



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ**  
**CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CARLOS EDUARDO ALVES DANTAS**

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMÉIS ELABORADOS A PARTIR  
DE MÉIS DE ABELHA AFRICANIZADA (*Apis mellifera*) E JANDAÍRA (*Melipona  
subnitida*) PRODUZIDOS NO ESTADO DO CEARÁ, SAFRA 2017**

**LIMOEIRO DO NORTE – CE**  
**2018**

CARLOS EDUARDO ALVES DANTAS

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMÉIS ELABORADOS A PARTIR  
DE MÉIS DE ABELHA AFRICANIZADA (*Apis mellifera*) E JANDAÍRA (*Melipona  
subnitida*) PRODUZIDOS NO ESTADO DO CEARÁ, SAFRA 2017**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Limoeiro do Norte como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Otávio Portela Pereira

Coorientadora: Profa. Dra. Mayara Salgado Silva

LIMOEIRO DO NORTE – CE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Instituto Federal do Ceará - IFCE  
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- D192p Dantas, Carlos Eduardo Alves.  
Produção e caracterização de hidroméis elaborados a partir de méis de abelha africanizada (*Apis mellifera*) e jandaíra (*Melipona subnitida*) produzidos no estado do Ceará, safra 2017 / Carlos Eduardo Alves Dantas. - 2018.  
78 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Campus Limoeiro do Norte, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Júlio Otávio Portela Pereira.  
Coorientação: Profa. Dra. Mayara Salgado Silva.
1. Produtos apícolas. 2. Abelha sem ferrão. 3. Fermentação alcoólica. I. Título.

CDD 664

---

CARLOS EDUARDO ALVES DANTAS

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMÉIS ELABORADOS A PARTIR DE  
MÉIS DE ABELHA AFRICANIZADA (*Apis mellifera*) E JANDAÍRA (*Melipona  
subnitida*) PRODUZIDOS NO ESTADO DO CEARÁ, SAFRA 2017**

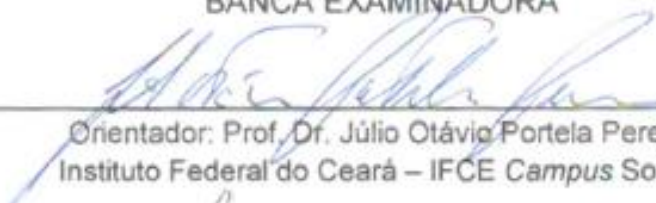
Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *Campus* Limoeiro do Norte – CE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

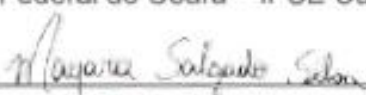
Orientador: Prof. Dr. Júlio Otávio Protela Pereira

Coorientadora: Profa. Dra. Mayara Salgado Silva

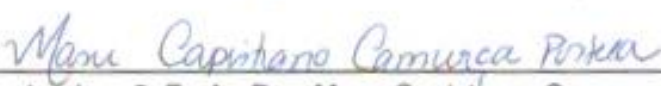
Aprovado em: 31, 08, 2018

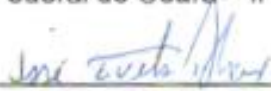
**BANCA EXAMINADORA**

  
Orientador: Prof. Dr. Júlio Otávio Protela Pereira  
Instituto Federal do Ceará – IFCE *Campus* Sobral

  
Coorientadora: Profa. Dra. Mayara Salgado Silva  
Instituto Federal do Ceará – IFCE *Campus* Limoeiro do Norte

  
Examinador 1: Prof. Dr. Pahlevi Augusto de Souza  
Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN *Campus* Currais Novos

  
Examinadora 2: Profa. Dra. Masu Capistrano Camurça Portela  
Instituto Federal do Ceará – IFCE *Campus* Sobral

  
Examinador 3: Prof. Dr. José Everton Alves  
Universidade Estadual Vale do Acaraú

Aos meus pais, Pedro e Dora.

À minha tia Deida.

À minha irmã Maria Eduarda.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e à Nossa Senhora por estarem sempre presentes, em todos os momentos, e permitirem realizar mais esta etapa em minha vida.

A minha amada família, em especial a minha mãe Dora, ao meu pai Pedro, a minha tia Deida e a minha irmã Maria Eduarda, que nunca mediram esforços para me ajudar quando mais precisei e sempre foram a base de tudo.

A todos os colegas de turma e professores do mestrado pelos conhecimentos compartilhados.

Ao orientador, Prof. Dr. Júlio Otávio Portela Pereira, e à coorientadora, Profa. Dra. Mayara Salgado Silva, pelo aprendizado transmitido e disponibilidade.

Aos meus estimados amigos Josikelvia Almeida, Candido Nascimento, Bruno Oliveira, Ingrid Lima e Claudene Chaves, que, dentro e fora da bancada do laboratório, foram suportes em todos os sentidos.

A Rayane Santos, Jany Santos e Juliany Barros por ajudarem na execução de algumas análises.

Ao Prof. Dr. Jonas Luiz Almada da Silva pelas contribuições no exame de qualificação, bem como à Profa. Dra. Masu Capistrano Camurça Portela, ao Prof. Dr. José Everton Alves e ao Prof. Dr. Pahlevi Augusto de Souza por aceitarem fazer parte desta banca de defesa de mestrado e assim colaborarem com esta pesquisa.

Ao Instituto Federal do Ceará (IFCE), ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pelo suporte técnico-científico e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio e financiamento desta pesquisa.

Muito obrigado.

**Carlos Dantas**

*“Se as abelhas desaparecessem da face do globo,  
então o homem teria somente quatro anos de vida restantes.  
Sem abelhas, não há polinização, não há plantas, não há animais e não há homens.”*

(Albert Einstein)

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de hidroméis elaborados a partir de mel de abelha africanizada (*Apis mellifera*) e de abelha jandaíra (*Melipona subnitida*), oriundos do estado do Ceará, safra 2017, a fim de caracterizá-los, desde a matéria-prima até o produto final. Os méis foram submetidos às análises microbiológicas de coliformes a 35 e 45 °C e de bolores e leveduras, bem como às análises físico-químicas de umidade, atividade de água, acidez total, pH, açúcares redutores, sacarose aparente, cinzas, condutividade elétrica, HMF, atividade diastásica, vitamina C, polifenóis extraíveis totais e cor. Cada mel foi fermentado a 25 °C por cepas de *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces bayanus*, gerando quatro tratamentos (AP – Mel de abelha africanizada fermentado por *S. bayanus*; AF – Mel de abelha africanizada fermentado *S. cerevisiae*; MP – Mel de jandaíra fermentado por *S. bayanus*; e MF – Mel de jandaíra fermentado por *S. cerevisiae*) por um período de 4 meses e em seguida maturados a 10 °C por 2 meses. As bebidas foram caracterizadas quanto à densidade relativa, grau alcoólico real, acidez total, volátil e fixa, pH, açúcares redutores, sulfatos totais, extrato seco total e reduzido, cinzas, dióxido de enxofre total, turbidez e cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $^{\circ}H$ ). As contagens referentes aos coliformes foram  $\leq 3 \text{ NMP.g}^{-1}$  em ambas as amostras de mel, enquanto bolores e leveduras apresentaram valores de  $3,0 \times 10^2$  e  $5,9 \times 10^3$  para o mel de abelha africanizada e jandaíra, respectivamente. Todos os parâmetros físico-químicos do mel de abelha africanizada foram concordantes com os limites estabelecidos pela legislação brasileira para os padrões de qualidade do mel, enquanto o teor de umidade (32,07 %), açúcares redutores (59,36  $\text{g.100 g}^{-1}$ ) e a atividade diastásica (5,45 U) do mel de jandaíra mostraram-se em desacordo com a legislação. A composição e as características físico-químicas dos hidroméis, por sua vez, apresentaram diferenças significativas em função do tipo de mel e levedura empregados nas bebidas. A maioria dos resultados das análises físico-químicas das bebidas esteve em concordância com os limites preconizados pela legislação brasileira para hidromel, exceto quanto à acidez total e ao teor de cinzas, que variaram de 41,79 a 43,73  $\text{mEq.L}^{-1}$  e de 0,27 a 0,31%, respectivamente, nos hidroméis.

**Palavras-chave:** produtos apícolas, abelha sem ferrão, fermentação alcoólica.



## ABSTRACT

The aim of this work was to develop meads by honeys of africanized honeybees (*Apis mellifera*) and jandaíra bee (*Melipona subnitida*), from Ceará State, harvested in 2017, in order to characterize them, from the raw material to the final product. The honeys were submitted to microbiological analyzes of coliforms at 35 and 45 °C and molds and yeasts, as well as to physical-chemical analyzes of moisture content, water activity, total acidity, pH, reducing sugars, apparent sucrose, ashes, electrical conductivity, HMF, diastase index, vitamin C, total extractable polyphenols and colour. Each honey was fermented at 25 °C by *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus* strains, generating four treatments (AP - Africanized bee honey fermented by *S. bayanus*; AF - Fermented africanized bee honey fermented by *S. cerevisiae*; MP – Jandaíra honey fermented by *S. bayanus*; and MF – Jandaíra honey fermented by *S. cerevisiae*) for a period of 4 months and then matured at 10 °C for 2 months. The drinks were characterized as relative density, alcoholic strength, total, volatile and fixed acidity, pH, reducing sugars, total sulfates, total and reduced dry extract, ashes, total sulfur dioxide, turbidity and colour ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  and °H). The coliform counts were  $\leq 3 \text{ NMP.g}^{-1}$  in both honey samples, while molds and yeasts had values of  $3.0 \times 10^2$  and  $5.9 \times 10^3$  for the africanized honeybee and jandaíra honeys, respectively. All physicochemical parameters of honey from africanized honeybee were concordant with the limits established by Brazilian legislation for honey, while the moisture content (32.07%), reducing sugars (59.36 g.100 g<sup>-1</sup>) and diastase index (5.45 U) of jandaíra honey were in disagreement with the legislation. The composition and the physicochemical characteristics of the meads presented significant differences due to the type of honey and yeast strain used in the production of alcoholic beverages. Most of the results of the physical-chemical analyzes of the beverages were in agreement with the limits recommended by the Brazilian legislation for mead, except for the total acidity and the ash content, which ranged from 41.79 to 43.73 mEq.L<sup>-1</sup> and 0.27 to 0.31%, respectively, in meads.

Key-words: bee products, stingless bee, alcoholic fermentation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção dos hidroméis.....	35
Figura 2 – Recipientes utilizados como reatores no processo fermentativo do hidromel. .....	36
Figura 3 - Aspecto visual dos hidroméis.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade de hidromel estabelecidos pela IN Nº 34 do MAPA de de 20 de novembro de 2012. ....	25
Tabela 2 – Teor de sulfatos totais. ....	42
Tabela 3 – Resultados das análises microbiológicas dos méis de abelha africanizada e jandaíra. ....	45
Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas dos méis.....	47
Tabela 5 - Resultados das análises físico-químicas dos hidroméis.....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 Objetivo geral</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>4.1 O mel de abelhas melíferas</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2 O hidromel</b> .....	<b>19</b>
<b>4.3 Processamento do hidromel</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3.1 Diluição do mel</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3.2 Suplementação do mosto</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3.3 Sulfitação</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.4 Pasteurização do mosto</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.5 Inóculo</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.6 Fermentação</b> .....	<b>23</b>
<b>4.3.7 Trásfega e clarificação</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3.8 Engarrafamento</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4 Controle de qualidade do hidromel</b> .....	<b>24</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>5.1 Matéria-prima</b> .....	<b>27</b>
<b>5.2 Delineamento experimental</b> .....	<b>27</b>
<b>5.3 Análises microbiológicas dos méis</b> .....	<b>27</b>
<b>5.4 Análises físico-químicas dos méis</b> .....	<b>28</b>
<b>5.4.1 Umidade</b> .....	<b>28</b>
<b>5.4.2 Atividade de água (Aa)</b> .....	<b>28</b>
<b>5.4.3 Açúcares redutores</b> .....	<b>28</b>
<b>5.4.4 Sacarose aparente</b> .....	<b>29</b>
<b>5.4.5 Acidez total</b> .....	<b>30</b>
<b>5.4.6 pH</b> .....	<b>30</b>
<b>5.4.7 Cinzas</b> .....	<b>30</b>
<b>5.4.8 Condutividade elétrica</b> .....	<b>31</b>
<b>5.4.9 Vitamina C</b> .....	<b>31</b>

<b>5.4.10 Hidroximetilfurfural (HMF)</b> .....	<b>32</b>
<b>5.4.11 Atividade diastásica</b> .....	<b>32</b>
<b>5.4.12 Polifenóis extraíveis totais</b> .....	<b>33</b>
<b>5.4.13 Cor</b> .....	<b>34</b>
<b>5.5 Produção dos hidroméis</b> .....	<b>34</b>
<b>5.5.1 Formulação dos mostos de hidromel</b> .....	<b>35</b>
<b>5.5.2 Pasteurização</b> .....	<b>36</b>
<b>5.5.3 Inoculação</b> .....	<b>36</b>
<b>5.5.4 Fermentação</b> .....	<b>36</b>
<b>5.5.5 Maturação</b> .....	<b>37</b>
<b>5.5.6 Tráfega</b> .....	<b>37</b>
<b>5.5.7 Clarificação</b> .....	<b>37</b>
<b>5.5.8 Envase</b> .....	<b>37</b>
<b>5.5.9 Pasteurização da bebida</b> .....	<b>37</b>
<b>5.6 Análises físico-químicas dos hidroméis</b> .....	<b>38</b>
<b>5.6.1 Densidade relativa a 20 °C</b> .....	<b>38</b>
<b>5.6.2 Grau alcoólico real a 20 °C</b> .....	<b>39</b>
<b>5.6.3 Acidez total titulável</b> .....	<b>39</b>
<b>5.6.4 Acidez volátil</b> .....	<b>40</b>
<b>5.6.5 Acidez fixa</b> .....	<b>40</b>
<b>5.6.6 pH</b> .....	<b>40</b>
<b>5.6.7 Açúcares redutores</b> .....	<b>40</b>
<b>5.6.8 Extrato seco total</b> .....	<b>41</b>
<b>5.6.9 Extrato seco reduzido</b> .....	<b>41</b>
<b>5.6.10 Sulfatos totais</b> .....	<b>41</b>
<b>5.6.11 Cinzas</b> .....	<b>42</b>
<b>5.6.13 Dióxido de enxofre total</b> .....	<b>43</b>
<b>5.6.13 Turbidez</b> .....	<b>43</b>
<b>5.6.14 Cor</b> .....	<b>44</b>
<b>5.7 Análise estatística</b> .....	<b>44</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>6.1 Análises microbiológicas dos méis</b> .....	<b>45</b>
<b>6.2 Análises físico-químicas dos méis</b> .....	<b>47</b>
<b>6.2.1 Umidade</b> .....	<b>48</b>

<b>6.2.2 Atividade de água</b> .....	<b>49</b>
<b>6.2.3 Açúcares redutores e sacarose aparente</b> .....	<b>49</b>
<b>6.2.4 Acidez total</b> .....	<b>50</b>
<b>6.2.5 pH</b> .....	<b>51</b>
<b>6.2.6 Cinzas</b> .....	<b>52</b>
<b>6.2.7 Condutividade elétrica</b> .....	<b>52</b>
<b>6.2.8 Vitamina C</b> .....	<b>53</b>
<b>6.2.9 HMF</b> .....	<b>53</b>
<b>6.2.10 Atividade diastásica</b> .....	<b>54</b>
<b>6.2.11 Polifenóis extraíveis totais</b> .....	<b>54</b>
<b>6.2.12 Cor</b> .....	<b>55</b>
<b>6.3 Análises físico-químicas dos hidroméis</b> .....	<b>56</b>
<b>6.3.1 Densidade relativa</b> .....	<b>56</b>
<b>6.3.2 Grau alcoólico real</b> .....	<b>57</b>
<b>6.3.3 Acidez total</b> .....	<b>58</b>
<b>6.3.4 Acidez volátil</b> .....	<b>59</b>
<b>6.3.5 Acidez fixa</b> .....	<b>60</b>
<b>6.3.6 pH</b> .....	<b>60</b>
<b>6.3.7 Açúcares redutores</b> .....	<b>61</b>
<b>6.3.8 Sulfatos totais</b> .....	<b>61</b>
<b>6.3.9 Extrato seco total e extrato seco reduzido</b> .....	<b>62</b>
<b>6.3.10 Cinzas</b> .....	<b>62</b>
<b>6.3.11 Dióxido de enxofre total</b> .....	<b>63</b>
<b>6.3.12 Turbidez</b> .....	<b>64</b>
<b>6.3.13 Cor</b> .....	<b>64</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>67</b>
<b>8 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS</b> .....	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há uma grande diversidade de espécies de abelhas que produzem mel de boa qualidade, no entanto, a abelha *Apis mellifera* L. é considerada a principal produtora de mel para consumo humano, devido a sua domesticação antiga e origem dos principais países consumidores (ALVES et al., 2005).

As primeiras subespécies de *A. mellifera* trazidas para o Brasil, ainda no século XIX, tinham origens europeias, porém, no ano de 1956, abelhas de uma subespécie africana foram introduzidas no país, e acidentalmente escaparam, cruzando com as europeias, gerando populações híbridas, hoje denominadas de abelhas africanizadas. Estas se difundiram por todo o Brasil, sendo responsáveis pela maior parte da produção nacional de mel, inclusive no Nordeste (KERR, 1967; BENDINI e ARRAIS, 2017).

Méis produzidos por outras espécies, além da *A. mellifera*, sobretudo as abelhas sem ferrão (meliponíneos) na região Nordeste do Brasil, apresentam características únicas relacionadas à fonte floral e uma boa correlação entre os parâmetros físico-químicos e sensoriais (SOUSA et al., 2016a). Estes méis têm apresentado uma demanda crescente de mercado, alcançando preços mais altos que o mel das abelhas africanizadas (SOUZA et al., 2004), embora ainda não possuam uma legislação a nível nacional que os caracterize quanto aos aspectos físico-químicos.

A abelha jandaíra (*Melipona subnitida*) é um exemplo de espécie endêmica da região semiárida do Brasil, cujo mel é muito valorizado pela população local graças as suas propriedades medicinais, bem como pela sua excelente qualidade sensorial (SILVA et al., 2013; COSTA et al., 2018).

Além do mel – independente da espécie que o produza –, outros produtos, como por exemplo o hidromel, podem ser desenvolvidos na propriedade rural com considerável sucesso e com maior valor agregado, ainda que em pequeno volume, com a finalidade de complementar a renda dos produtores (ILHA et al., 2008).

A legislação brasileira, conforme a Portaria Nº 64, de 23 de abril de 2008, define hidromel como a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14% em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela fermentação alcoólica de uma solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável (BRASIL, 2008).

A produção de hidromel ainda ocorre de maneira empírica, demonstrando a necessidade de pesquisas que visem seu aprimoramento, desde a seleção do agente de fermentação, a formulação do mosto e o estudo dos parâmetros fermentativos, até a definição de padrões de identidade e qualidade do produto final (FERRAZ, 2015).

Apesar do pouco suporte tecnológico, quando comparado a outras bebidas consagradas como o vinho e a cerveja, o hidromel tem ganhado importância econômica devido às propriedades terapêuticas e nutricionais atribuídas ao mel e pela crescente demanda por produtos *gourmet* (MENDES-FERREIRA et al., 2010).

Pereira et al. (2015) propõem que o desenvolvimento do hidromel, utilizando o mel “inadequado” para comercialização, é importante para prover bebidas alcoólicas inovadoras aos consumidores e aumentar o lucro dos produtores, especialmente utilizando mel escuro, que apresenta um baixo valor comercial.

Os produtores de hidromel estão procurando formas de introduzir uma diversidade de aroma e sabor, aprimorando o estilo e aumentando a diferenciação do produto (CHEN et al., 2013). O perfil sensorial do hidromel é influenciado pela razão de diluição do mel em água, o tipo de mel, a cepa de levedura utilizada para a fermentação e a temperatura do processo fermentativo (BÉNES; FURDIKOVÁ; ŠMOGROVIČOVÁ, 2015).

Dependendo da fonte floral, para a produção de hidromel, normalmente utiliza-se mel de coloração clara e sabor suave, uma vez que a bebida fica menos enjoativa e mais agradável de ser apreciada (GARLET et al., 2015), porém a produção da bebida não se restringe apenas a esse tipo de mel. A qualidade e sabor do hidromel dependem, além do controle da fermentação e qualidade dos vários ingredientes, das características e sabor do mel selecionado (BLANCO; QUICAZÁN; CUENCA, 2012).

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo a produção de hidroméis a partir do mel de abelha africanizada e do mel de abelha jandaíra, a fim de caracterizá-los, desde a matéria-prima até o produto final propriamente dito, de modo que os mesmos possam ser apresentados como uma fonte de renda adicional para os apicultores e meliponicultores.



## 2 JUSTIFICATIVA

O mel das abelhas africanizas é produzido em quantidades significativas na região Nordeste do Brasil, inclusive no Ceará, e este pode apresentar características peculiares, especialmente em função da diversidade botânica disponível para as abelhas na região semiárida brasileira. A utilização deste tipo de mel na elaboração de uma bebida alcoólica fermentada pode aumentar as opções de produtos apícolas, que trazem consigo o apelo regional.

O mel da abelha jandaíra, por sua vez, é uma espécie nativa do Nordeste, cujo mel também é produzido no estado do Ceará. Este mel poderá ser empregado na produção de hidromel, destacando-se a possibilidade do desenvolvimento de novos produtos meliponícolas com alto valor agregado, pois não há registros da utilização deste tipo de mel na produção da bebida.

Além disso, ainda há uma carência de pesquisas na área de produção de hidromel, sobretudo no Brasil, sendo um dos fatores pelos quais tal bebida ainda pouco difundida no país. A produção de hidromel pode ser uma forma de incentivar a apicultura e meliponicultura, que cada vez mais são bem vistas graças a sua relação com a agricultura familiar e, principalmente, com o papel ecológico desempenhado pelas abelhas no que diz respeito à polinização, tanto de espécies botânicas nativas quanto de culturas agrícolas, e conseqüentemente à produção de alimentos.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver e caracterizar hidroméis elaborados a partir de méis das abelhas africanizada e jandaíra produzidos no estado do Ceará na safra de 2017.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar os méis utilizados no estudo quanto aos parâmetros microbiológicos e físico-químicos;
- Elaborar hidroméis de qualidade, por meio de formulações adequadas, que possam ser usadas por produtores rurais;
- Caracterizar as bebidas produzidas quanto aos parâmetros físico-químicos, a fim de verificar sua conformidade com a legislação brasileira.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 O mel de abelhas melíferas

O mel, produto natural elaborado pelas abelhas a partir do néctar das flores, é uma substância que possui propriedades nutritivas e terapêuticas, que vem sendo utilizada pelo homem como alimento ao longo dos anos (ALMEIDA FILHO et al., 2011).

É um produto muito variável quanto à coloração, ao aroma, à umidade, à composição de açúcares e minerais, além de outros componentes, de modo que tais características podem se alterar de acordo com as condições edafoclimáticas, a origem floral e o manejo empregado nas colônias (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO, 2015).

Apesar da existência da grande diversidade de abelhas produtoras de mel de boa qualidade, tais como as abelhas sem ferrão das tribos *Meliponini* e *Trigonini*, a espécie *Apis mellifera* L., graças a sua domesticação antiga e origem dos principais países consumidores, é considerada a principal espécie produtora de mel para consumo humano (ALVES et al., 2005).

No Brasil, de acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2016 foram produzidas 39,59 mil toneladas de mel (de abelhas africanizadas) em todo o país, o que representou um aumento de 5,1% na produção em relação ao ano anterior, sendo a região Nordeste a segunda maior produtora no ano em questão, com 26,1% do montante, atrás apenas da região Sul, que deteve 43,1%.

As primeiras subespécies de *A. mellifera* trazidas para o Brasil, ainda no século XIX, tinham origens europeias, porém, no ano de 1956, abelhas da subespécie africana *A. mellifera scutelata* foram introduzidas no país, e acidentalmente escaparam, cruzando com as europeias, gerando populações híbridas, hoje denominadas de abelhas africanizadas. Este híbrido se difundiu por todo o Brasil, sendo responsáveis pela maior parte da produção nacional de mel, inclusive no Nordeste (KERR, 1967; BENDINI e ARRAIS, 2017).

O mel de *A. mellifera* é um produto amplamente comercializado em todo o mundo, sendo sua composição bem conhecida, assim como os fatores que podem afetar a sua qualidade (OLIVEIRA; SANTOS, 2011). Vale destacar, ainda, que a atual

legislação, tanto internacionalmente quanto nacionalmente, se refere somente aos produtos obtidos pelas abelhas *A. mellifera* (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013).

Há, porém, outras espécies de abelhas – sem ferrão, que também produzem mel de boa qualidade e são nativas do Brasil, os chamados meliponíneos. O mel desses meliponíneos é um produto que tem apresentado uma demanda crescente de mercado, inclusive obtendo preços superiores aos da espécie *A. mellifera*, mesmo que as abelhas sem ferrão produzam e armazenem muito menos mel do que a *A. mellifera*, que é líder na produção mundial (SOUZA et al., 2009; CHUTTONG et al., 2016). Todavia, ainda são poucos os estudos sobre as suas características físico-químicas, que auxiliem na definição de padrões de qualidade para sua comercialização, uma vez que a maioria dos trabalhos existentes leva em consideração padrões e características estabelecidas para o mel de *A. mellifera* (SOUZA et al., 2009).

A região semiárida do nordeste brasileiro possui uma biodiversidade de flora e abelhas nativas únicas, possibilitando a produção de mel com características particulares; o bioma Caatinga, presente na região semiárida, é composto por espécies botânicas adaptadas às condições climáticas típicas, caracterizadas por uma estação chuvosa e outra seca bem definida ao longo do ano (SOUSA et al., 2016a).

Dentre as espécies de meliponíneos já identificadas no Norte e Nordeste do Brasil, *Melipona subnitida* Ducke (jandaíra) e *Melipona scutellaris* (uruçu) têm recebido especial atenção por visitarem espécies botânicas típicas, produzindo assim diferentes tipos de méis durante o ano (SOUSA et al., 2016a).

Sobretudo na região Nordeste, o mel de meliponíneos é um valioso produto das abelhas com uma longa história e como parte substancial da dieta da população, com destaque para a jandaíra (*M. subnitida*) que é nativa da região, sendo comercialmente valorizada pela população local devido às suas propriedades medicinais (SILVA et al., 2013).

Silva et al. (2013) ao analisarem méis de jandaíra, constataram que todas as amostras exibiram alta atividade antioxidante, sendo os compostos fenólicos parcialmente responsáveis por sua atividade antioxidante. o que justifica o tradicional uso deste mel como produto medicinal (SILVA et al., 2013).

Ao ser analisado o perfil palinológico (composição polínica) de méis de *A. mellifera* e *M. subnitida*, coletados na mesma região botânica, foi verificado que os méis estudados apresentaram diferenças, sugerindo que as duas espécies de abelha

não coletam o néctar das mesmas plantas. No que diz respeito ao mel de *M. subnitida*, todos os parâmetros, excetuando-se a umidade e a atividade diastásica, estavam em acordo com a legislação, totalmente direcionada ao mel de *A. mellifera* (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013).

O mel de meliponíneos não é contemplado nos padrões internacionais para mel e não é controlado pelas autoridades de controle de alimentos porque há pouco conhecimento sobre este produto (SILVA et al., 2013), o que dificulta sua comercialização no mercado formal (ANACLETO et al., 2009).

Kirnpal-Kaur et al. (2011) destacam, também, que méis produzidos por espécies distintas de abelhas ou que são coletados em diferentes localidades, possuem diferentes compostos ativos e conseqüentemente diferentes propriedades biológicas.

Vê-se, portanto, que tanto o mel de *A. mellifera* quanto o de *M. subnitida* apresentam particularidades que vão desde a sua origem botânica e geográfica até as suas características físico-químicas e também sensoriais, passando ainda por questões legais, de modo que os subprodutos que possam vir a ser elaborados a partir dessas matérias-primas, como por exemplo o hidromel, também apresentem características específicas.

## 4.2 O hidromel

O hidromel é possivelmente a bebida fermentada mais antiga do mundo, com o primeiro registro de sua produção datando 7.000 a.C ao norte da China, onde foram encontrados vasos contendo uma mistura de hidromel, arroz e algumas frutas (GUPTA; SHARMA, 2009). Além da produção chinesa, estudos arqueológicos demonstram ainda o consumo desta bebida na África cerca de 3.000 anos a.C., sendo posteriormente produzida através do Mediterrâneo e da Europa em civilizações antigas (IGLESIAS et al., 2014).

Os Vikings, por exemplo, apreciavam esta bebida demasiadamente, no entanto, devido à dificuldade em adquirir mel, seu consumo era destinado a grandes comemorações religiosas e políticas, sendo considerada a bebida dos deuses, e portanto, consumida apenas por nobres em ocasiões especiais (GRAHAM-CAMPBELL, 2001).

Na Europa, produtos fermentados à base de mel são largamente conhecidos e consumidos, enquanto que na América Latina destacam-se a Argentina e a Bolívia; já que, no Brasil, tais produtos não são tão populares (MATTIETTO et al., 2006). Não obstante, o Brasil tem iniciado a exploração desses novos produtos, ainda de forma incipiente, devido ao baixo uso de tecnologia para tal fim, à falta de tradição nesses mercados e à pequena demanda interna gerada, especialmente por questões culturais (ILHA et al., 2008).

A China dispõe da maior quantidade das tecnologias com o hidromel, apresentando 33 documentos de patentes para este produto entre os anos de 1998 a 2012; enquanto que o Brasil apresenta apenas 1 depósito de patente referente ao hidromel (PI0703334-6) na base de dados *on-line* do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual), tratando-se de uma patente originária do Japão, o que é contraditório, uma vez que o país possui pesquisas na área de apicultura e se caracteriza como uma região de elevado potencial na produção de mel (PIRES et al., 2013).

A legislação brasileira, conforme a Portaria Nº 64, de 23 de abril de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, define hidromel como a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14% em volume, a 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica de uma solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável.

O hidromel pode ser classificado como seco, licoroso, doce e espumoso, de acordo com sua tecnologia de fabricação e esta classificação varia de acordo com o tempo de fermentação, quantidade e qualidade do mel utilizado na diluição, escolha da levedura e da graduação alcoólica (MILESKI, 2016). A bebida em questão retém o sabor e odor do mel que a originou, embora o processo de fermentação modifique as propriedades sensoriais primordiais de sabor e aroma do mel (VIDRIH; HRIBAR, 2007).

O hidromel pode ser desenvolvido a partir de méis de baixo valor de mercado, gerando bebidas inovadoras aos consumidores e aumentando o lucro dos produtores (PEREIRA et al., 2015). Dentre estes, estão os méis escuros, que muitas vezes não são apreciados pelos consumidores, mas que são capazes de oferecer todos os compostos essenciais à fermentação e ainda terem um elevado teor de minerais, ao ponto os tornarem melhores que os claros no processo de fermentação (PEREIRA et al., 2009).

Há, ainda, a questão relacionada ao crescente interesse em produtos alimentícios naturais que podem conter fitoquímicos que possuem atividade antioxidante, em que pesquisas envolvendo esses compostos têm sido publicadas, demonstrando que o conteúdo e diversidade de compostos fenólicos, por exemplo, e a atividade antioxidante no hidromel dependem largamente da variedade de mel que o originou (DEZMIREAN et al., 2012; AKALIN, BAYRAM; ANLI, 2017).

### **4.3 Processamento do hidromel**

#### ***4.3.1 Diluição do mel***

A diluição do mel é uma etapa importante no processo de produção de hidromel, pois é nela que se pode determinar o tipo de bebida (seca ou suave) que se deseja obter ao final da fermentação. Partindo-se de um mosto com 21 °Brix ou 30 °Brix, pode-se obter hidromel do tipo seco e suave, respectivamente (GUPTA; SHARMA, 2009; MATTIETTO et al., 2006).

#### ***4.3.2 Suplementação do mosto***

Apesar de conter açúcares fermentescíveis, o mel é deficiente em fatores de crescimento, principalmente nitrogênio e sais minerais, que estimulam o desenvolvimento da levedura e da fermentação (GUPTA; SHARMA, 2009), por isso faz-se necessária a suplementação do mosto. O uso de fontes nitrogenadas exerce um efeito significativo na redução do tempo da fermentação etanólica do mel, de modo que a taxa de consumo de açúcar, por parte da levedura, é afetada pelo tipo e concentração da fonte de nitrogênio aplicada ao meio de fermentação (BLANCO, QUICAZÁN; CUENCA, 2012; HERNÁNDEZ, SERRATO; QUICAZÁN, 2015).

Dentre as diversas fontes de nitrogênio utilizadas, difosfato de amônia é comumente reportada nas concentrações de 0,2 a 0,4 g.L<sup>-1</sup> (MENDES-FERREIRA et al., 2010; SROKA; SATORA, 2017; PEREIRA et al., 2013). A adição de pólen como ativante de fermentação melhora a cinética de fermentação e as características físico-químicas e sensoriais dos hidroméis (ROLDÁN et al., 2011).

Por outro lado, estudando mostos elaborados a partir de mel escuro, suplementados com sais minerais e vitaminas, Pereira et al. (2015) verificaram que a suplementação não promoveu melhoria significativa da fermentação e performance da levedura, de modo que a própria composição do mel escuro foi capaz de prover todos os compostos essenciais à fermentação.

#### **4.3.3 Sulfitação**

A sulfitação do mosto é uma etapa que consiste na incorporação de anidrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) aos mostos, com a finalidade de prevenir a contaminação bacteriana dos mesmos, sendo recomendada a adição de metabissulfito de potássio em concentrações variando de 50 a 100  $\text{mg.L}^{-1}$  (GUPTA; SHARMA, 2009). A sulfitação pode ocorrer aliada à pasteurização ou ainda ser substituída pela mesma.

#### **4.3.4 Pasteurização do mosto**

O mosto de hidromel costuma ser submetido à pasteurização com a finalidade de reduzir os microrganismos contaminantes. Os mostos geralmente são pasteurizados à 65 °C por 10 min (MENDES-FERREIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2013) ou 15 min (BÉNES, FURDÍKOVÁ; ŠMOGROVIČOVÁ, 2015) e imediatamente resfriados. Mattietto et al. (2006) sugerem ainda 100 °C por 2 min, mas tal binômio de tempo e temperatura deve ser utilizado com cautela, considerando o possível aumento do teor de hidroximetilfurfural no mosto.

#### **4.3.5 Inóculo**

A seleção do tipo de levedura para o processo fermentativo é um outro aspecto crucial pois afeta o sabor e outros parâmetros de qualidade do hidromel (GUPTA; SHARMA, 2009). Leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* são as mais comumente utilizadas na fermentação do mosto de hidromel, seja na forma de fermento para panificação ou levedura vínica selecionada.

A utilização de levedura *S. cerevisiae* na forma de fermento para panificação mostrou-se adequada à produção de hidromel com teor alcoólico desejado, utilizando-se uma concentração de inóculo de 4  $\text{g.L}^{-1}$  (ILHA et al., 2008). Quanto às leveduras



vínicas comerciais de *S. cerevisiae*, as mais recorrentes são: ENSIS-LE5 (15 g.hL<sup>-1</sup>), Lalvin QA23 e Lalvin D47, Fermol® Reims Champagne (30 g.hL<sup>-1</sup>) (ROLDÁN et al., 2011; PEREIRA et al., 2013; GOMES et al., 2015). Atualmente, os produtores de hidromel estão procurando formas de introduzir uma diversidade de aroma e sabor, aprimorando o estilo e aumentando a diferenciação do produto (CHEN et al., 2013), o que pode ser alcançado pela utilização de fermentos selecionados.

Assim como na produção de vinhos, o preparo do pé-de-cuba também é recomendado para hidroméis, já que pode diminuir a fase de adaptação da levedura às condições do mosto. O pé-de-cuba consiste em inocular a levedura em 10% do mosto (previamente pasteurizado e resfriado à temperatura geralmente inferior a 30 °C), onde será mantida por 24 h em temperatura ambiente; após o tempo necessário, o pé-de-cuba é então adicionado ao restante do mosto que foi previamente pasteurizado (MATTIETTO et al., 2006).

#### **4.3.6 Fermentação**

A fermentação e maturação do hidromel demandam tempo, levando de semanas a vários meses para se completarem, sendo a qualidade do produto final altamente variável (PEREIRA et al., 2009; MENDES-FERREIRA et al., 2010). A fermentação de uma solução de mel é dificultosa devido a sua alta concentração de açúcares derivados do mosto e a alta pressão osmótica resultante ou ainda à presença de agentes inibidores (MENDES-FERREIRA et al., 2010).

Alguns cuidados devem ser tomados durante o processo fermentativo a fim de garantir a qualidade da bebida. O volume de mosto a ser fermentado não deve ultrapassar 2/3 da capacidade total do recipiente no qual estará contido (MATTIETTO et al., 2006). O processo costuma ser conduzido em temperatura em torno de 25 °C em local ao abrigo de luz (GOMES et al., 2015; PEREIRA et al., 2009; MENDES-FERREIRA et al., 2010).

Um sistema para fermentação deve ser montado a fim de garantir a condição de anaerobiose no meio, com escape para o gás carbônico formado durante a fermentação, ao passo que impeça a entrada de oxigênio. O consumo de açúcar deve ser avaliado por meio de medidas do teor de sólidos solúveis do mosto, com auxílio de refratômetro, de modo que quando não houver mais variação nas medidas o

processo deva ser encerrado, pois indica o fim da fermentação (MATTIETTO et al., 2006). A fermentação pode ser interrompida submetendo-se o mosto à refrigeração.

#### **4.3.7 *Trasfega e clarificação***

A trasfega consiste na separação cuidadosa do líquido sobrenadante dos sedimentos do mosto, sendo este transferido para outro recipiente, geralmente por sifonação com auxílio de uma bomba à vácuo, e mantido sob refrigeração (4 °C) para futura clarificação por sedimentação. A operação pode ser repetida de 2 a 3 vezes (GUPTA; SHARMA, 2009; MATTIETTO et al., 2006; SROKA; SATORA, 2017). Soluções de bentonita ou gelatina como agentes clarificantes também são empregadas na produção de hidromel (IGLESIAS et al., 2014).

#### **4.3.8 *Engarrafamento***

O hidromel clarificado deve ser acondicionado em garrafas de vidro, previamente sanitizadas; depois de engarrafado, o produto deve ser pasteurizado em banho-maria a uma temperatura de 62,5 °C por 15 minutos, com o objetivo de cessar a fermentação e eliminar possíveis microrganismos patogênicos. Após a pasteurização, o hidromel deve ser resfriado em água corrente e pode ser armazenado em temperatura ambiente (GUPTA; SHARMA, 2009; MATTIETTO et al., 2006).

### **4.4 Controle de qualidade do hidromel**

A legislação brasileira, por meio da Instrução Normativa N° 34 do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), de 29 de novembro de 2012, complementa os padrões de identidade e qualidade de hidromel. Os parâmetros de qualidade exigidos pela referida legislação estão dispostos na Tabela 1.

Os parâmetros de qualidade básicos estabelecidos para hidromel são baseados em análises enológicas.

A doçura e o teor de etanol das bebidas também são fatores fundamentais para sua aceitabilidade pelos consumidores, sendo o conteúdo final de açúcar no hidromel

um ponto chave para a garantir sua aceitação (GOMES et al., 2015). O produto mais relevante da fermentação é o álcool, sendo o etílico o que se apresenta em maior proporção em vinhos, cerca de 95%, enquanto que outros álcoois como o metílico, o isobutílico, o isoamílico, etc. estão presentes em menores proporções, cerca de 0,50% (AQUARONE et al., 2001).

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade de hidromel estabelecidos pela IN Nº 34 do MAPA de de 20 de novembro de 2012.

<b>Parâmetro</b>	<b>Limite mín.</b>	<b>Limite máx.</b>	<b>Classificação</b>
Graduação alcoólica (% v/v a 20 °C)	4,00	14,00	–
Acidez total (meq.L <sup>-1</sup> )	50,00	130,00	–
Acidez fixa (meq.L <sup>-1</sup> )	30,00	–	–
Acidez volátil (meq.L <sup>-1</sup> )	–	20,00	–
Anidrido sulfuroso total (g.L <sup>-1</sup> )	–	0,35	–
Cinzas em (g.L <sup>-1</sup> )	1,50	–	–
Cloretos totais, em (g.L <sup>-1</sup> )	–	0,50	–
Extrato seco reduzido em (g.L <sup>-1</sup> )	7,00	–	–
Teor de açúcar em (g.L <sup>-1</sup> )	–	< 3,00	Seco
	> 3,00	–	Suave

Fonte: Adaptada de Brasil (2012).

A acidez total corresponde à soma dos ácidos tituláveis presentes na bebida quando esta é neutralizada com solução alcalina (RIZZON, 2010). Os ácidos orgânicos são uma fração importante das bebidas, pois influenciam nas propriedades sensoriais como cor, aroma e sabor, estando ainda relacionados com a estabilidade microbiológica das bebidas alcoólicas (VENTURINI-FILHO et al., 2010). Já a acidez volátil é constituída pelos ácidos orgânicos voláteis, sendo o ácido acético o principal representante, de modo que seu excesso pode transmitir à bebida um gosto avinagrado, enquanto baixos níveis de acidez volátil indicam sanidade da bebida (AQUARONE et al., 2001; NEMETH et al., 2010). A acidez fixa é dada pela diferença entre a acidez total e a acidez volátil.

No que diz respeito ao extrato seco reduzido, este é dado pelo extrato seco total – a totalidade das substâncias restantes depois do processo de

evaporação/destilação, como hidratos de carbono, glicerina, ácidos não voláteis, combinações nitrogenadas, álcoois superiores e minerais – descontado do açúcar residual superior a  $1 \text{ g.L}^{-1}$  (ARRUDA et al., 2007; MANFROI et al., 2006). A legislação vigente não preconiza a análise de extrato seco total, no entanto, a mesma, segundo Aquarone et al. (2001) envolve um aspecto sensorial da bebida associado à viscosidade, ao passo que bebidas com menos  $20,00 \text{ g.L}^{-1}$  são consideradas como leves, e acima disso encorpadas.

Quanto às cinzas, estas representam a fração mineral da bebida; já o teor de cloretos, quando em excesso, pode indicar a adição de ácido clorídrico no mosto para acidificar, o que não é permitido; por fim, o anidrido sulfuroso total ( $\text{SO}_2$ ) corresponde à soma do dióxido de enxofre livre mais o combinado existente na bebida, podendo indicar se o metabissulfito foi administrado em excesso durante a sulfitação (RIZZON, 2010).

Na literatura poucos trabalhos reportam a caracterização do hidromel com base nas análises supracitadas. Outros parâmetros ainda podem ser avaliados a fim de verificar a identidade do produto, embora técnicas químicas avançadas, como cromatografia líquida de alta eficiência ou gasosa, sejam aplicadas com relativa frequência por diversos pesquisadores, a fim de se determinar as frações voláteis e não-voláteis da bebida.

A análise sensorial também precisa ser explorada com maior frequência nos estudos com hidromel, seja para verificar sua aceitação por parte de consumidores em potencial, como também pela necessidade de se determinar atributos sensoriais da bebida fazendo-se uso de painéis sensoriais com provadores treinados aliados a inferências instrumentais.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Matéria-prima

Foram utilizados 6 L de mel da abelha africanizada coletados na safra do primeiro trimestre de 2017, oriundos de um apiário localizado em mata nativa de Caatinga, no município de Russas-CE (latitude: 4° 56' 21" S; longitude: 37° 58' 43" O) e armazenados à temperatura ambiente até o momento do uso. O mesmo volume do mel de jandaíra, também coletado na safra do primeiro trimestre de 2017, porém armazenado sob refrigeração, foram originários de meliponários localizados também em mata nativa de Caatinga, nos municípios de Limoeiro do Norte – CE (latitude: 5° 8' 56" S; 38° 5' 52" O), São Gonçalo do Amarente – CE (latitude: 3° 36' 26" S; longitude: 38° 58' 26" O) e Ipueiras – CE (latitude: 7° 1' 60" S; longitude: 40° 27' 0" O), cujos méis constituíram um *blend* em partes de igual proporção (1:1:1). Ambos os méis foram fracionados em três lotes, que constituíram as repetições necessárias para a caracterização dos mesmos.

Foram empregadas duas cepas de levedura no processo fermentativo, sendo uma da espécie *Saccharomyces cerevisiae* na forma de fermento biológico seco para panificação (Fleischmann®), e outra comercial utilizada na produção de vinho, da espécie *Saccharomyces bayanus* (Red Star®, Premier Blanc), ambas codificadas como F e P, respectivamente.

### 5.2 Delineamento experimental

Os hidroméis foram elaborados em três repetições compostas por quatro tratamentos: AF – Mel de abelha africanizada fermentado com *S. cerevisiae* (F); AP – Mel de abelha africanizada fermentado com *S. bayanus* (P); MF – Mel de jandaíra fermentado com *S. cerevisiae* (F); e MP – Mel de jandaíra fermentado com *S. bayanus* (P).

### 5.3 Análises microbiológicas dos méis

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus* Cuité. Os méis

foram submetidos à contagem padrão em placas de bolores e leveduras, além da determinação de coliformes a 35 e 45 °C pela técnica do Número Mais Provável (NMP), utilizando-se a metodologia descrita por Silva et al. (2007).

#### **5.4 Análises físico-químicas dos méis**

Os méis das abelhas africanizada e jandaíra foram analisados, em triplicata, no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus Cuité*, no Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – *Campus Currais Novos* e no Laboratório de Produtos das Abelhas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Sobral*.

##### **5.4.1 Umidade**

A umidade foi determinada segundo o método descrito pelo Laboratório Nacional de Referência Animal (1981). O princípio do método baseia-se na conversão do índice de refração do mel a 20 °C. Duas gotas de mel foram colocadas sobre o prisma do refratômetro ABBE (Biobrix, modelo 2AW-J) e a leitura feita na escala de índice de refração, de modo que o valor obtido foi corrigido adicionando-se 0,00023 para cada grau acima de 20 °C, para então ser convertido em porcentagem de umidade a partir da tabela de Chataway.

##### **5.4.2 Atividade de água (Aa)**

A análise de Aa foi feita colocando-se uma quantidade suficiente de amostra na cápsula do equipamento (Decagon, modelo Aqualab 4TE). A leitura foi dada diretamente pelo aparelho.

##### **5.4.3 Açúcares redutores**

Os açúcares redutores foram determinados pelo método de Lane-Eynon descrito pelo LANARA (1981), que se baseia na redução do cobre alcalino (licor de Fehling) a óxido cuproso sob ebulição. Cada amostra foi preparada da seguinte

maneira: inicialmente 10 g de mel foram diluídos em água em um balão volumétrico de 50 mL; desta solução, uma alíquota de 2 mL foi pipetada para um balão volumétrico de 100 mL e aferido com água destilada; após a aferição, esta solução foi transferida para uma bureta de 25 mL. Em seguida, 5 mL de solução padrão de Fehling A e 5 mL de solução padrão de Fehling B foram adicionadas a um erlenmeyer de 250 mL, juntamente com 40 mL de água destilada e algumas pérolas de vidro, sendo a mistura submetida ao aquecimento; no momento em que a mistura entrou em ebulição, foram adicionadas duas gotas de azul de metileno a 1% como indicador, e procedeu-se rapidamente à titulação com a solução de mel obtida anteriormente. O ponto de viragem foi indicado pela descoloração do indicador, de modo que a cor da mistura passa de azul para incolor, com um precipitado de coloração vermelho-tijolo. O volume gasto da solução de mel foi aplicado na Equação 1.

$$\% \text{ açúcares redutores} = \frac{F \times f \times 100}{V} \quad (1)$$

Em que:

$F$  = Fator de diluição da solução (250);

$f$  = Fator de correção das soluções de Fehling;

$V$  = Volume gasto da solução de mel.

#### **5.4.4 Sacarose aparente**

A sacarose aparente foi determinada também pelo método de Lane-Eynon descrito pelo LANARA (1981), porém a análise requer uma etapa adicional de acidificação, a fim de hidrolisar a sacarose (açúcar não-redutor) em glicose e frutose (açúcares redutores), possibilitando a sua determinação pelo método titulométrico de óxido-redução.

Cada amostra foi preparada da seguinte maneira: inicialmente 10 g de mel foram diluídos em água em um balão volumétrico de 50 mL; desta solução, uma alíquota de 2 mL foi transferida para um béquer de 100 mL contendo 40 mL de água destilada, adicionando-se ainda 1 mL de ácido clorídrico (HCl) concentrado; a mistura foi então levada ao banho-maria ajustado à 60 °C por 1 h; em seguida, a mistura foi neutralizada com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 40% e transferida para um balão volumétrico de 100 mL, cujo volume foi aferido com água destilada. O

procedimento da titulação foi o mesmo descrito para a determinação de açúcares redutores, no entanto o cálculo foi feito mediante a Equação 2.

$$\% \text{ sacarose aparente} = \left[ \%AR \left( \frac{F \times f \times 100}{V} \right) \right] \times 0,95 \quad (2)$$

Em que:

$\%AR$  = Porcentagem de açúcares redutores;

$F$  = Fator de diluição da solução (250);

$f$  = Fator de correção das soluções de Fehling;

$V$  = Volume gasto da solução de mel.

0,95 = Fator de conversão das hexoses para a sacarose.

#### **5.4.5 Acidez total**

A acidez total foi avaliada pelo método potenciométrico, conforme técnica descrita pelo LANARA (1981). Utilizou-se a mesma solução preparada para a análise de pH, na qual foi adicionada solução padronizada de NaOH 0,1 N até pH 8,3, sendo o volume gasto aplicado na Equação 3.

$$\text{Acidez total (mEq.Kg}^{-1}\text{)} = V \times f \times 100 \quad (3)$$

Em que:

$V$  = Volume gasto da solução de NaOH 0,1 N;

$f$  = Fator de correção da solução de NaOH.

#### **5.4.6 pH**

O pH das amostras foi determinado em potenciômetro digital (Thermo Scientific, Orion Star A215) conforme técnica descrita pelo LANARA (1981). Pesaram-se 10 g de amostra, a qual foi diluída em 75 mL de água destilada fervida recentemente e resfriada. Procedeu-se com a leitura no potenciômetro, previamente calibrado com solução tampão de pH 4,00.

#### **5.4.7 Cinzas**



A determinação das cinzas fundamenta-se na perda de massa que ocorre quando o produto é incinerado a 600 °C, de modo que a matéria orgânica do mesmo é destruída, sem considerável decomposição dos constituintes minerais (LANARA, 1981). Para avaliar tal parâmetro, foram pesados 2 g de mel em cadinhos previamente incinerados a 600 °C/30 min e tarados. Após a pesagem, as amostras foram carbonizadas em chapa aquecedora e em seguida calcinadas em forno mufla (Jung, modelo LF0612) a 600 °C por 3 h. Os cadinhos foram resfriados em dessecador e logo em seguida pesados. Após a primeira pesagem, os cadinhos voltaram para a mufla por mais 1h, repetindo-se os procedimentos de resfriamento e pesagem até peso constante. O cálculo da porcentagem de cinzas foi feito mediante a fórmula descrita pela Equação 4.

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{P \times 100}{P'} \quad (4)$$

Em que:

$P$  = Massa das cinzas em g

$P'$  = Massa da amostra em g.

#### **5.4.8 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica foi determinada a partir de uma solução de mel a 20% sobre sua matéria seca, utilizando-se um condutivímetro de alta resistência (Digimed, modelo DM-32).

#### **5.4.9 Vitamina C**

O teor de vitamina C do mel foi obtido pelo método titulométrico de Tillmans, descrito por Strohecker e Henning (1967), o qual fundamenta-se na redução 2-6-diclofenoil-indofenol (DFI) pelo ácido ascórbico.

A análise foi conduzida em ambiente escuro, afim de minimizar possíveis perdas de vitamina C. Inicialmente preparou-se o extrato da seguinte maneira: 5 g de mel foram pesados em um béquer de 50 mL, e transferidas para um balão volumétrico de 100 mL com o auxílio de cerca de 30 mL de uma solução de ácido oxálico a 0,5% refrigerada, sendo o balão aferido com esta mesma solução; em seguida o extrato foi

filtrado. Em um erlenmeyer de 125 mL, foram pipetados 5 mL do extrato filtrado e adicionados 45 mL de água destilada, procedendo-se então com a titulação da solução refrigerada de DFI a 0,02% até o ponto de viragem de coloração rosa clara persistente por 15 segundos. Os resultados foram expressos em  $\text{mg.Kg}^{-1}$  de mel.

#### **5.4.10 Hidroximetilfurfural (HMF)**

A determinação de HMF foi feita segundo o método proposto pela Association of Official Analytical Chemists (1990) e baseou-se na determinação da diferença de absorbância a 284 nm e 336 nm de uma solução aquosa de mel clarificada, contra uma referência da solução aquosa do mesmo mel, na qual o cromóforo do HMF foi destruído pelo bissulfito.

Pesaram-se 5 g do mel em um béquer de 50 mL, os quais foram transferidos para um balão volumétrico de 50 mL com auxílio de cerca de 25 mL de água destilada. Adicionou-se 0,5 mL de solução de Carrez I e 0,5 mL de solução de Carrez II, sendo o volume restante do balão completado com água destilada. A solução foi filtrada, descartando-se os primeiros 10 mL. Do filtrado, pipetaram-se 10 mL para dois tubos de ensaio (5 mL em cada tubo). Em um dos tubos adicionaram-se 5 mL de água destilada (amostra) e em outro adicionaram-se 5 mL de uma solução de bissulfito de sódio 0,2% recém preparada (referência). Os tubos foram agitados em vortex por 3 min, e as leituras de absorbância foram determinadas em cubetas de quartzo de 1 cm, em espectrofotômetro UV/VIS (VDUNSKY, modelo UV-5100) nos comprimentos de onda de 284 e 336 nm. Os resultados foram expressos segundo a Equação 5.

$$\text{HMF (mg.Kg}^{-1}\text{)} = |\text{Abs}_{284} - \text{Abs}_{336}| \times 149,7 \quad (6)$$

Em que:

$\text{Abs}_{284}$  = Absorbância a 284 nm;

$\text{Abs}_{336}$  = Absorbância a 336 nm;

149,7 = Constante do HMF.

#### **5.4.11 Atividade diastásica**

A análise de atividade diastásica foi feita segundo os procedimentos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). É uma técnica baseada na leitura, em espectrofotômetro, da descoloração de uma solução de amido, iodo e mel sob condições controladas. Foram pesados 10 g de mel em um béquer de 50 mL e dissolvidos com 15 mL de água destilada, adicionando-se também 5 mL da uma solução-tampão de acetato de sódio pH 5,3, sendo a mistura transferida para um balão volumétrico de 50 mL, contendo 3 mL de solução de cloreto de sódio 0,5 M; aferiu-se o balão com água destilada.

Pipetou-se 5 mL de uma solução padrão de amido solúvel a 0,45% recém preparada (esta concentração foi obtida mediante testes prévios, em que a solução de amido foi misturada com uma solução de iodo a 0,00035 M, a fim de se obter uma absorbância inicial em torno de 0,760, no comprimento de onda de 660 nm, utilizando-se água como branco) em um tubo contendo 10 mL da solução tamponada de mel, deixando-se em banho-maria a 40 °C por 15 minutos, agitando-se periodicamente. A cada 5 min, em uma proveta com tampa, de 50 mL, foi pipetada uma alíquota de 1 mL da solução contida no tubo e 10 mL de uma solução de iodo a 0,00035 M. Ambas foram misturadas e a absorbância da amostra foi determinada em cubeta de vidro de 1 cm, no comprimento de onda de 660 nm em espectrofotômetro (Bel Photonics, modelo SP 1102) até que se obtivesse um valor de absorbância inferior a 0,235. Uma curva-padrão de absorbância *versus* o tempo em minutos foi construída, traçando-se uma linha reta para determinar o tempo em que a reação alcançou a absorbância de 0,235. O resultado foi expresso em unidade de Gothe por g de mel, segundo a Equação 6.

$$\text{Atividade diastásica} = \frac{300}{t_x} \quad (6)$$

Em que:

$t_x$  = Tempo de reação, em minutos.

#### **5.4.12 Polifenóis extraíveis totais**

O conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) foi determinado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu descrito por Obanda e Owuor (1997). Previamente, o extrato foi preparado da seguinte forma: pesaram-se 5 g de mel, que foram diluídos em uma solução metanólica a 50% e o volume aferido em um balão volumétrico de

50 mL, sendo, em seguida, filtrado em papel de filtro quantitativo. Para a determinação dos PET, 1 mL do extrato foi misturado com 1 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (1:3), 2 mL solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. A mistura foi mantida no escuro por 1 h e em seguida a absorbância foi determinada a 700 nm em espectrofotômetro (Bel Photonics, modelo SP 1102), utilizando-se água destilada em substituição à amostra. Uma curva-padrão de ácido gálico ( $R^2 = 0,9998$ ) foi construída, com concentrações variando de 10 a 50  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ . Os resultados foram expressos em equivalente em mg de ácido gálico (EAG). $\text{Kg}^{-1}$  de mel.

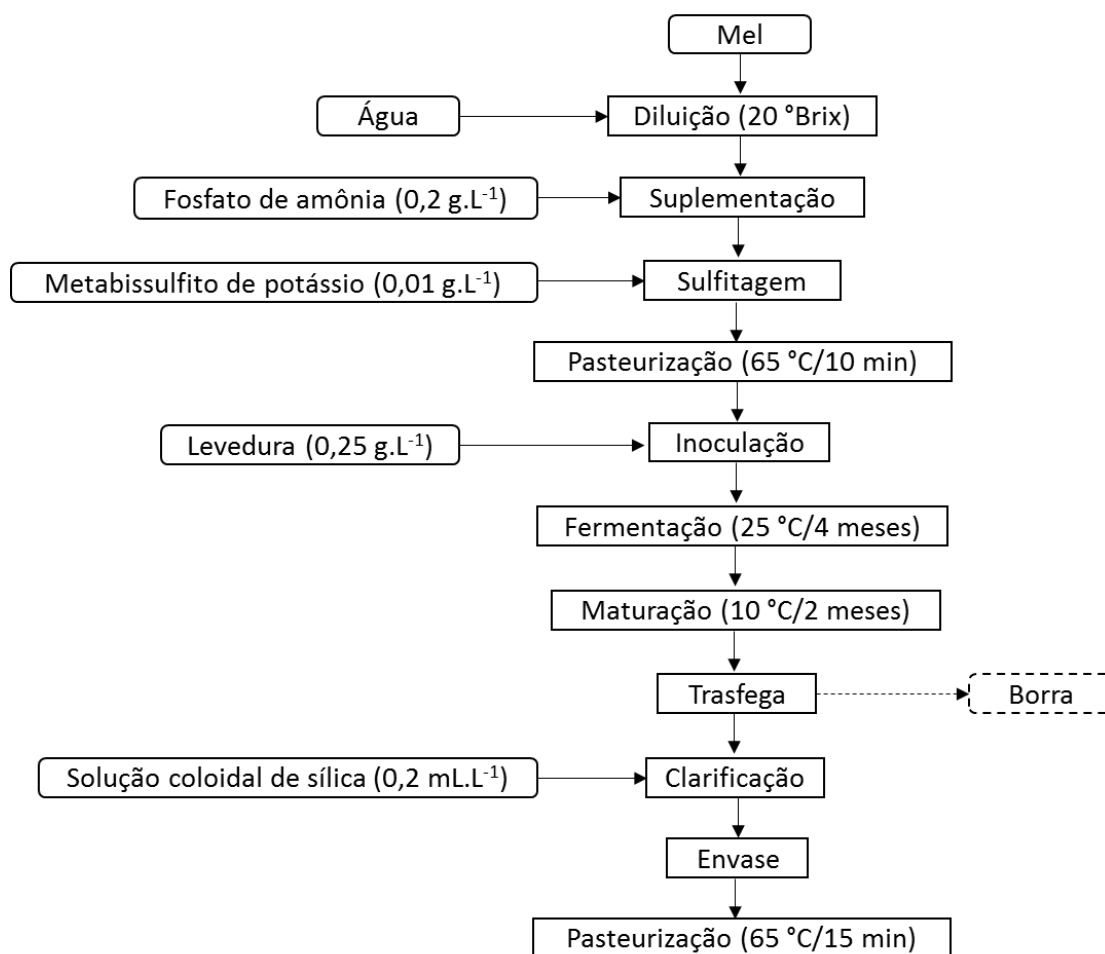
#### **5.4.13 Cor**

A cor dos méis foi avaliada e classificada de acordo com a escala de Pfund, cujas cores variam do branco-água ao âmbar escuro. Alíquotas de cerca de 4 mL de mel foram lidas diretamente em um fotômetro analisador de cor de mel (Hanna Instruments, modelo C 221), utilizando-se a glicerina como branco, sendo as leituras dadas em mm Pfund.

#### **5.5 Produção dos hidroméis**

As etapas que compreenderam a produção dos hidroméis, desde à formulação dos mostos e processo fermentativo até as etapas de pós-fermentação, podem ser observadas no fluxograma da Figura 01.

Figura 1 – Fluxograma de produção dos hidroméis.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.5.1 Formulação dos mostos de hidromel

Os hidroméis foram formulados no Laboratório de Técnica Dietética da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus Cuité*.

Inicialmente o teor de sólidos solúveis totais dos méis foi corrigido para 20 °Brix, pela diluição dos méis em água mineral, a partir de cálculos de balanço de massa.

Após a diluição de cada mel, foram adicionados ao mosto: fosfato dihidrogênio de amônia na concentração 0,2 g.L<sup>-1</sup>, com a finalidade de fornecer nitrogênio para as leveduras, haja vista que o mel é pobre em nitrogênio; e 0,01 g.L<sup>-1</sup> de metabissulfito de potássio, com o intuito de prevenir/inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, principalmente bactérias.

### 5.5.2 Pasteurização

Os mostos foram submetidos à pasteurização em banho-maria a 65 °C/10 min, e imediatamente resfriados a aproximadamente 30 °C.

### 5.5.3 Inoculação

As cepas F (*S. cerevisiae*) e P (*S. bayanus*), utilizadas como agentes de fermentação, foram inoculadas diretamente nos mostos a uma concentração de 0,25 g.L<sup>-1</sup>, com hidratação prévia em 50 mL de água destilada a 30 °C, conforme recomendações do fabricante.

### 5.5.4 Fermentação

A fermentação foi conduzida a 25 °C por um período de 4 meses, em recipientes de polipropileno com capacidade de 3 L (cujo volume de mosto a ser adicionado não ultrapassou 2/3 da capacidade total), adaptados com torneiras plásticas, para coleta de amostras, além de *air-locks* contendo álcool 70%, para impedir a entrada de oxigênio durante o processo, garantindo a condição anaeróbica, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Recipientes utilizados como reatores no processo fermentativo do hidromel.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### **5.5.5 Maturação**

Ao término da fermentação, os mostos foram mantidos por mais 60 dias, sob refrigeração a  $10 \pm 2$  °C para maturação.

### **5.5.6 Trasega**

Após o período de fermentação e maturação, os mostos fermentados foram decantados sob refrigeração a  $4 \pm 2$  °C por 48 h, e os sobrenadantes (hidroméis) foram transferidos para outros recipientes devidamente higienizados.

### **5.5.7 Clarificação**

Os hidroméis foram tratados com uma solução coloidal de sílica (Biofine Clear), aplicada, sob leve agitação, na superfície dos hidroméis numa concentração de 1 mL.L<sup>-1</sup> de bebida, conforme a recomendação do fabricante. Após a aplicação, os hidroméis foram mantidos sob refrigeração por mais 48 h, para que então a bebida pudesse ser envasada.

### **5.5.8 Envase**

O envase da bebida foi feito em garrafas de vidro de cor âmbar/verde, prévia e devidamente higienizadas com água e detergente neutro e mergulhadas em água fervente por 1 min.

### **5.5.9 Pasteurização da bebida**

A pasteurização das bebidas foi realizada mediante banho-maria a 65 °C por 15 min, seguida de resfriamento imediato com água gelada. Ao final os hidroméis foram armazenados em refrigerador doméstico, onde permaneceram até a realização das análises físico-químicas.

## 5.6 Análises físico-químicas dos hidroméis

As análises físico-químicas dos hidroméis foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus Cuité* e ao Laboratório de Química de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Limoeiro do Norte*, todas em triplicata.

### 5.6.1 Densidade relativa a 20 °C

A densidade relativa das bebidas foi determinada por densimetria, utilizando-se picnômetros de 25 mL com termômetros, adotando-se a metodologia descrita pelo IAL (2008) para bebidas alcoólicas fermentadas.

Inicialmente pesou-se o picnômetro (previamente lavado com álcool absoluto e seco naturalmente) e, em seguida, completou-se o volume do mesmo com água destilada fria. Esperou-se que a temperatura da água chegasse a 20°C, tomando-se o cuidado de secar a água de condensação na superfície da vidraria, para que o picnômetro com água fosse pesado.

A água foi desprezada e o picnômetro foi lavado com um pouco de amostra, para então ser completado com a mesma, também à baixa temperatura. Esperou-se que a temperatura da amostra alcançasse 20°C, procedendo-se com a pesagem do picnômetro contendo a amostra. O cálculo da densidade relativa foi feito de acordo com a Equação 07:

$$\text{Densidade relativa a } 20\text{ }^{\circ}\text{C (g.cm}^{-3}\text{)} = \frac{(M_h - M_{pic})}{(M_a - M_{pic})} \quad (7)$$

Em que:

$M_h$  = Massa do picnômetro com o hidromel

$M_a$  = Massa do picnômetro com a água destilada

$M_{pic}$  = Massa do picnômetro



### 5.6.2 Grau alcoólico real a 20 °C

A análise de grau alcoólico real fundamenta-se na destilação do álcool da amostra e posterior quantificação pela medida da densidade relativa do destilado a 20 °C (IAL, 2008).

Inicialmente um balão volumétrico de 100 mL foi aferido com hidromel previamente ajustado à temperatura de 20 °C. O conteúdo do balão volumétrico foi transferido para um balão de destilação, lavando-se quatro vezes o resíduo do balão volumétrico com pequenas porções de água destilada. Procedeu-se, então, com a destilação da amostra. O destilado foi recolhido em um Erlenmeyer de 125 mL até um volume aproximado de 75 mL e transferido para o balão volumétrico usado inicialmente, com o auxílio de água destilada, o qual foi aferido com a mesma. Determinou-se a densidade relativa do destilado à 20 °C e o resultado da graduação alcoólica foi obtida a partir de interpolações de valores tabelados que relacionam a densidade relativa do destilado à graduação alcoólica a 20 °C (% v/v).

### 5.6.3 Acidez total titulável

Adotou-se o método descrito pelo IAL (2008). Pipetou-se 10 mL de amostra em erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 100 mL de água destilada e 4 gotas de fenolftaleína. A amostra foi titulada com uma solução padronizada de NaOH a 0,1 N até o aparecimento de uma coloração rósea persistente. Os resultados foram obtidos segundo a Equação 8 e expressos como mEq.L<sup>-1</sup>,

$$\text{Acidez total titulável (mEq.L}^{-1}\text{)} = \frac{n \times f \times N \times 1000}{V} \quad (8)$$

Em que:

$n$  = Volume em mL de solução de NaOH gasto na titulação;

$f$  = Fator de correção da solução de NaOH;

$N$  = Normalidade da solução de NaOH;

$V$  = Volume da amostra.

#### **5.6.4 Acidez volátil**

A determinação da acidez volátil foi feita por volumetria, após a destilação da amostra (IAL, 2008).

A partir do destilado do hidromel obtido na determinação do grau alcoólico real, pipetou-se 10 mL do mesmo e procedeu-se com a titulação com solução padronizada de NaOH, utilizando-se fenolftaleína como indicador. O cálculo empregado foi o mesmo da Equação 8.

#### **5.6.5 Acidez fixa**

A acidez fixa foi obtida pela diferença entre a acidez total titulável e a acidez volátil, com os resultados expressos em  $\text{mEq.L}^{-1}$  (IAL, 2008).

#### **5.6.6 pH**

A determinação do pH foi feita por medição direta em pHmetro digital (Gehaka, modelo PG 1800), previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,00 e 7,00.

#### **5.6.7 Açúcares redutores**

A determinação dos açúcares redutores foi realizada pelo método espectrofotométrico do DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico) conforme Miller (1959). Primeiramente a amostra foi convenientemente diluída em água destilada, e em seguida, pipetou-se uma alíquota de 1 mL da diluição em um tubo de ensaio juntamente com 1 mL da solução de DNS; a mistura foi homogeneizada em agitador vórtex e submetida a banho-maria fervente por 5 min. Após o tempo de reação, a mistura foi resfriada e acrescida de 8 mL de água destilada. A absorbância foi lida a 540 nm, utilizando-se um branco com água e DNS, em espectrofotômetro (Bel Photonics, modelo SP 1102). Uma curva-padrão de glicose ( $R^2 = 0,9995$ ) foi construída, com concentrações variando de 0,1 a 1  $\text{g.L}^{-1}$ . Os resultados foram expressos em  $\text{g.L}^{-1}$  de hidromel.

### 5.6.8 Extrato seco total

Utilizou-se o método gravimétrico, baseado na evaporação e secagem da amostra em estufa, conforme IAL (2008).

Inicialmente uma alíquota de 20 mL da hidromel foi transferida para uma cápsula de porcelana de 150 mL, previamente seca a 105 °C/1 h e tarada; a amostra foi evaporada em chapa aquecedora até consistência aparentemente seca ou xaroposa. Os resíduos foram aquecidos em estufa a 105°C por 1h, em seguida resfriados em dessecador e pesados, repetindo-se tais procedimentos até peso constante. O cálculo do resultado foi expresso de acordo com a equação 9.

$$\text{Extrato seco total (g.L}^{-1}\text{)} = \frac{1000 \times N}{V} \quad (9)$$

Em que:

$N$  = massa do resíduo em g;

$V$  = volume da amostra em mL.

### 5.6.9 Extrato seco reduzido

O extrato seco reduzido foi obtido pela diferença entre o valor do extrato seco total e o teor de açúcares totais e sulfatos totais que excedem a concentração de 1 g.L<sup>-1</sup> (IAL, 2008), conforme a equação 10.

$$\text{Extrato seco reduzido} = ES - (A - 1) - (S - 1) \quad (10)$$

Em que:

$ES$  = Extrato seco total, em g.L<sup>-1</sup>;

$A$  = Açúcares totais, em g.L<sup>-1</sup>

$S$  = Sulfatos totais, em g.L<sup>-1</sup> (despreza-se esse termo, quando o teor de sulfatos for menor que 1 g.L<sup>-1</sup>).

### 5.6.10 Sulfatos totais

O teor de sulfatos totais foi determinado pelo método aproximativo de Marty (semiquantitativo). O conteúdo de sulfatos foi estimado tratando-se a amostra com quantidades conhecidas de cloreto de bário. O precipitado de sulfato de bário formado

foi, então, separado por filtração. No filtrado, os sulfatos ou o cloreto de bário residuais foram precipitados adicionando-se cloreto de bário e ácido sulfúrico, respectivamente (IAL, 2008).

Foram pipetados 10 mL de hidromel em 3 tubos de ensaio (A, B e C) e aqueceu-se em banho-maria fervente durante 30 min, para eliminação do ácido acético. Foram adicionadas 3,5, 5 e 7,5 mL do Licor de Marty aos tubos A, B e C, respectivamente. Os tubos foram agitados e levados ao banho-maria em ebulição por mais 5 min, sendo em seguida resfriados em banho de gelo, e o conteúdo dos mesmos foi filtrado. Dividiu-se o líquido filtrado de cada tubo em 2 volumes iguais nos tubos: a e a', b e b', c e c'. Adicionou-se em um dos tubos 1 mL de uma solução de cloreto de bário a 10% e, no outro, 1 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,5 M. Os resultados foram interpretados de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2– Teor de sulfatos totais.

Ensaio	Bebida (mL)	Adição de		Conclusão
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>	
3,5 mL de licor de Marty	10,00	Turvo	Límpido	< 0,7 g.L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
		Límpido	Turvo	> 0,7 g.L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
5,0 mL de licor de Marty	10,00	Turvo	Límpido	< 1,0 g.L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
		Límpido	Turvo	> 1,0 g.L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
7,5 mL de licor de Marty	10,00	Turvo	Límpido	< 1,5 g.L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
		Límpido	Turvo	> 1,5 g.L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

Fonte: Adaptada de Rizzon (2010).

### 5.6.11 Cinzas

Adotou-se a metodologia descrita pelo IAL (2008). Adicionou-se 5 mL de hidromel em cadinho previamente incinerado a 550 °C/1 h e pesado. A amostra foi lentamente evaporada em chapa aquecedora e em seguida carbonizada. O cadinho contendo a amostra carbonizada foi, então, incinerado em mufla (Jung, modelo LF0612) a 550 °C/3 h. Após incineração, os cadinhos foram resfriados em dessecador e logo em seguida pesados. Após a primeira pesagem, os cadinhos voltaram para a mufla por mais 1 h, repetindo-se os procedimentos de resfriamento e pesagem até peso constante. Calculou-se o resultado das cinzas por meio da equação 12.

$$\text{Cinzas (g.L}^{-1}\text{)} = \frac{1000 \times N}{V} \quad (12)$$

Em que:

$N$  = massa das cinzas em g;

$V$  = massa da amostra em g.

### **5.6.13 Dióxido de enxofre total**

A determinação de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) total foi feita segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (2004). O princípio da técnica é baseado na liberação do SO<sub>2</sub> em meio alcalino e depois em meio ácido, com posterior oxidação pelo iodo até coloração azul, utilizando-se o amido como indicador. Em um Erlenmeyer de 250 mL com tampa, foram pipetados 50 mL de hidromel juntamente com 25 mL de NaOH 1 N. A mistura foi agitada vigorosamente e depois mantida em repouso por 15 min, ao término dos quais, adicionou-se 2 mL de uma solução de amido a 1 % (preparada recentemente) e 5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 30%. Em seguida a amostra foi titulada com uma solução de iodo a 0,02 N até coloração azul persistente. O resultado, expresso em mg.L<sup>-1</sup>, foi obtido a partir da Equação 13.

$$\text{SO}_2 \text{ total (mg.L}^{-1}\text{)} = \frac{V \times N \times 32 \times 1000}{A} \quad (13)$$

Em que:

$V$  = volume gasto da solução de iodo na titulação em mL;

$N$  = normalidade da solução de iodo;

32 = um mEq de iodo (127 mg) oxida 32 mg de SO<sub>2</sub>;

$A$  = volume de amostra em mL.

### **5.6.13 Turbidez**

As medidas de turbidez foram feitas em turbidímetro de bancada (Policontrol, modelo AP-2000), previamente calibrado com soluções-padrão de 0,02, 10, 100 e 1000 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU).

### **5.6.14 Cor**

A determinação instrumental da cor do hidromel foi feita em colorímetro portátil (Hunter Lab, modelo MINISCAN EZ-MSEZ0506), com base no sistema CIELAB, mensurando-se as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A partir dos dados das coordenadas obtidos anteriormente, calcularam-se os valores de cromaticidade ( $C^*$ ) e tonalidade ( $^{\circ}H$ ) segundo McGuire (1992).

No sistema de cor CIELAB,  $L^*$  representa a luminosidade, cujos valores variam do 0 (preto) a 100 (branco); enquanto  $a^*$  positivo indica o vermelho e o negativo o verde, ao passo que  $b^*$  positivo representa o amarelo e o negativo o azul. Já os parâmetros  $C^*$  e  $^{\circ}H$  são derivados das coordenadas colorimétricas anteriormente citadas, em que  $C^*$  é corresponde à cromaticidade ou saturação/vivacidade da cor e o ângulo  $^{\circ}H$  indica a tonalidade da cor. O centro do espaço de cor CIELAB é acromático e a saturação da cor vai aumentando à medida que os valores se afastam da origem (OLIVEIRA; SOUZA; MAMEDE, 2011).

## **5.7 Análise estatística**

As análises foram realizadas em triplicata, com resultados expressos como média  $\pm$  desvio-padrão. Os dados dos parâmetros físico-químicos dos méis foram avaliados pelo teste t de Student, enquanto que os dados das análises físico-químicas dos hidroméis foram submetidos à análise de variância ANOVA, e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software* Statística versão 7.0.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análises microbiológicas dos méis

Os resultados obtidos na avaliação microbiológica demonstraram que os méis avaliados não apresentavam contaminação por bactérias do grupo dos coliformes (Tabela 3), indicando que os méis foram manipulados sob condições higiênico-sanitárias satisfatórias. Périco et al. (2011), avaliando as condições higiênicas sanitárias de 30 amostras de méis comercializados no Paraná, verificaram que todas apresentaram ausência de coliformes e associaram este resultado à aplicação das boas práticas durante sua extração e processamento; bem como Pinheiro et al. (2018) que, ao avaliarem a qualidade microbiológica do mel de jandaíra, encontraram resultados semelhantes.

Tabela 3 - Resultados das análises microbiológicas dos méis das abelhas africanizada e jandaíra.

Parâmetro	Méis analisados	
	Africanizada	Jandaíra
<b>Coliformes a 35 °C (NMP.g<sup>-1</sup>)</b>	<3	<3
<b>Coliformes a 45 °C (NMP.g<sup>-1</sup>)</b>	<3	<3
<b>Bolores e leveduras (UFC.g<sup>-1</sup>)</b>	3,0 x 10 <sup>2</sup>	5,9 x 10 <sup>3</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda em termos comparativos, Reges (2014) reporta resultados semelhantes aos do presente estudo, já que constatou ausência tanto de coliformes totais quanto termotolerantes em amostras de méis de abelha africanizada e de jandaíra ofertados pelo comércio da região do Baixo Jaguaribe cearense.

As características microbiológicas dos méis podem ser comprometidas durante a sua produção pelas próprias abelhas, por meio da introdução de microrganismos ao adentrar na colmeia ou mesmo durante suas operações de limpeza, dando origem ao grupo de microrganismos peculiares, ou seja, que estão presentes naturalmente no mel, como por exemplo, os bolores e leveduras; porém, sua qualidade comercial é afetada principalmente por contaminação externa originária principalmente do ambiente, dos equipamentos ou utensílios, além da manipulação excessiva ou falhas

nos procedimentos higiênicos adotados durante a extração e beneficiamento, que resultam na inclusão de microrganismos patogênicos ao produto, dentre eles, os coliformes termotolerantes (DAVID et al., 2017; ALVES et al. 2011).

A legislação brasileira vigente que determina os padrões de qualidade para mel destinado ao consumo, não estabelece valores máximos para contaminantes de microbiológicos, mas determina que o produto deva se apresentar livre de contaminação por agentes estranhos de qualquer natureza (BRASIL, 2000).

Os méis analisados apresentaram baixas contagens de bolores e leveduras, de modo que o mel de jandaíra apresentou uma contagem mais elevada quando comparado ao mel de abelha africanizada, no entanto, o valor se apresentou inferior ao limite de  $10^4$  proposto como máximo tolerável para mel de abelhas sem ferrão (CAMARGO; OLIVEIRA; BERTO, 2017).

Pontara et al. (2012) verificaram contagens inferiores de bolores e leveduras em mel de abelhas africanizadas, com valores de apenas  $<10^1$ ; contudo em méis de abelhas sem ferrão avaliados por Pinheiro et al. (2018), que avaliaram 35 amostras de méis de jandaíra, encontraram contagens superiores em 22,86% das amostras, com valores superiores a  $1,0 \times 10^4$  e atribuíram esta elevação a sua característica própria de possuir elevada umidade.

Até certo ponto, a alta contagem de leveduras pode ser benéfica no mel de jandaíra, pois, de maneira geral, o mel das abelhas sem ferrão é reconhecido por conter, naturalmente, altas contagens de leveduras, especialmente osmofílicas. Tais microrganismos – adaptados ao mel com o qual coevoluíram –, ao se multiplicarem no mel, competem com outros, inclusive patogênicos, atribuindo segurança a esse alimento para que possa ser consumido após a maturação do mel, de modo que a quantidade de ácido produzida com o avanço da fermentação, tornará o mel inóspito para a própria levedura; recentemente o método da maturação tem sido aplicado alternativamente à desumidificação, pasteurização e refrigeração para conservação do mel de abelhas (VILLAS-BÔAS, 2018).

Outro ponto a favor da contagem de bolores e leveduras no mel de jandaíra é o fato de que determinados microrganismos poderiam ser isolados para fins biotecnológicos, sobretudo para a produção de bebidas alcoólicas. Recentemente Silva (2016a) isolou leveduras a partir de produtos de abelhas sem ferrão e obteve resultados satisfatórios ao usá-las para a produção de hidromel, com o intuito de produzir um fermento que fosse mais adequado ao hidromel, haja vista que os



fermentos disponíveis comercialmente para bebidas alcoólicas menos tradicionais são mais adequados para bebidas mais consolidadas, como por exemplo o vinho.

## 6.2 Análises físico-químicas dos méis

Os resultados médios dos parâmetros físico-químicos dos méis de abelhas africanizada e jandaíra estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas dos méis.

Parâmetro	Amostra	
	<i>Africanizada</i>	<i>Jandaíra</i>
<b>Umidade (%)</b>	18,30 <sup>b</sup> ± 0,17	32,07 <sup>a</sup> ± 0,76
<b>Atividade de água</b>	0,63 <sup>b</sup> ± 0,01	0,76 <sup>a</sup> ± 0,01
<b>Açúcares redutores (g.100 g<sup>-1</sup>)</b>	70,74 <sup>a</sup> ± 0,39	59,36 <sup>b</sup> ± 0,49
<b>Sacarose aparente (g.100 g<sup>-1</sup>)</b>	1,48 <sup>a</sup> ± 0,87	2,30 <sup>a</sup> ± 0,36
<b>Acidez total (mEq.Kg<sup>-1</sup>)</b>	33,46 <sup>a</sup> ± 0,44	21,56 <sup>b</sup> ± 1,24
<b>pH</b>	3,48 <sup>b</sup> ± 0,04	3,77 <sup>a</sup> ± 0,04
<b>Cinzas (%)</b>	0,05 <sup>a</sup> ± 0,01	0,07 <sup>a</sup> ± 0,02
<b>Condutividade elétrica (µS.cm<sup>-1</sup>)</b>	279,07 <sup>a</sup> ± 1,79	225,10 <sup>b</sup> ± 4,53
<b>Vitamina C (mg.Kg<sup>-1</sup>)</b>	54,90 <sup>a</sup> ± 4,74	46,65 <sup>a</sup> ± 4,76
<b>HMF (mg.Kg<sup>-1</sup>)</b>	5,84 <sup>b</sup> ± 1,56	26,10 <sup>a</sup> ± 3,38
<b>Atividade diastásica (U)</b>	12,00 <sup>a</sup> ± 0,00	5,45 <sup>b</sup> ± 0,00
<b>Polifenóis extraíveis totais (mg EAG.Kg<sup>-1</sup>)</b>	429,50 <sup>a</sup> ± 8,47	364,53 <sup>b</sup> ± 9,30
<b>Cor (mmPfund)</b>	68,00 <sup>a</sup> ± 0,00	27,67 <sup>b</sup> ± 0,58

Fonte: elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa ( $p > 0,05$ ) pelo teste t de Student.

A grande maioria dos parâmetros físico-químicos dos dois méis avaliados diferiu estatisticamente entre si, exceto quanto aos teores de sacarose aparente, cinzas e vitamina C. Tais diferenças justificam-se pelo fato dos méis serem provenientes de espécies distintas de abelha e originários de localidades diferentes, o que implica no acesso a pastos apícolas também diferentes, que juntos podem influenciar nas variações das características dos méis (ALVES et al., 2011). O conhecimento das características da matéria-prima é de fundamental importância na indústria de alimentos e bebidas, já que o produto final refletirá a qualidade da matriz que o originou.

Atualmente, a principal legislação vigente nacionalmente sobre mel é a Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a qual aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. A maioria dos parâmetros foi comparada aos padrões estabelecidos pela referida legislação, no entanto, é válido destacar que os limites estabelecidos são baseados no mel da espécie *A. mellifera* apenas, embora alcance de maneira generalizada os méis de outras espécies.

### **6.2.1 Umidade**

O teor de umidade do mel da abelha africanizada (18,30%) apresentou-se abaixo do valor máximo de 20% estabelecido pela legislação brasileira, estando, portanto, dentro do padrão exigido (BRASIL, 2000). A umidade é o critério de qualidade que determina a capacidade do mel se manter estável e livre de fermentação, e altos conteúdos podem indicar uma colheita prematura, a partir de favos ainda não completamente operculados (GRANATO; NUNES, 2015). O teor de umidade no mel em questão sugere que o mesmo foi colhido no momento certo, apresentando-se estável, uma vez que não apresentava sinais de fermentação. Os resultados encontram-se próximos aos reportados por Reges (2014) para amostras de mel de abelha africanizada, também provenientes do município de Russas – CE, em que as amostras variaram de 18,40 a 18,60%.

Por outro lado, o mel de jandaíra apresentou um alto teor de umidade (32,07%), extrapolando o limite máximo de 20% adotado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000). No entanto, é importante ressaltar que de maneira geral, algumas características físico-químicas do mel das abelhas sem ferrão diferem das da *A. mellifera*, especialmente a umidade, que é muito maior, o que torna esse tipo de mel mais fluido e favorece a sua fermentação (SILVA et al., 2013), e, por essa razão, o mel de jandaíra apresentou uma maior contagem de bolores e leveduras quando comparado ao mel de abelha africanizada (Tabela 3).

Camargo, Oliveira e Berto (2017), ao proporem a regulamentação dos padrões de qualidade a que devem atender os méis de abelhas sem-ferrão destinados ao consumo humano, sobretudo aplicando-se ao estado de São Paulo, sugerem um teor máximo de umidade de 40%. Nessas condições, o mel da jandaíra atenderia ao limite

máximo, uma vez que apresentou um teor de umidade de 32,07%. Reges (2014), ao avaliar méis de jandaíra provenientes da microrregião do Baixo Jaguaribe no Ceará, também constatou elevados teores de umidade – entre 25,70 e 27,23%.

### **6.2.2 Atividade de água**

O mel da abelha africanizada apresentou uma Aa média de 0,63, valor ainda aceitável (Tabela 4). O mel de jandaíra, por sua vez, apresentou uma elevada Aa (0,76), porém, Camargo, Oliveira e Berto (2017) sugerem valores de Aa entre 0,52 e 0,80 para o mel de meliponíneos, de modo que o mel de jandaíra avaliado atenderia ao intervalo proposto. O alto valor de atividade de água encontrado no mel de jandaíra é atrelado ao considerável teor de umidade presente na amostra.

A atividade de água não é um parâmetro exigido pela legislação brasileira vigente, mas ainda assim compreende um parâmetro de qualidade importante para o mel, pois é um dos fatores intrínsecos que afetam o crescimento microbiano nos alimentos. Geralmente o mel possui uma Aa que varia de 0,50 a 0,65, de modo que valores acima de 0,60 já representam limites críticos para a estabilidade microbiológica, pois o mel pode conter leveduras osmofílicas que causam a fermentação (SILVA et al., 2016).

### **6.2.3 Açúcares redutores e sacarose aparente**

O mel de abelha africanizada avaliado no presente estudo apresentou-se satisfatório quanto à norma vigente, com um valor médio de 70,74 g.100 g<sup>-1</sup>(Tabela 4). Ao avaliarem amostras de mel de *A. mellifera* oriundas de diferentes cidades do Ceará, Moreti et al. (2009) reportaram um teor médio de 77,4 g.100 g<sup>-1</sup> para açúcares redutores, com resultados relativamente próximos ao do presente trabalho. As diferenças podem ser atribuídas aos diferentes locais de amostragem, bem como suas respectivas condições edafo-climáticas.

Os carboidratos são os principais constituintes do mel, correspondendo a 70 - 80% de seu peso bruto e até 95% de sua matéria seca, de tal maneira que a frutose e a glicose são os principais açúcares em termos quantitativos (65-80% p/p), seguidos pela sacarose (NAILA et al., 2018). De acordo com os padrões estabelecidos pela

*International Honey Commission* (IHC), um mel de boa qualidade deve ter uma concentração de açúcares redutores (frutose e glicose) de no mínimo 60 g.100 g<sup>-1</sup>, porém o mel das abelhas sem-ferrão tem sido reportado com menores teores de açúcares redutores em relação ao mel da *A. mellifera* (NORDIN et al., 2018). A legislação brasileira é um pouco mais restritiva e estabelece um teor mínimo de 65 g.100 g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2000).

Já o mel de jandaíra mostrou-se fora do padrão, com um teor de 59,34 g.100 g<sup>-1</sup> de açúcares redutores, baseando-se pela legislação brasileira vigente (BRASIL, 2000). Camargo, Oliveira e Berto (2017) propõem um teor mínimo de açúcares redutores de 60 g.100<sup>-1</sup> para o mel das abelhas sem ferrão. Apesar do valor ligeiramente abaixo (59,36 g.100 g<sup>-1</sup>) do sugerido pelos autores citados anteriormente, este resultado pode ser explicado pelo alto teor de umidade presente no mel, que consequentemente diminui a concentração dos açúcares. Resultados ainda inferiores aos do presente estudo foram reportados por Silva et al. (2013), que ao analisarem méis de jandaíra no estado da Paraíba, encontraram resultados entre 50,50 e 55,57 g.100 g<sup>-1</sup> em algumas das amostras pesquisadas.

Já no que diz respeito à sacarose aparente, ambas as amostras, conforme a Tabela 4, apresentaram-se dentro do padrão preconizado pela legislação brasileira, cujo conteúdo máximo é de 6 g.100 g<sup>-1</sup> para o mel floral (BRASIL, 2000).

#### **6.2.4 Acidez total**

No que diz respeito à acidez total, os méis de abelha africanizada e jandaíra apresentaram, respectivamente, 33,46 e 21,56 mEq.Kg<sup>-1</sup> (Tabela 4), mantendo-se dentro do padrão estipulado pela legislação brasileira, que é de no máximo 50 mEq.Kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 2000). A acidez do mel se deve à presença de ácidos orgânicos, especialmente ácido glucônico em equilíbrio com suas lactonas e ésteres correspondentes, além de íons inorgânicos tais como fosfatos, sulfatos e cloretos, de modo que valores elevados podem indicar a ocorrência de fermentação (NASCIMENTO et al., 2018; LIBERATO et al., 2013).

Embora o mel das abelhas sem ferrão geralmente seja mais ácido que o mel das abelhas do gênero *Apis* (ÁVILA et al., 2018), os resultados do presente estudo não demonstraram esse comportamento, já que a acidez do mel de jandaíra foi menor que a do mel da abelha africanizada. A acidez do mel das abelhas sem ferrão está

diretamente relacionada ao seu estado de maturação (ALVES et al., 2011), o que pode explicar a baixa acidez do mel de jandaíra em questão, especialmente por se tratar de um mel que foi armazenado sob refrigeração com o intuito de prevenir sua fermentação. Ribeiro et al. (2018), ao estudarem a influência da maturação sobre as características do mel da abelha tiúba (*Melipona fasciculata*), verificaram um aumento na acidez do referido mel, de 23,87 para 26,10 mEq.Kg<sup>-1</sup>, após 180 dias de maturação à 30 °C, o que sustenta a hipótese de que possivelmente o armazenamento do mel de jandaíra sob refrigeração (temperatura muito inferior à 30 °C) tenha retardado a evolução da acidez.

Resultados próximos foram reportados por Silva et al. (2013) para acidez em amostras de mel jandaíra provenientes do estado da Paraíba, cujas médias foram de 24,05 e 25,00 mEq.Kg<sup>-1</sup>. Já Sousa et al. (2016a) reportaram uma grande variação na acidez de méis de jandaíra de diferentes origens florais, com valores entre 17,80 até 86,80 mEq.Kg<sup>-1</sup>, evidenciando a influência da origem botânica do mel sobre este parâmetro. Quanto ao mel da abelha africanizada, resultados relativamente próximos aos deste estudo foram verificados em méis de *A. mellifera* do município de Russas-CE, cuja média da acidez foi de 42,49 mEq.Kg<sup>-1</sup>.

### **6.2.5 pH**

Os méis de abelha africanizada e jandaíra apresentaram valores de pH de 3,49 e 3,77 (Tabela 4), respectivamente. Resultados semelhantes são reportados por Moreti et al. (2009) para méis de *A. mellifera* produzidos no estado do Ceará, com pH médio de 3,60; enquanto Reges (2014), ao avaliar méis de jandaíra de algumas cidades do Ceará, constatou um resultado médio de 3,48.

O pH não é um parâmetro exigido pela legislação brasileira, mas ainda assim não deixa de ser um importante indicador de qualidade. Os méis geralmente são ácidos, com valores de pH variando de 3,5 a 5,5, devido à presença de ácidos orgânicos que contribuem para o *flavour* e estabilidade contra a deterioração microbiana (BOGDANOV; ROUFF; ODDO, 2004).

### 6.2.6 Cinzas

Os méis do presente estudo apresentaram teores de cinzas dentro do padrão (Tabela 4), com concentrações inferiores a 0,1%. Segundo Finola, Lagsano e Marioli (2007), baixos teores de cinzas são característicos de méis florais, ao passo que valores elevados podem indicar falta de uniformidade nas técnicas de manejo ou colheita por parte dos produtores. Sendo assim, os resultados indicam que os méis avaliados provavelmente foram manipulados de maneira adequada. As cinzas do mel dizem respeito ao conteúdo mineral do mesmo, sendo influenciado pela fonte floral do néctar (Nordin et al., 2018). A norma vigente estabelece um valor máximo de 0,6% de cinzas para méis florais (BRASIL, 2000).

### 6.2.7 Condutividade elétrica

Constataram-se valores de 279,07 e 225,10  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para a condutividade elétrica nos méis de abelha africanizada e jandaíra, respectivamente, todos condizentes com o limite proposto pelo Codex (2001).

A condutividade elétrica é um outro indicador de qualidade do mel, mas que não é exigido pela legislação brasileira, porém o *Codex Alimentarius* estabelece um limite máximo de 800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (CODEX, 2001).

Este parâmetro está diretamente relacionado ao teor de minerais, aos ácidos e às proteínas do mel, e mais recentemente tem sido associado à origem botânica do mel, especialmente na discriminação entre méis florais e de melato (SOLAYMAN et al., 2016; PITA-CALVO; VÁZQUÉZ, 2017).

Saxena, Gautam e Sharma (2010) citam que méis que apresentam condutividade elétrica entre 500 e 800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  têm sido classificados como misturas de méis florais e de melato, enquanto valores abaixo de 500  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam méis florais puros. Neste contexto, os resultados de condutividade elétrica corroboram com os de cinzas, reforçando que os méis avaliados são de origem floral.

### 6.2.8 Vitamina C

Como esperado, os resultados para vitamina C foram baixos, na ordem de 54,90 e 46,65 mg.Kg<sup>-1</sup>, nos méis de abelha africanizada e jandaíra, respectivamente. Embora as vitaminas estejam contidas no mel em pequenas quantidades, a vitamina C está presente em quase todos os tipos de mel e tem sido avaliada principalmente em função de sua atividade antioxidante (SILVA et al., 2016). Resultados superiores foram reportados por Kadri et al. (2016) em amostras de mel de *A. mellifera* da florada de café arábica, produzidas no estado do Espírito Santo, com um valor médio de 294,68 mg.Kg<sup>-1</sup>. Já Sousa et al. (2013) detectaram 274,00 mg.Kg<sup>-1</sup> de vitamina C em mel de jandaíra produzido na microrregião do Seridó potiguar. A discrepância entre os valores dos referidos estudos com os da presente pesquisa podem estar atrelados às diferentes técnicas adotadas para a determinação da vitamina C.

### 6.2.9 HMF

Tanto o mel de abelha africanizada (5,84 mg.Kg<sup>-1</sup>) quanto o de jandaíra (26,10 mg.Kg<sup>-1</sup>) apresentaram resultados inferiores ao limite máximo preconizado pela legislação vigente que é de 60 mg.Kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 2000), o que indica que os méis em questão foram armazenados sob condições adequadas, já que o teor de HMF é amplamente reconhecido como um parâmetro indicativo do frescor do mel, uma vez que está ausente em méis frescos imediatamente estocados pelas abelhas, mas tende a aumentar durante o processamento e/ou envelhecimento do produto (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013). Teores elevados de HMF indicam o aquecimento do produto (NAILA et al., 2018).

O resultado referente ao mel de jandaíra chama atenção pelo fato de ter-se apresentado em concentração mais elevada quando comparado ao mel da abelha africanizada, mesmo sendo armazenado sob refrigeração (para prevenir uma possível fermentação). Silva et al. (2016) ressaltam que somente o HMF não pode ser utilizado para determinar o sobreaquecimento, pois outros fatores podem influenciar os níveis de HMF, tais como a presença de ácidos orgânicos, o perfil de açúcares, o pH, a umidade e Aa, além da fonte floral.

O mel de abelha africanizada apresentou uma concentração de HMF menor que o teor médio de 15,70 mg.Kg<sup>-1</sup> reportado por Moreti et al. (2008) para 52 amostras de mel *A. mellifera* produzidos no estado do Ceará. Por outro lado, no mel de jandaíra analisado foi verificada uma concentração maior que teor médio de 7,56 mg.Kg<sup>-1</sup> encontrado por Almeida-Muradian et al. (2013) para 24 amostras de mel de jandaíra coletadas na cidade de Jandaíra-RN.

### **6.2.10 Atividade diastásica**

A exemplo do HMF, a atividade diastásica é um outro parâmetro relacionado ao frescor do mel, e a legislação brasileira determina que a mesma deve possuir uma atividade de, no mínimo, 8 na escala de Göthe, exceto os méis com baixo conteúdo enzimático, cujo conteúdo de HMF não exceda a 15 mg.kg<sup>-1</sup>, nos quais se tolera uma atividade diastásica mínima de 3 na escala de Göthe (ESTEVINHO et al., 2012; BRASIL, 2000). A diastase é a enzima responsável pela conversão do amido em dextrina e açúcares simples (CHUTTONG et al., 2016).

Dentre os méis avaliados, apenas o da abelha africanizada apresentou-se em concordância com o estabelecido pela norma brasileira, com um valor de 12 U. Já o mel de jandaíra mostrou-se em desacordo com a legislação (BRASIL, 2000), com 5,45 U na escala de Göthe. Em um estudo comparativo entre o mel de *A. mellifera* e o de *M. subnitida*, Almeida-Muradian et al. (2013) não detectaram atividade diastásica no mel da abelha sem-ferrão, no entanto justificaram tal particularidade como sendo não uma adulteração ou falta de qualidade, mas sim uma característica específica do desse tipo de mel, o que pode justificar o baixo valor de atividade diastásica no mel de jandaíra do presente estudo.

### **6.2.11 Polifenóis extraíveis totais**

O teor de polifenóis totais nos extratos metanólicos do mel de abelha africanizada e de jandaíra foi de 429,50 e 364,53 mg EAG.Kg<sup>-1</sup> (Tabela 4), respectivamente, e está relacionado à origem floral dos méis (BERTOLDI et al., 2012).



Os polifenóis fazem parte dos componentes minoritários do mel, dentre os quais os flavonoides e ácidos fenólicos são os mais importantes (PITA-CALVO; VÁSQUEZ, 2017). Desde quando foi mostrado que as substâncias fenólicas eram responsáveis pela atividade antioxidante do mel, estes compostos passaram a ser investigados, especialmente por serem reportados como agentes protetores contra doenças cardiovasculares e câncer (RODRÍGUEZ et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2018).

A concentração de polifenóis extraíveis totais encontrada no mel de abelha africanizada é semelhante à concentração média obtida por Lianda et al. (2012) em méis brasileiros de *A. mellifera*, cujo valor foi de 456,70 mg EAG.Kg<sup>-1</sup>. O mel de jandaíra também apresentou um conteúdo de polifenóis próximo constatado no mel de jandaíra da florada de malícia, cujo valor foi de 315,40 mg EAG.Kg<sup>-1</sup> (SOUSA et al., 2016b). O mel de abelha africanizada do presente trabalho apresentou um teor de polifenóis maior do que o mel de jandaíra (Tabela 4), assemelhando-se ao reportado por Oliveira et al. (2012), que ao avaliarem o mel de *A. mellifera* e de outros meliponíneos (*Melipona flavolineata* e *M. fasciculata*) originários do município de Tracuateua-PA, verificaram teores mais elevados no primeiro mel (682,50 mg EAG.Kg<sup>-1</sup>) e menores nos demais (263,90 e 255,30 mg EAG.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente).

Resultados superiores aos do presente estudo são reportados por Lira et al. (2014) em um estudo comparativo entre os méis de *A. mellifera* e de meliponíneos (*Scaptotrigona* sp. e *Tetragonisca angustula*) de diferentes localidades brasileiras, no qual foram verificados teores médios de polifenóis na ordem de 556,90, 722,20 e 1036,40 mg EAG.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As variações nos resultados podem estar relacionadas às diferentes origens botânicas dos méis e também aos diferentes métodos de extração dos polifenóis (solventes empregados) para sua determinação pela técnica espectrofotométrica.

### **6.2.12 Cor**

Quanto à análise da cor dos méis avaliados, os resultados expressos em mmPfund (Tabela 4) correspondem à coloração âmbar claro no mel de abelha africanizada, e à coloração branca no mel de jandaíra. Alves et al. (2005) destacam que nos méis de meliponíneos há uma predominância de colorações claras, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

### 6.3 Análises físico-químicas dos hidroméis

Os resultados das análises físico-químicas dos diferentes tipos de hidromel produzidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados das análises físico-químicas dos hidroméis.

Parâmetros	Formulações			
	AP	AF	MP	MF
Densidade relativa (g.cm <sup>-3</sup> )	0,9991 <sup>c</sup> ± 0,0003	0,9993 <sup>c</sup> ± 0,0019	1,0081 <sup>b</sup> ± 0,0001	1,0142 <sup>a</sup> ± 0,0004
Grau alcoólico real (% v/v)	11,12 <sup>a</sup> ± 0,09	11,21 <sup>a</sup> ± 0,47	9,95 <sup>b</sup> ± 0,20	8,90 <sup>c</sup> ± 0,24
Acidez total (mEq.L <sup>-1</sup> )	42,92 <sup>a</sup> ± 1,12	41,79 <sup>a</sup> ± 0,28	43,73 <sup>a</sup> ± 1,21	42,76 <sup>a</sup> ± 0,28
Acidez volátil (mEq.L <sup>-1</sup> )	3,05 <sup>c</sup> ± 0,73	4,64 <sup>b</sup> ± 0,73	4,32 <sup>bc</sup> ± 0,48	6,56 <sup>a</sup> ± 0,27
Acidez fixa (mEq.L <sup>-1</sup> )	39,88 <sup>a</sup> ± 0,73	37,15 <sup>b</sup> ± 0,73	39,41 <sup>a</sup> ± 1,00	36,20 <sup>b</sup> ± 0,56
pH	3,03 <sup>b</sup> ± 0,01	3,15 <sup>a</sup> ± 0,03	3,00 <sup>b</sup> ± 0,02	3,11 <sup>a</sup> ± 0,00
Açúcares redutores (g.L <sup>-1</sup> )	7,10 <sup>c</sup> ± 0,02	7,10 <sup>c</sup> ± 0,08	8,50 <sup>b</sup> ± 0,05	9,29 <sup>a</sup> ± 0,24
Sulfatos totais	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7
Extrato seco total (g.L <sup>-1</sup> )	34,62 <sup>c</sup> ± 0,83	34,89 <sup>c</sup> ± 4,30	53,80 <sup>b</sup> ± 2,30	68,49 <sup>a</sup> ± 1,28
Extrato seco reduzido (g.L <sup>-1</sup> )	27,52 <sup>c</sup> ± 0,83	27,80 <sup>c</sup> ± 4,25	45,30 <sup>b</sup> ± 2,34	59,19 <sup>a</sup> ± 1,45
Cinzas (g.L <sup>-1</sup> )	0,29 <sup>a</sup> ± 0,09	0,31 <sup>a</sup> ± 0,08	0,28 <sup>a</sup> ± 0,09	0,27 <sup>a</sup> ± 0,09
SO <sub>2</sub> total (mg.L <sup>-1</sup> )	11,95 <sup>a</sup> ± 0,74	13,44 <sup>a</sup> ± 1,11	13,44 <sup>a</sup> ± 1,69	12,37 <sup>a</sup> ± 0,37
Turbidez (NTU)	0,65 <sup>b</sup> ± 0,10	1,01 <sup>a</sup> ± 0,00	0,20 <sup>c</sup> ± 0,00	0,17 <sup>c</sup> ± 0,04
L*	69,04 <sup>b</sup> ± 0,11	69,33 <sup>b</sup> ± 0,52	70,62 <sup>a</sup> ± 0,37	70,62 <sup>a</sup> ± 0,50
a*	-1,19 <sup>b</sup> ± 0,05	-1,13 <sup>b</sup> ± 0,02	-0,82 <sup>a</sup> ± 0,04	-0,87 <sup>a</sup> ± 0,08
b*	11,36 <sup>a</sup> ± 0,45	10,51 <sup>a</sup> ± 0,81	7,80 <sup>b</sup> ± 0,80	7,51 <sup>b</sup> ± 0,59
C*	11,42 <sup>a</sup> ± 0,46	10,57 <sup>a</sup> ± 0,81	7,83 <sup>b</sup> ± 0,79	7,56 <sup>b</sup> ± 0,58
°H	96,00 <sup>a</sup> ± 0,12	96,17 <sup>a</sup> ± 0,34	96,03 <sup>a</sup> ± 0,83	96,63 <sup>a</sup> ± 1,10

Fonte: elaborada pelo autor. Médias seguidas letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. AP: mel de abelha africanizada fermentado com *S. bayanus*; AF: mel de abelha africanizada fermentado com *S. cerevisiae*; MP: mel de jandaíra fermentado com *S. bayanus*; MF: mel de jandaíra fermentado com *S. cerevisiae*. L\*: luminosidade; a\*: coordenada a (+ vermelho/- verde); b\*: coordenada b (+ amarelo/- azul); C\* (cromaticidade); °H (ângulo hue).

De maneira geral as bebidas apresentaram diferenças significativas estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), exceto quanto à acidez total, aos teores de cinzas e SO<sub>2</sub> total, bem como o °H, os quais não diferiram entre os tratamentos.

#### 6.3.1 Densidade relativa

A densidade dos hidroméis variou de 0,9991 a 1,0142 g.cm<sup>-3</sup>, de modo que houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5), com exceção das amostras AP e AF. Como observado na Tabela 5, os menores valores de densidade foram constatados nas amostras com maior teor de alcoólico, em função da densidade do álcool, que é menor do que a densidade da água (ANJOS; FRAZÃO; CALDEIRAS, 2017). Por outro lado, as maiores densidades foram observadas nos tratamentos MP e MF, que, além de apresentarem teores alcoólicos menores, apresentaram também maiores quantidades de açúcar residual, o que pode ter levado ao aumento da densidade.

### **6.3.2 Grau alcoólico real**

O grau alcoólico real dos diferentes hidroméis variou de 8,90 a 11,21% (Tabela 5). Diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) foram observadas entre as bebidas elaboradas à base de mel de jandaíra e fermentadas com *S. cerevisiae* e *S. bayanus* e as elaboradas com mel de abelha africanizada. Comparando-se os hidroméis elaborados a partir mel de *A. mellifera*, é possível supor que uma das leveduras empregadas não se sobressaiu em relação à outra quanto à produção de álcool, embora numericamente o grau alcoólico atrelado à AF seja maior. Com relação às bebidas à base do mel de jandaíra, a levedura *S. bayanus* produziu uma quantidade de álcool significativamente maior do que a *S. cerevisiae*, o que pode ser explicado pelo fato da primeira ser uma cepa vínica comercial, portanto mais adaptada ao processo fermentativo do que a levedura de panificação empregada na formulação MF.

O grau alcoólico é um parâmetro que está relacionado com a concentração de etanol e é definido como o número de litros de etanol presentes em 1 hL de bebida à 20 °C (DIAS; DUARTE; SCHWAN, 2017). O teor alcoólico é, ainda, um dos parâmetros que confere estabilidade química e microbiológica à bebida fermentada (DANTAS; SILVA, 2017).

Os resultados obtidos para grau alcoólico estão dentro do limite de 4 a 14% exigido pela legislação brasileira que determina os padrões de identidade e qualidade do hidromel (BRASIL, 2012). Dados semelhantes são reportados por Cuellar et al. (2017), que ao produzir hidroméis a partir de mel de *A. mellifera* da florada de *Acacia mangium* originário da Colômbia, inoculados com diferentes concentrações de *S.*

*bayanus*, obtiveram teores alcoólicos variando de 8,32 a 9,88%. Já Fernandes, Locatelli e Scartazzini (2009) também reportam um teor alcoólico de 11,10% em hidromel elaborado a partir de mel residual de extração e fermentado pela mesma levedura de panificação do presente estudo. Não há relatos de hidroméis fermentados com mel de jandaíra, no entanto, Silva et al. (2018) produziram uma bebida com mel de abelha uruçu (*Melipona scutellaris*) – pertencente ao mesmo gênero da jandaíra – e obtiveram um teor alcoólico de 9,3% para hidromel suave.

### **6.3.3 Acidez total**

Nos hidroméis avaliados, a acidez total oscilou de 41,79 a 43,73 mEq.L<sup>-1</sup>, não sendo observadas diferenças significativas entre as diferentes formulações. A legislação brasileira estabelece que acidez total no hidromel deve atender aos valores mínimo e máximo de 50 e 130 mEq.L<sup>-1</sup>, respectivamente (BRASIL, 2012). Os resultados encontrados ficaram abaixo do limite mínimo preconizado.

Os baixos valores de acidez total podem estar associados à diluição do mel na etapa inicial de produção do hidromel, o que pode ter diminuído consideravelmente a concentração dos ácidos naturalmente presentes na matéria-prima, de modo que os ácidos formados durante a fermentação não foram suficientes para aumentar a acidez total até o valor mínimo exigido pela legislação brasileira. A força dos ácidos pode ser também uma possível causa, haja visto que, segundo Ribéria-Gayon et al. (2006) a contribuição de cada tipo de ácido para a acidez total é determinada pela sua força, que define seu estado de dissociação, bem como a capacidade que cada ácido apresenta de se combinar para formar sais.

Os ácidos se encontram sob dois estados nas bebidas: na forma livre, constituindo a acidez total, e na forma combinada (seus respectivos sais de ácidos carboxílicos), constituindo a alcalinidade das cinzas (AQUARONE et al., 2001).

Os ácidos orgânicos são compostos de grande importância, pois influenciam em vários atributos sensoriais, tais como sabor, aroma e cor da bebida, além de estarem relacionados à estabilidade microbiológica da mesma (DIAS; DUARTE; SCHWAN, 2017). No hidromel há numerosas fontes de ácidos orgânicos; no entanto, os principais são os provenientes do próprio mel (especialmente o ácido glucônico), adicionados durante a produção com o intuito de corrigir a acidez da bebida (ácido

cítrico, por exemplo), além daqueles produzidos durante a fermentação, como o ácido succínico (DOBROWOLSKA-IWANIEK, 2015).

Comparando-se os resultados obtidos com aqueles recorrentes na literatura, Silva (2016a) também reporta valores de acidez total inferiores ao limite mínimo exigido em hidroméis fermentados com diferentes cepas de levedura, assim como Ferraz (2015), cujo estudo apresentou níveis de acidez total em hidroméis ligeiramente abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação. O último autor sugere a adição de frutas ao mosto a fim de corrigir a sua acidez. Ao avaliar o conteúdo de ácidos orgânicos de 22 amostras de hidroméis tchecos, Švecová et al. (2015), detectaram a presença de ácido cítrico nas amostras avaliadas, sugerindo que pode ser proveniente de frutas adicionados à bebida durante a produção do hidromel.

Por outro lado, Brunelli, Iamizumi e Venturini-Filho (2017), ao produzirem hidroméis à base de mel de *A. mellifera* da florada de laranjeira, proveniente de São Paulo, e fermentado com cinco leveduras vnicas diferentes, reportaram níveis de acidez total dentro do padrão estabelecido, entre 78,13 e 92,63 mEq.L<sup>-1</sup>. Já Santos (2014), ao produzir hidromel a partir do mel de abelha jataí (*Tetragonisca angustula*) obteve um valor de acidez total de 54,32 mEq.L<sup>-1</sup>.

#### **6.3.4 Acidez volátil**

A legislação brasileira estabelece um limite máximo de 20 mEq.L<sup>-1</sup> para a acidez volátil no hidromel (BRASIL, 2012). Diferenças estatisticamente significativas foram observadas entre as amostras ( $p \leq 0,05$ ) e os níveis de acidez volátil verificados nas bebidas variaram de 3,05 a 6,56 mEq.L<sup>-1</sup> (Tabela 5), estando, portanto, concordantes com o padrão exigido, indicando que as bebidas foram produzidas sob condições adequadas, uma vez que teores elevados de acidez volátil podem depreciar a sanidade das mesmas (SEGTOEWICK; BRUNELLI; VENTURINI-FILHO, 2013).

A acidez volátil é constituída pelos ácidos orgânicos voláteis, sendo o ácido acético o seu principal representante e pode ser considerado um indicativo de contaminação (AQUARONE et al., 2001; DOBROWOLSKA-IWANIEK, 2015).

Embora as formulações tenham apresentado resultados satisfatórios quanto à acidez volátil, os hidroméis fermentados com *S. cerevisiae* (AF e MF) demonstraram maiores quantitativos para tal parâmetro, independente da matriz utilizada. Resultados semelhantes são reportados por Fernandes, Locatelli e Scartazzini (2009), ao

analisarem um hidromel fermentado com a mesma levedura de panificação utilizada no presente estudo, os quais verificaram uma acidez volátil de 8,87 mEq.L<sup>-1</sup>, representando um valor aproximadamente quatro vezes maior que a dos demais hidroméis fermentados por leveduras vínicas, mas ainda assim respeitando a norma vigente.

### **6.3.5 Acidez fixa**

A acidez fixa dos hidroméis variou de 36,20 a 39,88 mEq.L<sup>-1</sup> sendo observadas diferenças significativas entre as amostras, de modo que aquelas que foram fermentadas com *S. bayanus* (AP e MP) apresentaram as maiores médias, em função da menor acidez volátil apresentada pelas referidas amostras. À exemplo da acidez volátil, todas as amostras apresentaram resultados satisfatórios para a acidez fixa, já que a legislação estabelece um mínimo de 30 mEq.L<sup>-1</sup>. Dentre os ácidos não-voláteis, o ácido succínico é o principal formado durante a fermentação do hidromel (SROKA; TUSZYNSKI, 2007).

### **6.3.6 pH**

Os hidroméis em estudo apresentaram valores de pH entre 3,00 e 3,15, diferindo estatisticamente entre as formulações (Tabela 5). Embora o pH do mel de jandaíra tenha sido maior em relação ao mel de abelha africanizada (Tabela 4), as bebidas produzidas não necessariamente seguiram o mesmo padrão, pois os hidroméis fermentados com o mesmo tipo de mel apresentaram valores de pH significativamente distintos, sendo possivelmente mais influenciados pela atividade da levedura. Observou-se que os menores valores de pH foram obtidos justamente nas bebidas cuja acidez fixa foi maior (fermentadas com *S. bayanus*), comprovando a relação inversa entre o pH e a acidez (CECCHI, 2003).

No que diz respeito ao pH dos hidroméis, este diminui em função dos ácidos succínico e acético formados durante a fermentação alcoólica (SROKA; TUSZYNSKI, 2007).

O pH não é um parâmetro exigido pela legislação brasileira, mas os resultados obtidos estão próximos aos disponíveis na literatura: 3,11 e 3,26 em hidroméis produzidos com mel de abelha urucu, do tipo seco e suave, respectivamente (SILVA

et al., 2018); e 2,74 a 3,10 em hidroméis produzidos com méis florais e de melato de procedência turca (AKALIN; BAYRAN; ANLI, 2017). Já Silva (2016b) obteve resultados um pouco maiores de pH ao avaliar hidroméis elaborados a partir de méis de *A. mellifera* de diferentes floradas, originários da Paraíba, com valores entre 3,83 e 4,08.

### **6.3.7 Açúcares redutores**

Quanto aos açúcares totais, a legislação brasileira apenas determina que abaixo de 3 g.L<sup>-1</sup> o hidromel deve ser classificado como seco, e acima disso deve ser considerado suave (BRASIL, 2012). Os conteúdos de açúcares redutores variaram de 7,10 a 9,29 g.L<sup>-1</sup>, sendo, portanto, classificados como hidroméis suaves. Os hidroméis elaborados com mel de abelha africanizada não diferiram estatisticamente entre si, porém diferiram dos produzidos com mel de jandaíra, que por sua vez diferiram significativamente entre si.

As leveduras testadas consumiram maiores quantidades de açúcar no mel de abelha africanizada, já que a concentração de açúcares residuais foi de 7,10 g.L<sup>-1</sup>, menor do que o conteúdo presente nas formulações MP e MF. Os compostos fenólicos e flavonóides presentes no mel são considerados inibidores de fermentação (SHARMA; GUPTA, 2009), o que pode ter influenciado em um menor consumo de açúcar por parte das leveduras. Ácidos graxos de cadeia média também são caracterizados como inibidores de fermentação, além do efeito tóxico do etanol sobre a própria levedura (SROKA; TUSZYNSKI, 2007; BRUNELLI; IAMIZUMI; VENTURINI-FILHO, 2017).

### **6.3.8 Sulfatos totais**

Por se tratar de um método semi-quantitativo, cujos resultados são estimados, não foi aplicada a análise estatística sobre os resultados de sulfatos totais. Estes indicaram que todos os hidroméis apresentaram um teor de sulfatos totais inferior à 0,7 g.L<sup>-1</sup> (Tabela 5). Os mesmos resultados (estimados) também foram reportados por

Fernandes, Locatelli e Scartazzini (2009) em hidroméis fermentados com diferentes estirpes de levedura. Tal parâmetro não é exigido pela legislação vigente.

### **6.3.9 Extrato seco total e extrato seco reduzido**

Conforme a Tabela 5, o extrato seco total dos hidroméis compreendeu valores na faixa de 34,62 a 68,49 g.L<sup>-1</sup>, com diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos. Com relação ao corpo das bebidas, com base no extrato seco total, as mesmas podem ser enquadradas como encorpadas, pois todos os valores encontram-se acima de 20 g.L<sup>-1</sup>, com os maiores teores sendo observados nos tratamentos MP e MF. Tais resultados possivelmente refletem o teor de açúcares, sais, ácidos orgânicos não-voláteis e até mesmo leveduras eventualmente suspensas na bebida. O extrato seco total corresponde a todas as substâncias que, sob determinadas condições físicas, não se volatilizam; bebidas que contêm acima de 20 g.L<sup>-1</sup> de extrato seco são consideradas encorpadas, ao passo que as que contêm menos que isso são consideradas leves (RIZZON, 2010; AQUARONE et al., 2001).

Considerando os dados reportados pela literatura, valores inferiores aos do presente trabalho foram constatados por Sroka e Satora (2017), que ao avaliarem o extrato total da hidroméis produzidos a partir de mel de trigo sarraceno, de origem polonesa e tratados com diferentes hidrocolóides, constataram dados entre 15,2 e 19,7 g.L<sup>-1</sup>. Ao avaliar o hidromel formulado com mel de jataí, Santos (2014) relata um valor médio de 51,66 g.L<sup>-1</sup>, estando próximo ao valor encontrado no tratamento MP.

No que compete ao extrato seco reduzido, foram observadas diferenças significativas entre as amostras, com valores entre 27,52 e 59,19 g.L<sup>-1</sup>. Este parâmetro é imposto pela legislação brasileira, com um valor limítrofe mínimo de 7 g.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012). Sendo assim, as bebidas produzidas atendem à legislação vigente.

### **6.3.10 Cinzas**

O teor médio de cinzas nas bebidas variou de 0,27 a 0,31 g.L<sup>-1</sup>, não sendo observadas diferenças significativas entre as amostras (Tabela 5). A legislação estabelece um valor mínimo de 1,5 g.L<sup>-1</sup> para este parâmetro (BRASIL, 2012). Quanto



às cinzas, vê-se que as amostras não satisfazem o limite mínimo exigido, o que pode ser explicado pela natureza da própria matéria-prima, já que o mel contém quantidades muito pequenas de minerais (GUPTA; SHARMA, 2009). Considerando os baixos teores de cinzas das matérias-primas (Tabela 4), é válido destacar que as mesmas foram diluídas em água, diminuindo ainda mais a concentração dos minerais inerentes ao mel. Ainda assim, o teor de cinzas nas bebidas pode estar associado à suplementação do mosto com sais de amônio (STEINKRAUS; MORSE, 1973), já que estes foram aplicados na concentração de  $0,2 \text{ g.L}^{-1}$ . O fato de o mel ter sido diluído em água mineral também pode ter contribuído com o teor de cinzas dos hidroméis.

Steinkraus e Morse (1973) reportam alguns valores próximos aos do presente estudo, ao avaliarem certos hidroméis produzidos em diferentes países, com valores entre  $0,46$  e  $0,92 \text{ g.L}^{-1}$ . Já Fernandes, Locatelli e Scartazzini (2009) reportam teores de cinzas superiores aos do presente trabalho e concordantes – em alguns tratamentos – com o limite mínimo exigido pela legislação brasileira, em que as concentrações variaram de  $1,57$  a  $1,63 \text{ g.L}^{-1}$ .

### **6.3.11 Dióxido de enxofre total**

Os resultados referentes à concentração de dióxido de enxofre total determinada nos hidroméis não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, ao passo que os valores apresentados variaram de  $11,95$  a  $13,44 \text{ mg.L}^{-1}$  (Tabela 5). Tais valores são condizentes com o limite máximo de  $350 \text{ mg.L}^{-1}$  estipulado pela legislação brasileira (BRASIL, 2000). Os resultados obtidos indicam que não houve adição excessiva de sulfitos no mosto, já que estes aditivos são comumente adicionados devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas (SANTOS et al., 2012). Pereira et al. (2015) reportam a produção de  $\text{SO}_2$  por parte da levedura na fermentação do hidromel, em mostos nos quais não foram adicionados sulfitos, e cujas concentrações foram inferiores a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ . Concentrações um pouco acima das do presente estudo foram determinadas por Gomes et al. (2013) em hidroméis fermentados com diferentes concentrações iniciais de inóculo, nos quais foram verificados teores entre  $23,04$  e  $26,45 \text{ mg.L}^{-1}$ .

### **6.3.12 Turbidez**

A determinação da turbidez das amostras foi realizada com o intuito de avaliar a eficiência da clarificação nas bebidas. Os resultados variaram de 0,17 a 1,01 NTU, sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5). As amostras que se apresentaram menos turvas foram aquelas elaboradas a partir do mel de jandaíra (MP e MF), o que pode estar associado à coloração mais clara da matéria-prima (Tabela 4).

Os resultados obtidos são inferiores ao reportado para hidromel elaborado a partir de mel da florada de cana de açúcar, produzido no Brasil, cujo valor foi de 16,2 NTU (MORALES; ALCARDI; ANGELIS, 2013), não sendo, porém, aplicado nenhum agente clarificante na referida bebida. Já Brunelli, Iamizumi e Venturini-Filho (2017) relatam resultados variando de 4,5 a 12,98 NTU para hidroméis fermentados com diferentes cepas de levedura; os referidos autores não aplicaram nenhum agente clarificante, no entanto, realizaram duas trasfegas num período de 60 dias, mantendo-se os fermentados em repouso a uma temperatura de 10 °C. É possível inferir que a clarificação do hidromel com a solução coloidal de sílica foi muito satisfatório, uma vez que os resultados da turbidez mostraram-se bem menores do que os reportados pela literatura.

### **6.3.13 Cor**

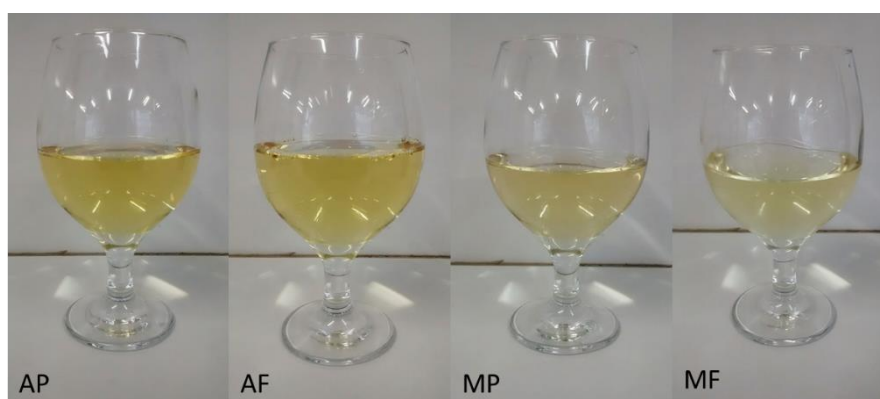
A aparência dos hidroméis produzidos pode ser observada na Figura 3.

Com relação à coordenada  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , os hidroméis demonstraram diferenças significativas em função da matéria-prima, independente da levedura utilizada. Os hidroméis apresentaram resultados entre 69,04 e 70,62 para a coordenada  $L^*$ , de modo que os menores valores foram constatados nas bebidas obtidas a partir do mel de abelha africanizada, que é mais escura do que o mel de jandaíra (Tabela 4), implicando em uma menor luminosidade por parte das formulações AP e AF, tornando-as mais escuras.

As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  variaram de -1,19 a -0,87 e de 7,80 a 11,36, respectivamente, de modo que a cor das bebidas está no segundo quadrante do espaço CIELAB, entre a cor verde ( $-a^*$ ) e amarela ( $+b^*$ ). Oliveira, Souza e Mamede (2011), ao estudarem as características colorimétricas de vinhos brancos, verificaram

que os maiores valores de  $b^*$  (11,22 a 11,62) foram constatados nas amostras que continham maiores concentrações de compostos fenólicos, e destacaram que estes compostos contribuem para a cor dos vinhos, sugerindo, ainda, que possivelmente por essa razão, a maior intensidade de cor amarela das referidas amostras é em função do seu maior conteúdo de compostos fenólicos. Apesar de os compostos fenólicos não terem sido determinados nos hidroméis, é provável que as bebidas produzidas com mel de abelha africanizada possuam um maior teor de compostos fenólicos em função da maior concentração na matéria-prima (Tabela 4), o que explicaria, entre outros fatores, as diferenças significativas entre as formulações.

Figura 3 – Aspecto visual dos hidroméis.



Fonte: Elaborada pelo autor. AP = Mel de jandaíra fermentado com *S. bayanus*; AF = Mel de abelha africanizada fermentado com *S. cerevisiae*; MP = Mel de jandaíra fermentado com *S. bayanus*; e MF = Mel de jandaíra fermentado com *S. cerevisiae*.

Os valores de  $C^*$  (saturação) dos hidroméis foram baixos, variando de 7,56 a 11,42 (Tabela 5), mantendo-se próximos à origem dos eixos do espaço CIELAB. Diferenças significativas foram observadas entre as formulações, e podem estar associadas às matérias-primas. Segundo Granato, Katayama e Castro (2010) valores de  $C^*$  próximos ou superiores a 50 correspondem a cores mais vívidas.

O  $^{\circ}H$  variou de 96,00 a 96,63, não sendo observadas diferenças significativas entre as bebidas (Tabela 5). As médias encontram-se mais próximas ao eixo de  $90^{\circ}$  no espaço CIELAB, indicando uma tonalidade ligeiramente amarelada, já que o  $C^*$  não apresentou valores correspondentes a uma cor mais vívida.

Resultados semelhantes aos do presente estudo são reportados por Mileski (2016) ao avaliar hidromel jovem, cujas médias de seus parâmetros colorimétricos foram de 68,4 para  $L^*$ , -1,97 para  $a^*$ , 16,05 para  $b^*$ , 16,12 para  $C^*$  e  $^{\circ}H$  de 97,15.

Nas condições do estudo, no que compete aos hidroméis fermentados a partir do mel de abelha africanizada, a levedura vínica *S. bayanus* parece ser a mais adequada levando-se em conta os parâmetros relacionados à acidez, por ter alcançado um valor menor de acidez volátil em relação a *S. cerevisiae* e maior em relação à acidez total, ficando mais próximo do limite mínimo de 50 mEq.L<sup>-1</sup> exigido pela legislação brasileira (BRASIL, 2000). Apesar disso, o restante dos parâmetros não apresentou diferenças significativas entre as leveduras, de modo que a adoção da *S. cerevisiae* na forma de fermento para panificação também é viável, pelo fato de ser mais acessível e requerer menor investimento por parte do produtor, quando comparada a leveduras vínicas selecionadas.

Quanto aos hidroméis fermentados a partir do mel de jandaíra, nas condições em que os experimentos foram conduzidos, a cepa de levedura vínica (*S. bayanus*) se sobressaiu em relação ao fermento de panificação (*S. cerevisiae*) por ter produzido uma maior quantidade de álcool e ter apresentado um menor valor de acidez volátil. Comparando-se os hidroméis com base nas matérias-primas, as leveduras parecem ter se adaptado mais ao mel da abelha africanizada, já que consumiram maiores quantidades de açúcar e produziram mais etanol fermentado esta matriz. No entanto, o hidromel produzido a partir do mel da abelha sem ferrão caracteriza-se como um produto diferenciado e de alto valor agregado.

## 7. CONCLUSÃO

Os méis avaliados apresentaram condições microbiológicas satisfatórias e suas características físico-químicas foram muito diferentes entre si, exceto quanto aos teores de cinzas, vitamina C e sacarose aparente.

Todos os parâmetros físico-químicos do mel de abelha africanizada estiveram condizentes com o exigido pela legislação brasileira, enquanto o teor de umidade, açúcares redutores e a atividade diastásica do mel de jandaíra mostraram-se em desacordo.

As bebidas foram produzidas sob condições satisfatórias e sua composição e as características físico-químicas foram influenciadas tanto pelo tipo de mel quanto pelo tipo de levedura empregados. Todos os hidroméis foram classificados como suaves e as leveduras testadas consumiram mais açúcar e produziram maiores teores de álcool nas bebidas produzidas a partir do mel de abelha africanizada. De maneira geral, a cepa de *S. bayanus* se sobressaiu em relação a *S. cerevisiae* com base nos resultados das análises físico-químicas, tanto no mel da abelha africanizada quanto no mel de jandaíra.

A maioria dos resultados das análises físico-químicas enquadraram-se dentro do padrão preconizado pela legislação brasileira, exceto a acidez total e as cinzas, demonstrando que o processo de produção deve ser ajustado, especialmente quanto à diluição do mel e correções de pH no mosto.

## **8 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS**

Sugere-se que as bebidas sejam submetidas à análise sensorial, por meio de testes afetivos, a fim de verificar a sua aceitação pelos consumidores. Além disso, estudos envolvendo a determinação de compostos bioativos e a realização de ensaios de atividade antioxidante podem ser conduzidos com o intuito de verificar se as bebidas possuem atividade biológica.

## REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 15<sup>a</sup>. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

AKALIN, H.; BAYRAM, M.; ANLI, R. E. Determination of some individual phenolic compounds and antioxidant capacity of mead produced from different types of honey. **Journal of Institute of Brewing and Distilling**, v. 123, n. 1, p. 167-174, 2017.

ALMEIDA FILHO, J. P.; MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S.; QUEIROGA, K. H.; CÂNDIDO, A. F. M. Estudo físico-químico e de qualidade do mel de abelha comercializado no município de Pombal – PB. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 83-90, 2011.

ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; PENTEADO, M. V. C. **Ciências farmacêuticas: Vigilância Sanitária – Tópicos sobre legislação e análise de alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogman, 2015.

ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; STRAMM, K. M.; HORITA, A.; BARTH, O. M.; FREITAS, A. S.; ESTEVINHO, L. M. Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, p. 1698-1706, 2013.

ALVES, R. M. O.; CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, B. A.; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C. Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 644-650, 2005.

ALVES, T. T. L.; MENESES, A. R. V.; SILVA, J. N.; PARENTE, G. D. L.; HOLANDA NETO, J. P. Caracterização físico-química e avaliação microbiológica de méis de abelhas nativas do Nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 91-97, 2011.

ANACLETO, D. A.; SOUZA, B. A.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C. Composição de amostras de mel de abelha jataí (*Tetragonisca angustula* Latreille, 1811). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 535-541, 2009.

ANJOS, O.; FRAZÃO, D.; CALDEIRA, I. Physicochemical and sensorial characterization of honey spirits. **Foods**, v. 6, n. 58, p. 1-14, 2017.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**, vol. 4. São Paulo: Blücher, 2001.

ARRUDA, A. R.; CASIMIRO, A. R. S.; GARRUTI, D. S.; ABREU, F. A. P. Caracterização físico-química e avaliação sensorial de bebida fermentada alcoólica de banana. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 4, p. 377-384, 2007.

- ÁVILA, S.; BEUX, M. R.; RIBANI, R. H.; ZAMBIAZI, R. C. Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 37-50, 2018.
- BENDINI, J. N.; ARRAIS, G. A. **Pesquisa e ações do grupo de estudos sobre abelhas do semiárido piauiense**. Teresina: EDUFPI, 2017. 169p.
- BÉNES, I.; FURDIKOVÁ, K.; ŠMOGROVIČOVÁ, D. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* strain on the profile of volatile organic compounds of Blossom honey mead. **Czech Journal of Food Science**, v. 33, n. 4, p. 334-339, 2015.
- BERTOLDI, F. C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; REIS, V. D. A. Avaliação da atividade antioxidante e determinação de compostos fenólicos totais de méis produzidos no Pantanal. **Evidência**, v. 12, n. 2, p. 155-164, 2012.
- BLANCO, P. A.; QUICAZÁN, S. M.; CUENCA, Q. M. Efecto de algunas fuentes de nitrógeno em la fermentación alcohólica de miel. **Vitae**, v. 19, n. 1, p. 234-236, 2012.
- BOGDANOV, S.; RUOFF, K.; ODDO, L. P. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. **Apidologie**, v. 35, p. 4-17, 2004.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Complementa os padrões de identidade e qualidade para fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 30 nov. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Estabelece o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 out. 2000. Seção 1, p.16-17.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). **Métodos analíticos oficiais para o controle de Produtos de Origem Animal e seus ingredientes**. II - Métodos físicos e químicos. LANARA. Brasília, 1981.
- BRASIL. Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008. Aprova os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 24 abr. 2008.
- BRUNELLI, L. T.; IAMIZUMI, V. M.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel produzido a partir de cinco tipos de leveduras alcoólicas. **Revista Energia na Agricultura**, v. 32, n. 2., p. 200-208, 2017.



CAMARGO, R. C. R.; OLIVEIRA, K. L.; BERTO, M. I. Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-6,

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. – 2. ed. – Campinas: Editora Unicampi, 2003.

CHEN, C. H.; WU, Y. L.; LO, D.; WU, M. C. Physicochemical property changes during the fermentation of longan (*Dimocarpus longan*) mead and its aroma composition using multiple yeast inoculations. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 119, n. 4, p. 303–308, 2013.

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

CODEX ALIMENTARIUS. **Standart for honey – CODEX STAN 12-1981**. 2001. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.org>>. Disponível em: <[http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2Bstan%2B12-1981%252Fcxs\\_012e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2Bstan%2B12-1981%252Fcxs_012e.pdf)> Acesso em: 13 de agosto de 2018.

COSTA, A. C. V.; SOUSA, J. M. B.; SILVA, M. A. A. P.; 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**, v. 105, p. 110-120, 2018.

CUELLAR, J. L. T.; WILCHES, R. S.; REINA, C. A. M.; GROSSO, G. S. Cinética de la fermentación de hidromiel monofloral elaborada a partir de miel de *Acacia mangium* Will colectada em Vilanueva, Casanare. **Alimentos Hoy**, v. 25, n. 40, p. 41-56, 2017.

DANTAS, C. E. A.; SILVA, J. L. A. Fermentado alcoólico de umbu: produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química. **Holos**, v. 2, p. 108-121, 2017.

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.

DEZMIREAN, G. I.; MĂRGHITAȘ, L. A.; BOBIȘ, O.; DEZMIREAN, D.; BONTA, V. Botanical origin causes changes in nutritional profile and antioxidant activity of fermented products obtained from honey. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 2028-2035, 2012.

DIAS D. R., DUARTE W. F., SCHWAN R. F. Methods of evaluation of fruit wines, In KOSSEVA M. R, JOSHI V. K. PANESAR P. S. (Ed.), **Science and technology of fruit wine production**, p. 227-252. San Diego: Academic Press, 2017.

DIAS, D. R.; DUARTE, W. F.; SCHWAN, R. F. Methods of evaluation of fruit wines. In: KOSSEVA, M. R.; JOSHI, V.; PANESAR, P. **Science and technology of fruit wine production**. – 1. ed. – London: Academic Press, 2017.

DOBROWOLSKA-IWANEK, J. Simple method for determination of short-chain organic acids in mead. **Food Analytical Methods**, v. 8, p. 2356-2359, 2015.

EMBRAPA. **Iniciando um pequeno negócio agroindustrial: Processamento de uva** – Vinho tinto, grapa e vinagre. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. 158p.

ESTEVINHO, L. M.; FÉAS, X.; SEIJAS, J. A.; VÁZQUEZ-TATO, M. P. Organic honey from Trás-Os-Montes region (Portugal): chemical, palynological, microbiological and bioactive compounds characterization. **Food and chemical Toxicology**, v. 50, p. 258-264, 2012.

FERNANDES, D.; LOCATELLI, G. O.; SCARTAZZINI, L. S. Avaliação de diferentes estirpes da levedura *Saccharomyces cerevisiae* na produção de hidromel, utilizando méis residuais do processo de extração. **Evidência**, v. 9, n. 1-2, p. 29-24, 2009.

FERRAZ, F. O. **Estudo dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel**. 2014. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

FINOLA, M. S.; LASAGNO, M.; MARIOLI, J. M. Microbiological and characterization of honeys of Central Argentina. **Food Chemistry**, v. 100, P. 1649-1653, 2007.

GARLET, T. B.; SILUK, J. C. M.; SANTOS, A. M.; SAVIAN, S. F.; MICHELIN, C. F. Hidromel em escala industrial: proposta de processo produtivo. In: **FÓRUM INTERNACIONAL ECOINNOVAR**, 4, 2015, Santa Maria. Anais... Santa Maria: 2015. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/4290224-Hidromel-em-escala-industrial-proposta-de-processo-produtivo-mead-in-industrial-scale-proposed-production-process.html>>. Acesso em: 2017-02-20.

GOMES, T.; BARRADAS, C.; DIAS, T.; VERDIAL, J.; MORAIS, J. S.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L. M. Optimization of mead production using Response Surface Methodology. **Food and Chemical Toxicology**, v. 59, p. 680-686, 2013.

GOMES, T.; DIAS, T.; CADAVEZ, V.; VERDIAL, J.; MORAIS, J. S.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L. M. Influence of sweetness and ethanol content on mead acceptability. **Polish Journal of Food and Nutritional Sciences**, v. 65, n. 2, p. 137-142, 2015.

GRAHAM-CAMPBELL, J. **The Viking world**. London: Frances Lincoln, 2001.

GRANATO, D.; KATAYAMA, F. C. U.; CASTRO, I. A. Assessing between phenolic compounds and the antioxidant activity of Brazilian red wines using chemometrics. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, n. 10, p. 1543-1549, 2010.

GRANATO, D.; NUNES, D. S. **Análises químicas e propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática.** – 1. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 537p.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Product Radiance**, v. 8, n. 4, p. 345-355, 2009.

HERNÁNDEZ, C. Y.; SERRATO, J. C.; QUICAZAN, M. C. Evaluation of physicochemical and sensory aspects of mead, produced by different nitrogen sources and commercial yeast. **Chemical Engineering Transactions**, v. 43, p. 1–6, 2015.

IBGE. **Produção da pecuária municipal.** 2016. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2016\\_v44\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf)>. Acesso em: 09 Ago. 2018.

IGLESIAS, A.; PASCOAL, A.; CHOUPINA, A. B.; CARVALHO, C. A.; FEÁS, X.; ESTEVINHO, L. M. Developments in fermentation process and quality improvement strategies for mead production. **Molecules**, v. 19, p. 12577-12590, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ILHA, E. C.; BERTOLDI, F. C.; REIS, V. D. A.; SANT'ANNA, E. **Rendimento e eficiência da fermentação alcoólica na produção de hidromel.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008, 14p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 84).

KADRI, S. M.; ZALUSKI, R.; LIMA, G. P. P.; MAZZAFERA, P.; ORSI, R. O. Characterization of *Coffe arábica* monofloral honey from Espírito Santo, Brazil. **Food Chemistry**, v. 203, p. 252-257, 2016.

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

KIRNPAL-KAUR, B. S., TAN, H. T., BOUKRAA, L., & GAN, S. H. Different solid phase extraction fractions of Tualang (*Koompassia excelsa*) honey demonstrated diverse antibacterial properties against wound and enteric bacteria. **Journal of Api Products and Api Medical Science**, v. 3, p. 59-65, 2011.

LIANDA, R. L. P.; SANT'ANA, L. D.; ECHEVARRIA, A.; CASTRO, R. N. Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts. **Journal of Brazilian Chemical Society**, v. 23, n. 4, p. 618-627, 2012.

LIBERATO, M. C. T. C.; MORAIS, S. M.; MAGALHÃES, I. L.; CAVALCANTI, D. B.; SILVA, M. M. O. Physicochemical properties and mineral and protein content of honey samples from Ceará State, Northeastern Brazil. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 38-46, 2013.

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 Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 169-178, 2014.

MANFROI, L.; MIELE, A.; RIZZON, L. A.; BARRADAS, C. I. N. Composição físico-química do vinho Cabernet Franc proveniente de videiras conduzidas no sistema lira aberta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n. 2, Jun. 2006.

MATTIETTO, R. A.; LIMA, F. C. C.; VENTURIERE, G. C.; ARAÚJO, A. A. **Tecnologia para obtenção artesanal de hidromel do tipo doce**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 5 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 170).

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, p. 1254-1555, 1992.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME, F.; BARBOSA, C.; FALCO, V.; INÊS, A.; MENDES-FAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 1, p. 193–198, 2010.

MILESKI, J. P. F. **Produção e caracterização de hidromel utilizando diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces***. 2016. 72f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal de Paraná, Londrina, PR, 2016.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MORALES, E. M.; ALCARDE, V. E.; ANGELIS, D. F. Mead features fermented by *Saccharomyces cerevisiae* (lalvin k1-1116). **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 2, p. 199-204, 2013.

MORETI, A. C. C. C.; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; OTSUK, I. P. Características físico-químicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L. do estado do Ceará, Brasil. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 191-199, 2009.

NAILA, A.; FLINT, S. H.; SULAIMAN, A. Z.; AJIT, A.; WEEDS, Z. Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants. **Food Control**, v. 90, p. 152-165, 2018.

NASCIMENTO, K. S.; SATTLER, J. A. G.; MACEDO, L. F. L.; GONZÁLEZ, C. V. S.; MELO, I. L. P.; ARAÚJO, E. S.; GRANATO, D. SATTLER, A.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. Phenolic compounds, antioxidante capacity and physicochemical properties of Brazillian *Apis mellifera* honeys. **LWT – Food Science and Technology**, v. 91, p. 85-94, 2018.

NEMETH, A. H.; GONZÁLEZ, C. P.; PÉREZ, B. R.; PETIT, W. B.; MOTZESAK, R. H.; GRANADILLO, I. L. Evaluación química del vino de semeruco (*Malpighia spp.*) producido em el estado Falcón, Venezuela. **Multiciencias**, v. 10, n. 3, p. 234-240, 2010.

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**, 2018.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenya black teas. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v. 74, n. 2, p. 209-215, 1997.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Análise físico-química de méis de abelhas africanizada e nativa. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 2, p. 132–138, 2011.

OLIVEIRA, L. C.; SOUZA, S. O.; MAMEDE, M. E. O. Avaliação das características físico-químicas e colorimétricas de vinhos finos de duas principais regiões vinícolas do Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 2, p. 156-167, 2011.

OLIVEIRA, P. S.; MÜLLER, R. C. S.; DANTAS, K. G. F.; ALVES, C. N. Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (Apidae, Apini) da Amazônia. **Química Nova**, v. 53, n. 9, p 1728-1732, 2012.

PEREIRA A. P., MENDES-FERREIRA A., OLIVEIRA J. M., ESTEVINHO L. M., MENDES-FAIA, A. High-cell-density fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* for the optimization of mead production. **Food Microbiology**, v. 33, p. 114–123, 2013.

PEREIRA A. P.; DIAS, T.; ANDRADE, J.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L. M. Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, P. 2057–2063, 2009.

PEREIRA, A. P.; MENDES-FERREIRA, A.; ESTEVINHO, L. M.; MENDES-FAIA, A. Improvement of mead fermentation by honey-must supplementation. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 121, n. 3, p. 405-410, 2015.

PÉRICO, E.; TIUMAN, T. S.; LAWICH, M. C.; KRUGER, R. L. Avaliação Microbiológica e Físico-química de Méis Comercializados no Município de Toledo, PR. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 13, n. 3, p. 365–382, 2011.

PINHEIRO, C. G. M. E.; ABRANTES, M. R.; SILVA, R. O.S.; OLIVEIRA JUNIOR, C. A.; LOBATO, F. C. F.; SILVA, J. B. A. Microbiological quality of honey from stingless bee, jandaíra (*Melipona subnitida*), from the semiarid region of Brazil. **Ciência Rural**, v. 48, n. 9, e20180151, 2018.

PIRES, E. A.; FERREIRA, M. A.; SILVA, S. M. P. C.; SANTOS, F. L. Estudo prospectivo do hidromel sob o enfoque de documento de patentes. **Revista Geintec**, v. 3, n. 5, p. 33-41, 2013.

PITA-CALVO, C.; VÁZQUÉZ, M. Differences between honeydew and blossom honeys: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 79-87, 2017.

PONTARA, L. P. M.; CLEMENTE, E.; OLIVEIRA, D. M.; KWIATKOWSKI, A.; ROSA, C. I. L. F.; SAIA, V. E. Physicochemical and microbiological characterization of cassava flower honey samples produced by africanized honeybees. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 3, p. 547–552, 2012.

REGES, S. C. N. **Caracterização dos méis ofertados pela apicultura e meliponicultura no Jaguaribe Cearense**. 2014. 109f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, CE, 2014.

RIBEIRO, G. P.; VILLAS-BÔAS, J. K.; SPINOSA, W. A.; PRUDENCIO, S. H. Influence of freezing, pasteurization and maturation on tiúba honey quality. **LWT – Food Science and Technology**, v. 90, p. 607-612, 2018.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology: The chemistry of wine, stabilization and treatments**. – 2. ed. – Paris: Wiley, 2006.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de vinho**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2010.

RIZZON, L. A.; MIELI, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

RODRÍGUEZ, B. A.; MENDONZA, S.; ITURRIGA, M. H.; CASTAÑO-TOSTADO, E. Quality parameters and antioxidante and antibacterial properties of some mexican honeys. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 1, p. 121-127, 2012.

ROLDÁN, A.; MUISWINKEL, G. C. L.; LASANTA, C.; PALACIOS, V.; CARO, I. Influence of pollen addition on mead elaboration: physicochemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v. 126, p. 574-582, 2011.

SANTOS, E. O. **Produção de hidromel a partir de mel elaborado pelas abelhas jataí (*Tetragonisca angustula*) do município de Rio Bonito do Iguazu – PR**. (2014). 53f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, PR, 2014.

SANTOS, M. C.; NUNES, C.; SARAIVA, J. A.; COIMBRA, M. A. Chemical and physical methodologies for the replacement/reduction of sulfúur dioxide use during winemaking: Review of their potentialities and limitations. **European Food Research and Technology**, v. 234, p. 1-12, 2012.

SAXENA, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Physical, biochemical and antioxidante properties of some Indian honeys. **Food Chemistry**, v. 118, p 391-397, 2010.

SEGTOEWICK, E. C. S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI-FILHO, W. G. Avaliação físico-química e sensorial de fermentado de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2. p. 147-154, 2013.

SILVA, J. F. **Cinética da fermentação de mel durante a produção de hidromel de três diferentes floradas.** (2016). 47f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2016b.

SILVA, M. S. **Desenvolvimento de fermento para produção de hidromel.** (2016). 108f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016a.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** – 3. ed. –. São Paulo: Varela, 2007.

SILVA, P. M.; GAUCHE, C.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Honey: chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**, v. 1, p. 309-323, 2016.

SILVA, S. M. P. C.; CARVALHO, C. A. L.; SODRÉ, G. S.; ESTEVINHO, L. M. Production and characterization of mead from honey of *Melipona scutellaris* stingless bees. **Journal of The Institute of Brewing & Distilling**, v. 124, n. 2, p. 194-200, 2018.

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

SOLAYMAN, M.; ISLAM, M. A.; PAUL, S.; ALI, Y.; KHALI, M. I.; ALAM, N.; GAN, S. H. Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, p. 219-233, 2016.

SOUSA, J. M. B.; AQUINO, I. S.; MAGNANI, M.; ALBUQUERQUE, J. R.; SANTOS, G. G.; 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**, v. 34, n. 4, p. 1765-1774, 2013.

SOUSA, J. M. B.; SOUZA, E. L.; MARQUES, G.; BENASSI, M. T.; GULLÓN, B.; PINTADO, M. M.; MAGNANI, M. Sugars 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, 2016a.

SOUSA, J. M.; SOUZA, E. L.; MARQUES, G.; MEIRELES, B.; CORDEIRO, A. T. M.; GULLÓN, B.; PINTADO, M. M.; MAGNANI, M. Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by *Meliponini* in the Brazilian semiarid region. **Food Research International**, v. 84, p. 61-68, 2016b.

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

SOUZA, B. A.; MARCHINI, L. C.; ODA-SOUZA, M.; CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) da região Nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Química Nova**, v. 32, n. 2. p. 303-308, 2009.

SROKA, P.; SATORA, P. The influence of hydrocolloids on mead wort fermentation. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 233-239, 2017.

SROKA, P.; TUSZYNSKI, T. Changes in organic acid content during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1250-1257. 2007.

STATSOFT. **Statistica for Windows-computer programe manual**, version 7.0. Tulsa: Statsoft Inc, 2007.

STEINKRAUS, K. H.; MORSE, R. A. Chemical analysis of honey wines. **Journal of Apicultural Research**, v. 12, n. 3, p. 191-195, 1973.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 426p.

ŠVECOVÁ, B.; BORDOVSKÁ, M.; KALVACHOVÁ, D.; HÁJEK, T. Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 38, p. 80-88, 2015.

VENTURINI FILHO, W. G. et al. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**, vol. 1. São Paulo: Blücher, 2010.

VILLAS-BÔAS, J. **Manual de aproveitamento integral dos produtos das abelhas nativas sem ferrão**. – 2. ed. – Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2018.

VIDRIH, R.; HRIBAR, J. Studies on the sensory properties of mead and the formation of aroma compounds related to the type of honey. **Acta Alimentaria**, v. 36, n. 2, p. 151-162, 2007.