

## Caracterização físico-química em méis de abelhas produzidos no município de Cachoeira do Arari – Ilha de Marajó, Pará

Physicochemical characterization of honey produced in the municipality of Cachoeira do Arari – Ilha de Marajó, Pará

Caracterización fisicoquímica de la miel producida en el municipio de Cachoeira do Arari – Ilha de Marajó, Pará

Recebido: 03/02/2022 | Revisado: 10/02/2022 | Aceito: 17/02/2022 | Publicado: 26/02/2022

### Endril Pablo Brasil de Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0282-3484>  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil  
E-mail: [endrilpablo@gmail.com](mailto:endrilpablo@gmail.com)

### Rayana Silva Craveiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2317-9088>  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil  
E-mail: [rayanasilva1296@gmail.com](mailto:rayanasilva1296@gmail.com)

### João Marcos Batista de Assunção

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5042-3306>  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil  
E-mail: [joaomarcosxba@gmail.com](mailto:joaomarcosxba@gmail.com)

### Yasmin Martins dos Santos Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0513-7500>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: [yasminlopeslopes485@gmail.com](mailto:yasminlopeslopes485@gmail.com)

### Elivaldo Nunes Modesto Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3972-9846>  
Universidade Federal do Pará, Brasil  
E-mail: [modesto.ufpa@gmail.com](mailto:modesto.ufpa@gmail.com)

### Ronilson Freitas de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0463-8584>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: [ronilson@uepa.br](mailto:ronilson@uepa.br)

### Resumo

O mel é um adoçante natural obtido por processos metabólicos do organismo das abelhas que transformam o néctar e as secreções açucaradas dos vegetais em uma solução supersaturada de açúcares de aroma agradável e sabor variável. Embora seja um produto em expansão no mercado consumidor brasileiro, grande parte de seu uso se baseia no conhecimento empírico da população e seu processamento em muitas regiões ainda é realizado por meio de técnicas rudimentares o que o torna suscetível a adulterações e contaminações. Nesse sentido, se torna essencial certificar sua adequação ao consumo humano, contribuindo assim para a segurança nutricional da população. Diante disso, o presente estudo objetivou realizar a caracterização físico-química em méis de abelhas do gênero *Apis* sp. e *Melipona* sp. oriundos do município de Cachoeira do Arari - PA. Coletou-se 30 amostras de méis sendo quinze de abelhas com ferrão e quinze de abelhas sem ferrão. Foram obtidos os seguintes resultados para os parâmetros físico-químicos: cor âmbar escuro para 77% das amostras, pH de 3,06 a 3,99, acidez livre de 43,06 a 186,79 meq.kg<sup>-1</sup>, umidade de 20,0 a 26,74%, cinzas de 0,02 a 0,58%, açúcares redutores de 47,75 a 88,89%. Os valores para PCA ressaltaram que os principais responsáveis pela separação do maior grupo com amostras similares foram cinzas, cor e pH. Além disso, as amostras de méis demonstraram necessidade de cuidados durante as fases de processamento, pois alguns parâmetros físico-químicos apresentaram em desconformidade com a legislação vigente.

**Palavras-chave:** *Apis* sp.; *Melipona* sp.; Mel.

### Abstract

Honey is a natural sweetener obtained by metabolic processes in the bee's organism that transform the nectar and sugary secretions of vegetables into a supersaturated solution of sugars with a pleasant aroma and variable flavor. Although it is an expanding product in the Brazilian consumer market, much of its use is based on the empirical knowledge of the population and its processing in many regions is still carried out through rudimentary techniques, which makes it susceptible to adulteration and contamination. In this sense, it is essential to certify their suitability for

human consumption, thus contributing to the nutritional security of the population. Therefore, the present study aimed to carry out the physicochemical characterization in honeys of the genus *Apis* sp. and *Melipona* sp. from the municipality of Cachoeira do Arari - PA. Thirty samples of honey were collected, fifteen from stinging bees and fifteen from stingless bees. The following results were obtained for the physicochemical parameters: dark amber color for 77% of the samples, pH from 3.06 to 3.99, free acidity from 43.06 to 186.79 meq.kg<sup>-1</sup>, humidity of 20.0 to 26.74%, ash from 0.02 to 0.58%, reducing sugars from 47.75 to 88.89%. The values for PCA highlighted that the main responsible for separating the largest group with similar samples were ash, color and pH. In addition, the honey samples showed the need for care during the processing phases, as some physical-chemical parameters were in disagreement with current legislation.

**Keywords:** *Apis* sp.; *Melipona* sp.; Honey.

### Resumen

La miel es un edulcorante natural obtenido por procesos metabólicos en el organismo de la abeja que transforman el néctar y las secreciones azucaradas de los vegetales en una solución sobresaturada de azúcares de agradable aroma y sabor variable. Aunque es un producto en expansión en el mercado de consumo brasileño, gran parte de su uso se basa en el conocimiento empírico de la población y su procesamiento en muchas regiones aún se realiza a través de técnicas rudimentarias, lo que lo hace susceptible de adulteración y contaminación. En este sentido, es fundamental certificar su aptitud para el consumo humano, contribuyendo así a la seguridad nutricional de la población. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo realizar la caracterización fisicoquímica en mieles del género *Apis* sp. y *Melipona* sp. del municipio de Cachoeira do Arari - PA. Se recolectaron treinta muestras de miel, quince de abejas con aguijón y quince de abejas sin aguijón. Para los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron los siguientes resultados: color ámbar oscuro para el 77% de las muestras, pH de 3,06 a 3,99, acidez libre de 43,06 a 186,79 meq.kg<sup>-1</sup>, humedad de 20,0 a 26,74%, ceniza de 0,02 a 0,58%, azúcares reductores de 47,75 a 88,89%. Los valores para PCA destacaron que los principales responsables de separar el grupo más grande con muestras similares fueron la ceniza, el color y el pH. Además, las muestras de miel mostraron la necesidad de cuidados durante las fases de procesamiento, ya que algunos parámetros fisicoquímicos no cumplían con la legislación vigente.

**Palabras clave:** *Apis* sp.; *Melipona* sp.; Miel.

## 1. Introdução

O mel é um produto natural de origem botânica primária, resultante de processos metabólicos do organismo das abelhas, que transformam o néctar e as secreções açucaradas presentes em partes dos vegetais em um fluido viscoso de aroma e sabor variáveis. É um produto que vem ganhando cada vez mais espaço no mercado consumidor, devido apresentar propriedades terapêuticas e funcionais (Rolim et al., 2018; Waltrich & Carvalho, 2020).

Apesar da expansão de sua procura no país, muito do que se sabe a cerca de seus benefícios ainda se baseia em conhecimentos empíricos, os quais são passados de geração em geração através da cultura popular, além disso, embora atualmente exista uma grande quantidade de tecnologias disponíveis para a realização da produção de alimentos, a maioria do processamento dos méis ainda é realizada de forma rudimentar, visto que a apicultura e meliponicultura se caracterizam por serem atividades que complementam a renda de pequenos agricultores familiares, sobretudo de regiões interioranas, deixando os produtos finais de tais práticas suscetíveis a adulterações e contaminações (Meireles & Cançado, 2016).

Neste contexto, é imprescindível o emprego de técnicas analíticas com a finalidade de estabelecer parâmetros físico-químicos a cada tipo de mel, para que seja possível à identificação de possíveis adulterações que possam ocasionar eventuais mudanças em suas propriedades, definindo assim um padrão de qualidade para o produto, como forma de viabilizar a geração de méis mais competitivos em um mercado cada vez mais exigente (Oliveira; Medeiros & Moraes, 2017).

Neste sentido ressalta-se que além de possuir um grande valor nutritivo, o mel pode também ser utilizado como fonte de recursos terapêuticos e cosméticos, devido conter em sua composição vitaminas, nutrientes, compostos fenólicos, sais minerais, carboidratos, flavonoides e entre outras substâncias responsáveis por atribuir a este, propriedades biológicas como atividade antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante (Aguiar, 2018; Batiston et al., 2020). Tais propriedades estão diretamente relacionadas com sua composição química, que pode variar de acordo com fatores sazonais, região geográfica, fatores climáticos, época de colheita, origem botânica e condições ambientais do local onde é produzido (Garcia et al., 2018).

Nessa perspectiva, verifica-se que é essencial certificar a adequação destes ao consumo humano. Diante disso, o

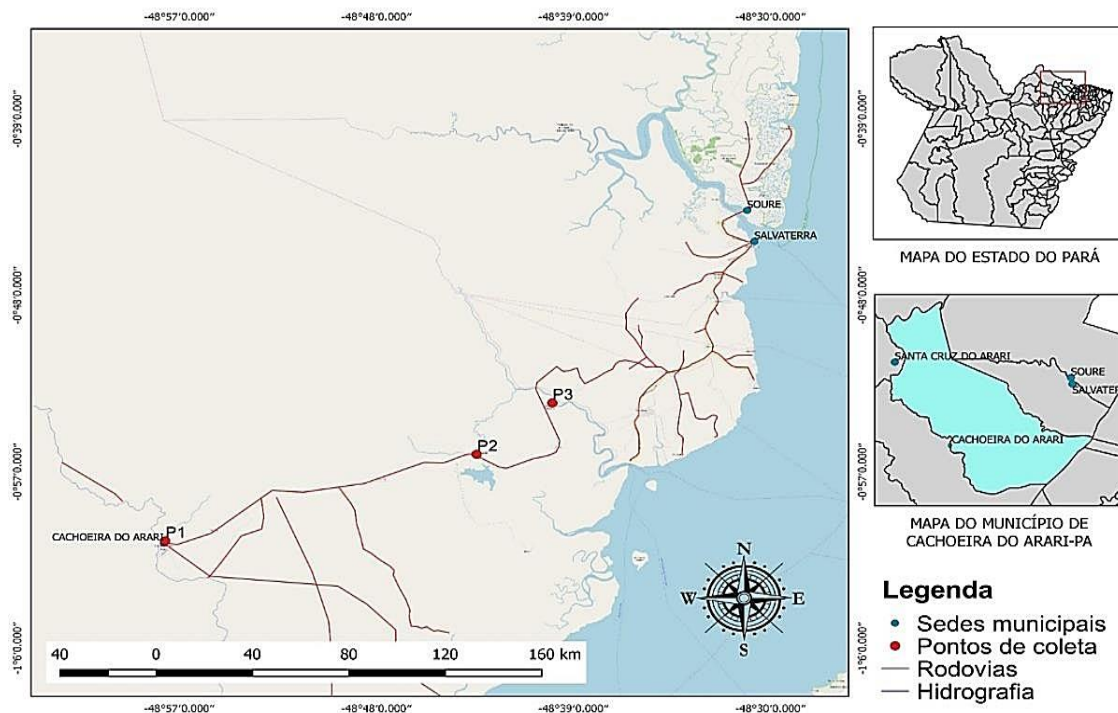
presente estudo objetivou realizar a caracterização físico-química em méis de abelhas do gênero *Apis* sp. e *Melipona* sp. oriundos do município de Cachoeira do Arari – PA.

## 2. Metodologia

### 2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi desenvolvido com 30 amostras de méis de abelhas dos gêneros *Apis* sp. (com ferrão) e *Melipona* sp. (sem ferrão), oriundas de 3 localidades distintas (P1, P2 e P3) da cidade de Cachoeira do Arari. O município pertence à mesorregião do Marajó e a microrregião do Arari, está localizado geograficamente no estado do Pará, a 1°0'16" de latitude Sul e 48°57'27" de longitude a Oeste. Apresentava população estimada de 23.466 habitantes até o fim de 2018, segundo o IBGE, distribuídos em 3.100,261 km<sup>2</sup> de extensão territorial (Figura 1).

**Figura 1** - Mapa da localização do Município de Cachoeira do Arari – PA, construído por meio do Software Quantum GIS (QGIS), Versão 2.14.22-Essen.



Fonte: Autores (2022).

### 2.2 Obtenção das amostras

Os méis foram obtidos no período de agosto a novembro, junto aos comerciantes locais. Para viabilizar o desenvolvimento deste estudo, foi realizado o cadastro de acesso ao patrimônio genético no SISGEN (Cadastro nº AFDEAC9). Assim que coletadas, as amostras foram encaminhadas para os Laboratórios de Ciências Naturais e de Tecnologia de Alimentos da Universidade do Estado do Pará, Campus XIX / Salvaterra - PA. Onde se dividiu uma fração de 500 g de cada amostra de mel centrifugada e previamente decantada em duas sub-amostras de 250 g em recipientes plásticos devidamente fechados e estéreis, acondicionados ao abrigo da luz e de temperaturas exaustivas, como forma de preservar as amostras até o momento da realização das análises. Os recipientes receberam codificações, constituídas de letras e números de acordo com a espécie de abelhas que os originou, de forma a facilitar o reconhecimento e manipulação durante o estudo (Tabela 1).

**Tabela 1** - Especificações das amostras de méis estudadas.

Nº	Código	Localidade	Nº	Código	Localidade
1	A1	P2 - Retiro Grande	16	M16	P2 - Retiro Grande
2	A2	P2 - Retiro Grande	17	M17	P2 - Retiro Grande
3	A3	P2 - Retiro Grande	18	M18	P2 - Retiro Grande
4	A4	P2 - Retiro Grande	19	M19	P3 – Câmara
5	A5	P3 – Câmara	20	M20	P3 – Câmara
6	A6	P3 – Câmara	21	M21	P3 – Câmara
7	A7	P2 - Retiro Grande	22	M22	P2 - Retiro Grande
8	A8	P2 - Retiro Grande	23	M23	P1 - Mercado Municipal
9	A9	P1 - Mercado Municipal	24	M24	P1 - Mercado Municipal
10	A10	P1 - Mercado Municipal	25	M25	P1 - Mercado Municipal
11	A11	P3 – Câmara	26	M26	P3 – Câmara
12	A12	P3 – Câmara	27	M27	P3 – Câmara
13	A13	P3 – Câmara	28	M28	P3 – Câmara
14	A14	P1 - Mercado Municipal	29	M29	P1 - Mercado Municipal
15	A15	P1 - Mercado Municipal	30	M30	P3 – Câmara

Legenda - A: *Apis* sp. (Com Ferrão); M: *Melipona* sp. (Sem Ferrão). Fonte: Autores (2022).

## 2.3 Análises físico-químicas

### 2.3.1 Cor

Para a determinação da cor dos méis foi utilizado o método descrito por Gomes, Muribeca & Souza (2017). Pesou-se 5 g de mel e diluiu-se em 10 mL de água deionizada, após a diluição a solução foi mantida em repouso por 15 minutos. Posteriormente realizou-se a leitura a 635 nm no espectrofotômetro (Thermo Scientific®). Como branco utilizou-se a água deionizada e os valores obtidos foram convertidos em cor (mm) na escala de Pfund (Tabela 2) por meio da equação:  $Cor = (371,39x) - 38,70$ . 31.

**Tabela 2** - Classificação da cor do mel segundo a escala de Pfund.

Cor	mm	Absorbância (635 nm)
Branco-água	0 - 7,9	entre 0,104 e 0,125
Extra-branco	8 - 16,4	entre 0,125 e 0,148
Branco	16,5 - 33,9	entre 0,148 e 0,195
Âmbar extra-claro	34 - 49,9	entre 0,195 e 0,238
Âmbar-claro	50 - 84,9	entre 0,238 e 0,333
Âmbar	85 - 113	entre 0,333 e 0,411
Âmbar-escuro	114 ou mais	a partir de 0,411

Fonte: Gomes et al. (2017).

### 2.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para determinação do pH das amostras utilizou-se a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Diluiu-se 2 g de mel em 15 mL de água destilada, até obter uma mistura homogênea. Com isso, foi realizada a medição direta no pHmetrô (MS TECNOPON®), previamente calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0.

### 2.3.3 Acidez livre

A acidez livre foi realizada baseada no método titulométrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram utilizadas 2 g de mel diluídas em 15 mL de água destilada, a solução foi titulada com NaOH na concentração de 0,1 M até que o pH atingisse a faixa de 8,5 no pHmetrô (MS TECNOPON®). O valor da acidez livre do mel foi obtido através da fórmula:

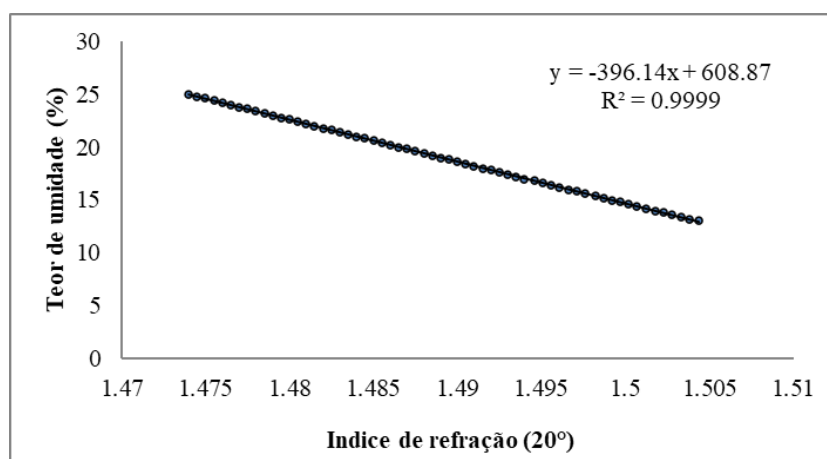
$$\text{Acidez Livre} = (V \times F \times M \times 1000) / Ma$$

Onde V é o volume em mL de NaOH gasto na titulação; F é o fator de correção da solução NaOH utilizada; M é a concentração de solução de NaOH e Ma é a massa da amostra. Os resultados foram expressos em meq.kg<sup>-1</sup>.

### 2.3.4 Umidade

A determinação de umidade dos méis foi realizada conforme o método refratométrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Utilizou-se um refratômetro (Abbé) de bancada calibrado com água destilada a 20 °C. Realizou-se o pré-tratamento das amostras para dissolver os cristais de açúcar presentes nos méis. Para isso, uma fração da amostra foi aquecida em banho-maria (Hermoquímica®) a uma temperatura de 50 °C, durante 5 minutos. Após atingirem temperatura ambiente, retirou-se uma alíquota da amostra colocando-a diretamente sobre o prisma do aparelho. A leitura dos índices de refração precedeu-se em triplicatas. Para converter o valor em porcentagem de umidade considerou os valores do índice de refração do método refratométrico de Chataway e seus respectivos percentuais para construção de uma curva padrão de umidade do mel (Figura 2). O índice de refração foi substituído como valor x na fórmula:  $y = -396,14x + 608,87$ , resultando no percentual de umidade da amostra analisada.

**Figura 2** - Curva padrão do percentual de umidade.



Fonte: Autores (2022).

### 2.3.5 Cinzas

Os resíduos minerais fixos foram determinados conforme os procedimentos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O princípio do método se baseia na queima de toda matéria orgânica em temperatura elevada. Para tanto, foi realizada a desidratação dos cadinhos de porcelana em estufa (De Leo) à 105 °C por 1 h até que os mesmos atingissem peso constante, posteriormente foram pesados 3 g de mel nos cadinhos e colocados na chapa aquecedora para queima de grande parte da matéria orgânica e em seguida as amostras foram levadas ao forno mufla entre 550 a 600 °C por 5 horas utilizando programação linear de 2 °C / min. O teor de cinzas foi determinado através da equação:

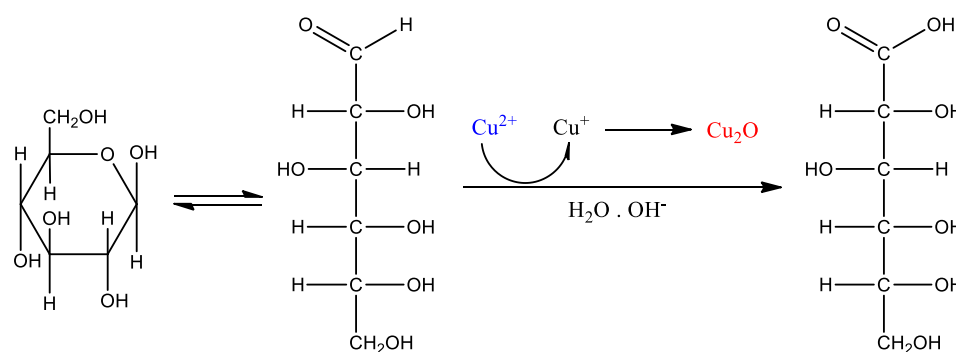
$$\text{Cinzas (\%)} = (P. \text{ final} - P. \text{ inicial}) / P. \text{ a.} \times 100$$

Onde, Cinzas (%) = Resíduo mineral; P. final = Peso do cadinho + Resíduo; P. inicial = Peso do cadinho e P. a. = Peso da amostra.

### 2.3.6 Açúcares redutores

A determinação do teor de açúcares redutores foi realizada através do método de Lane-Eynon, com a utilização do reagente de Fehling. O método se fundamenta no fato de que os sais cúpricos, em solução de tartarato de potássio (solução de Fehling), podem ser reduzidos quando submetidos a altas temperaturas, por aldoses ou cetoses, sendo transformados em sais cuprosos vermelhos, que sofrem precipitação perdendo a cor azul inicial (Figura 3). Quando o tartarato se liga ao cobre forma um complexo solúvel, evitando a formação do hidróxido cúprico insolúvel que teria lugar se a solução alcalina apresenta-se cobre livre (Tavares et al., 2010).

**Figura 3** - Reação do complexo cúprico com açúcares redutores formando precipitado de óxido cuproso.



Para a determinação do teor de açúcares redutores foi preparada uma solução da amostra a ser analisada com concentração de 0,1 g/mL. Aferiu-se a solução em uma bureta de 50 mL. Em um erlenmeyer adicionou 5 mL de solução de Fehling A, 5 mL de solução de Fehling B e 20 mL de água destilada. A solução foi colocada em chapa aquecedora até a ebulição da mistura, onde se titulou sob agitação constante. Próximo ao ponto de viragem (perda parcial da coloração azul escuro) adicionou-se uma gota de azul de metileno a 1%, titulou-se novamente até a formação visível do precipitado vermelho-tijolo. A partir do volume de solução da amostra gasto durante a titulação, realizou-se a determinação do teor de açúcares redutores por meio da equação:

$$\text{Açúcares Redutores (\%)} = (100 * 50 * Fc) / (V * Pa)$$

Onde: Fc = Fator de correção da solução de Fehling; V = Volume em mL da solução da amostra gasta na titulação; Pa = Massa da amostra (g) utilizada na solução.

### 2.4 Análise estatística

Para avaliação dos dados obtidos nos parâmetros físico-químicos foi utilizado a análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Além da estatística multivariada realizando a análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA), por meio do software MINITAB 18.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Parâmetros físico-químicos

Os valores obtidos (média  $\pm$  desvio padrão) para os parâmetros físico-químicos das 30 amostras de méis estão apresentados na Tabela 3 e 4. Ressalta-se que os dados foram comparados com a Legislação Brasileira (Brasil, 2000) e Internacional (Codex, 2001), que estabelecem valores padrões para o controle de qualidade do produto.



**Tabela 3 - Resultados dos parâmetros físico-químicos das 15 amostras de *Apis* sp.**

Amostras	Cor	mm	pH	Acidez Livre	Umidade	Cinzas	Açúcares Redutores
A1	Âmbar-escuro	236,25 ± 4,14 <sup>e</sup>	3,63 ± 0,12 <sup>def</sup>	54,22 ± 2,26 <sup>fgh</sup>	23,57 ± 0,01 <sup>bc</sup>	0,40 ± 0,06 <sup>bcd</sup>	75,00 ± 0,01 <sup>bc</sup>
A2	Âmbar-escuro	135,11 ± 5,26 <sup>hi</sup>	3,53 ± 0,02 <sup>efg</sup>	55,82 ± 5,97 <sup>fgh</sup>	20,47 ± 0,19 <sup>g</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>fg</sup>	68,75 ± 4,42 <sup>cd</sup>
A3	Âmbar-escuro	156,28 ± 3,97 <sup>fg</sup>	3,54 ± 0,02 <sup>efg</sup>	52,63 ± 3,91 <sup>gh</sup>	20,60 ± 0,01 <sup>fg</sup>	0,09 ± 0,05 <sup>efg</sup>	72,13 ± 0,02 <sup>c</sup>
A4	Âmbar-escuro	130,49 ± 3,95 <sup>i</sup>	3,07 ± 0,04 <sup>i</sup>	44,66 ± 2,26 <sup>h</sup>	22,58 ± 0,01 <sup>de</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>g</sup>	84,18 ± 0,02 <sup>ab</sup>
A5	Âmbar-escuro	137,34 ± 3,44 <sup>hi</sup>	3,06 ± 0,02 <sup>i</sup>	43,06 ± 0,01 <sup>h</sup>	20,60 ± 0,01 <sup>fg</sup>	0,18 ± 0,02 <sup>e</sup>	66,13 ± 4,25 <sup>cd</sup>
A6	Âmbar-escuro	462,51 ± 3,54 <sup>b</sup>	3,65 ± 0,01 <sup>de</sup>	82,93 ± 2,26 <sup>bc</sup>	25,09 ± 0,37 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,04 <sup>a</sup>	58,83 ± 3,33 <sup>d</sup>
A7	Âmbar-escuro	130,90 ± 2,99 <sup>i</sup>	3,51 ± 0,02 <sup>fgh</sup>	65,39 ± 2,26 <sup>efg</sup>	20,87 ± 0,37 <sup>fg</sup>	0,18 ± 0,02 <sup>ef</sup>	72,61 ± 0,01 <sup>c</sup>
A8	Âmbar-escuro	163,83 ± 4,84 <sup>f</sup>	3,99 ± 0,01 <sup>a</sup>	111,64 ± 2,26 <sup>a</sup>	23,77 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,33 ± 0,03 <sup>d</sup>	58,83 ± 3,33 <sup>d</sup>
A9	Âmbar	85,72 ± 1,52 <sup>j</sup>	3,39 ± 0,02 <sup>h</sup>	86,60 ± 2,31 <sup>b</sup>	22,58 ± 0,01 <sup>de</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>e</sup>	63,53 ± 0,02 <sup>cd</sup>
A10	Âmbar-claro	56,50 ± 3,71 <sup>k</sup>	3,46 ± 0,02 <sup>gh</sup>	80,07 ± 2,31 <sup>bcd</sup>	22,45 ± 0,19 <sup>e</sup>	0,05 ± 0,02 <sup>g</sup>	63,53 ± 0,02 <sup>cd</sup>
A11	Âmbar-escuro	495,36 ± 0,91 <sup>a</sup>	3,87 ± 0,02 <sup>ab</sup>	66,98 ± 3,91 <sup>def</sup>	21,13 ± 0,19 <sup>f</sup>	0,44 ± 0,02 <sup>bc</sup>	84,71 ± 0,01 <sup>ab</sup>
A12	Âmbar-escuro	406,04 ± 0,45 <sup>c</sup>	3,83 ± 0,01 <sup>bc</sup>	52,63 ± 3,91 <sup>gh</sup>	21,06 ± 0,09 <sup>fg</sup>	0,42 ± 0,02 <sup>bcd</sup>	64,80 ± 3,52 <sup>cd</sup>
A13	Âmbar-escuro	226,47 ± 1,60 <sup>e</sup>	3,71 ± 0,02 <sup>cd</sup>	71,77 ± 3,91 <sup>ede</sup>	23,11 ± 0,19 <sup>cd</sup>	0,38 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	72,10 ± 3,92 <sup>c</sup>
A14	Âmbar-escuro	289,24 ± 1,60 <sup>d</sup>	3,74 ± 0,02 <sup>cd</sup>	84,97 ± 4,62 <sup>b</sup>	23,18 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	0,35 ± 0,04 <sup>cd</sup>	73,70 ± 4,53 <sup>bc</sup>
A15	Âmbar-escuro	146,07 ± 1,06 <sup>gh</sup>	3,73 ± 0,02 <sup>cd</sup>	71,20 ± 6,05 <sup>cde</sup>	22,71 ± 0,19 <sup>de</sup>	0,46 ± 0,04 <sup>b</sup>	88,89 ± 6,29 <sup>a</sup>
Média		217,21	3,58	68,30	22,25	0,28	71,18
Mínimo		56,50	3,06	43,06	20,47	0,04	58,83
Máximo		495,36	3,99	111,64	25,09	0,58	88,89
<sup>1</sup> Legisl.		*	*	≤ 50,0	≤ 20,0	≤ 0,6	≥ 65,0
<sup>2</sup> Legisl.		*	*	≤ 50,0	≤ 20,0	*	≥ 60,0

A: *Apis* sp. (Abelha com ferrão); mm: Cor segundo a escala milimétrica proposta por Pfund; pH: Potencial Hidrogeniônico; Acidez Livre (meq.kg<sup>-1</sup>); Umidade (%); Cinzas (%); Açúcares Redutores (%); \*Ausência de limites nas legislações; <sup>1</sup>Legislação Brasileira (Brasil, 2000); <sup>2</sup>Legislação Internacional (Codex, 2001). Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey a p ≤ 0,05%. Fonte: Autores.

**Tabela 4** - Resultados dos parâmetros físico-químicos das 15 amostras de *Melipona* sp.

Amostras	Cor	mm	pH	Acidez Livre	Umidade	Cinzas	Açúcares Redutores
M16	Âmbar-escuro	139,81 ± 2,95 <sup>ef</sup>	3,57 ± 0,01 <sup>c</sup>	111,64 ± 9,02 <sup>de</sup>	23,77 ± 0,01 <sup>fg</sup>	0,23 ± 0,04 <sup>bcde</sup>	71,88 ± 4,42 <sup>ab</sup>
M17	Âmbar	87,57 ± 2,89 <sup>i</sup>	3,24 ± 0,06 <sup>d</sup>	146,72 ± 4,51 <sup>c</sup>	24,96 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,09 ± 0,03 <sup>de</sup>	60,79 ± 3,31 <sup>abcd</sup>
M18	Âmbar extra-claro	37,43 ± 2,12 <sup>k</sup>	3,32 ± 0,01 <sup>d</sup>	125,82 ± 2,31 <sup>d</sup>	24,96 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,06 ± 0,05 <sup>de</sup>	72,13 ± 0,02 <sup>a</sup>
M19	Âmbar-escuro	245,15 ± 4,71 <sup>b</sup>	3,32 ± 0,01 <sup>d</sup>	167,46 ± 3,91 <sup>b</sup>	20,01 ± 0,01 <sup>i</sup>	0,47 ± 0,02 <sup>ab</sup>	58,45 ± 3,31 <sup>cde</sup>
M20	Âmbar-escuro	200,35 ± 2,75 <sup>d</sup>	3,31 ± 0,03 <sup>d</sup>	189,79 ± 2,26 <sup>a</sup>	20,01 ± 0,01 <sup>i</sup>	0,56 ± 0,02 <sup>a</sup>	47,75 ± 2,18 <sup>e</sup>
M21	Âmbar-escuro	192,80 ± 1,15 <sup>d</sup>	3,16 ± 0,02 <sup>d</sup>	189,79 ± 2,26 <sup>a</sup>	25,75 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,13 ± 0,05 <sup>cde</sup>	61,19 ± 3,33 <sup>abcd</sup>
M22	Âmbar-escuro	125,83 ± 3,79 <sup>g</sup>	3,84 ± 0,03 <sup>a</sup>	95,69 ± 3,91 <sup>fg</sup>	23,64 ± 0,19 <sup>g</sup>	0,42 ± 0,08 <sup>ab</sup>	69,59 ± 4,28 <sup>abc</sup>
M23	Âmbar-escuro	366,36 ± 5,50 <sup>a</sup>	3,61 ± 0,04 <sup>bc</sup>	76,80 ± 2,31 <sup>h</sup>	24,30 ± 0,37 <sup>ef</sup>	0,25 ± 0,02 <sup>bcde</sup>	61,19 ± 3,33 <sup>abcd</sup>
M24	Âmbar	87,94 ± 2,59 <sup>i</sup>	3,72 ± 0,03 <sup>abc</sup>	73,53 ± 4,00 <sup>h</sup>	24,56 ± 0,01 <sup>de</sup>	0,34 ± 0,20 <sup>abc</sup>	69,59 ± 4,28 <sup>abc</sup>
M25	Âmbar	109,61 ± 1,53 <sup>h</sup>	3,76 ± 0,02 <sup>ab</sup>	75,16 ± 2,31 <sup>h</sup>	22,52 ± 0,37 <sup>h</sup>	0,27 ± 0,03 <sup>bcde</sup>	60,01 ± 2,88 <sup>bcd</sup>
M26	Âmbar-escuro	148,11 ± 0,61 <sup>e</sup>	3,32 ± 0,03 <sup>d</sup>	98,88 ± 2,26 <sup>ef</sup>	26,35 ± 0,16 <sup>abc</sup>	0,15 ± 0,02 <sup>cde</sup>	54,60 ± 2,66 <sup>de</sup>
M27	Âmbar-claro	71,23 ± 5,46 <sup>i</sup>	3,35 ± 0,04 <sup>d</sup>	74,96 ± 4,51 <sup>h</sup>	25,95 ± 0,16 <sup>bc</sup>	0,30 ± 0,07 <sup>bcd</sup>	64,80 ± 3,52 <sup>abcd</sup>
M28	Âmbar-escuro	131,40 ± 0,30 <sup>fg</sup>	3,61 ± 0,17 <sup>bc</sup>	81,70 ± 2,31 <sup>gh</sup>	26,74 ± 0,28 <sup>a</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>e</sup>	64,80 ± 3,52 <sup>abcd</sup>
M29	Âmbar-escuro	218,30 ± 3,94 <sup>c</sup>	3,28 ± 0,03 <sup>d</sup>	74,44 ± 2,29 <sup>h</sup>	25,75 ± 0,16 <sup>c</sup>	0,26 ± 0,09 <sup>bcde</sup>	56,82 ± 2,44 <sup>de</sup>
M30	Âmbar-escuro	135,36 ± 3,51 <sup>fg</sup>	3,26 ± 0,02 <sup>d</sup>	76,05 ± 4,58 <sup>h</sup>	26,48 ± 0,09 <sup>ab</sup>	0,11 ± 0,02 <sup>cde</sup>	66,11 ± 3,18 <sup>abcd</sup>
Média		153,15	3,44	110,56	24,38	0,24	62,65
Mínimo		37,43	3,16	73,53	20,01	0,02	47,75
Máximo		366,36	3,84	189,79	26,74	0,56	72,13
<sup>1</sup> Legisl.		*	*	≤ 50,0	≤ 20,0	≤ 0,6	≥ 65,0
<sup>2</sup> Legisl.		*	*	≤ 50,0	≤ 20,0	*	≥ 60,0

M: *Melipona* sp. (Abelha sem ferrão); mm: Cor segundo a escala milimétrica proposta por Pfund; pH: Potencial Hidrogeniônico; Acidez Livre (meq.kg<sup>-1</sup>); Umidade (%); Cinzas (%); Açúcares Redutores (%); \*Ausência de limites nas legislações; <sup>1</sup>Legislação Brasileira (Brasil, 2000); <sup>2</sup>Legislação Internacional (Codex, 2001). Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey a p ≤ 0,05%. Fonte: Autores.



### 3.1.1 Cor

Os valores obtidos para determinação de cor nas amostras de méis analisados variaram entre 56,50 a 495,36 mm, com média de 217,21 para o gênero *Apis* e entre 37,43 a 366,36 mm, com média de 153,15 para o gênero *Melipona*. Estatisticamente os resultados observados exibiram diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os méis apresentaram colorações que variaram do âmbar extra-claro até o âmbar escuro, com predominância nesta última tonalidade, tanto para gênero *Apis* sp. quanto para *Melipona* sp. (Figura 4).

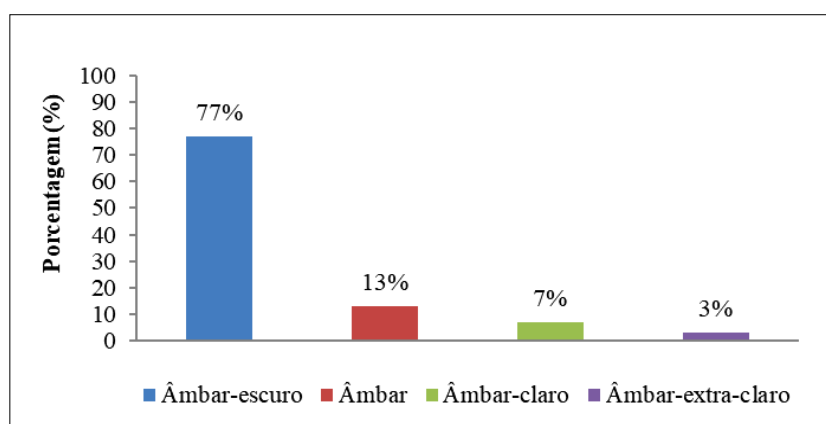
**Figura 4** - Amostras de méis de abelhas A - *Apis* sp. (com ferrão); M - *Melipona* sp. (sem ferrão).



Fonte: Autores (2022).

Dessa forma, cerca de 77% de todas as amostras evidenciaram cor âmbar-escuro, seguido das cores âmbar (13%), âmbar claro (7%) e âmbar extra-claro (3%), conforme mostra a Figura 5.

**Figura 5** - Representação percentual das tonalidades de cor dos méis analisados.



Fontes: Autores (2022).

Estes valores apresentam-se em conformidade com a legislação vigente, que preconiza que as cores dos méis podem variar do branco-água até o âmbar-escuro (Brasil, 2000). Conforme Bertoncejelij (2007), a cor do mel é definida por sua origem botânica, podendo mudar de acordo com a fonte floral.

Gomes et al. (2017), ao analisarem doze amostras de méis de abelhas com e sem ferrão dos municípios de Soure e Salvaterra no Estado do Pará, obtiveram resultados semelhantes aos expostos neste estudo, com 75% das amostras apresentando a tonalidade âmbar-escuro, seguido das cores âmbar (8,33%), âmbar-claro (8,33%) e branco-água (8,33%). Foi

observado que dos 77% das amostras que apresentaram a coloração âmbar escuro (Figura 05), 44% eram méis do gênero *Apis* e 33% do gênero *Melipona*, ou seja, fazendo um comparativo entre os dois gêneros, a cor âmbar escura foi mais predominante nas amostras de abelhas com ferrão.

Apesar desta dominância na cor nos méis de abelhas *Apis* sp. ressalta-se que tal parâmetro não depende essencialmente da espécie de abelha que o origina, logo este fator não pode ser considerado determinante na tonalidade dos méis. De acordo com a Cooperativa Nacional de Apicultura - CONAP (2019), o armazenamento o prolongado, a luz, as possíveis reações enzimáticas, aquecimento e o processo de colheita podem escurecer este produto.

Ao analisar as 15 amostras de *Melipona* sp. (Tabela 04), foi observado que a tonalidade variou entre as cores âmbar escuro, âmbar, âmbar claro e âmbar extra-claro, o que se diferencia dos resultados encontrados por Lira et al. (2014), que ao investigarem dez amostras méis produzidos por espécies do gênero de *Melipona* sp. da região sudeste do Brasil obtiveram a coloração âmbar escuro para todos os méis.

Em geral, a literatura descreve a predominância de tons claros para os méis de meliponíneos, isso é evidenciado no estudo realizado por Brown et al. (2020), que ao analisarem os parâmetros físicos e antimicrobianos de cinco amostras de mel obtidas de três espécies de abelhas em apiários de Trinidad e Tobago, obtiveram méis de coloração clara para a espécie de *Melipona favosa* pesquisada.

Segundo Gomes et al. (2017), a cor é diretamente afetada pelo teor mineral, onde méis mais claros apresentam menores quantidades de minerais, enquanto os méis mais escuros tendem a apresentar um teor de minerais superior. Das et al. (2015), relatam que méis mais escuros apresentam maiores teores de compostos fenólicos. Peralta (2010), também evidencia em seu estudo que méis mais escuros possuem maior teor dessas substâncias, os quais têm relação com as propriedades antioxidantes do mel, sendo esta dependente de sua origem botânica. De acordo com Waltrich e Carvalho (2020), a variação nos tons e cores dos méis está relacionada as substâncias colhidas pelas abelhas nas contes vegetais, como a clorofila, a carotina, a xantofila, as antocianinas, os taninos, além de partículas coloidais e derivados benzênicos.

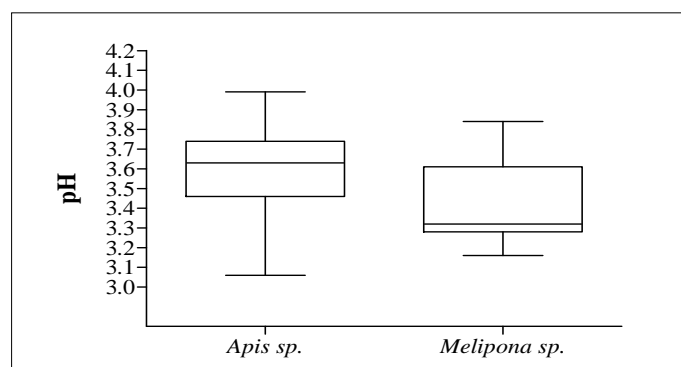
### 3.1.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A Legislação Brasileira não estabelece normas quanto aos valores de pH, no entanto, se sabe que este é um fator relevante no controle de microrganismos no mel, o que torna sua avaliação essencial. Os resultados obtidos neste estudo para os méis de *Apis* sp. variam entre 3,06 a 3,99, com média de 3,58. Para méis de *Melipona* sp. a variação foi entre 3,16 a 3,84, com média de 3,44. Estatisticamente os valores médios de pH em 60% das amostras de méis de abelhas sem ferrão não variaram no teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Ao comparar o pH dos méis das abelhas com e sem ferrão no gráfico de Box Plot (Figura 06), demonstra que os menores índices de pH foram apresentados pelos méis de abelhas *Melipona* sp., corroborando com a maioria dos estudos presentes na literatura, os quais indicam que méis de abelhas sem ferrão apresentam pH inferiores em relação aos méis de abelhas com ferrão, sendo dessa forma mais ácidos.

Nordin et al. (2018), ao realizarem um uma revisão de literatura que incluiu os resultados de 40 estudos, os quais avaliaram ao todo 522 amostras de mel, de 67 espécies diferentes de abelhas sem ferrão, que habitam 12 países de todo o mundo, obtiveram que os méis de abelha sem ferrão apresentam maior acidez em comparação com abelhas *Apis mellifera*.

**Figura 6** - Comparação dos valores médios de pH entre os méis.



Fonte: Autores (2022).

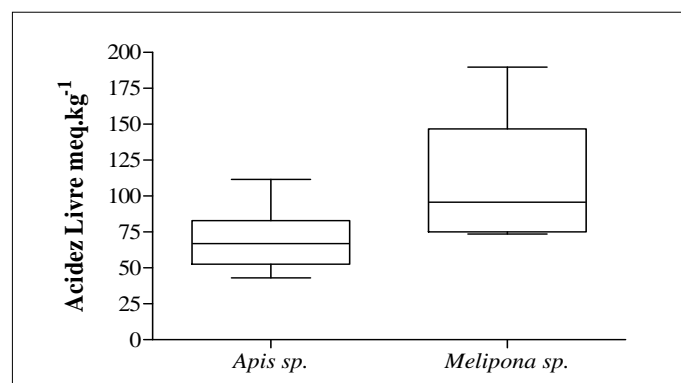
Ao determinar o pH de méis de abelhas *Melipona Subnitida* da região semi-árida da Paraíba, Silva (2011) obteve valores entre 2,9 e 3,8. Em seu estudo com méis de *Apis mellifera*, Meireles e Cançado (2016), relatam pH variando de 3,84 a 4,23 com média de 3,97. De acordo com Rodrigues et al. (2005), o pH do mel pode ser alterado por substâncias presentes na saliva das abelhas que são acrescentadas ao néctar durante o transporte até a colmeia. Conforme Moura (2010), o pH do mel sofre influência do tipo de solo em que a planta nectarífera cresce, além de possuir relação direta com a composição florística das áreas de coleta, ou seja, os ambientes onde as abelhas coletam o néctar possuem características próprias, logo o mel produzido tem o pH proporcional ao dos pólenes coletados.

### 3.1.3 Acidez livre

Os valores obtidos para acidez livre dos méis de *Apis sp.* foram de 43,06 a 111,64 meq.kg<sup>-1</sup>, com média de 68,30. Já para *Melipona sp.* foram obtidos valores entre 73,53 a 189,79 meq.kg<sup>-1</sup>, com média 110,56. Estatisticamente, amostras de méis de abelhas sem ferrão não apresentaram diferenças significativas entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Foi observado que apenas as amostras A4 e A5 apresentaram acidez dentro do preconizado nas normas nacional (Brasil, 2000) e internacional (Codex, 2001) para méis, onde o máximo permitido equivale a 50 meq.kg<sup>-1</sup>. As demais amostras apontaram resultados de acidez elevados, ressaltando os méis de abelhas sem ferrão que demonstraram os maiores níveis de acidez livre, conforme mostra o gráfico Box Plot (Figura 07). Rebelo et al. (2009), afirmam que a acidez em méis de abelhas sem ferrão costuma ser muito alta em relação ao de abelhas com ferrão, característica que pode ser notada pelo sabor.

**Figura 7** - Comparação dos valores médios de acidez livre entre os méis.



Fonte: Autores (2022).

A partir dos resultados deste estudo, ficou evidente que as amostras de méis de *Melipona sp.* que apresentaram altos

níveis de acidez livre (M17, M19, M20 e M21) tinham os menores valores de pH. Ao avaliar as características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona asilvai*, Souza et al. (2004) também observaram elevada acidez nas amostras de baixo pH. Tais fatores são essenciais para a promoção de uma maior vida útil do produto, uma vez que são condições que dificultam o desenvolvimento de microrganismos (Freitas et al., 2010).

Apesar de não existir um padrão de qualidade para os méis de abelhas *Melipona* sp., estes são avaliados baseados nos parâmetros exigidos pela Legislação para *Apis mellifera*. A partir disso, Villas-Bôas e Malaspina (2005), propuseram um regulamento técnico de qualidade físico-química do mel floral produzido por abelhas do gênero *Melipona* sp., onde estabeleceram um valor máximo de 85 meq.kg<sup>-1</sup> para acidez do mel desta espécie. Fazendo uma comparação com o valor descrito na literatura supracitada, as amostras M23, M24, M25, M27, M28, M29 e M30 estão dentro do valor recomendado. De acordo com CONAP (2019), a acidez do mel tem origem na variação dos ácidos orgânicos contidos no néctar coletado pelas abelhas que pela ação da enzima glicose-oxidase, originam o ácido glucônico (ácido com maior predominância no mel).

A partir dos resultados obtidos neste estudo, é cabível afirmar que uma das possíveis causas de grande parte das amostras se apresentarem fora do padrão de qualidade para acidez livre, seriam as condições de armazenamento em que os produtores mantinham os méis, uma vez que estes podem sofrer deterioração ocasionada pela fermentação dos açúcares, provocadas principalmente, por leveduras xerotolerantes, que em ambientes úmidos realizam o processo de fermentação no produto, provocando o aumento da acidez, e consequentemente, a redução do provocando o aumento da acidez, e portanto, a redução do pH. Vale ressaltar que este parâmetro não está diretamente relacionado com pH devido à ação tampão dos ácidos e minerais presentes no mel (Franco & Landgraf, 2008).

#### 3.1.4 Umidade

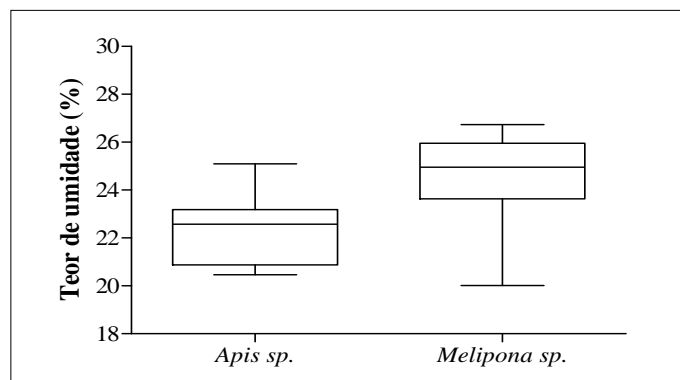
Na composição do mel a umidade é o segundo maior componente em quantidade, podendo variar de 15% a 20% e seu percentual depende da origem floral da planta, condições climáticas e manejo durante a colheita. É considerada uma das características mais importantes, pois influencia em várias outras características do mel, como a viscosidade, peso específico, maturidade, sabor e cristalização (Silva et al., 2010; Pires, 2011).

Os teores de umidade obtidos para méis de abelhas com ferrão variaram de 20,47% a 25,47%, com média de 22,25. Já para os méis de *Melipona* sp. variaram 20,01% a 26,74%, com média de 24,38. As médias do teor de umidade nas amostras analisadas diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) no teste de Tukey. A partir dos resultados obtidos se constatou que 93,33% das amostras apresentaram um teor de umidade acima de 20,0%, que é o limite máximo permitido nas Legislações Nacional (Brasil, 2000) e Internacional (Codex, 2001).

Rodrigues et al. (2005), cita em sua pesquisa que os méis de abelhas africanizadas e nativas diferem no parâmetro umidade, mesmo sendo produzidos na mesma região, visto que os méis de abelhas sem ferrão (nativas) apresentam um teor de umidade superior em relação aos de abelhas com ferrão (africanizadas). Essas variações de umidade entre os dois gêneros podem ser explicadas pela forma como as abelhas operculam o mel nas colmeias.

As abelhas do gênero *Apis* sp. costumam opercular o mel quando este apresenta umidade entre 17% a 18%, enquanto abelhas do gênero *Melipona* sp. operculam o mel quando a umidade é de cerca de 24%. Isso pode ser constatado neste estudo, pois ao comparar o teor médio de umidade nas amostras de méis de abelhas do gênero *Melipona* sp. e *Apis* sp. o gráfico de Box Plot (Figura 08) demonstra que méis de abelhas sem ferrão apresentaram maiores valores de umidade.

**Figura 8** - Comparação dos valores médios de umidade entre os méis.



Fonte: Autores (2022).

Vale ressaltar ainda que a umidade pode ser alterada de acordo com o local onde o mel é produzido, sobretudo na região amazônica onde a umidade pode variar de 75% a 90% ao longo do ano (Menezes, Mattietto & Lourenço, 2018). Ao analisarem 12 amostras de méis comercializados no município de Soure no Pará, Carneiro et al. (2015), obtiveram um valor médio de umidade com 21,53%, onde 58,33% das amostras analisadas também excederam o valor máximo preconizado na legislação vigente.

Durante o processamento, o mel pode incorporar umidade do ambiente, pois é altamente higroscópico, o que significa que este absorve água facilmente dependendo da umidade relativa do ar e da temperatura atmosférica. Isso pode comprometer sua conservação e qualidade, uma vez que em elevados níveis de umidade, o mel pode fermentar pela ação de leveduras osmofílicas que estão presentes em sua composição (Manzanares, 2002).

Para Sodré (2005) a partir de 21% de umidade cria-se um ambiente favorável ao desenvolvimento de leveduras e alguns fatores como a transformação dos açúcares que favorecem a transformação do mel em álcool, CO<sub>2</sub> e outras substâncias que podem deixar o produto impróprio para o consumo.

### 3.1.5 Cinzas

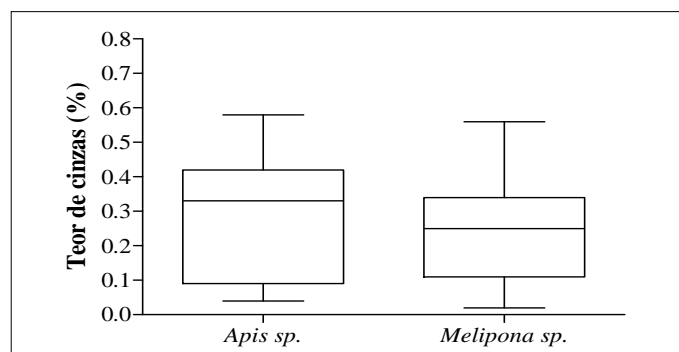
A determinação do teor de cinzas visa verificar a qualidade do mel, tornando possível identificar algumas irregularidades, como a contaminação provocada pela falta de higiene, a não decantação ou filtração no final do processo de extração do produto (Silva, 2007; Mendes et al., 2009).

Os valores de resíduo mineral fixo (cinzas), encontrados nos méis de *Apis sp.* foram de 0,04% a 0,58%, com valor médio de 0,28. O gênero *Melipona sp.*, apresentou uma variação de 0,02% a 0,56%, com média de 0,24. Os valores médios do teor de cinzas nos méis nos méis analisados variaram estatisticamente no teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Todas as amostras apresentaram resultados dentro das especificações da Legislação Nacional (Brasil, 2000), a qual preconiza o valor máximo de 0,6%. Ao estudar os parâmetros físico-químicos, bioquímicos e microbiológicos dos méis do estado do Pará, Souza (2010) obteve como resultado na determinação de cinzas valores que variaram de 0,01% a 0,33% com média de 0,25%.

Vale ressaltar que não existe um valor padrão estabelecido para essa análise na Legislação Internacional (Codex, 2001). Ao traçar um comparativo entre os valores médios dos méis das abelhas *Apis sp.* e *Melipona sp.* deste estudo o gráfico Box Plot (Figura 9) demonstra que os resultados obtidos se encontram próximos.

**Figura 9** - Comparação dos valores médios de cinzas entre os méis.



Fonte: Autores (2022).

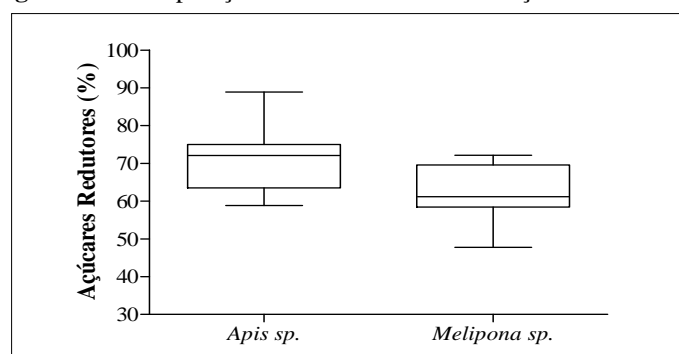
Em geral, o conteúdo de cinzas no mel é pequeno e também depende da composição do néctar das plantas que contribuem para sua formação, além disso, pode-se afirmar que a porcentagem de cinzas encontrada no mel indica a quantidade do material mineral existente neste produto (Manzanares, 2002). Para Finola et al. (2007), os méis de cor predominantemente clara podem apresentar um teor de cinzas inferior aos méis de coloração escura. Em seu estudo Gomes et al. (2017), citam que o conteúdo de cinzas está relacionado com a cor do mel, sendo verificado que quanto mais escuro o mel, mais cinzas (teor de mineral) este pode conter.

### 3.1.6 Açúcares redutores

Os valores obtidos para açúcares redutores nos méis de *Apis sp.* variaram de 58,83% a 88,89%, com média de 71,18, já para os méis de *Melipona sp.* a variação foi de 47,75% a 72,13%, com média de 62,65. Os valores médios das concentrações de açúcares redutores determinados nas amostras de méis diferenciaram estatisticamente no teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Ressalta-se que 50% das amostras apresentaram o teor de açúcares redutores abaixo de 65% que é o valor mínimo permitido pela Legislação Brasileira (Brasil, 2000) e 20% das amostras apontaram resultados inferiores a 60%, valor padrão estabelecido pela norma Internacional de qualidade (Codex, 2001).

Para Mendonça et al. (2008) os méis com teores de açúcares abaixo de 65% podem indicar que estes foram coletados antes de alcançarem o período de amadurecimento adequado para a colheita. Para Tôrres (2017) os méis de abelhas sem ferrão, geralmente apresentam quantidades de açúcares redutores significativamente inferiores quando comparados aos de abelhas com ferrão. Isso ficou evidente neste estudo, pois os méis de *Melipona sp.* mostraram um conteúdo de açúcares redutores menores que os de *Apis sp.* conforme mostra o gráfico Box Plot (Figura 10).

**Figura 10** - Comparação dos valores médios de açúcares redutores.



Fonte: Autores (2022).

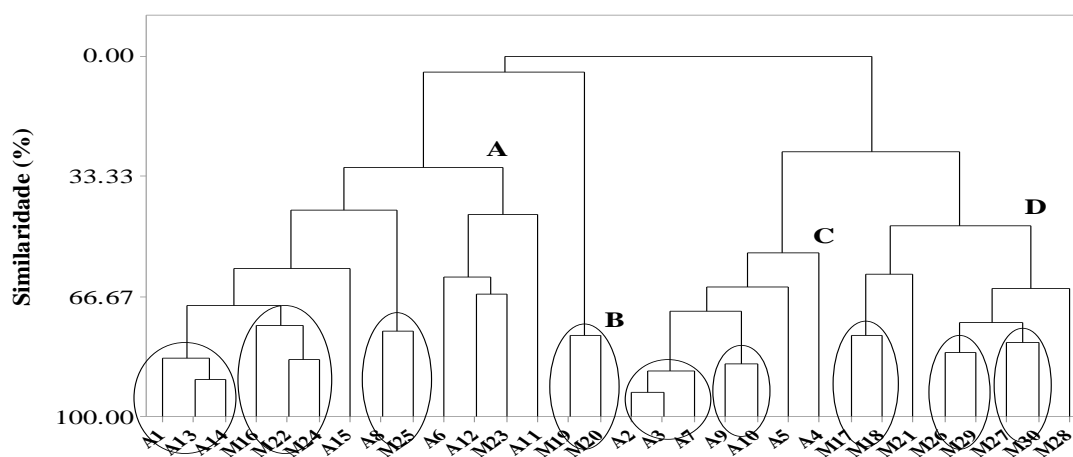


Resultados diferentes dos apresentados nesta pesquisa foram encontrados por Lima et al. (2018) que ao analisar amostras de méis de *Meliponas* sp. obteve uma variação de 66,50% a 77,10%, com média de 71,11%. É notório que o mel é um produto suscetível a adulterações, por isso, quantidades muito altas de açúcares acima do preconizado nas normas de qualidade, indicam possíveis adições de açúcares comerciais ou xaropes de milho ao produto (Araújo et al., 2006).

### 3.2 Análise estatística

Para a análise de agrupamento hierárquico (HCA), foi aplicada a distância Euclidiana e o método de Ligação completa. Por meio deste foi estabelecido o dendrograma, o qual permitiu verificar o grau de similaridade entre os grupos formados. A partir dos resultados obtidos pode ser observada a formação de quatro agrupamentos distintos (A, B, C e D), os quais possuem 9 subgrupos superiores a 75% de similaridade (Figura 11).

**Figura 11** - Dendrograma obtido das 6 variáveis (parâmetros físico-químicos).

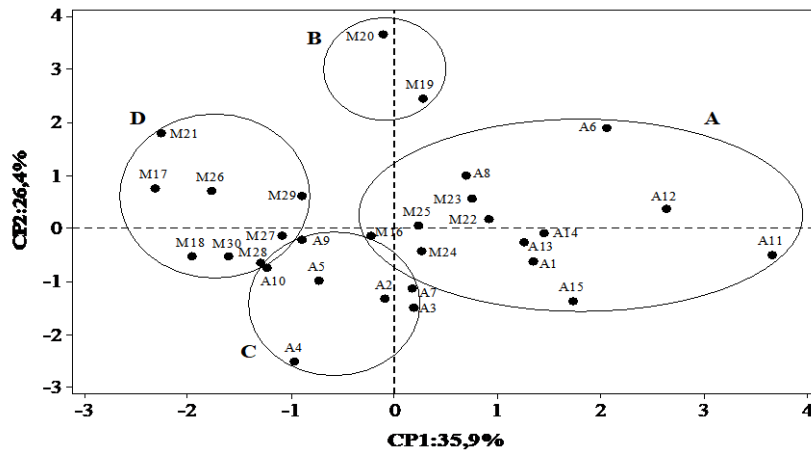


Fonte: Autores (2022).

Dentre esses 9 subgrupos, pode ser observado que as amostras A8 e M25 formam um pequeno subgrupo apesar de serem méis de abelhas com gêneros diferentes. Esta formação pode ter sofrido influência dos fatores como açúcares redutores e cinzas, os quais não diferem muito seus valores entre essas duas amostras. O agrupamento A apresentou similaridade de 30,90%, composto pelas amostras A1, A13, A14, M16, M22, M24, A15, A8, M25, A6, A12, M23 e A11. Compreendendo tantas amostras do gênero *Apis* sp. quanto de *Melipona* sp., tornando-se o maior grupo com amostras similares. O agrupamento B apresentou o menor grupo formado, constituído apenas das amostras M19 e M20, possuindo semelhança cerca de 77,42% de similaridade, sendo o parâmetro acidez livre e cinzas um dos fatores determinantes para tal característica. O agrupamento C exibiu similaridade de 54,48% com as amostras A2, A3, A7, A9, A10, A5 e A4. Observar-se que este grupo compõe unicamente méis de abelhas com ferrão. O agrupamento D demonstrou similaridade de 46,98% representado somente por méis de *Melipona* sp. com as amostras M17, M18, M21, M26, M29, M27, M30 e M28.

A análise de componentes principais (PCA) tem por finalidade diminuir a dimensão de problemas multivariados e detectar os parâmetros mais significativos que descrevam o conjunto de dados com a mínima perda dos dados originais (ALVES, 2012). Com a aplicação da análise de componentes principais observou-se a formação dos quatro grupo, estes caracterizados por suas similaridades e dissimilaridades em seus parâmetros físico-químicos (Figura 12).

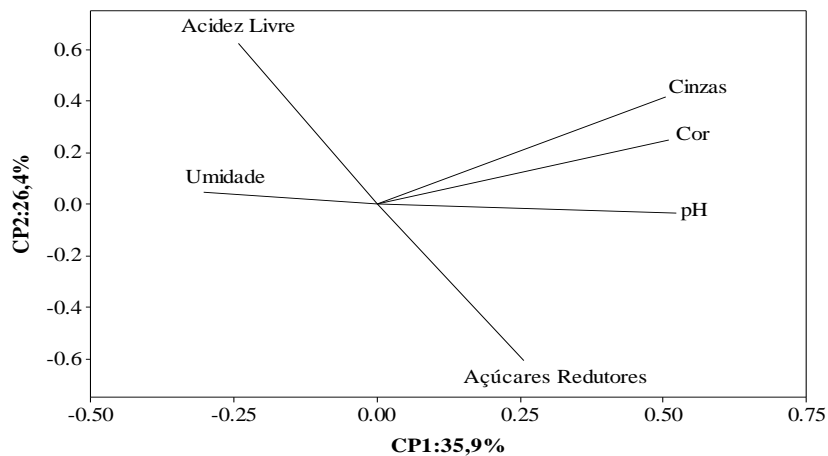
**Figura 12** - Gráfico dos scores para as 30 amostras de méis.



Fonte: Autores (2022).

Os resultados da estimativa de variância mostram que o primeiro componente principal (CP1) explica 35,9% e a segunda (CP2) 26,4% da variância total dos dados. As duas primeiras componentes principais conseguem juntas explicar 62,3% do total da variância e podem ser consideradas suficientes para descrever os dados. Podem-se observar no gráfico dos “loadings” (Figura 13), os parâmetros responsáveis pelas as separações e as uniões das amostras.

**Figura 13** - Gráfico de loadings a partir dos dois principais componentes.



Fonte: Autores (2022).

Nota-se que agrupamento A está sendo influenciado principalmente pelas variáveis cinzas, cor e pH. Este grupo é formado em grande maioria pelos méis de abelhas com ferrão (*Apis* sp.), os quais demonstraram uma forte correlação entre os parâmetros cor e o teor de cinzas. No agrupamento B observam-se o isolamento das amostras M19 e M20 das demais, sendo influenciadas pelas variáveis elevadas de acidez livre e teor de cinzas. Foi notório também que foram as únicas com valores de umidade de 20,0%, dentro do permitido pelas Legislações Brasileira e Internacional, além de um baixo percentual de açúcares redutores que podem ter as distinguidas das demais amostras de méis. O agrupamento C constituído apenas por amostras de *Apis* sp., mostram influências das variáveis umidade e açúcares redutores. Já o agrupamento D, formado por méis de *Melipona* sp. foi influenciado pelos elevados teores de umidade e acidez livre.

#### 4. Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram que os méis produzidos no município de Cachoeira do Arari - PA apresentam-se conforme o estabelecido pelas Legislações Nacional e Internacional nos parâmetros de cor, pH e cinzas. Entretanto, 50% das amostras apresentaram baixo teor de açúcares redutores, indicando que os produtores precisam aprimorar o monitoramento do tempo de colheita do produto. Além disso, a maioria dos méis demonstraram altos teores de acidez livre, ressaltando-se os méis de meliponíneos que se revelaram bem mais acidificados do que os méis de abelhas do gênero *Apis* sp. Em relação à umidade, foi evidente que as amostras necessitam de cuidados especiais durante os períodos de extração, visto que estavam em desconformidade com as normas vigentes. Dentre tais medidas, sugere-se a escolha de dias ensolarados para a prática da colheita, pois o aumento da umidade relativa do ar interfere diretamente na umidade do produto, sendo as condições climáticas, um fator determinante para a adequação deste parâmetro. Diante dos dados apresentados, salienta-se que a realização de pesquisas como esta, são de suma importância, visto que oferecem subsídios para a utilização do mel de abelha como um alimento funcional, fortalece a economia da região e orienta os pequenos produtores sobre a adoção de medidas mais adequadas para o estabelecimento do padrão de qualidade desse produto.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro de concessão de bolsa aos autores e a oportunidade de participação do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC CNPQ / PIBIC UEPA, ao Laboratório de Ciências Naturais do Campus XIX - Salvaterra por ceder toda estrutura necessária para a realização desta pesquisa.

#### Referências

- Aguiar, A. C. D. S. (2018). *Panorama e perspectivas da cadeia produtiva do mel no Brasil* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, Minas Gerais.
- Araújo, D. R., Silva, R. H. D. & Sousa, J. S. (2006). Avaliação da qualidade físico-química do mel comercializado na cidade de Crato, CE. 6. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6(1), 51-55.
- Batiston, T. F. T. P., Frigo, A., Stefani, L. M., Silva, A. S. D., Araujo, D. N. (2020). Physicochemical composition and antimicrobial potential of stingless honey: a food of differentiated quality. *Research, Society and Development*, 10(9), 01-09.
- Bertoncelj, J., Golob, T., Kropf, U., & Korošec, M. (2011). Characterisation of Slovenian honeys on the basis of sensory and physicochemical analysis with a chemometric approach. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(8), 1661–1671.
- Brasil. (2000). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 16 – 17.
- \_\_\_\_\_. (2003). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Seção 1, 14.
- Brown, E., O'Brien, M., Georges, K. Suepaul, S. (2020). Physical characteristics and antimicrobial properties of *Apis mellifera*, *Frieseomelitta nigra* and *Melipona favosa* bee honeys from apiaries in Trinidad and Tobago. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(85), 01-09.
- Carneiro, J. S. et al. (2015). Avaliação físico-química e microbiológica de méis de abelhas comercializados no município de Soure – Marajó – Pará. *Enciclopédia Biosfera*, 11(22), 29-21.
- Codex Alimentarius Commission. (2001). Codex Standard for Honey Codex Stan (Rev. 2, Vol. 2). Codex Standard, 1-7.
- CONAP – Cooperativa Nacional de Apicultura. (2019). *Fundamentos da análise do mel*. <http://www.conap.coop.br>.
- Das, A., Datta, S., Mukherjee, S., Bose, S., Ghosh, S., & Dhar, P. (2015). Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of *Sesamum indicum* honey containing phenolic compounds and lignans. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1), 244–250.
- Finola, M. S., Lasagno, M. C., & Marioli, J. M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, 100(4), 1649–1653.

- Franco, B. D. G. M.; & Landgraf, M. (2008). *Microbiologia dos alimentos*. Ed. Atheneu.
- Freitas, W. E. D. S., Aroucha, E. M. M., Soares, K. M. D. P., Santos, M. C. A., Mendes, F. I. D. B., Oliveira, V. R. D., & Santos, C. R. D. (2010). Parâmetros físico-químicos do mel de abelhas sem ferrão (*Melipona Subnitida*) após Tratamento Térmico. *Acta Veterinaria Brasilica*, 4(3), 153–157.
- Garcia, L. N. H., Castro, B. G. D., Velame, M. S., Raghianti, F., Pinto, J. P. A. N., Possebon, F. S., & Martins, O. A. (2018). Physical-chemical quality of honey of *Apis mellifera* of different flowering. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12(1).
- Gomes, P. W. P., Muribeca, A. B. J., Souza, R. F. D. (2017). *Méis de abelha produzidos no Marajó - PA: Compostos fenólicos e atividade antioxidantes* (1 ed.). Novas Edições Acadêmicas.
- IBGE. (2019). *Cidades*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/cachoeira-doarari/panorama>
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos* (4a ed.). IAL.
- Lima, R. S. D., Montaldo, Y. C., Calheiros, A. K. D. A., Santos, T. M. C. D. & Mélo, D. D. B. M. (2011). Contaminação microbiológica em mel de abelhas (*Apis mellifera*) não inspecionado comercializado no Mercado da Produção em Maceió. *PUBVET*, 5, Art. 1026–1033.
- Lira, A. F., Sousa, J. P. L. D. M., Lorenzon, M. C. A., Vianna, C. A. F. J., Castro, R. N. (2014). Comparative study of honeys produced by *Apis mellifera* with meliponina honeys. (2015). *Acta Veterinaria Brasilica*, 8(3), 169-178.
- Manzanares, A. B. (2002). Aportaciones Metodológicas al Análisis Sensorial Descriptivo de las mieles. Descripción de olores y aromas. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 335, 49-52.
- Meireles, S., & Cançado, L. A. C. (2013). Mel: parâmetros de qualidade e suas implicações para a saúde. *Revista Digital FAPAM*, 4(4), 207–219.
- Mendes, C. D. G., Silva, J. B. A. D., Mesquita, L. X. D., & Maracaja, P. B. (2009). As análises de mel: revisão. *Revista Caatinga*, 22(2), 07-14.
- Mendonça, K., Marchini, L. C., Souza, B. D. A., Almeida-Anacleto, D. D. & Moreti, A. C. D. C. C. (2008). Caracterização físico-química de amostras de méis produzidas por *Apis mellifera* L. em fragmento de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. *Ciência Rural*, 38(6), 1748–1753.
- Menezes, B. D. A. D., Mattietto, R. D. A., & Lourenço, L. D. F. H. (2018). Avaliação da qualidade de méis de Abelhas Africanizadas e Sem Ferrão Nativas do Nordeste do Estado do Pará. *Ciência Animal Brasileira*, 19, 1-13.
- Moura, S. G. (2010). *Boas práticas apícolas e a qualidade do mel de abelhas Apis mellifera Linnaeus, 1758*. 2010. (Tese - Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí.
- Nordin, A. VeronicaSainik, N. Q. A., RoyChowdhury, S., BinSaim A., HJIdrus R. B. (2018). Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 74, 91-102.
- Oliveira, F. D. C., Medeiros, C. D. C. & Moraes, F. A. D. S., (2017). Análise de mel de abelha coletado em comércio informal na cidade de Teresina, PI. *Higiene Alimentar*, 3(268-269), 01-05.
- Peralta, E. D. (2010). *Atividade antimicrobiana e composição química de méis do Estado da Bahia*. (Tese - Doutorado em Biotecnologia). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Pires, R. M. C. (2011). *Qualidade do mel de abelhas apis mellifera linnaeus, 1758 produzido no Piauí*. 2011. (Dissertação - Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí.
- Rebelo, K. S., Araújo, L. M., Costa, K. B., Zilse, G. A. C. Perfil químico, físico-químico e valor nutricional de méis de abelhas sem ferrão (*hymenoptera, apidae*) da Amazônia (61). In: *Reunião Anual da SBPC*, Manaus, Amazonas.
- Rodrigues, A. E., Silva, E. M. S. D., Beserra, E. M. F., & Rodrigues, M. L. (2005). Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. *Ciência Rural*, 35(5), 1166–1171.
- Rolim, M. B. D. Q., Andrade, G. P., Rolim, A. M. Q., Queiroz, A. P. F., Cavalcanti, É. F. T. S. F., Moura, A. P. B. L. & Lima, P. F. (2018). Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade no Brasil: revisão. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 12(1), 73-81.
- Silva, G. S. D. (2011). *Avaliação dos Parâmetros Químicos e Potencial Antioxidante do mel de Jandaíra (Melipona Subnitida)*. (Tese - Doutorado em Química). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba.
- Silva, M. B. L. (2007). *Diagnóstico do sistema de produção e qualidade do mel de Apis Mellifera*. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- Silva, M. L., Costa, R. S., Santana, A. D. S., Koblitz, M. G. B. (2010). Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Ciências Agrárias*. 31(3), 669-682.
- Sodré, G. S. (2005). *Características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de amostras de méis de Apis mellifera L., 1758 (Hymenoptera: Apidae) dos estados do Ceará e Piauí*. (Tese - Doutorado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.
- Souza, B. D. A., Carvalho, C. A. L. D., Sodré, G. D. S., & Marchini, L. C. (2004). Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona asilvae* (*Hymenoptera: Apidae*). *Ciência Rural*, 34(5), 1623–1624.
- Souza, R. F. (2010). *Parâmetros físico-químicos, bioquímicos e microbiológicos como descritores de qualidade e discriminação dos méis do Estado do Pará*. 2010. (Dissertação - Mestrado em Química) - Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.

Tavares, J. T. Q., Cardoso, R. L., Costa, J. A., Fadigas, F. S., Fonseca, A. A. (2010). Interferência do ácido ascórbico na determinação de açúcares redutores pelo método de Lane e Eynon. *Química Nova*, 33(4), 1-8.

Tôres, W. D. L. (2017). *Qualidade de mel de abelha apis mellifera l natural e após utilizado para alimentação de abelhas melipona subnitida*. (Dissertação - Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte.

Villas-Bôas, J. K.; & Malaspina, O. (2005). Parâmetros físico-químicos propostos para o controle de qualidade do mel de abelhas sem ferrão no Brasil. *Revista Mensagem Doce*, 82(2), 6-16.

Waltrich, C. & Carvalho L. F. D. (2020). Study of physical and chemical properties during storage of honey produced in the region of Blumenau, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7), 4959-7407.