os participantes explanaram sobre a indisponibilidade do produto em supermercados, assim como relataram o alto custo do

produto e a incerteza de consumir mel de abelha sem ferrão devido a consumir os méis disponíveis em supermercados locais, não conhecendo a espécie das abelhas.

Tabela 10 – Gênero, idade e frequência do consumo de mel de abelhas sem ferrão dos julgadores da análise sensorial.

Idade	Gênero		Consome mel de abelhas sem ferrão?	
	Homens	Mulheres	Sim	Não
18 - 27	15	14	52%	48%
28 - 37	9	4		
38 - 50	4	4		
TOTAL	28	22		

Fonte: Elaborado pela autora.

Grande parte da venda de méis da região, referem-se aos méis de *Apis mellifera*. A região Centro-Sul do Estado do Paraná possui a ‘Associação dos Apicultores da Cantuquiriguaçu’², a qual engloba vinte e um municípios. Devido a isso, grande parte dos méis comercializados são oriundos desta associação de apicultores.

A comercialização do mel de abelhas sem ferrão na região é feita diretamente com os meliponicultores, em suas propriedades rurais ou através de vendas no mercado municipal de Laranjeiras do Sul -PR, proporcionando uma indisponibilidade do produto em grandes centros de comercialização de produtos alimentícios.

Em relatos descritos pelos julgadores sobre a razão de consumir mel de abelhas sem ferrão, foram: “alimento saboroso, alimento muito nutritivo, aprecio o sabor, utilizo como adoçante em diversos preparos de alimentos, propriedades terapêuticas e entre outros comentários” (informações concedidas por meio de questionário).

Os provadores que mais consumiam méis de abelhas sem ferrão, possuíam idades entre 18 a 27 anos e 38 a 50 anos de idade. O maior número de provadores pertencia a 18 a 27 anos de idade. Isso foi decorrente do maior número de provadores pertencerem a esse grupo. Em meio aos julgadores, havia estudantes, professores, técnicos e profissionais terceirizados da Universidade Federal da Fronteira Sul do *Campus* de Laranjeiras do Sul -PR.

² Associação dos municípios Cantuquiriguaçu: <http://www.cantuquiriguacu.com.br>

6.3.2 Avaliação sensorial e correlação dos parâmetros sensoriais de méis de abelhas sem ferrão

As amostras de méis de abelhas sem ferrão foram avaliadas com o intuito de identificar a preferência dos consumidores, pelas espécies avaliadas, assim como relacionar as principais características físico-químicas que poderiam estar interferindo na escolha dos consumidores. Os atributos avaliados foram: aroma, aparência, cor, sabor e textura. A nota média disponibilizada pelos julgadores, para cada atributo e amostras, encontra-se na Tabela 11.

Conforme podem ser observados, os atributos apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os méis de abelhas sem ferrão. As médias para os parâmetros aroma, aparência e cor ficaram classificados entre “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”, com notas entre 6 e 7, podendo considerá-las uma avaliação positiva para esses atributos.

Tabela 11 – Resultados dos parâmetros sensoriais de méis de abelhas sem ferrão.

Amostras	Parâmetros				
	Aroma	Aparência	Cor	Sabor	Textura
1	6,0 ± 2,0 ^b	6,0 ± 1,6 ^{bc}	6,0 ± 1,6 ^b	7,0 ± 1,5 ^{ab}	7,0 ± 1,6 ^{ab}
2	5,0 ± 1,8 ^b	6,0 ± 1,7 ^{bc}	7,0 ± 1,7 ^{ab}	6,0 ± 2,2 ^{bc}	7,0 ± 1,9 ^{ab}
3	6,0 ± 1,7 ^b	7,0 ± 1,5 ^{ab}	7,0 ± 1,7 ^{ab}	6,0 ± 2,1 ^{bc}	7,0 ± 1,8 ^a
4	7,0 ± 1,4 ^a	7,0 ± 1,5 ^a	7,0 ± 1,2 ^a	8,0 ± 1,3 ^a	7,0 ± 1,4 ^a
5	6,0 ± 1,8 ^b	6,0 ± 1,6 ^{abc}	6,0 ± 1,7 ^b	6,0 ± 2,2 ^{bc}	6,0 ± 1,9 ^{bc}
6	6,0 ± 1,8 ^b	6,0 ± 1,5 ^{abc}	6,0 ± 1,7 ^b	6,0 ± 2,3 ^c	6,0 ± 1,7 ^{ab}
7	6,0 ± 2,0 ^b	6,0 ± 2,0 ^c	6,0 ± 2,0 ^b	4,0 ± 2,3 ^d	5,0 ± 2,1 ^c

* Média e Desvio Padrão para 95% de confiabilidade ^{a-f}. Média com letras minúsculas diferentes, numa mesma coluna, indicam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*.

O aroma foi o primeiro atributo avaliado. O intuito foi que, ao abrir a embalagem, o aroma fosse analisado de imediato, para evitar perdas sensoriais, assim como ilustra a Figura 04 (página 36). A amostra 4 foi a única que diferiu ($p < 0,05$), dos demais méis. Diante dessa classificação, os julgadores atribuíram valor médio de 7,0 para essa amostra, classificando-a como “gostei regularmente” conforme a escala hedônica, mostrando

maior aceitação perante a opinião dos provadores. A preferência pelo aroma da amostra 4 pode ter sido influenciada por sua composição química, pois ao relacionar com a presença de compostos fenólicos (Tabela 7) nota-se que a amostra 4 possui a maior concentração desse componente entre as amostras (39,6 mg AG/100 g). Os compostos fenólicos juntamente com outros compostos voláteis contribuem para o aroma dos alimentos (NOGUEIRA, et al., 2003; COSTA, et al., 2017).

Médias semelhantes as desse estudo foram obtidas por Sousa et al., (2013) e Ribeiro et al., (2017). Apesar dos méis avaliados pelos autores serem de regiões muito distintas, observa-se uma boa aceitação para o aroma característico de méis de abelhas sem ferrão perante a avaliação dos julgadores.

Sousa et al., (2013) avaliaram a aceitação sensorial de méis de abelhas sem ferrão adquiridas da região do Seridó do estado do Rio Grande do Norte, por meio da escala hedônica de 9 pontos. Para o aroma, os autores obtiveram médias entre 5,70 a 7,14, com a melhor aceitação obtida para *Melipona subnitida*. Resultados similares foram observados por Ribeiro et al., (2017) ao avaliar a influência do congelamento, pasteurização seguido de congelamento e maturação em méis de abelhas sem ferrão, *Melipona fasciculata*. Os autores realizaram o teste de aceitação sensorial utilizando escala hídrica hedônica de 10 cm. Para o atributo aroma, as médias obtidas apresentaram scores próximo a 6,0, para todos os tratamentos, indicando uma boa aceitação do aroma de *Melipona fasciculata*.

Ao realizar a análise sensorial de méis de abelhas sem ferrão, oriundos dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Costa et al., (2017) observaram que os julgadores relataram sentir aroma de caramelo e de cera de abelha nos méis avaliados. Os autores correlacionaram o perfil sensorial com a composição volátil dos méis e identificaram que os méis com aromas mais fortes eram resultantes de méis de flores, uma vez que as fontes botânicas mostram interferir diretamente nas características sensoriais do mel de abelhas sem ferrão.

As principais características de aroma e sabores singulares dos alimentos são derivadas de compostos voláteis. No mel, esses constituintes apresentam-se em concentrações muito baixas e como misturas complexas (BARONI et al., 2006; MARQUES, 2011; REIS, 2016; SOUSA et al., 2016; COSTA et al., 2017).

Ainda pela Tabela 11, para a aparência e cor, as médias obtidas foram entre 6,0 e 7,0, correspondendo à “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”, respectivamente. A amostra 4 se diferiu ($p < 0,05$) dos demais méis, para ambos os parâmetros. As outras

amostras apresentam similaridades entre si, para esses atributos. Para esses atributos, as melhores notas corresponderam as amostras 3 e 4, apontando a preferência dos provadores. Apesar dessas amostras (3 e 4) pertencerem a mesma espécie, a *Tetragonisca angustula*, seus parâmetros de composição (item 6.1) se diferiram. Sousa et al., (2013) obtiveram variações próximas para o parâmetro de cor, entre 5,75 a 7,82, na escala hedônica, ao avaliar os méis de abelhas sem ferrão.

A cor dos méis é um dos primeiros e principais parâmetros que chamam a atenção do consumidor. Esse parâmetro implica na aceitação do produto, bem como, na sua preferência e intenção de compra dos méis (SOUSA et al., 2016; SANT'ANA, 2017).

Nesse estudo, os provadores inseriram observações na ficha de avaliação sensorial quanto a aparência e cor dos méis, mencionando que as amostras de *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica* possuíam aparência muito diferente do comum e possuíam colorações claras, próximo a amarelas, diferindo-se de méis frequentemente encontrados. Perante as observações dos provadores, percebe-se uma preferência por mel de coloração escura, como âmbar a extra âmbar.

Essas mesmas características foram alegadas pelos provadores de Ribeiro et al., (2017), ao avaliar mel de *Melipona fasciculata* colhidas no Estado do Maranhão. Méis de meliponíneos são, frequentemente, descritos com predominância de tons claros. Por meio da Tabela 6, nota-se que todas as amostras se diferiram para o parâmetro de L* e a espécie *Tetragonisca angustula* possuíam colorações mais escuras, quando comparado as demais espécies. Os tons mais escuros foram predominantes para as amostras 2 e 4. A coloração mais escura dos méis está relacionada com a concentração de elementos químicos presentes nas amostras, pois quanto maior a concentração desses elementos, mais escuros são os méis. A amostra 4 se destaca pela maior concentração de alguns elementos químicos, especialmente para o potássio, sendo esse predominante nessa amostra (1228,75 mg/Kg). Os tons claros obtidos (Tabela 6) para as demais espécies de *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica*, também podem ser relacionados a concentração de elementos químicos, uma vez que suas concentrações foram inferiores para a maioria dos elementos químicos avaliados.

Tanto a cor, como aroma e sabor podem ser influenciados conforme a origem floral, a idade e espécie de abelha, assim como a temperatura de estocagem em colmeias (RODRIGUES et al., 2005; LIRA et al., 2014).

As médias para o parâmetro sabor apresentaram-se entre 4,0 a 8,0, podendo classificá-las na faixa de aceitação como “desgostei ligeiramente” a “gostei muito”,

respectivamente. Assim como nos demais parâmetros, a amostra 4 que foi melhor aceita (gostei muito = 8) para esse parâmetro, a qual pertence à espécie *Tetragonisca angustula*. A amostra 7 recebeu as menores médias, classificando-a como “desgostei ligeiramente” com valor médio 4,0, pertencendo a espécie *Melipona q. quadrifasciata*. Diante da caracterização físico-química (item 6.1), a amostra 7 possuía características singulares tais como, maior umidade (34%) e acidez (118 mEq/Kg), com coloração de tons claros, próximos ao amarelo.

Por meio desses resultados, percebe-se que a amostra 4 destaca-se pela preferência dos provadores, porém amostra 7 não constitui a preferência dos consumidores. Entre algumas das observações inseridas na ficha de avaliação sensorial, os provadores mencionaram-na como: muito ácida, sabor muito pronunciado de madeira, sabor adstringente e sabor amargo. Percebe-se que méis com maiores teores de acidez não foram bem aceitos pelos provadores. Para Sousa et al., (2013) o teor de acidez varia frequentemente entre diferentes espécies de Meliponíneos interferindo na aceitação do produto, pois méis pouco ácidos foram melhor aceitos por provadores do Rio Grande do Norte.

Sodré et al., (2008) avaliaram o perfil sensorial e aceitabilidade de méis de *Melipona scutellaris* e *Melipona quadrifasciata*, adquiridas do Estado da Bahia, submetidos ao processo de desumidificação e pasteurização. As amostras que não sofreram nenhum método de conservação, apresentaram notas próximas as do presente estudo, com variações entre 5,00 a 6,23, indicando-as como amostras pouco intensas, quanto a esse atributo. As menores médias obtidas no presente estudo foram para *Melipona q. quadrifasciata*, como visto por Sodré et al., (2013). De modo geral, méis mais doces e escuros, com aroma a sabor característicos, agradam mais ao paladar dos provadores de diferentes regiões do país.

Quanto ao parâmetro de textura, as médias variaram entre 5,0 a 7,0, classificando-as como “indiferente” e “gostei regulamente”, respectivamente. Assim como visto para o parâmetro de sabor, as amostras 4 e 7 foram as que mais se diferiram ($p < 0,05$) dos produtos avaliados.

A textura teve grande influência para descrição dos méis, pois os provadores mencionaram que as amostras de *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica* possuíam textura muito fluída, não sendo uma característica apreciável e comum entre os méis comumente comercializados na região. Dentre as observações descritas pelos provadores, houve um participante que relatou claramente a preferência de outros

participantes, pelo seguinte comentário: “Ao consumir mel, espera-se que ele seja mais viscoso e não tão fluído”. As amostras 1, 2, 3 e 4, foram descritas como “mais densas”. Observa-se que as amostras de *Tetragonisca angustula* foram mais aceitas entre os provadores, justamente por apresentar maior consistência ao produto.

Essa característica de escolha por méis com consistência mais firme, foi percebida pela pesquisa de Sodré et al., (2008). As amostras de *Melipona scutellaris* e *Melipona quadrifasciata* que não foram submetidos a nenhum processo de conservação receberam notas inferiores, próximas a 1,90 e a 4,42. Porém as amostras submetidas ao processo de desumidificação, ganharam notas entre 6,69 a 7,46. Os autores relataram que a perda de água durante a desumidificação tornou o produto mais denso, o que proporcionou maior nota perante a avaliação dos provadores. Oliveira et al., (2013) observaram essas mesmas influências do processo de desumidificação em amostras de méis de *Melipona quadrifasciata*, quanto a textura do mel.

Ribeiro et al., (2017) também observaram maiores médias de aceitação para o atributo textura em méis de abelhas sem ferrão submetidos ao congelamento e pasteurização seguido de congelamento. Os autores explicam que esses tratamentos possuem impactos na redução de umidade dos méis, o que influenciou para os méis apresentassem maiores médias para congelamento e pasteurização seguido de congelamento, com notas 7,71 e 7,37, respectivamente.

Por meio da Tabela 11, a amostra 4 pertencente a espécie *Tetragonisca angustula*, recebeu as melhores médias para todos os parâmetros avaliados (aroma, aparência, cor, sabor e textura). As médias indicam a sua preferência por consumidores, sugerindo que suas características de composição agradaram mais ao paladar dos julgadores. Essa amostra (4) vem se diferenciando em sua composição quando comparado as demais espécies *Tetragonisca angustula* (amostras 1, 2 e 3), *Melipona q. quadrifasciata* (amostras 5 e 7) e *Scaptotrigona postica* (amostra 6), conforme verifica-se no item 6.1.

As melhores notas obtidas pela amostra 4 podem ser explicadas por suas características físico-químicas. Por meio da Tabela 5 (item 6.1.1) a espécie *Tetragonisca angustula*, no geral, mostrou ter baixa A_w e umidade, porém a amostra 4 apresentou a menor A_w (0,691) e umidade (22,40%) superior as demais amostras pertencentes a mesma espécie de abelha sem ferrão. A umidade pode influenciar no sabor, palatabilidade e na textura do mel, além de indicar a presença de açúcares, conforme mencionado no item 6.1.1.

Comparando a Tabela 11 com as características químicas da Tabela 5, pode-se observar que as amostras de *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica* possuem maior acidez, especialmente para amostra 7 a qual não foi bem aceita pelos provadores. As *Tetragonisca angustula* possuem menor teor de acidez, mas a amostra 4 exibe acidez intermediária (55 mEq/Kg) entre as amostras analisadas. Isso indica que méis com acidez mais baixos foram mais agradáveis ao paladar dos provadores da região Centro Sul do Estado Paraná. A acidez pode realçar o sabor do mel, além disso, esse parâmetro pode estar relacionado ao aroma e docilidade do produto (CRANE, 1983 apud SILVA, 2015). Esse fato pode explicar o motivo pelo qual somente a amostra 4 recebeu médias maiores para o aroma, sabor e textura do mel, devido a leve interferência da acidez e umidade da amostra.

Os sólidos solúveis totais expressam o conteúdo de açúcar total no mel. Por meio da Tabela 7 (item 6.1.3), as amostras de *Tetragonisca angustula* possuem maior SST, enquanto as *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica* mostraram ter menor teor de SST. Assim como observado para a acidez, a amostra 4 também apresentou valores intermediários de SST (75,96 °Brix), quando comparado as demais amostras. Nota-se que a amostra 4 foi melhor aceita pelos provadores. Isso pode ter ocorrido devido as suas características de composição mostrarem maior equilíbrio entre a Aw, umidade, pH, acidez e conteúdo de açúcares totais, impactando nos parâmetros sensoriais, para que fossem mais agradáveis ao paladar. Ribeiro et al., (2017) e Ferreira et al., (2008) também concluíram em suas pesquisas que consumidores preferem méis doces e menos ácidos, sendo mais agradáveis ao paladar.

Há outras características físico-químicas que podem explicar a preferência dos consumidores para o atributo de aroma, cor e conseqüentemente para a aparência. A amostra 4 mostrou ter a maior concentração de compostos fenólicos (39,6 mg AG/100 g) destacando-se entre as demais amostras. Os compostos fenólicos juntamente com componentes voláteis certamente impactaram em um aroma mais agradável e marcante, contribuindo para a escolha do aroma da amostra 4. E, ainda, altas concentrações de potássio e magnésio bem como concentrações consideráveis para cálcio, sódio, ferro, alumínio e manganês, foram observadas na amostra 4, conforme mostra a Tabela 8. Todos esses componentes, juntos, podem ter influenciado na coloração do mel (BRAGHINI, 2016; DA SILVA et al., 2016). Entre essas correlações, verifica-se essa influência da coloração de âmbar escuro na Tabela 6. Tendo como base essas considerações, é possível correlacionar com a escolha dos provadores, pois tanto para a aparência quanto para a

cor, a amostra 4 se diferiu das demais amostras. Nos méis de *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica* pode-se observar características de méis fluídos, devido a umidade assim como colorações claras e de aspectos amarelos e baixas concentrações de SST. Possivelmente essas propriedades foram responsáveis para as baixas médias obtidas para essas amostras. Diante do exposto, pode-se observar que os provadores possuem preferência por méis escuros, estando esses intimamente correlacionados com sua composição.

É importante salientar que os parâmetros químicos supracitados são, apenas, alguns dos parâmetros que influenciam na cor dos méis. A coloração do mel pode ter influência de variações climáticas ao longo do período armazenamento do néctar e sua origem floral, e também de pigmentos característicos de processos de caramelização, produtos de reação de Maillard, vitaminas B e C e dentre outros fatores (LACERDA et al., 2010; LIRA et al., 2014; BRAGHINI, 2016; DA SILVA et al., 2016).

Deste modo, acredita-se que os consumidores têm preferências por méis com aroma característico, de sabor doce e levemente ácido, com coloração âmbar escuro, de textura viscosa e pouco fluída. A correlação entre a avaliação sensorial com os parâmetros físico-químicos foi de extrema importância nessa pesquisa, pois foi possível verificar que os provadores mostraram preferência pela amostra 4, sendo essa a amostra que evidenciou ter singularidades positivas em seus parâmetros de composição, em todas as análises realizadas (item 6.1). Através dos sentidos humanos (visão, sabor, tato e olfato) os provadores, mesmo sem conhecer as características físico-químicas desse mel, escolheram a amostra que mais se diferiu ao longo da pesquisa. Isso é de extrema importância, pois além de mostrar correlação entre as características físico-químicas e parâmetros de aceitação sensorial, a composição poderá ser utilizada para “predizer” sobre a possível aceitação sensorial dos alimentos. Embora, para confirmação desses indícios, sejam necessárias novas pesquisas, ainda mais aprofundadas sobre esse achado.

6.3.3 Intenção de compra das amostras de méis de abelhas sem ferrão

Juntamente com a intenção de compra, os provadores foram questionados se conheciam os méis avaliados. Dentre os 50 provadores, 62% relataram já conhecer as amostras provadas, enquanto 38% relataram não conhecerem. Esses resultados foram próximos aos observados pelas intenções complementares questionadas aos provadores (item 6.3.1), em que parte dos julgadores relataram não consumir méis de abelhas sem

ferrão devido a indisponibilidade do produto no comercio local, aliado ao alto custo para aquisição desse produto.

Após avaliação dos parâmetros sensoriais, os provadores avaliaram a intenção de compra de cada um dos méis de abelhas sem ferrão, conforme exhibe a Tabela 12. No teste de atitude de compra, as amostras 4, 6 e 7 apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), entre os outros méis.

Tabela 12 – Intenção de compra de méis de abelhas sem ferrão.

Amostras	Intenção de Compra
1	$4,0 \pm 1,5^{ab}$
2	$3,6 \pm 1,8^{bc}$
3	$3,9 \pm 1,7^{bc}$
4	$5,2 \pm 1,5^a$
5	$3,6 \pm 1,5^{bc}$
6	$3,3 \pm 1,7^c$
7	$2,2 \pm 1,3^d$

* Média e Desvio Padrão para 95% de confiabilidade ^{a-f}. Média com letras minúsculas diferentes, numa mesma coluna, indicam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. Amostras 1, 2, 3, 4: *Tetragonisca angustula*; Amostras 5 e 7: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*; Amostra 6: *Scaptotrigona postica*.

As espécies, *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica*, obtiveram as menores intenções de compra de 2,2 a 3,6, respectivamente. Essas amostras podem ser classificadas como “eu compraria muito raramente” e “eu compraria raramente”, conforme escala de intenção de compra do produto (Apêndice 2). Assim como visto pela avaliação sensorial (6.3.2), os provadores não demonstraram aceitar os parâmetros sensoriais dessas espécies de abelhas. Provavelmente as intenções de compras foram influenciadas pelos parâmetros de sabor e textura, pois esses atributos são impactados pelos altos teores de acidez e umidade (Tabela 5- item 6.1.1) que desagradaram ao paladar dos consumidores.

As maiores médias foram obtidas para méis de abelhas *Tetragonisca angustula*, variando entre 3,6 a 5,2, classificando-as entre “eu compraria raramente” a “eu compraria frequentemente”, respectivamente. A amostra 4 obteve a melhor intenção de compra, “eu compraria frequentemente”. Essa preferência dos provadores foi claramente observada na Tabela 11 (item 6.3.2). Observa-se que, possivelmente, isso ocorreu devido aos parâmetros de composição (item 6.1) proporcionarem um mel mais doce, levemente

ácido, com concentrações intermediárias de SST, maior concentração de compostos fenólicos e presença de elementos químicos majoritários, quando comparado às demais espécies avaliadas.

Portanto, observa-se que os consumidores preferiram os méis da espécie *Tetragonisca angustula*, em especial a amostra 4, que mais satisfaz ao paladar dos provadores da região Centro-Sul do Estado do Paraná.

7.0 CONCLUSÃO

Ao avaliar méis de abelhas sem ferrão provenientes da região Centro-Sul do Estado do Paraná, foi comprovado que as propriedades físico-químicas do mel diferem para cada espécie de abelha. A *Tetragonisca angustula* evidenciou ser a espécie com mais singularidades, exibindo baixo conteúdo água, teor de acidez e maiores concentrações de sólidos solúveis totais e compostos fenólicos. Quanto a análise de cor, os méis variaram de colorações mais intensas entre âmbar-claro a escuro, para *Tetragonisca angustula* e colorações extra âmbar claro para as espécies *Melipona q. quadrifasciata* e *Scaptotrigona postica*, pois apresentaram maior intensidade de coloração amarela. A diferença de coloração foi atribuída aos elementos químicos neles presentes. O K, Na, P, Ca e Mg foram obtidos em maiores concentrações na espécie *Tetragonisca angustula*, resultando em méis escuros.

Do mesmo modo, foi observado que as características físico-químicas de méis de abelhas sem ferrão divergiram dos padrões de qualidade exigidos por legislações nacionais, ficando evidente a necessidade de regularização dos padrões físico-químicos e microbiológicos de qualidade de méis produzidos no Brasil, especialmente para que sejam contempladas as características méis de abelhas nativas sem ferrão, a fim de dispor ainda mais esse produto no comércio nacional e internacional.

Quanto à avaliação sensorial, a participação no estudo foi a maior parte de julgadores do sexo masculino, porém identificou-se que as mulheres são quem consumiam mel com maior frequência. Dentre os julgadores, o maior consumo foi relacionado as idades entre 18 a 27 anos e 38 a 50 anos de idade. Os provadores mostraram maior interesse por méis da espécie *Tetragonisca angustula*, especialmente para a amostra 4, e apresentaram rejeito pela espécie *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, principalmente para a amostra 7.

A preferência dos julgadores provavelmente se deve as características físico-químicas da amostra 4, pois esse mel possui baixa Aw e umidade, méis levemente ácidos, assim como para SST, parâmetros esses que interferem no aroma, aparência, cor, sabor e textura do mel. Essa amostra possuía maior concentração de compostos fenólicos e elementos químicos (K, Na, P, Ca e Mg), componentes esses que influenciaram no aroma e coloração do mel. A amostra 7 desagradou os provadores, pois exibiu características químicas e de cor inversas às da amostra 4, explicando a rejeição da mesma. A correlação

entre os resultados da análise sensorial com os parâmetros físico-químicos foi de grande importância, pois a composição do mel pode ser utilizada para prever a possível escolha dos provadores. Entretanto, são necessárias pesquisas ainda mais aprofundadas para confirmação dessa hipótese.

A composição das amostras de méis 4 e 7, impactaram na intenção de compras dos méis de abelhas sem ferrão, uma vez que a melhor intenção foi obtida para a amostra 4 (eu compraria frequentemente) e o inverso para a amostra 7 (eu compraria muito raramente), correspondendo as espécies de *Tetragonisca angustula* e *Melipona q. quadrifasciata*, respectivamente.

Desta forma, os méis de abelhas sem ferrão oriundos da região Centro-Sul do Estado do Paraná apresentaram singularidades entre as espécies analisadas. As características químicas e de cor resultaram em impactos sensoriais e, conseqüentemente, na aceitação sensorial das amostras avaliadas.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADJLANE, N., HADDAD, N., LAID AMEUR, K., KESRAOUI, S., MOUSSAOUI, D. Physicochemical and microbiological characteristics of some samples of honey produced by beekeepers in Algeria. **Acta Technologica Agriculturae**, 1, pp. 1-5, 2014.

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*. **Journal Food Sci Technol.**, 48, p. 1698-1706, 2013.

ALMEIDA, T. S.; SANT'ANA, M. O.; CRUZ, J.M.; TORMEN, L.; FRESCYRA BASCUÑAN, V.L.A.; AZEVEDO, P.A.; GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.D.P.H.; ARAUJO, R.G.O. Characterisation and source identification of the total airborne particulate matter collected in an urban área of Aracaju, Northeast, Brazil. **Environmental Pollution**, vol. 226, p. 444-451, 2017.

ALQARINI, A.; OWAYSS, A. A.; MAHMOUD, A. A.; HANNAN, M. A. Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. **Journal of Saudi Chemical Society**, 18, p. 618-625, 2012.

ALQARNI, A. S.; OWAYSS, A. A.; MAHMOUD, A. A. Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. **Arabian Journal of Chemistry**, 9, p. 114-120, 2016.

ALVES, L. H. S. **Abelhas visitantes florais de Vernonia poluanthes Less. (Asteraceae), em Valença- RJ.** 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Biologia Animal - UFRRJ, Seropédica – RJ, 2010.

ALVES, R. M.O.; CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, B. A.; SOBRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C. Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae). **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas-SP, 25(4), p.644-650, 2005.

ANDRADE, C. K.; ANJOS, V. E.; FELSNER, M. L.; TORRES, Y. R.; QUINÁIA, S. P. Direct determination of Cd, Pb and Cr in honey by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry. **Food Chemistry**, v. 146, p. 166-173, 2014.

ANTUNES, H. A.; NUNES, L.A.; SILVA, J.W.P; MARCHINI, L.C. Abelhas nativas (*Apidae*: Meliponinae) e seus recursos florais em um fragmento de mata localizada em área urbana. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 24, n. 1, p. 7-14, 2012.

AOAC. Official methods of analysis. **Association of Official Analytical Chemists**. 15 th. 2.ed, 1990.

AOAC. Official Methods of Analysis: Microbiological Methods. 19th ed. 2012.

APHA American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Examination of foods**. 5 ed., Washington, DC, 2015.

APHA. American Public Health Association. **Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods**. Eds. Downes F. P., Ito K. 4th Edn. Washington DC. 2001.

APHA. **Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods**. 2 ed. Washington, 1984.

ARVANITOYANNIS, I.; KRYSTALLIS, A. Na empirical examination of the determinants of honey consumption in Romania. International **Journal of Food Science and Technology**, 41, p. 1164-1176, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th. v. II., 2000.

BALLIVIÁN, J. M. P. P. **Abelhas Nativas sem Ferrão**. São Leopoldo: Oikos, 2008.

BARONI, M. V.; NORES, M. L.; DIÁZ, M. D. P.; CHIABRANDO, G. A.; FASSANO, J. P.; COSTA, C.; WUNDERLIN, D. A. (2006). Determination of volatile organic compound patterns characteristic of five unifloral honey by solid-phase microextraction – gas chromatography - mass spectrometry coupled to chemometrics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54 (19), pp 7235-7241, 2006.

BARRA, M. P. G.; PONCE-DÍAZ, M. C.; VENEGAS-GALLEGOS, C. Volatile compounds in honey produced in the central valley of Ñuble Province, Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 70, 75-84, 2010.

BARROS, L. B. **Perfil sensorial e de qualidade do mel de abelha (*Apis mellifera* L.) produzido no estado do Rio de Janeiro**. 2011. 102 f. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Medicina Veterinária – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2011.

BELAY, A.; HAKI, G. D.; BIRRINGER, M.; BORCK, H; LEE, Y.C.; KIM, K.T. BAYE, K.; MELAKU, S. Enzyme activity, amino acid profiles and hydroxymethylfurfural content in Ethiopian monofloral honey. **J. Food Sci. Technol**, 2017.

BILUCA, F. C.; BRAGHINI, F.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). **Journal of Food Composition and Analysis**, vol. 50, p. 61-69, 2016.

BILUCA, F.C. **Caracterização química e influência do tratamento térmico em méis de abelha sem ferrão (*Meliponinae spp.*) produzidos no estado de Santa Catarina**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado) Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2014.

BILUCA, F.C; GOIS, J. S. de; SCHULZ, M.; BRAGHINI, F.; GONZAGA, L. V.; MALTEZ, H. F.; RODRIGUES, E.; VITALI, L.; MICKE, G. A.; BORGES, D. L. G.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (Meliponinae). **Journal of Food Composition and Analysis**, vol. 63, p.89-97, 2017.

BLACK, D.G.; BARACH, J. T. **Canned foods: principles of thermal process control acidification and container closure evaluation**. 8 Ed. Washington: (GMA), p.190, 2015.

BOGDANOV, S.; JURENDIC, T.; SIEBER, R.; GALLMAN, P. Honey for nutrition and health: a review. **American Journal of the College of Nutrition**. v. 27, p. 677-689, 2008.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LÜLLMANN, C. Harmonised methods of the European Honey Commission. **Apidologie**, Paris, Extra Issue, p. 1-59, 1997.

BONTÉ, F.; DESMOULIÈRE, A. Le miel: origine et composition. **Actualités pharmaceutiques**, 531, 18-21, 2013.

BORSATO, D. M. **Composição química, caracterização polínica e avaliação de atividades biológicas de méis produzidos por Meliponíneos do Paraná (Brasil)**. 2013. 153 f. Tese (Doutorado) Ciências Farmacêuticas – Universidade Federal do Paraná, Curitiba –PR, 2013.

BORSATO, D. M.; ESMERINO, L. A.; FARAGO, P. V.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G. Atividade antimicrobiana de méis produzidos por Meliponíneos nativos do Paraná (Brasil). **B. CEPPA**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 57-66, 2013.

BRAGHINI, F. **Estabilidade de méis de abelhas sem ferrão (*Meliponinae spp.*) submetidos a diferentes condições térmicas**. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC, 2016.

BRAGHINI, F.; CHIAPETTI, E.; JÚNIOR, J. F. S.; MILESKI, J. P. F.; OLIVEIRA, D. F.; MORÉS, S.; COELHO, A. R.; TONIAL, I. B. Quality of honeys from honey bee (*Apis mellifera*) and Jataí (*Tetragonisca angustula*) marketed in the micro-region of Francisco Beltrão -PR. **Rev. De Ciências Agrárias**, vol. 40, n.1, Lisboa, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. **Regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 ago. 2013.

BRASIL. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**. Brasília: Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000.

CAC- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Standard for Honey: Codex Stan 12-1981 and 2001. **International Food Standards**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>> Acesso em: dezembro de 2016.

CAMARGO, R. C. R.; OLIVEIRA, K. L.; BERTO, M. I. Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v.20, p. 1-7, 2017.

CAPUANO, E.; FOGLIANO, V. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. **LWT-Food Science and Technology**, v.44, 4, p. 793-810, 2011.

CARVALHO, C. A. L. de; SOUZA, B. de A.; SODRÉ, G. da S; MARCHINI, L. C.; ALVES, R. M. O. **Mel de abelhas sem ferrão: contribuição para a caracterização físico-química**. Cruz das Almas, BA: Graf. Ed. Nova Civilização, 2005. (Série Meliponicultura, 4).

CASTRO-VÁZQUEZ, L.; DÍAZ-MAROTO, M. C.; PÉREZ-COELHO, M. S. Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys. **Food Chemistry**, 103, 601–606, 2007.

CAZIPA, N.; ANDRÁSI, D.; KOVÁCS, B. Determination of essential and toxic elements in Hungarian honeys. **Food Chemistry**, vol. 175, p. 536-542, 2015.

CHUTTONG, B.; CHANBANG, Y. SRINGARM, K.; BURGETT, M. Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). **Food Chemistry**, 192, p. 149-155, 2016.

COELHO, J.; FALCÃO, S. I.; VALE, N.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; VILAS-BOAS, M. Phenolic composition and antioxidant activity assessment of southeastern and South Brazilian propolis. **Journal of Apicultural Research**, 56:1, p. 21-31, 2017.

CORTOPASSI-LAURINO, M.; GELLI, D.S. Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action des miels d'abellies africanisées *Apis mellifera* et de Méliponinés du Brésil. **Apidologie**, v.22, p.61-73, 1991.

COSTA, A. C.V.; SOUSA, J. M. B.; SILVA, M. A. A.; GARRUTI, D. S.; MADRUGA, M. S. Sensory and volatile profiles of monofloral honeys produced by native stingless bees of the Brazilian semiarid region. **Food Research International**, Accepted Manuscript, 2017.

CRISTOFEL, C. J. **Efeito antioxidante do resíduo de guabiroba (*Campomanesia Xanthocarpa*) na oxidação lipídica de hambúrguer de Tilápia (*Oreochromis Niloticus*) enriquecido com ingrediente funcional**. 2014. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Engenharia de Alimentos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2014.

DA SILVA, P. R. **Estudo químico e potencial antioxidante do mel e geoprópolis coletados pela abelha sem ferrão mandaçaia (*Melipona mandaçaia*)**. 2015. 122 f. Tese (Doutorado) em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2015.

DA SILVA, P.M.; GAUCHE, C.; GONZAGA, L.V.; COSTA, A.C.O.; FETT, R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**, n.196, p. 309–323, 2016.

DAVID, C. S.; NOGUEIRA, V. R.; RONQUI, L.; LISBOA, F. T.; OLIVEIRA, D. F. Qualidade higienicossanitária de mel produzido por *Apis mellifera* e *Tetragonisca*

angustula e a necessidade de norma regulamentadora. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n.1, p.107-111, 2017.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Compostos voláteis em méis florais. **Quím. Nova**, vol. 26, nº 1, São Paulo - SP, 2003.

DO VALE, M. A. D.; GOMES, F. A.; SANTOS, B. R. C.; FERREIRA, J. B. Honey quality of *Melipona sp.* bees in Acre, Brasil. **Acta Agronómica**, v. 67, n. 2, p. 201 -207, 2018.

DOBRE, I; GEORGESCU, L. A.; ALEXE, P. ESCUREDO, O. SEIJO, M. C. Rheological behavior of diferente honey types from Romania. **Food Research International**, v.49, p. 126-132, 2012.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, p. 531, 2013.

EMATER. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão rural. **Mapas públicos**. Disponível em: <
http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Geoprocessamento/Documentos_Publicos/02_Emater_macro_reg.jpg> Acesso em: 27 nov. 2017.

EPIFÂNIO, A. F. R. P. **Determinação de metais pesados em mel nacional por espectrometria de absorção atômica**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa – PT, 2012.

ESCRICHE, I.; SOBRINO-GREGORIO, L.; CONCHADO, A.; JUAN-BORRÁS, M. Volatile profile in the accurate labelling of monofloral honey. The case of lavender and thyme honey. **Food Chemistry**, vol. 226, p. 61-68, 2017.

ESCUREDO, O., DOBRE, I., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M., & SEIJO, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. **Food Chemistry**, (2014) 149, 84-90.

ESCUREDO, O., MÍGUEZ, M., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M., & SEIJO, M. C. Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. **Food Chemistry**, 138, p.851–856, 2013.

ESCUREDO, O.; GONZÁLEZ-MARTÍN, M. I.; RODÍGUEZ-FLORES, M. S.; SEIJO, M. C. Near infrared spectroscopy applied to the rapid prediction of the floral origin and mineral content of honeys. **Food Chemistry** 170, p. 47-54, 2015.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, M. A. F. DORNELLAS, G. S.; RODRIGUES, M. L. Estudo de plantas visitadas por abelhas *Melipona scutellaris* na microrregião de brejo no Estado da Paraíba. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, nº2, p. 229-234,2003.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S. BESERRA, E. M. F.; RODRIGUES, M. L. Physical-chemical analysis of honeybee *Apis mellifera* and *Melipona scutellaris* on two regions at Paraíba State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1166-1171, 2005.

FALLICO, B.; ZAPPALA, M.; ARENA, E. VERZERA, A. Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. **Food Chemistry** 85(2) p.305-313, 2004.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I.G.; CONTI-SILVA, A. C. Microbiological and physical-chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two regions of Brazil. **Rev. Ciência Rural**, vol. 48, n.5, Santa Maria, 2018.

FERREIRA, E. L.; LEONCINI, C.; BENASSI, M. T.; BARTH, O. M.; BASTOS, D. H. M. Avaliação sensorial de mel de abelhas indígenas de diferentes localidades do Brasil. **Mensagem Doce**, 93, p. 16-24, 2008.

FRANCO, Bernadette D. G. M.; LANDGRAF, M. M. T. D. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo, Ed. Atheneu, 2005.

GARBACH, K.; MILDER, J.C.; DS KARP, M. M.; DECLERCK, F.A.J. Biodiversity and Ecosystem Services in Agroecosystems. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, 2, p.21-40, 2014.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. Importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, vol. 62, p. 119-132, 2017.

GOMES, S.; DIAS, L.G.; MOREIRA, L.L.; RODRIGUES, P.; ESTEVINHO, L. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 544-548, 2010.

GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C.; ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, 347 (6229), 1255957, 2015.

HABIB, H. M.; AL-MEQBALI, F. T.; KAMAL, H. SOUKA, U. D.; IBRAHIM, W. H. Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. **Food Chemistry**, 153, p. 35-43, 2014.

HAUTRIVE, T. P.; OLIVEIRA, V. R. de; SILVA, A. R. D. da; TERRA, N. N.; CAMPAGNOL, P. C. B. Análise físico-química e sensorial de hambúrguer elaborado com carne de avestruz. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 28, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª. ed. 1ª edição digital. São Paulo, 2008.

JACOB, M. A. M. **Compostos fenólicos, atividade antioxidante e características físico-química de mel e pólen coletados por *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae)**. 2014. 86 f. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Universidade Federal Lavras, Lavras-MG, 2014.

JAY, J. M. **Modern food microbiology**. 4th ed. Van Nostrand Rheinhold, New York, p.38-62, 1992.

KAMAL, M. A. & KLEIN, P. Determination of sugars in honey by liquid chromatography. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 18, p. 17-21, 2011.

KARABAGIAS, I. K., BADEKA, A. V., KONTAKOS, S., KARABOURNIOTI, S., KONTOMINAS, M. G. Botanical discrimination of Greek unifloral honeys with physicochemical and chemometric analyses. **Food Chemistry**, n.165, p.181-190, 2014.

KARABAGIAS, I. K.; LOUPPIS, A. P.; KARABOURNIOTI, S.; KONTAKOS, S.; PAPASTEPHANOU, C.; KONTOMINAS, M. G. Characterization and geographical discrimination of comercial citrus spp. honeys produced in different Mediterranean countries based on minerals, volatile compounds and physicochemical parameters, using chemometrics. **Journal Food Chemistry**, 217, p. 445-455, 2017.

KARABAGIAS, I.K., LOUPPIS, A.P., KARABOURNIOTI, S., KONTAKOS, S., PAPATEPHANOU, C., KONTOMINAS, M.G. Characterization and geographical discrimination of commercial Citrus spp. honeys produced in different Mediterranean countries based on minerals, volatile compounds and physicochemical parameters, using chemometrics. **Food Chemistry**, 2016 doi: {HYPERLLINK "http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.12"}.

KUSTIAWAN, P. M., PUTHONG, S., ARUNG, E. T., CHANCHAO, C. (2014). *In vitro* cytotoxicity of indonesian stingless bee products against human câncer cell lines. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, 4(7), P. 549-556, 2014.

KWIATKOWSKI, A., FRANÇA, G., OLIVEIRA, D. M., ROSA, C. I. L. F., CLEMENTE, E. Avaliações químicas da polpa e resíduo da polpa de amora-preta Orgânica, cv. Tupy. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, vol. 1, n. 1, p. 43-45 Campo Mourão- PR, 2010.

LACERDA, J. J. J.; SANTOS, J. S.; SANTOS, S. A.; RODRIGUES, G. B.; SANTOS, M. L. P. Influence of physicochemical and elemental composition on honey colors produced by *Apis mellifera* in southwest Bahia using multivariate analysis. **Rev. Quím. Nova**, v. 33, n.5, São Paulo, 2010.

LACHMAN, J.; KOLIHOVÁ, D.; MIHOLOVÁ, D.; KOSATA, J.; TITERA, D.; KULT. Analysis of minority honey componentes: Possible use for the evaluation of honey quality. **Food Chemistry**, v. 101, p. 973-979, 2007.

LIEVENS, B. HALLSWORTH, J. E.; POZO, M. I.; BELGACEM, Z. B.; STEVENSON, A.; WILLEMS, K. A.; JACQUEMYN, H. Microbiology of sugar-rich environments: diversity, ecology and system constraints. **Environmental Microbiology**, 17 (2), p. 278-298, 2015.

LIRA, A. F.; SOUSA, J. P. L. M.; LORENZON, M. C. A.; VIANNA, C. A. F. J.; CASTRO, R. N. Estudo comparativo do mel de *Apis mellifera* com méis de Meliponíneos. **Acta Veterinária Brasília**, v. 8, n. 3, p. 169-178, 2014.

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

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L.V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, 4, p. 129-148, 1989,

MADER, E., SHEPHERD, M., VAUGHAN, M., BLACK, S.H. LEBUHN, G. **Attracting Native Pollinators: Protecting North America's Bees and Bultterflies**. Portland, OR: The Xerces Society Guide, Storey Publishing. (2011).

MARQUES, S. R. R. **Microextração em fase sólida e cromatografia gasosa convencional e bidimensional para classificação de méis**. 2011. 179 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas –SP: [s.n.], 2011.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective colour measurements. **Hort Science**, vol. 27, n.12, p. 1254-1255, Alexandria, 1992.

MEILGAARD, M. C; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4th ed., Boca Raton: Taylor & Francis, p. 448, 2007.

MENDES, T. M. F. F. **Determinação de espécies metálicas em mel de abelhas por ICP OES**. 102f. 2003. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Química Analítica, UNICAMP, Campinas- SP, 2003.

MERABET, L. P. Determination of water activity, moisture content and microbiological parameters in honey compounds. **Rev. Brasileira de Economia Doméstica**, Viçosa, v. 22, n.2, p. 213-232, 2011.

MERCOSUL. Regulamento técnico GMC/RES.Nº12/11. **Regulamento Técnico: “Límites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos”**. Grupo de Mercado Comum, 2011.

MERCOSUL. Resolução n. 88/99. **Regulamento Técnico MERCOSUL de “Identidade e Qualidade do Mel”**. Montevidéo: Grupo de Mercado Comum, 1999.
MERCOSUL. Resolução nº 56/99. **Regulamento técnico MERCOSUL de Identidade e qualidade do mel**. Montevidéo: Grupo de Mercado Comum, 1999.

MICHENER, C.D. The Meliponini. In: VIT, P., PEDRO, S.R.M. & ROUBIK, D.W. (Eds.). Pot-honey: a legacy of stingless bees (pp. 3-17). **New York: Springer**, 175 p. 2013.

MOTHERSHAW, A. S.; JAFFER, T. Antimicrobial activity of foods with different physico-chemical characteristics. **International Journal of Food Properties**, v. 7, n. 3, p. 629-638, 2004.

NASCIMENTO, A. S. **Parâmetros físico-químicos, polínicos e determinação de elementos-traços do mel de Meliponinae (Hymenoptera: Apidae)**. 2014. 114 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2014.

NASCIMENTO, A. S.; MARCHINI, L. C.; CARVALHO, C. A. L.; ARAÚJO, D. F. D.; OLINDA, R. A.; SILVEIRA, T. A. Physical-Chemical parameters of honey of Stingless bee (*Hymenoptera: Apidae*). **American Chemical Science Journal** 7(3) p. 139-149, 2015.

NAYIK, G. A.; SUHAG, Y.; MAJID, I.; NANDA, V. Discrimination of high altitude Indian honey by chemometric approach according to their antioxidante properties and macro minerals. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 2016.

NOGUEIRA, A.; SANTOS, L. D.; WIECHETECK, F. V. B.; GUYOT, S.; WOSIACKI, G. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. **Ciê. Exatas, Ciê. Agr. e Eng.**, vol. 9 (3), p. 7-14, 2003.

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

NORDIN, A.; SAINIK, N. Q. A. V.; CHOWDHURY, S. R.; SAIM, A. B.; IDRUS, R. B. H. Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. **Journal of Food Composition and Analysis**, Accepted Manuscript, 2018.

OLIVEIRA, D. J.; SILVA, D. S. M.; SOUZA, A. V.; JUNIOR, C. A. L.; SODRÉ, G. S.; CARVALHO, C. A. L. Avaliação de métodos de conservação do mel de *Melipona quadrifasciata* com base no perfil sensorial e aceitabilidade. **Magistra**, v. 25, n.1, p.1-6, 2013.

OLIVEIRA, E. G.; MONTEIRO NETO, V.; SILVEIRA, L.M.S.; NASCIMENTO, A.R.; NAHUZ, M.S.R.; MENESES, S.L.; VASCONCELOS, A. F.F.; COSTA, M.C.P.; BORGES, A.C.S.; BOGEA, A. L. G.; AZEVEDO, C.C.; FERREIRA, C.F.C.; LIMA, J.C. Avaliação de parâmetros físico-químicos do mel de túbua (*Melipona compressipes fasciculata Smith*), produzidos no Estado do Maranhão. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.20, n. 146, p. 74-81, 2006.

OLIVEIRA, F. A.; ABREU, A. T.; NASCIMENTO, N. O.; FROES-SILVA, R. E.; ANTONINI, Y.; JR-NALINI, H. A.; LENA, J. C. Evaluation of matrix effect on the determination of rare Earth elements and As, Bi, Cd, Pb, Se and In in honey and pollen of native Brazilian bees (*Tetragonisca angustula-Jataí*) by Q-ICP-MS. **Talanta**, vol. 162, p. 488-494, 2017.

OLIVEIRA, K. A. M.; RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, G.V. Caracterização Microbiológica, Físico-química e Microscópica de mel de abelhas Canudo (*Scaptotrigona depilis*) e Jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.15, n.3, p. 239-248, 2013.

OROIAN, M.; SORINA, R. Honey authentication based on physicochemical parameters and phenolic compounds. **Computers and Electronics in Agriculture**, 138, p. 148-156, 2017.

PARANÁ, Instituto Ambiental do. **Plano de Conservação para Abelhas Sociais Nativas sem Ferrão**. IAP/Projeto Paraná Biodiversidade, 2009. Disponível em:<

<http://www.redeprofauna.pr.gov.br/arquivos/File/Abelhasweb.pdf>> Acesso em: fevereiro de 2017.

PARPINELLI, R. S. **Qualidade microbiológica e caracterização físico-química de amostras de mel de abelhas sem ferrão de seis regiões do Estado do Paraná.** 2016. 96f. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2016.

RAMÓN-SIERRA, J. M.; RUIZ-RUIZ, J. C.; ORTIZ-VÁZQUEZ. Electrophoresis characterisation of protein as a method to establish the entomological origin of stingless bee honey. **Food Chemistry**, 183, p. 43-48, 2015.

RAMÓN-SIERRA, J. M.; RUIZ-RUIZ, J. C. ORTIZ-VÁZQUEZ, L. E. Electrophoresis characterisation of protein as a method to establish the entomological origin of stingless bee honeys. **Food Chemistry**, 183, p.43-48, 2015.

RAO, P. V.; KRISHNAN, K. T.; SALLEH, N.; GAN, S. H. Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, vol. 26, p. 657-664, 2016.

REHDER, C. P. **Apicultura sustentável: Mercado Mundial de Mel.** ABEMEL – Associação Brasileira dos Exportadores de Mel, Mapa, 2015. Disponível em:< http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Mel_e_produtos_apicolas/36RO/ICA_36RO.pdf> Acesso em: out. 2016.

REIS, J. Z. dos. **Determinação de origem floral e/ou geográfica de méis por GCxGC-QMS assistida por ferramentas quimiométricas.** 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas –SP: [s.n.], 2016.

REIS, J. Z. dos. **Determinação de origem floral e/ou geográfica de méis por GCxGC-QMS assistida por ferramentas quimiométricas.** 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas –SP: [s.n.], 2016.

RIBEIRO, R. O. R.; MÁRSICO, E. T.; CARNEIRO, C. S.; MONTEIRO, M. L. G.; JÚRNIO, C. A. C.; MANO, S.; JESUS, E. F. O. Classification of Brazilian honeys by physical and chemical analytical methods and low field nuclear magnetic resonance (LF-¹H NMR). **LWT – Food Science and Technology**, 55, p. 90-95, 2014.

RIBEIRO, R.O.R; MÁRSICO, E.T.; CARNEIRO, C.S.; MONTEIRO, M.L.G.; CONTE, C.A.; MANO, S.; JESUS, E.F.O. Classification of Brazilian honeys by physical and chemical analytical methods and low field nuclear magnetic resonance (LF ¹H NMR). **LWT - Food Science and Technology** 55, p. 90 -95. 2014.

RODRIGUES, C. D. **Uso de recursos polínicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos em méis de abelhas Meliponinae (*Apidae*, *Hymenoptera*).** 2016. 96 F. Dissertação (Mestrado) Ciência e Tecnologia Ambiental – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim – RS: [s.n.], 2016.

RODRIGUES, C. S.; FERASSO, D. C.; PRESTES, O. D.; ZANELLA, R.; GRANDO, R. C.; TREICHEL, H.; COELHO, G. C.; MOSSI, A. J. Quality of Meliponinae honey:

Pesticides residues, pollen identity, and microbiological profiles. **Environ. Qual. Manage.**, p. 1-7, 2018.

RODRIGUES, E. A.; DA SILVA, S.M.E., BESERRA, F.M.E. RODRIGUES, L. M. Análise físico-química dos méis de abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em duas regiões no Estado da Paraíba. **Cienc. Rural**, 35:1166-1171, 2005.

SAK-BOSNAR, M. & SAKAC, N. Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. **Food Chemistry**, 135, p.827–831, 2012.

SANT'ANA, R. S. **Caracterização físico-química e microbiológica dos méis de *Melipona subnitida* e *Melipona fasciculata* do Estado do Piauí.** 2017. 147f. Dissertação (Mestrado) em Ciências Agrárias – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – Bahia, 2017.

SHAPLA, U. M.; SOLAYMAN, M.; ALAM, N.; KHALIL, M. I.; GAN, S. H. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. **Chemistry Central Journal**, 12 (1): 35, 2018.

SEABRA L. M. J. et al., Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e tecnologia de alimentos, Campinas**, ed. 22, n. 3, pg. 244 -248, set-dez 2002.

SIDDIQUI, A.J., MUSHARRAF, S.G., IQBAL CHOUDHARAY, M., RAHMAN, A-u. Application of Analytical Methods in Authentication and Adulteration of Honey, **Food Chemistry** (2016), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.001>.

SILVA, F.C.S.; SANTOS, D. C.; SILVA, C. T. S.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, A. O.N. Comportamento reológico do mel de *Apis mellifera* do Município de Tabuleiro do Norte-CE. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 4, n. 1, p. 52-57, 2010.

SILVA, G. S. **Avaliação dos parâmetros químicos e potencial antioxidante do mel de jandaíra (*Melipona subnitida* D.)** 2011. 88 f. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Química- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2011.

SILVA, M. C. P. **Caracterização físico-química, teor de antioxidante e perfil sensorial de méis de abelhas submetidos á desumidificação e umidificação.** 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Produção Animal – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN, 2015.

SILVA, R. A.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; COSTA, J.M.C. Composição e propriedades terapêuticas do mel de abelha. **Alim. Nutr.**, Araraquara v.17, n.1, 113-120, 2006.

SILVA, T. M. S.; SANTOS, F. P.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S.; SILVA, G. S.; NOVAIS, J. S.; SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidante activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, 29, p.10-18, 2013.

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

SILVANO, M. F.; VARELA, M.; PALACIO, M. A.; RUFFINENGO, S.; YAMUL, D. K. Physicochemical parameters and sensory properties of honey from Bueno Aires region. **Food Chemistry**, vol. 152, p. 502-507, 2014.

SODRÉ, G. S. **Características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae) dos Estados do Ceará e Piauí.** 2005. 140 f. Tese (Doutorado) Ciências, Entomologia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2005.

SODRÉ, G. S.; CARVALHO, C. A. L.; FONSECA, A. A. O.; ALVES, R. M. O.; SOUZA, B. A. Sensorial profile and acceptability of stingless bee honey submitted to conservation processes. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, 28 (Supl.) p. 72-77, 2008.

SOUSA, J. M. B.; DE SOUZA AQUINO, I.; MAGNANI, M.; DE ALBUQUERQUE, J. R.; DOS SANTOS, G. G.; DE SOUZA, E. L. Aspectos físico-químicos e perfil sensorial de méis de abelhas sem ferrão da região do Seridó, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, 34, 4, p.1765-1774, 2013.

SOUSA, J. M. B.; SOUZA, E. L.; MARQUES, G.; BENASSI, M. T.; GULLÓN, B., PINTADO, M. M.; MAGNANI, M. Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65 p. 645-651, 2016.

SOUZA, B.; ROUBIK, D.; BART, O.; HEARD, T.; ENRÍQUEZ, E.; CARVALHO, C.; VILLAS-BÔAS, J.; MARCHINI, L.; LOCATELLI, J.; PERSONO-ODDO, L.; ALMEIDA-MURADIAN, L.; BOAGDANOV, S.; VIT, P. Composition of stingless bee honey: Setting quality standards. **Interciencia**, Caracas, v.31, n.12, 2006.

TAHA, EL-K. A.; AL-JABR, A. M.; AL-KAHTANI, S. N. Honey bees, bee-collected pollen and honey as monitors of environmental pollution at an industrial cement área in Saudi Arabia. **Journal of the Kansas Entomological Society**, 9(1): 1-10, 2017.

TAHIR, H. E.; XIAOBO, Z.; XIAOWEI, H.; JIYONG, S.; MARIOD, A. A. Discrimination of honeys using colorimetric sensor arrays, sensory analysis and gas chromatography techniques. **Food Chemistry**, vol. 206, p. 37-43, 2016.

TORNUK, F.; KARAMAN, S.; OZTURK, I.; TOKER, O. S.; TASTEMUR, B., & SAGDIC, DOGAN, M.; KAYACIER, A. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. **Industrial Crops and Products**, 46, p.124 – 131, 2013.

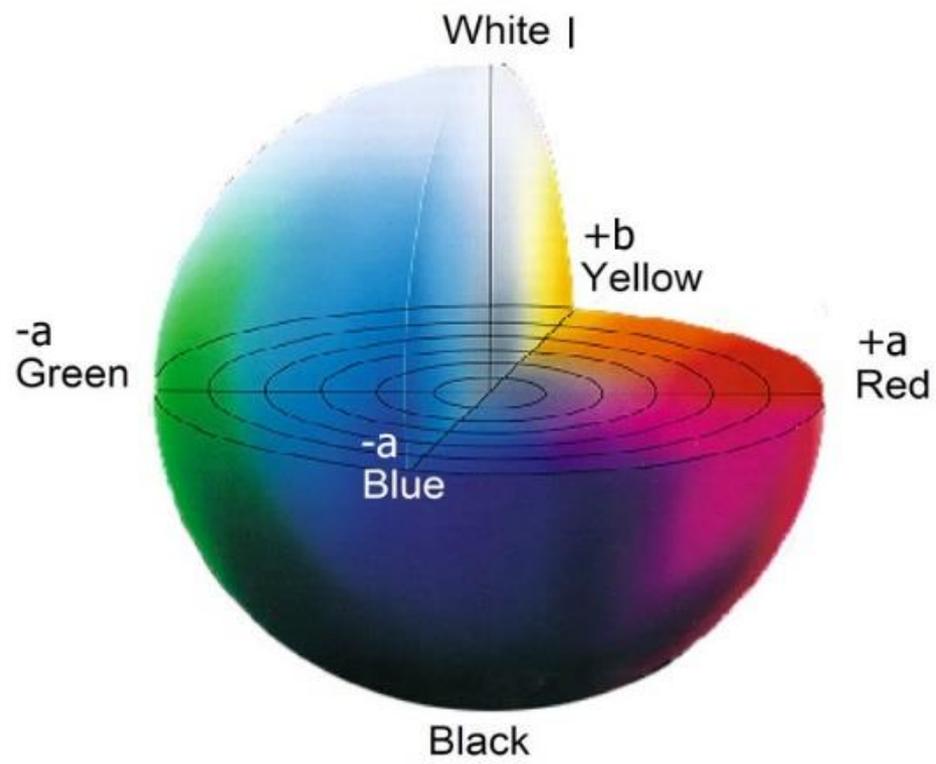
WITTER, S. & NUNES-SILVA, P. **Manual de boas práticas para o manejo e Conservação de abelhas nativas (Meliponíneos).** Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2014.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A.A. A. OLIVEIRA, P. E. A. M. de. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo

(*Passiflora edulis* *F. flavicarpa* Denerger). **Oecologia Australis**, 14 (1), p. 174-192, 2010.

YÜCEL, Y.; SULTANOGLU, P. Characterization of honeys from Hatay region by their physicochemical properties combined with chemometrics. **Food Bioscience I**, 1, p.16–25, 2013.

ANEXO I – Sistema CIELAB



ANEXO II– Tabela de numeração aleatória de três dígitos

Statistical Tables

TABLE 17.1

Random Orders of the Digits 1-9: Arranged in Groups of Three Columns.

Instructions

- (1) To generate a sequence of three-digit random numbers, enter the table at any location, e.g., closing the eyes and pointing. Without inspecting the numbers, decide whether to move up or down the column entered. Record as many numbers as needed. Discard any numbers that are unsuitable (out of range, came up before, etc.). The sequence of numbers obtained in this manner is in random order.
- (2) To generate a sequence of two-digit random numbers, proceed as in (1), but first decide, e.g., by coin toss, whether to use the first two or last two digits of each number taken from the table. Treat each three-digit number in the same manner, i.e., discard the same digit from each. If two-digit number comes up more than once, retain only the first.
- (3) Random number tables are impractical for problems such as: "place the numbers from 15 to 50 in random order." Instead, write each number on a card and draw the cards blindly from a bag or use a computerized random number generator such as PROC PLAN from SAS.⁶

862	245	458	396	522	498	298	665	635	665	113	917	365	332	896	314	688	468	663	712	585	351	847
223	398	183	765	138	369	163	743	593	252	581	355	542	691	537	222	746	636	478	368	949	797	295
756	954	266	174	496	133	799	488	854	187	228	824	881	549	759	169	122	919	946	293	874	289	452
544	537	522	459	984	585	946	127	711	549	445	793	734	855	121	885	585	152	237	574	611	145	784
681	829	614	547	869	742	822	554	448	813	976	688	959	714	912	646	873	397	159	155	136	463	363
199	113	941	933	375	651	414	891	129	938	862	572	698	128	363	478	214	841	314	437	792	874	926
918	481	797	621	743	827	377	916	966	429	657	246	423	277	685	533	937	223	582	946	323	626	519
335	662	875	282	617	274	635	379	287	791	334	139	117	963	448	957	451	585	821	829	267	512	638
477	776	339	818	251	916	581	232	372	374	799	461	276	486	274	791	369	774	795	681	458	938	171
653	489	538	216	446	849	914	337	993	459	325	614	771	244	429	874	557	119	122	417	882	714	769
749	824	721	967	287	556	628	843	725	731	553	253	183	653	988	431	788	426	875	838	457	927	475
522	967	259	532	618	624	396	562	134	563	932	441	834	787	231	958	232	537	439	956	531	345	352
475	172	986	859	925	932	282	924	842	642	797	565	399	896	596	282	441	784	258	684	625	662	291
894	333	612	728	869	487	741	259	476	127	286	736	257	168	847	316	969	692	786	549	949	559	526
116	218	464	191	132	218	573	786	258	296	471	372	618	935	353	747	123	863	644	161	793	196	847
381	641	393	375	354	193	165	615	587	384	119	187	965	572	112	695	615	941	361	375	376	871	633
968	755	847	643	773	765	439	478	611	978	868	898	546	319	775	169	896	275	513	222	114	233	184
742	421	226	286	522	618	471	218	397	745	461	477	478	535	957	674	132	228	442	225	444	171	151
859	878	392	311	659	772	935	447	834	117	658	161	754	654	176	883	855	195	637	751	586	948	513
964	593	137	574	288	994	582	961	746	336	983	782	611	988	833	265	969	584	564	683	197	214	326
177	636	674	897	167	157	856	524	662	598	145	926	362	777	415	931	313	317	195	137	959	536	985
228	755	915	955	946	233	647	653	425	674	719	543	549	826	669	429	576	773	756	392	632	725	879
591	214	851	669	394	349	299	192	179	264	332	294	896	289	782	397	791	659	921	569	811	683	762
636	167	789	438	413	565	118	889	253	452	577	859	125	141	241	746	444	841	313	446	225	362	248
415	982	543	743	835	826	364	776	988	923	224	615	283	462	328	512	228	466	278	874	373	499	437
383	349	468	122	771	481	723	335	511	889	896	338	937	313	594	158	687	932	889	918	768	857	694

Source: From W.G. Cochran and G.M. Cox, 1957, *Experimental Design*, John Wiley & Sons, New York.

APÊNDICE 1 - Comitê de Ética em Pesquisa - CEP/UFFS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

PERFIL SENSORIAL E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MÉIS DE ABELHAS NATIVAS SEM FERRÃO ORIUNDAS DOS ESTADOS DO PARANÁ E RIO GRANDE DO SUL

Prezado participante,

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa: “Perfil sensorial e caracterização físico-química de méis de abelhas nativas sem ferrão oriundas dos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul”. Desenvolvida por Remili Cristiani Grando, discente de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus de Laranjeiras do Sul - PR, sob orientação da Professora Dr. ^a Helen Treichel e pelo co-orientador Professor Dr. ^o Luciano Tormen. O objetivo central do estudo está em verificar a aceitabilidade e intenção de compra de méis de abelhas nativas sem ferrão de amostras oriundas de duas regiões distintas, Paraná e Rio Grande do Sul. O convite a sua participação se deve para compor uma equipe de provadores, não-treinados, para avaliar as características sensoriais de méis de abelhas nativas sem ferrão, oriundos de diferentes regiões (Paraná e Rio Grande do Sul). A sua participação é imprescindível, pois possibilitará conhecer a preferências dos consumidores, bem como avaliar aceitabilidade e intenção de compra do produto. Sua participação não é obrigatória e você tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, assim como desistir da colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação e sem nenhuma forma de penalização. Você não será penalizado de nenhuma maneira caso decida não consentir sua participação, ou desista da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa. Você não receberá remuneração e nenhum tipo de recompensa nesta pesquisa, sendo sua participação voluntária. Serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações por você prestadas. Qualquer dado que possa identificá-lo será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa e o material armazenado em local seguro. A qualquer momento, durante a pesquisa, ou posteriormente, você poderá solicitar do pesquisador informações sobre sua participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados neste Termo. Em caso de reações alérgicas ao mel ou pólen e a doença crônica de diabetes, você não deverá participar desta pesquisa. A sua participação consistirá em provar diferentes amostras de méis de abelhas nativas sem ferrão e responder a um questionário a pesquisadora do projeto. O benefício relacionado à sua colaboração nesta pesquisa refere-se a experimentar um produto diferenciado e pouco explorado comercialmente. Além disso, o mel possui, em sua composição, minerais, vitaminas, e substâncias antioxidantes. Você irá conhecer méis de diferentes regiões (Paraná e Rio Grande do Sul) e apreciar suas particularidades. Assim sendo, o presente estudo poderá contribuir com a sociedade científica por meio da composição físico química, perfil sensorial e aromático

de méis de abelhas nativas, permitindo conhecimento sobre os atributos e peculiaridades de méis nativos. A sua participação na pesquisa poderá causar riscos, embora raro, há possibilidade padecer de infecções, intoxicações e alergias após a ingestão de mel. Devido ao elevado teor açúcares simples em sua composição, o mel não deve ser ingerido por julgadores portadores da doença crônica de diabetes. A fim de minimizar a ocorrência dos riscos identificados, as amostras de méis de abelhas nativas foram submetidas a análises microbiológicas prévias e os julgadores serão, previamente, questionados se possuem alergia associado ao mel ou ingestão de pólen, bem como se possuem a doença crônica de diabetes. Caso ocorra algum tipo de risco não identificado ou omissão de informações quando questionado, você julgador, será encaminhado ao Hospital São José, mais próximo da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul –PR, sendo que os custos decorrentes diretamente arcados pelo pesquisador responsável.

Caso concorde em participar, uma via deste termo ficará em seu poder e a outra será entregue ao pesquisador. Não receberá cópia deste termo, mas apenas uma via. Desde já agradecemos sua participação!

(Laranjeiras do Sul - PR, 2017)

Remili Cristiani Grando

Contato profissional com o (a) pesquisador (a) responsável:

Tel: (42) 3635-2347 ou 55 – (42) – 99908-3272

e-mail remili_grando@hotmail.com ou luciano.tormen@uffs.edu.br

Endereço para correspondência: Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Rodovia BR 158, Km 405, s/n – Zona Rural, Laranjeiras do Sul – PR, CEP: 85301970.

“Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS”:

Tel e Fax - (0XX) 49- 2049-3745

E-Mail: cep.uffs@uffs.edu.br

Endereço para correspondência: Universidade Federal da Fronteira Sul/UFFS - Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS, Rua General Osório, 413D - CEP: 89802-210 - Caixa Postal 181 – Centro - Chapecó - Santa Catarina – Brasil)

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Nome completo do (a) participante:

Assinatura: _____

APÊNDICE 2 - Ficha de avaliação sensorial

Data: ____ / ____ / ____ Idade: _____ anos

Sexo: () Masculino () Feminino

Profissão: _____

-Consume mel de abelha nativa sem ferrão?

() Sim

() Não

Porquê?

_____**-Com que frequência costuma consumir este mel?**

() Diariamente

() Semanalmente

() Mensalmente

() Raramente

() Não consumo

Instruções:

-Você receberá sete amostras de mel de abelhas nativas sem ferrão, prove cuidadosamente a primeira amostra e avalie, antes de provar as próximas amostras;

-Enxágue a boca com a água que está sendo oferecida, antes e após provar cada amostra. Caso prefira, pode consumir uma pequena parcela de bolacha “água e sal” e posteriormente enxágue a boca com a água oferecida;

-Represente o quanto gostou ou desgostou de cada amostra, de acordo com a seguinte escala:

1 - Desgostei muitíssimo**2** - Desgostei muito**3** - Desgostei regularmente**4** - Desgostei ligeiramente**5** - Indiferente**6** - Gostei ligeiramente**7** - Gostei regularmente

8 - Gostei muito

9 - Gostei muitíssimo

Abaixo, anote o número da amostra a ser provada e atribua um valor de acordo com a escala apresentada acima:

Código da Amostra	Valor atribuído às Características				
	Aroma	Aparência	Cor	Sabor	Textura (Fluidez)

Produto conhecido ()

Produto não conhecido ()

7 – Eu compraria sempre

6 – Eu compraria muito frequentemente

5 – Eu compraria frequentemente

4 – Eu compraria ocasionalmente

3 – Eu compraria raramente

2 - Eu compraria muito raramente

1 – Eu nunca compraria isto

Código da Amostra	Valor atribuído às Características

Comentários:

Quality of Meliponinae honey: Pesticides residues, pollen identity, and microbiological profiles

Carina da Silva Rodrigues¹ | Debora Cristina Ferasso¹ | Osmar Damian Prestes² | Renato Zanella² | Remili Cristiani Grandó³ | Helen Treichel¹ | Geraldo Ceni Coelho¹ | Altemir José Mossi¹

¹Environmental Science and Technology Department, Federal University of Fronteira Sul, Erechim, Brazil

²Department of Chemistry, Laboratory for the Analyses of Pesticide Residues, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, Brazil

³Food Science and Technology, Federal University of Fronteira Sul—Campus Laranjeiras do Sul, Laranjeiras do Sul, Brazil

Correspondence

Altemir José Mossi, Environmental Science and Technology Department, Federal University of Fronteira Sul, RS 135, km 72, 99700-000, Erechim, RS, Brazil.
Email: amossiuffs@gmail.com

Abstract

This study aims at evaluating the quality of honey of *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* *Tetragonisca angustula* and *Scaptotrigona depilis*. Pollen analysis was performed to identify the floral resources used for the production of honey, and 19 pollen types were identified. Microbiological analyses identified the presence of coliforms, molds, and yeasts, but *Clostridium botulinum* was not found. Using the modified “Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe” method followed by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination, eight pesticides were detected in the honey of *T. angustula* and only two in the honey from *S. depilis*. The honey of *M. q. quadrifasciata* did not present pesticide residues. The data pointed out the relevance of good practices to avoid the contamination of honey with sources of microbiological contaminants, which may impair the product's safety for human consumption.

KEYWORDS

honey microbiology, *Melipona quadrifasciata*, pesticide residues, pollen resources, *Scaptotrigona depilis*, stingless bees, *Tetragonisca angustula*

1 | INTRODUCTION

The Meliponini bees (Hymenoptera, Apidae) belong to the genus of stingless bees. These bees are popularly known as indigenous stingless bees and include more than 500 species, which are found mainly in South America, Australia, Asia, and Africa. Honey bees Meliponinae are most widely used in South America, Australia, and Africa, and beekeeping of these species is known as meliponiculture. When carried out as a sustainable activity, the keeping of these bees can contribute both to crop production (via pollination services) and to biological conservation (Guerrini et al., 2009; Viana et al., 2014; Vit, Bogdano, & Kilchenmann, 1994).

Agricultural intensification can be a threat to biodiversity, as it directly affects pollination due to the destruction of natural resources and natural habitat. Studies show that the decline of pollinators may result in economic consequences, as their reduced numbers could affect food availability. Pollination carried out by insects is a service widely used in the practice of agricultural production, and bees are among the main pollinators (Batáry et al., 2010; Klein, Steffan-Dewenter, & Tscharntke, 2003).

Floral nectar is one of the main products extracted by bees from the flowers. Honey is composed of more than 180 substances, and car-

bohydrates and water are major constituents (da Azeredo, Azeredo, de Souza, & Dutra, 2003). Meliponinae honey includes less sugars and more water content than the honey of *Apis mellifera* L. On the other hand, different regions and forage resources used by the bees serve to originate distinct honey types (Barth, 2004).

The floral sources used by the bees can be identified by pollen analysis through visible light microscopy, which can provide information on the geographic and botanical features of the honey (Louveaux, Maurizio, & Vorwohl, 1978). Depending on the floral sources, pollutants can be brought to the hives and contaminate the honey. Thus, honey can contain pesticides and microorganisms and can be harmful to human health (Bargańska, Ślebioda, & Namieśnik, 2013; Krupke, Hunt, Eitzer, Andino, & Given, 2012). Pesticide contamination of honey is related to the contamination of source flowers and could reflect the specific pollution present in a given environment. Thus, bees and beehives may act as important sentinels for monitoring contamination in the environment (Panseri et al., 2014).

Accumulation of pesticides has become a public health problem due to the intensive use of these chemicals in agricultural production. The monitoring of pesticide residues is essential to evaluate the potential risk to consumer health and also to provide relevant information on the use of chemicals in proximity to beehive cultivation.

Analytical methodologies for pesticides identification and quantification are recent, and the majority of the published reports refers to the honey of *A. mellifera* (Blasco, Font, & Picó, 2007; Orso et al., 2014, 2016; Tette et al., 2016). There are various methods to detect pesticides in foods, and the QuEChERS method, whose acronym means Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe, is one of the most suitable among them (Anastassiades, Lehotay, Stajnbaher, & Schenck, 2003; Prestes, Friggi, Adaime, & Zanella, 2009). Bargańska et al. (2013) reported pesticides residues in 29.0% of *Apis* honey samples from Poland, and concentrations of bifenthrin, fenpyroximate, methidathion, spinosad, thiamethoxam, and triazophos exceeded maximum residue levels (MRL) in five samples. Rissato, Galhiane, De Almeida, Gerenutti, and Apon (2007) quantified at least 10 pesticides in *Apis* honey samples from Bauru, São Paulo State, Brazil, during 2003 and 2004, highlighting the pesticide Malathion, used in the control of the dengue vector mosquitoes.

Because honey is used both as a food and an alternative medicine, the survey and monitoring of pesticides and pathogens in honey are of great importance. In addition, interactions between pesticides and pathogens can be outstanding causes of bee diseases, such as colony collapse disorder (Pettis, van Engelsdorp, Johnson, & Dively, 2012).

Because honey is used both as a food and an alternative medicine, the survey and monitoring of pesticides and pathogens in honey are of great importance.

The quality of *A. mellifera* honey, the main commercial honey in Brazil and other countries, is defined by physicochemical, microbiological, and sensory analyses. There are no regulations for the honey of Meliponinae, however, good practices for honey production must be adopted and microbiological analyses could help to monitor the quality of these honeys.

In this context, we carried out investigations on honey samples from three Meliponinae species; *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, *Tetragonisca angustula* and *Scaptotrigona depilis* collected from hives from a city in the northern part of Rio Grande do Sul State, Brazil. Identification of pesticide residues and pollen sources along with microbiological profiles were determined in an effort to contribute to the existing knowledge regarding the quality of Meliponinae honey.

2 | MATERIAL AND METHODS

2.1 | Samples site

Honey samples were gathered at stingless beehives in a meliponary from a city in the north of Rio Grande do Sul State, Brazil,

27°36'40.05'' S latitude and 52°20'47.31'' W longitude. The surrounding landscape includes orchards of persimmon (kaki), apple, orange, and peach, among others, and grain crop plantations (mainly soybeans and maize). Forest cover in the area is Atlantic Forest biome. The honey samples were obtained in February 2015 and maintained in glass bottles. The pesticide residues analyses were performed at the Laboratory for the Analyses of Pesticide Residues, at the Federal University of Santa Maria, in Rio Grande do Sul State. The pollen identification was carried out using the same samples at the Microscopy Laboratory at Fronteira Sul Federal University at Erechim, Rio Grande do Sul State. For microbiological analyses, the samples were obtained separately using sterile syringes and flasks, and the assays were carried out at the Microbiology Laboratory at Fronteira Sul Federal University at Erechim, Rio Grande do Sul State.

2.2 | Pollen analysis

Pollen identification followed the method of Louveaux et al. (1978), however, without the use of acetolysis. Briefly, 5.0 milliliters (mL) of honey from each sample was homogenized with 10.0 mL of warm, deionized water. The samples were centrifuged for 5 minutes at 3,500 revolutions per minute. The supernatant was excluded, and the process was repeated. The sediment was removed with a pipette for use in slide preparation. The sediment was displayed over a glass slide with a drop of acetic acid added. Thereafter, a drop of toluidin blue was added, and Kaiser gelatin was used as the mounting medium. The pollen grains were identified by comparing them with authentic samples from the plants in the region, which had been identified by the authors, and by consulting the literature. The Shannon index for species diversity (H') and the Pielou evenness index (J) were calculated.

2.3 | Microbiological assay

Microbiological analyses were performed according to the recommended methods of American Public Health Association (APHA). Total and fecal coliform counts were determined using the most probable number technique. Molds, yeasts, and *Clostridium botulinum* were counted using colony-forming units (CFU) methodology (APHA, 1984).

2.4 | Pesticide quantification

Pesticides in the honey samples were identified using ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry applying a QuEChERS method modified according to Orso et al. (2016). The observed values were compared with the maximum levels for pesticide residues accepted by the European Union for honey when such standards were available (CE 396/2005; European Parliament, 2005) or compared to maximum levels for pesticides accepted by the European Union for other foods of plant origin.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 | Pollen

A total of 19 pollen species were identified in the honey samples. The honey of *T. angustula* presented 12 pollen types ($H' = 0.925$ and

EXHIBIT 1 Pollen percentages observed in honey of Meliponinae species from Barão do Cotegipe municipality

Plant species	Life form	<i>S. depilis</i>	<i>T. angustula</i>	<i>M. q. quadrifasciata</i>
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Tree	91.11	16.32	64.28
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Tree	2.22	2.04	1.42
<i>Ricinus communis</i> L.	Tree	1.11	-	-
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Tree	1.11	-	1.42
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Herb	1.11	10.20	-
<i>Allophylus edulis</i> (St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Tree	3.33	-	1.42
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Palm	-	4.08	2.85
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Tree	-	26.53	8.57
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg	Tree	-	8.16	14.28
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Herb	-	2.04	-
<i>Bidens pilosa</i> L.	Herb	-	6.12	-
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Tree	-	-	1.42
<i>Morus</i> sp.	Tree	-	-	1.42
<i>Senegalia recurva</i> (Benth) Seigler and Ebinger	Liana	-	-	1.42
<i>Baccharis anomala</i> DC.	Shrub	-	4.08	-
<i>Baccharis</i> type I	Shrub	-	2.04	-
Mimosoideae type I	Tree	-	-	1.42
Poaceae	Herb	-	2.04	-
Undetermined	-	-	16.32	-

$J = 0.857$), and the dominant species was *Hovenia dulcis* Thunb. In the honey of *M. q. quadrifasciata*, 11 species were identified ($H' = 0.563$ and $J = 0.540$) and the dominant species was *Eugenia uniflora* L. From the honey of *S. depilis*, six pollen species ($H' = 0.187$ and $J = 0.241$) were observed, and again, *E. uniflora* L. was the dominant species (Exhibit 1).

T. angustula presented the highest—and *S. depilis* the lowest—diversity and equitability indices, respectively. In addition, *T. angustula* had the highest proportion of pollen from herbaceous plant species (20.4%), and among them, *Raphanus raphanistrum* L. and *Bidens pilosa* L. accounted for the greatest percentages found. No pollen of herb species was found in the honey of *M. q. quadrifasciata* (Exhibit 1).

T. angustula is considered a generalist species regarding the pollen sources (Carvalho & Marchini, 1999) and our data corroborate this point of view.

3.2 | Microbiological analyses

C. botulinum was not detected in the honey samples. Total coliforms were detected in all samples, with the lowest values for the honey of *M. q. quadrifasciata*. Molds and yeasts also were present in all of the samples, with the lowest values observed in the honey of *S. depilis* (Exhibit 2).

The Brazilian Ministry of Health regulation on food, RDC 012 ANVISA (Ministry of Health, 2001) determines a tolerable level of 1.0×10^2 coliform forming units per gram (CFU/g) while molds and yeasts and the absence (<3.0 most probable number per gram)

of total coliforms are determined by the Ministry of Agriculture (2000). The honey samples collected from the stingless bees for this study exceeded these limits (Exhibit 2). However, there is no specific regulation on honey quality in Brazil.

The total coliform count indicates faults in sanitation and food handling practices, and fecal coliforms are indicative of fecal contamination (Snowdon & Cliver, 1996). To ensure the proper sanitation of food products, it is necessary to follow hygienic practices and adequate food handling practices to avoid contamination and comply with microbiological criteria (Food and Agriculture Organization of the United Nations' and World Health Organization's Codex Alimentarius Commission [CAC], 1997, 2001).

The gathering of the honey samples for this investigation took place at the end of summer, a period of scarce floral resources. During periods of low floral availability, bees could forage in materials with microbiological contamination, such as soil and organic matter of fecal origin (Barth, 2004). Nogueira-Neto (1997, p. 445) reported an observation of bees foraging in animal feces, an activity that occurs during periods of low flower availability. Swine, dairy cattle, and chickens are being raised in the neighborhood of the meliponary used in our investigation, and this could have contributed for the observed contamination.

Buba, Gidado, and Shugaba (2013) analyzed 18 honey samples collected in different parts of Nigeria and observed the presence of bacteria and fungi in 15 of the 18 samples. The predominant genera of contaminants found were *Aspergillus niger* and *Bacillus* spp. Testing did not detect the presence of total coliforms in the samples.

EXHIBIT 2 Microorganisms in the honey of stingless bees, Barão do Cotegipe, Rio Grande do Sul State, 2015

Species	Total coliforms (MPN/g)	Thermotolerant coliforms (MPN/g)	Molds and yeasts (CFU/g)	<i>Clostridium botulinum</i>
<i>T. angustula</i>	$>2.4 \times 10^3$	4	1.3×10^5	Absent
<i>S. depilis</i>	$>2.4 \times 10^3$	4	9.4×10^4	Absent
<i>M. q. quadrifasciata</i>	2.3×10^1	<3	9.9×10^4	Absent

MPN/g, most probable number per gram; CFU/g, colony-forming units per gram.

EXHIBIT 3 Pesticides residues in Meliponinae honey from Barão do Cotegipe, February 2015, determined by QuEChERS method with liquid chromatography-tandem mass spectrometry, the agricultural use of each pesticide and MRL (maximum residues limit) for honey and other food products, according to the normative EC 396/2005 from the European Union

Pesticide	Results of pesticides residues (mg/kg)	Class use	Applied cultivation	Period of application	Meliponary distancemeters (m)	Bee species	MRL (mg/kg)
Difenoconazole	0.001	Fungicide	Apple	Aug 2014	200	<i>T. angustula</i>	0.05 ^a
Pyrazophos	0.0013	Fungicide, insecticide	Grapefruit	Oct–Nov 2014	700	<i>T. angustula</i>	0.05 ^a
Piridate	0.0005	Herbicide	Soybean and maize	Sep–Nov 2014	500	<i>T. angustula</i>	0.05 ^a
Fempropatrin	0.0005	Insecticide, acaricide	Soybean	Nov–Dec 2014	500	<i>T. angustula</i>	0.01 ^a
Dimethoate	0.001	Insecticide, acaricide	Apple, peach, persimmon	Nov 2014–Jan 2015	200	<i>T. angustula</i> , <i>S. depilis</i>	0.02 ^a
Pirimiphos-ethyl	0.0006	Insecticide, acaricide	Apple	Jan 2015	200	<i>T. angustula</i> , <i>S. depilis</i>	0.01 ^b
Pirimiphos-methyl	0.0008	Insecticide, acaricide	Apple, peach, persimmon, orange	Nov 2014–Jan 2015	200	<i>T. angustula</i>	0.05 ^b
Triflumizole	0.0006	Fungicide	Soybean	Sep–Nov 2014	500	<i>T. angustula</i>	0.1–3.0 ^b

^aMRL, maximum residue limit.

^bmg/kg, milligrams per kilograms.

Iurlina and Fritz (2005) developed a work on apiary and commercial honey from Argentina and found that all 70 samples that were tested revealed the presence of yeasts and molds. The presence of fecal coliforms and *C. botulinum* was not detected in the Argentinian study. Analysis of Nigerian honey by Omafuvbe and Akanbi (2009) revealed the presence of total coliforms 0–3.0 × 10 CFU/g; however, the presence of molds and yeasts was not detected.

Adjlane, Haddad, Ameur, Kesraoui, and Moussaoui (2014) investigated the microbiological quality of 11 samples of honey harvested from beehives from different regions of Algeria. The authors found two irregular samples: the presence of aerobic mesophilic above 1.000 CFU/g, ranging between 9.10² and 27.10² CFU/g. As in the present study, Adjlane et al. detected the presence of molds and yeasts at 90.10² and 108.10 CFU/g, respectively, but their analyses did not detect the presence of *C. botulinum* (Adjlane et al., 2014).

In a study developed by Nevas et al. (2002), 190 honey samples were collected from different countries. Of these, 20 samples showed positive results for *C. botulinum*. This study highlights the importance of assessing the presence of this microorganism in honey, as honey is commonly consumed by people of all ages, including children, who can contract infant botulism (Küplülü, Gönçüoğlu, Özdemir, & Koluman, 2006).

3.3 | Pesticide residues

In this present study, eight pesticides were detected in the honey of *T. angustula*. Only two pesticides were detected in the honey of *S. depilis*, and no pesticide residue was detected in the honey of *M. q. quadrifasciata* (Exhibit 3).

The MRL is only available for honey of *A. mellifera* and for a few active compounds. Notwithstanding, the observed values of residues were under the MRL available for honey and other food products (Exhibit 3). The pesticides recorded in the honey were utilized in crop and fruit cultivation in the vicinity of the hives at a distance of between 200 and 700 meters away (Exhibit 3).

The higher contents of pesticides residues in the honey of *T. angustula* could be related to the higher proportion of pollen from herbaceous plant species detected in the honey, in particular *R. raphanistrum* L. and *B. pilosa* L., than in the honey of other bee species. The first is a plant that is commonly cultivated during the winter, but it can also occur as a ruderal herb associated with orchards, horticulture, and gardens in other periods. *B. pilosa* is a very common weed associated with several crops, orchards, and gardens. As the application of the recorded pesticides was predominantly on crop plantations (soybeans, maize) and orchards (apple, peach, orange, grapefruit), the probability

of contamination of those floral sources is expected to be high. On the other hand, the absence of herb species in the pollen from the honey of *M. q. quadrifasciata* may explain the absence of pesticides detections for that honey. In addition, more than 75% of the pollen from the honey of *M. q. quadrifasciata* was composed of *E. uniflora* and *C. guazumifolia*, two tree species of the Myrtaceae family, which is commonly found in the forest remnants of the region, and therefore, supposedly less exposed to the pesticides applications than the herbs associated with the croplands. Accordingly, the honey of *S. depilis* presented intermediate levels of pollen of herbaceous ruderal plants and also of pesticides concentrations.

4 | CONCLUSIONS

Pollen analysis allowed us to identify the botanical sources of the Meliponinae honey. The honey of *T. angustula* presented the highest pollen diversity and the highest proportion of pollen from herbaceous plant species of the species included in this study. The highest proportions of herbs and ruderal plants were coincident with the highest levels of pesticides residues in the honey of *T. angustula*.

The detection of total and thermotolerant coliforms confirmed the need for specific regulations and quality parameters for the honey of Meliponinae. In addition, the data pointed out the relevance of good practices to avoid the contamination of honey with sources of microbiological contaminants, which may impair the safety for human consumption.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank CAPES for the fellowship of the first author; CNPq, FAPERGS, and FINEP for financial support; and beekeeper Evandro Cantelle for permission to carry out the work.

REFERENCES

Adjlane, N., Haddad, N., Ameur, K. L., Kesraoui, S., & Moussaoui, D. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of some samples of honey produced by beekeepers in Algeria. *Acta Technologica Agriculturae*, 17(1), 1–5. Retrieved from <https://content.sciendo.com/view/journals/ata/17/1/article-p1.xml>

American Public Health Association (APHA). (1984). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (2nd ed.). Washington, DC: Author.

Anastasiades, M., Lehotay, S., Stajnbaher, D., & Schenck, F. J. (2003). Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC international*, 86(2), 412–431. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396>

Bargańska, Z., Ślebioda, M., & Namieśnik, J. (2013). Pesticide residues levels in honey from apiaries located in Northern Poland. *Food Control*, 31(1), 196–201. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671351200549X>

Barth, O. M. (2004). Melissopalynology in Brazil: A review of pollen analysis of honeys, própolis and pollen loads of bees. *Scientia Agricola*, 61(3), 342–350. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162004000300018&lng=pt&nrm=iso

Batáry, P., Báldi, A., Sárospataki, M., Kohler, F., Verhulst, J., Knop, E., ... Kleijn, D. (2010). Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136(1–2), 35–39. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909003351>

Blasco, C., Font, G., & Picó, Y. (2007). Solid-phase microextraction-liquid chromatography-mass spectrometry applied to the analysis of insecticides in honey. *Food Additives and Contaminants*, 25(1), 59–69. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02652030701424529>

Buba, F., Gidado, A., & Shugaba, A. (2013). Physicochemical and microbiological properties of honey from North East Nigeria. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 2(142), 61–67. Retrieved from <https://www.omicsonline.org/physicochemical-and-microbiological-properties-of-honey-from-north-east-nigeria-2161-1009.1000142.php?aid=20873>

Carvalho, C. A. L. D., & Marchini, L. C. (1999). Pollen types collected by *Nannotrigona testaceicornis* and *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera; Apidae; Meliponinae). *Scientia Agricola*, 56(3), 717–722. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000300029

da Azeredo, L. C., Azeredo, M. A. A., de Souza, S. R., & Dutra, V. M. L. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different origins. *Food Chemistry*, 80(2), 249–254. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814602002613>

European Parliament. (2005). *Regulation (EC) No. 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC* 16-3-2005. Brussels, Belgium: European Community. JO L 70 de 16.3.2005: 1–16. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396>

Food and Agriculture Organization of the United Nations' and World Health Organization's Codex Alimentarius Commission (CAC). (1997). *Principles and guidelines for the establishment and application of microbiological criteria related to foods*. CAC/GL 21-1997. Retrieved from <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations' and World Health Organization's Codex Alimentarius Commission (CAC). (2001). *Revised Codex standard for honey: Codex Stan 12-1981*. Retrieved from http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/it/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BStan%2B12-1981%252FCxs_012.e.pdf

Guerrini, A., Bruni, R., Maietti, S., Poli, F., Rossi, D., Paganetto, G., ... Sacchetti, G. (2009). Ecuadorian stingless bee (Meliponinae) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product. *Food Chemistry*, 144(4), 1413–1420. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608013678>

Iurlina, M. O., & Fritz, R. (2005). Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *International Journal of Food Microbiology*, 105(3), 297–304. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160505003314>

Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tscharrntke, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1518), 955–961. Retrieved from <https://rspb.royalsocietypublishing.org/content/270/1518/955>

Krupke, C. H., Hunt, G. J., Eitzer, B. D., Andino, G., & Given, K. (2012). Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS one*, 7(1), e29268. Retrieved from <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029268>

- Küplülü, Ö., Göncüoğlu, M., Özdemir, H., & Koluman, A. (2006). Incidence of *Clostridium botulinum* spores in honey in Turkey. *International Journal of Food Control*, 17(3), 222–224. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713504002373>
- Louveau, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0005772X.1978.11097714>
- Ministry of Agriculture (Brazil). (2000). *Technical regulation of honey identity and quality. Ministry of Agriculture and Supply. Normative Instruction No. 11, of October 20, 2000. Brasília (Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Brasília)*. Retrieved from <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7797>
- Ministry of Health (Brazil). (2001). *Ministry of Health, National Sanitary Surveillance Agency. Technical regulation on microbiological standards for food. Resolution RDC 12 (Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Resolução RDC 12)*. Retrieved from <https://portal.anvisa.gov.br/>
- Nevas, M., Hielm, S., Lindström, M., Hom, H., Koivulehto, K., & Korkela, H. (2002). High prevalence of *Clostridium botulinum* types A and B in honey samples detected by polymerase chain reaction. *International Journal of Food Microbiology*, 72(1-2), 45–52. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160501006158>
- Nogueira-Neto, P. (1997). *Life and creation of indigenous stingless bees*. São Paulo, Brazil: Parma Publishing.
- Omafuvbe, B. O., & Akanbi, O. (2009). Microbiological and physico-chemical properties of some commercial Nigerian honey. *African Journal of Microbiology Research*, 3(12), 891–896. Retrieved from <https://www.academicjournals.org/journal/AJMR/article-abstract/4381C6A14997>
- Orso, D., Floriano, L., Ribeiro, L. C., Bandeira, N. M. G., Prestes, O. D., & Zanella, R. (2016). Simultaneous determination of multiclass pesticides and antibiotics in honey samples based on ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 9(6), 1638–1653. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-015-0339-8>
- Orso, D., Martins, M. L., Donato, F. F., Rizzetti, T. M., Kemmerich, M., Adaime, M. B., & Zanella, R. (2014). Multiresidue determination of pesticide residues in honey by modified QuEChERS method and gas chromatography with electron capture detection. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 25(8), 1355–1364. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532014000800006&script=sci_arttext
- Panseri, S., Catalano, A., Giorgi, A., Arioli, F., Procopio, A., Britti, D., & Chiesa, L. M. (2014). Occurrence of pesticide residues in Italian honey from different areas in relation to its potential contamination sources. *Food Control*, 38, 150–156. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713513005471>
- Pettis, J. S., van Engelsdorp, D., Johnson, J., & Dively, G. (2012). Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Naturwissenschaften*, 99(2), 153–158. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00114-011-0881-1>
- Prestes, O. D., Friggi, C. A., Adaime, M. B., & Zanella, R. (2009). QuEChERS: A modern sample preparation method for pesticide multiresidue determination in food by chromatographic methods coupled to mass spectrometry (QuEChERS: Um método moderno de preparo de amostra para determinação multirresíduo de pesticidas em alimentos por métodos cromatográficos acoplados à espectrometria de massas). *Química Nova*, 32(6), 1620–1634. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000600046&lng=pt&nrn=iso
- Rissato, S. R., Galhiane, M. S., De Almeida, M. V., Gerenutti, M., & Apon, B. M. (2007). Multiresidue determination of pesticides in honey samples by gas chromatography-mass spectrometry and application in environmental contamination. *Food Chemistry*, 101(4), 1719–1726. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605009349>
- Snowdon, J. A., & Cliver, D. O. (1996). Microorganisms in honey. *International Journal of Food Microbiology*, 31(1-3), 1–26. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168160596009701>
- Tette, P. A. S., Oliveira, F. A. S., Pereira, E. N. C., Silva, G., Glória, M. B. A., & Fernandes, C. (2016). Multiclass method for pesticides quantification in honey by means of modified QuEChERS and UHPLC-MS-MS. *Food Chemistry*, 211, 130–139. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616307166>
- Viana, B. F., Da Encarnação, F., Coutinho, J. G., Garibaldi, L. A., Gastagnino, G. L. B., Gramacho, K. P., & Da Silva, F. O. (2014). Stingless bees further improve apple pollination and production. *Journal of Pollination Ecology*, 14(25), 261–269. Retrieved from <https://www.pollinationecology.org/index.php?journal=jpe&page=article&op=view&path%5B%5D=309>
- Vit, P., Bogdano, S., & Kilchenmann, V. (1994). Composition of Venezuelan honeys from stingless bees (Apidae: Meliponinae) and *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 25, 278–288. Retrieved from https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1994/03/Apidologie_0044-8435_1994_25_3_ART0002.pdf

AUTHORS' BIOGRAPHIES

Carina da Silva Rodrigues holds a BS in biology (Universidade Regional Integrada, Brazil). She holds an MSc in environmental science and technology (Federal University of Fronteira Sul, Brazil). She can be contacted at k.karin.karina@hotmail.com

Debora Cristina Ferasso holds a BS in industrial chemistry (Universidade Regional Integrada, Brazil). Currently, she is a master's student in environmental science and technology (Federal University of Fronteira Sul, Brazil). She can be contacted at dcf.quimica@hotmail.com

Osmar Damian Prestes holds a PhD in Analytical Chemistry at Federal University of Santa Maria. He acts as advisor in the Post-Graduation Program in Chemistry of UFSM, Rio Grande do Sul, Brazil. He can be contacted at osmar.prestes@ufsm.br

Renato Zanella holds a PhD in Analytical Chemistry at Dortmund Universität, Germany. He has been coordinator of Laboratory for Analysis of Pesticide Residues (LARP), and has been the leader of the Research Group of Chromatography and Mass Spectrometry Research Center (CPCEM), coordinating several projects in the area of residues and contaminants in food, environmental and industrial samples. He can be contacted at larp_rz@yahoo.com.br

Remili Cristiani Grando holds a BS in food engineering (Federal University of Fronteira Sul, Brazil). Currently, she is a master's student in food science and technology (Federal University of Fronteira Sul, Brazil). She can be contacted at remili_grando@hotmail.com

Helen Treichel holds a PhD in food engineering (University of Campinas, São Paulo, Brazil). Currently, she is a professor of microbiology and bioprocess at Federal University of Fronteira Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. She can be contacted at helentreichel@gmail.com

Geraldo Ceni Coelho holds a PhD in Pharmaceutical Sciences at Federal University of Rio Grande do Sul. Currently, he is associate Professor at UFFS – Federal University of Fronteira Sul. He can be contacted at cenicoelho@gmail.com

Altemir José Mossi holds a PhD in ecology (Federal University of São Carlos, Brazil). Currently, he is a professor of the postgraduate program

in environmental science and technology at the Federal University of Fronteira Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. He can be contacted at amosiuffs@gmail.com

How to cite this article: Rodrigues CDS, Ferasso DC, Prestes OD, et al. Quality of Meliponinae honey: Pesticides residues, pollen identity, and microbiological profiles. *Environ Qual Manage.* 2018;1–7. <https://doi.org/10.1002/tgem.21547>