

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS – *CAMPUS* BAMBUÍ

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Lorrane Fernandes Barbosa Ferreira

**AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE HIDROXIMETILFURFURAL DE MÉIS  
SUBMETIDOS À DISSOLUÇÃO DE CRISTAIS POR DIFERENTES MÉTODOS DE  
AQUECIMENTO**

BambuÍ

2023

LORRANE FERNANDES BARBOSA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE HIDROXIMETILFURFURAL DE MÉIS  
SUBMETIDOS À DISSOLUÇÃO DE CRISTAIS POR DIFERENTES MÉTODOS DE  
AQUECIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Bacharelado em  
Engenharia de Alimentos do Instituto  
Federal de Minas Gerais - *Campus*  
Bambuí para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Bambuí

2023

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

F383a Ferreira, Lorrane Fernandes Barbosa.  
Avaliação da formação de hidroximetilfurfural de méis submetidos à dissolução de cristais por diferentes métodos de aquecimento. / Lorrane Fernandes Barbosa Ferreira. – 2023.

30 f.; il.: color.

Orientadora: Gaby Patrícia Terán Ortiz.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Engenharia de Alimentos, 2023.

1. Mel. 2. Hidroximetilfurfural. 3. Cristalização de açúcares. I. Ortiz, Gaby Patrícia Terán. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 641.38



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Bambuí  
Diretoria de Ensino  
Departamento de Ciências Agrárias  
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG  
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

## **DECLARAÇÃO**

LORRANE FERNANDES BARBOSA FERREIRA

### **AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE HIDROXIMETILFURFURAL DE MÉIS SUBMETIDOS À DISSOLUÇÃO DE CRISTAIS POR DIFERENTES MÉTODOS DE AQUECIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: 21/06/2023 pela banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Gaby Patrícia Terán Ortiz – IFMG Bambuí (Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup> Amanda Camilo Graciano – IFMG Bambuí

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Clara Suprani Marques – IFMG Bambuí

Bambuí, 25 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Gaby Patricia Teran Ortiz, Professora**, em 25/06/2023, às 11:24, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Camilo Graciano, Professora Substituta**, em 26/06/2023, às 11:16, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Clara Suprani Marques, Professora Substituta**, em 26/06/2023, às 16:24, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Declaração 1593207 SEI 23209.003970/2022-40 / pg. 1



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1593207** e o código CRC **AB68728B**.

Dedico este trabalho aos meus pais Francisco e Valtercilia que sempre me apoiaram e me incentivaram em todos os momentos de minha trajetória.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do percurso.

Aos meus pais Francisco e Valtercilia e aos meus irmãos Max Taylor e Hudson, que incentivaram nos momentos difíceis e durante minha jornada de aprendizagem e crescimento.

A minha orientadora, por seu apoio, orientação e ideias que fizeram desta uma experiência inspiradora para mim.

Ao IFMG – *Campus* Bambuí e a empresa Bee Própolis Brasil LTDA, pela disponibilização de sua estrutura, e a todos que me auxiliaram de alguma forma no desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 HISTÓRICO DA APICULTURA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 MEL E SUAS PROPRIEDADES .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 ADULTERAÇÕES/ LEGISLAÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4 HIDROXIMETILFURFURAL (HMF) NO MEL.....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 PREPARO DAS AMOSTRAS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 ANÁLISE DE HIDROXIMETILFURFURAL (HMF) .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 ANÁLISE DE RESULTADO .....</b>	<b>20</b>
<b>4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICE A – METODOLOGIA PARA DETERMINAR HMF.....</b>	<b>29</b>

## RESUMO

O mel é um alimento natural muito apreciado devido às suas propriedades nutricionais e medicinais. Seus componentes majoritários são os açúcares, como a frutose e glicose, que tendem a cristalizar naturalmente com o tempo de armazenamento e as baixas temperaturas. Consumidores de mel associam a cristalização do mel à adulteração do produto ou má qualidade, preferindo assim seu consumo no estado líquido. Para dissolução dos cristais, realizam o aquecimento do mel, muitas vezes de forma inadequada, alterando significativamente os níveis de hidroximetilfurfural (HMF). Este composto, além de alterar a cor do mel, em altos níveis é prejudicial à saúde humana, o qual é descrito como citotóxico, irritante para os olhos, trato respiratório superior, pele e membranas mucosas, mutagênica, genotóxica e carcinogênica. Para garantir aos consumidores um produto de qualidade, a legislação vigente permite a comercialização de mel *Apis mellifera* com no máximo 60 mg/kg de HMF. Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a formação de hidroximetilfurfural (HMF) em mel aquecido por três diferentes tratamentos. Amostras de méis silvestre, de abelhas *Apis mellifera* completamente cristalizadas, foram submetidas ao aquecimento até completa dissolução dos cristais de açúcares, utilizando banho-maria a 40°C/20 minutos; banho-maria a 100°C/17 minutos; e micro-ondas potência média por 1 minuto. Realizou-se análise de HMF utilizando o espectrofotômetro, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz, no mel cristalizado e após o aquecimento utilizando os três métodos. Houve um aumento da formação de HMF após aquecimento do mel cristalizado, de 10,24% para o aquecimento no banho-maria a 40°C/20 minutos; 44,64% no banho-maria a 100°C/17 minutos; e 23,63% no micro-ondas/1 minuto. Em nenhum dos tratamentos, a quantidade formada de HMF ultrapassou o preconizado pela legislação. Concluiu-se que o nível de hidroximetilfurfural variou conforme o método de aquecimento e que a temperatura teve influência neste fato.

**Palavras chave:** Mel. *Apis mellifera*. Hidroximetilfurfural. Cristalização de açúcares.

## ABSTRACT

Honey is a very popular natural food due to its nutritional and medicinal properties. Its major component are sugars, such as fructose and glucose, which tend to crystallize naturally with storage time and at low temperatures. Honey consumers associate the crystallization of honey with adulteration of the product or poor quality, thus preferring its consumption in a liquid state. To dissolve the crystals, they heat the honey, often inappropriately, significantly altering the levels of hydroxymethylfurfural (HMF). This compound, in addition to changing the color of honey, at high levels is harmful to human health, being described as cytotoxic, irritating to the eyes, upper respiratory tract and skin and mucous membranes, mutagenic, genotoxic and carcinogenic. To guarantee consumers a quality product, current legislation allows the sale of *Apis mellifera* honey with a maximum of 60 mg/kg of HMF. Therefore, this work aimed to evaluate the formation of hydroxymethylfurfural (HMF) in honey heated by three different treatments. Samples of wild honey, from *Apis mellifera* bees and completely crystallized, were submitted to heating until complete dissolution of the sugar crystals, using a water bath at 40°C/20 minutes; water bath at 100°C/17 minutes; and microwave medium power for 1 minute. HMF analysis was carried out using the spectrophotometer, following the methodology of Instituto Adolfo Lutz, in crystallized honey and after heating using the three methods. There was an increase in HMF formation after heating crystallized honey, of 10.24% for heating in a water bath at 40°C/20 minutes; 44.64% in the water bath at 100°C/17 minutes; and 23.63% in the microwave/1 minute. In none of the treatments, the formed amount of HMF exceeded the recommended by legislation. It is concluded that the level of hydroxymethylfurfural increases when honey is heated using different forms of heat application and that temperature has a greater influence on this increment.

**Keywords:** Honey. *Apis mellifera*. Hydroxymethylfurfural. Sugars crystallization.

## 1. INTRODUÇÃO

O mel pode ser definido como uma substância açucarada obtida do néctar das flores ou secreções provenientes de partes vivas de plantas, ou que sobre elas se encontram, e que as abelhas colhem, transformam e combinam com substâncias específicas, armazenando-as nos favos das colmeias.

Açúcares, água, enzimas, proteínas, ácidos orgânicos, minerais, vitaminas dentre outros, são os componentes do mel, e por isso consumido como adoçante natural e fonte de energia, além de apresentar efeito imunológico, anti-inflamatório, antibacteriano, regenerativo de tecidos, expectorante, dentre outros.

Devido ao mel apresentar altas concentrações de açúcar em sua composição, principalmente frutose e glicose, é muito comum ocorrer sua cristalização durante seu armazenamento prolongado e com a diminuição da temperatura, como no inverno.

De acordo com pesquisas do perfil do consumidor de mel, muitos não o consomem cristalizado, pois associam à adulteração ou perda da qualidade. Por outro lado, consumidores que tem conhecimento que o mel cristaliza naturalmente, preferem consumi-lo de forma líquida. Assim, pelos motivos expostos: produtores, comerciantes e consumidores de mel o aquecem para dissolver os cristais de açúcares.

O aquecimento do mel provoca a formação do hidroximetilfurfural (HMF), alterando a sua cor, tornando-o mais escuro. Além disso, estudos mostram que o HMF pode causar risco de citotoxicidade, genotoxicidade e atividade mutagênica. Por isso, é de suma importância a avaliação da formação desse composto no mel.

A legislação vigente permite a comercialização de mel *Apis mellifera* com no máximo 60 mg/kg de HMF (BRASIL, 2000), na tentativa de garantir aos consumidores um produto dentro dos padrões de qualidade. Muitas vezes o aquecimento do mel é realizado de forma inadequada, levando à formação de HMF acima do preconizado pela legislação.

Assim, este trabalho objetivou avaliar a formação de HMF em mel aquecido por três diferentes métodos de aplicação de calor: banho-maria (40°C e 100°C) e micro-ondas.

## 2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### 2.1 Histórico da apicultura

A apicultura no Brasil se iniciou em 1839, quando foram introduzidas as abelhas melíferas de origem europeia na região Sudeste, todas importadas da Europa. Devido à baixa produtividade das abelhas europeias, o pesquisador brasileiro Warwick Estevam Kerr principiou à pesquisa para o melhoramento genético dessas abelhas, e em 1956 foram introduzidas no Brasil às abelhas africanas da espécie *Apis mellifera scutellata*, mais produtivas e adaptáveis ao clima tropical. Assim, através do cruzamento das abelhas europeias com as abelhas africanas deu-se a formação das abelhas africanizadas que até hoje são responsáveis pelo desenvolvimento apícola, causando impacto biológico, tecnológico, econômico e social (MARTINEZ; SOARES, 2012; PEREIRA, 2020).

A apicultura se torna expandida como atividade, em praticamente, todos os estados brasileiros, produzindo mel e seus derivados. É considerada umas das poucas atividades agropecuárias que não agride o meio ambiente, pelo contrário, ela consegue ser sustentável, gerando renda para os agricultores, consegue englobar o homem ao campo, reduz o êxodo rural e é ecológico, não havendo desmatamento para a criação das abelhas (BALBINO, BINOTTO, SIQUEIRA, 2015).

É importante ressaltar que a produção e oferta de mel no mercado interno se desenvolveram de tal forma que permitiram ao Brasil se tornar um importante produtor de mel e de produtos apícolas de interesse para o mercado mundial (GOIS *et a.*, 2013).

Como citado anteriormente, o Brasil tem um forte potencial para fornecer mel no mercado interno e externo, mas muitos desafios ainda precisam ser superados, envolvendo o aprimoramento de tecnologias no setor, maior organização das cadeias produtivas locais competitivas, nível de formalização, desenvolvimento de redes de comercialização e de assistência técnica, definição de padrões de qualidade, melhor controle de instalações sanitárias e marcas próprias que consigam agregar valor ao produto, destarte, aumentando o consumo interno e a extensão dos mercados externos (ALVES, 2008).

Em 2020, o Brasil exportou 45,7 mil toneladas de mel natural, com faturamento de US\$ 98,560 milhões. Os Estados Unidos são responsáveis por 72% das aquisições de mel do Brasil, em valor. Em 2020, foram exportados para o país 34 mil toneladas de mel, com

US\$ 71,2 milhões (BRASIL, 2022). No entanto, a apicultura ainda é uma atividade pouco difundida no Brasil, ainda em ascensão, mas as oportunidades são gigantescas.

## 2.2 Mel e suas propriedades

Segundo a Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000, o mel pode ser definido como o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam e combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia (BRASIL, 2000).

O mel é uma substância viscosa, aromática e considerada açucarada (doce), e seu aroma, paladar, coloração, viscosidade e propriedades medicinais estão diretamente relacionados com a fonte de néctar que o originam e também com a espécie de abelha que o produziu (CAMARGO, 2002). Portanto, a caracterização regional, devido à diversidade botânica e da variação climática de cada região influencia nas propriedades físico-químicas do mel (ALVES, 2008).

Conforme descrição do Codex Standard for Honey (2001), o mel tem dois componentes principais, a glicose e frutose, mas possui também outros tipos de açúcares como sacarose e maltose, além de proteínas, minerais, ácidos orgânicos, vitaminas e enzimas como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química do mel

Nutrientes	Componentes presentes em 100g de mel
Água	17,1 g
Frutose	38,5 g
Glicose	31 g
Maltose	7,2 g
Sacarose	1,5 g
Outros componentes (proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerais).	0,5 g
Energia	304 kcal

Fonte: VENTURINE, 2007.

O conteúdo de água do mel é importante para determinar a qualidade do mel. O teor de umidade influencia diretamente na viscosidade, conservação, palatabilidade, sabor,

cristalização e peso. Níveis elevados de umidade, acima de 20%, podem ocorrer à fermentação do mel pela ação das leveduras osmofílicas presentes também em sua composição (PEREIRA, 2007).

Os açúcares comumente encontrados no mel de *Apis mellifera* são: glicose, frutose, sacarose, maltose dentre outros, os quais são os açúcares redutores (glicose e frutose) os principais componentes. A glicose, devido à sua baixa solubilidade, influencia a tendência à cristalização do mel, enquanto a frutose contribui para a sua doçura (CRANE, 1983 *apud* ANACLETO, 2007)<sup>1</sup>

Encontra-se também em pequenas concentrações, a proteína, que pode ser de origem vegetal e animal. A fonte vegetal é o pólen e néctar da flor, e a fonte animal é da própria abelha, das secreções das glândulas salivares durante a transformação do néctar até maturação do mel (CAMARGO *et al.*, 2006). A quantidade do mel em aminoácidos é reduzida, mas em compensação, possui cerca de 18 aminoácidos. E o conteúdo de aminoácidos está relacionado com a origem floral do mel. (PEREIRA, 2007).

Entre as vitaminas, se encontram no mel, as vitaminas do complexo B (B1, B2, B3, B5, B6, B8 e B9), vitamina C e vitamina D. Além de pequenas concentrações de minerais, como, alumínio, cálcio, boro, cloro, chumbo, cobre, ferro, estanho, enxofre, iodo, fosforo, ferro, magnésio, nitrogênio, manganês, zinco, titânio, sódio, silício, rádio, potássio, ósmio e nitrogênio. De acordo com Pereira (2007), a cor do mel está relacionada com a quantidade de minerais presentes em sua composição.

Os ácidos orgânicos presentes na composição do mel representam menos de 0,5% dos sólidos. Os ácidos encontrados são o fórmico, bûtirico, acético, oxálico, láctico, tartárico, succínico, maleíco, pirúvico, a-cetoglutárico, piroglutâmico, glicólico, málico, cítrico, ácido 2 ou 3 fosfoglicérico, b-glicerofosfato, glicose 6 – fosfato. Mas o em maior concentração é o ácido glicônico (WHITE, 1980).

A maioria das enzimas identificadas no mel são inseridas pelas abelhas durante o processo de amadurecimento natural do mel (AFROZ, R *et al.*, 2016). São originadas de duas fontes: a invertase, a glicose oxidase e a amilase vem das glândulas hipofaríngeas das abelhas operárias. Por outro lado, catalase, fosfatase ácida e uma pequena proporção de amilase são provenientes de plantas (GÜNDOYDU, 2019).

A invertase transforma  $\frac{3}{4}$  da sacarose inicial do néctar coletado nos açúcares glicose e frutose. Esta enzima permanece no mel conservando sua atividade por algum tempo,

---

<sup>1</sup> CRANE, E. **Livro do mel**. Ed. 2. São Paulo: Nobel. 1983, p. 226, 1983.

a menos que seja inativada pelo aquecimento; mesmo assim, o conteúdo da sacarose do mel nunca chega à zero (CAMARGO, PEREIRA, LOPES, 2002).

O mel é um alimento rico energeticamente, consumido em todo o mundo, e extremamente importante para a saúde do organismo humano quando consumido na forma pura, por apresentar diversas propriedades como: curativa, antimicrobiana, antibacteriano, regenerativa de tecidos, calmante dentre outros (RIQUETTE, 2013).

Martos *et al.*, (2008) relatam que o mel possui capacidade antioxidante dependendo de alguns fatores: origem floral do néctar, tipo de solo e clima, fatores genéticos e métodos de processamento. Os ácidos orgânicos presentes no mel, como os ácidos glucônico, málico e cítrico, contribuem para a atividade antioxidante por meio da quelação de metais e aumentam o efeito dos flavonoides pela sinergia. Enzimas presentes no mel, como glicose oxidase e catalase, também mostram atividade antioxidante por meio de sua capacidade de eliminar o oxigênio dos alimentos.

A quantidade de mel natural recomendada para uso medicinal é de aproximadamente, 7 g (uma colher de chá), que tem o equivalente a 50-250 µg do antioxidante butil-hidroxianisol” (BORSATO, 2008).

### **2.3 Adultrações/ Legislação**

Devido à sua composição química e por possuir inúmeras propriedades terapêuticas, o mel é largamente procurado. Desta forma, aliado ao alto custo para sua aquisição, o mel é “fonte” de adultrações (MEIRELES, CANÇADO, 2013).

As adultrações ou fraudes intencionais são práticas realizadas com o intuito de beneficiar o executor, e são realizadas ao longo de anos (EVERSTINE, SPINK, KENNEDY, 2013).

A falsificação e adultração do mel prejudicam os produtores de mel puro, afetando a economia e o mercado, além de ter consequências negativas para a nutrição e saúde dos consumidores (CENGIZ; DURAK; OZTURK, 2014; GARCIA *et al.*, 2018).

A adultração do mel é basicamente dividida em dois tipos: adultração indireta, realizada através da alimentação da colmeia com xarope de açúcar, e adultração direta, que se refere a adicionar substâncias diretamente ao mel (glicose, sacarose). A adultração indireta dificilmente será identificada, já a adultração direta é identificada através de análises físico-químicas qualitativas e quantitativas (SILVA *et al.*, 2020).

As análises qualitativas para detecção de adulteração em méis são: Lund, Lugol, Fiehe e Fermentos Diastásicos. Estes testes químicos tem baixo custo e podem ser realizados por laboratórios de análises químicas básicas (SILVA *et al.*, 2020).

A análise qualitativa de Lund identifica substâncias albuminoides, pelo ácido tânico, as quais, em méis puros produzem precipitados que oscilam de 0,6 a 3 ml no fundo da proveta, e em méis adulterados, não haverá produção de precipitado, ou excedem o volume máximo do referido intervalo (BERA; MURADIAN, 2007).

O teste de Lugol indica quando há adulteração do mel com glicose comercial, pois o iodo presente no reagente complexa com o amido do adulterante, formando um complexo vermelho-violeta (DIAS *et al.*, 2009).

A reação de Fiehe é uma análise para indicar a presença de substâncias produzidas durante o superaquecimento do mel ou adição de xaropes de açúcar. Em caso positivo, exibe coloração vermelha (BERA; MURADIAN, 2007).

Análise de fermentos diastásicos, fundamenta-se na hidrólise do amido pela enzima amilase contidas no mel. Quando o resultado der negativo apresentará coloração castanho claro a castanho esverdeado. Nas condições em que o mel estiver adulterado, apresentará resultado positivo com coloração azul (MESQUITA, 2010).

As análises quantitativas exigidas pela legislação e seus parâmetros para mel de *Apis mellifera* são preconizadas pela Instrução Normativa nº 20 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000) e estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Composição físico-química do mel.

Parâmetros	Mel
Umidade (máximo)	20%
Açúcares redutores (mínimo)	65%
Sacarose (máximo)	6%
Cinzas ou resíduo mineral (máximo)	0,6%
Hidroximetilfurfural (máximo)	60 mg/kg
Acidez (máximo)	50 meq/kg

Fonte: BRASIL, 2000.

Todas as análises descritas na Tabela 2 podem ser realizadas seguindo a metodologia do Instituto Adolf Lutz (2008).

De acordo com a legislação, a umidade não deve ultrapassar 20%, acima disto o mel possui grandes chances de fermentar ou estar fermentado (BRASIL, Y, 2021). Pode ser

indicativo da coleta de mel “verde”, antes dos opérculos dos favos serem fechados pelas abelhas.

Açúcares redutores abaixo de 65% são indicativos que o mel foi fraudado com sacarose (BRASIL, 2000). Sacarose acima do máximo permitido pela legislação 6g/100g, é indicativo de que o mel foi coletado prematuramente ou adulterado a partir da adição direta de sacarose (LOPES, 2010).

Através da análise de cinzas ou resíduo mineral, é possível detectar algumas falhas ou irregularidades no mel por parte dos produtores, como a falta de higiene, a não decantação, problemas na filtragem ou obtenção do mel por meio da prensagem dos favos (ANACLETO, 2007; MEIRELES, CANÇADO, 2013).

Altos valores de acidez acima do permitido pela legislação vigente pode ser indicativo que o mel está em processo de fermentação, ou fermentado (ANACLETO, 2007).

HMF no mel não deve ultrapassar 60mg/kg. Alguns dos fatores que podem levar ao aumento do HMF são: aquecimento inadequado, acidez pela presença natural de ácidos orgânicos contidos no mel, e tempo de armazenamento, o qual tende a favorecer a formação deste composto furânico (SILVA, 2022).

#### **2.4 Hidroximetilfurfural (HMF) no mel**

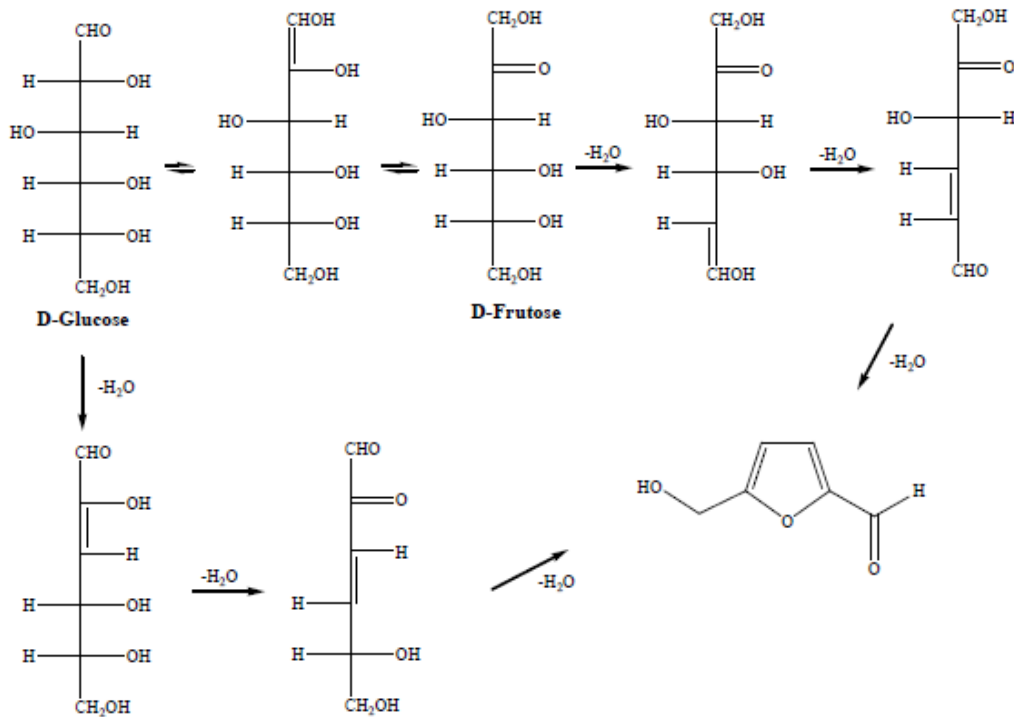
A consistência do mel pode ser líquida ou cristalizada, onde a cristalização do mel e o tamanho dos cristais são desenvolvidos de forma natural, em função das relações de glicose/água e frutose/glicose e temperatura, concentrações de açúcares, procedência floral do néctar. Outros fatores que influenciam a tendência de formação de cristais do produto são a presença de impurezas como pequenas partículas de poeira, pólen, própolis e cera (KUROISHI, 2012; ALVIM, 2004; ESCOBEDO, 2006).

O mel naturalmente cristaliza, principalmente com o tempo de armazenamento e abaixamento da temperatura. Essa transformação do mel do estado líquido para o cristalizado é indesejável, pois faz com que o produto fique opaco e turvo, perdendo a aceitabilidade do consumidor (ESCOBEDO, 2006; VENTURINI, 2007).

Consumidores de méis tem preferência pelo mel líquido, e por isso é realizado o aquecimento, para dissolver os cristais formados. Muitas vezes é realizado de forma inadequada, levando à formação de HMF acima do preconizado pela legislação que é 60 mg/kg (BRASIL, 2000).

O HMF é formado durante o aquecimento do mel, pela hidrólise ácida e desidratação das hexoses por ácidos contidos no próprio mel (Figura 1). A presença de açúcares simples (glicose e frutose) e água são favoráveis para formação deste composto indesejável (FERREIRA, 2014).

Figura 1: Desidratação da glicose e frutose em hidroximetilfurfural.



Fonte: FERREIRA, 2014.

Quanto mais elevado for o teor de HMF no mel, menor será seu valor nutricional em razão da destruição, a partir do aquecimento de determinadas vitaminas e enzimas, e sensorialmente o aquecimento inadequado acarretará no escurecimento do mel (VENTURINI, 2007; MENDES, 2009).

Altas concentrações de HMF são prejudiciais à saúde humana, pois são descritos como citotóxico, irritante para os olhos, trato respiratório superior e pele e membranas mucosas, mutagênica, genotóxica e carcinogênica. Esta substância pode ser metabolizada rapidamente pela oxidação do ácido 5-hidroximetilfurfuróico que conjuga juntamente com glicina para formar N-5-hidroximetil-2-furoilo glicina, o qual é excretado rapidamente pela urina. Essa é a principal via metabólica do HMF no ser humano, mas o HMF tem outra via metabólica que produz o 5 – sulfoximetilfurfural. Este composto devido ao seu grupo

sulfóxido, é reativo podendo agir com o DNA e outras macromoléculas do corpo, causando toxicidade e mutagenicidade (CAPUANO; FLOGUIANO, 2011; CASTOLDI, 2014).

Destarte, alguns pesquisadores têm realizado trabalhos determinando HMF em méis. Marchini *et al.*, (2000) verificaram o teor de HMF em méis de diferentes floradas (eucalipto, laranjeira e silvestre). Para dissolução dos cristais utilizou banho-maria, micro-ondas e aquecimento solar. Obteve valores de HMF significativamente maiores que o mel cristalizado sem aquecimento. O mel de laranjeira obteve maior aumento de HMF quando submetidos a todos os tratamentos, mas nenhuma das floradas ultrapassou os limites estabelecidos pela legislação.

Em outro trabalho foi realizada a determinação de HMF em méis de abelhas africanizadas e sem ferrão aquecidos por meio de pasteurização. Observou-se que somente a *Apis mellifera* utilizando o processo de pasteurização obteve valores acima do permitido pela legislação brasileira (MENEZES; MATTIETTO; LOURENÇO, 2018).

Já Silva (2018) determinou HMF para mel de *Apis mellifera* (abelha com ferrão) e *Melipona* (abelha sem ferrão) utilizando como meio de aquecimento, desumidificação em estufa a 65°C a cada 12 horas, e banho-maria sob agitação constante, em temperatura fixa de 55°C. Os teores encontrados para o tratamento utilizando desumidificação proporcionou um aumento gradativo do HMF, mas não ultrapassou o máximo permitido pela legislação.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Amostras de mel cristalizadas foram submetidas à dissolução dos cristais por três diferentes tratamentos. Após o aquecimento, as amostras foram analisadas quanto ao teor de HMF formado.

#### **3.1 Preparo das amostras**

As amostras de mel foram coletadas na cidade de Bambuí – MG, bisnagas de 280g, provenientes de *Apis mellifera*, florada silvestre, da marca Natucentro.

Para completa cristalização (Figura 2) as amostras foram colocadas sob-refrigeração, à temperatura aproximada de 7°C por 30 dias.

Figura 2 - Amostra de mel completamente cristalizada.



Fonte: Arquivo próprio

Para dissolução de cristais de açúcares, utilizaram-se três métodos de aquecimento: micro-ondas e banho-maria (40°C e 100°C). A Figura 3 apresenta amostra de mel após aquecimento.

Figura 3: Amostra de mel após aquecimento.



Fonte: Arquivo próprio

Para cada tratamento foram aquecidas três bisnagas (três repetições), totalizando nove bisnagas. O aquecimento em micro-ondas foi realizado por um minuto a 65°C, na potência média baixa, utilizando-se o equipamento da marca Electrolux – ME21S. O aquecimento em banho-maria foi realizado em dois binômios tempo/temperatura: 40°C/20 minutos, e a 100°C/17 minutos no equipamento da marca SOLAB.

### 3.2 Análise de Hidroximetilfurfural (HMF)

Foram realizadas análises de HMF antes do aquecimento (amostras cristalizadas) e após o aquecimento realizado pelos três tratamentos, em três repetições, totalizando 18 amostras. Cada amostra foi analisada em duplicata.

As análises foram realizadas no Laboratório Físico Químico do setor de Controle de Qualidade da Empresa Bee Própolis Brasil LTDA, situada em Bambuí - MG. A metodologia utilizada para determinar HMF foi a recomendada por Instituto Adolfo Lutz (2008), descrita no APÊNDICE A, utilizando-se o espectrofotômetro da marca FEMTO Cirrus 80 (Figura 4).

Figura 4 – Espectrofotômetro utilizado na determinação de Hidroximetilfurfural (HMF) em amostras de mel.



Fonte: Arquivo próprio

### 3.3 Análise de resultado

Os dados médios de HMF das amostras de mel foram comparados com a legislação (BRASIL, 2000), que determina os parâmetros físico-químicos do mel.

A leitura das amostras foi realizada diretamente no espectrofotômetro, utilizando comprimentos de onda de 284 nm e 336 nm. Na metodologia de Instituto Adolfo Lutz (2008) temos a fórmula que determinou a concentração de HMF presente no mel. Onde para determinação do HMF foi feita a diferença entre as duas medidas como mostra a equação (1):

Equação (1)

$$\frac{(A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5}{P} = \text{HMF } mg/kg$$

A<sub>284</sub> = leitura da absorbância a 284nm

A<sub>336</sub> = leitura da absorbância a 336nm

P = massa da amostra em gramas

5 = massa nominal da amostra (g)

149,7 = representam a massa molar e a absorvidade molar do HMF.

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra os resultados das análises de HMF de mel cristalizado e submetidos a diferentes tratamentos para dissolução dos cristais.

Tabela 3 – Resultados de Hidroximetilfurfural (HMF) para mel cristalizado submetido ao aquecimento em micro-ondas e banho-maria.

Tratamentos	HMF (mg/Kg)	
	Média (Mel Cristalizado)	Média (Mel Aquecido)
<b>Micro-ondas por 1 minuto</b>	10,79	13,34
<b>Banho-maria a 40°C</b>	10,94	12,06
<b>Banho-maria a 100°C</b>	12,36	17,82

Fonte: Autor próprio.

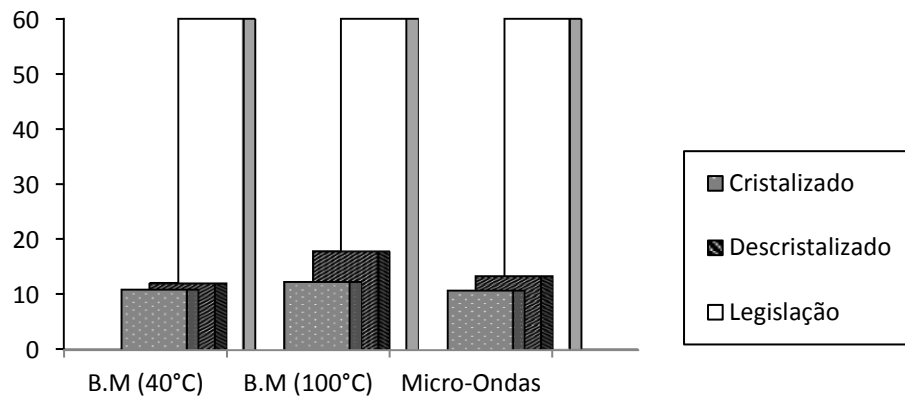
Os resultados encontrados de HMF, tanto para os méis cristalizados (antes do aquecimento), quanto após o aquecimento para dissolução dos cristais, utilizando três diferentes tratamentos, foram inferiores ao máximo permitido pela legislação brasileira que é 60 mg/kg (BRASIL, 2000).

Na Figura 5 estão plotados os valores de HMF (mg/kg) obtidos nas amostras de méis analisados comparando com a legislação brasileira.

Os valores médios de HMF (mg/kg) das amostras ao aquecimento em micro-ondas e banho-maria foram maiores do que as das amostras cristalizadas. O aumento destes valores foi de 10,24% para o mel aquecido em banho-maria a 40 °C/20 minutos, 23,63% para o tratamento em micro-ondas potência médio baixa, com temperatura de 65°C por um minuto e de 44,64% para a amostra aquecida em banho-maria a 100°C/17 minutos. Esse

comportamento pode ser explicado, devido à diferença de temperatura/tempo de exposição e método de tratamento utilizado, e é influenciada principalmente pela temperatura. Aconselha a utilização de banho-maria a 40 °C para a dissolução dos cristais, pois de acordo com (CRANE 1983 *apud* CASTOUDI, 2014)<sup>2</sup> para cada 10°C acima do estipulado pela legislação a formação de HMF pode aumentar de quatro a cinco vezes.

Figura 5 – Valores de Hidroximetilfurfural de mel cristalizado e aquecidos por três diferentes tratamentos, em comparação com a legislação.



Fonte: Autor próprio

B.M = Banho-maria

Em amostras de mel de florada silvestre de abelhas africanizadas, Marchini, Rodrigues e Moreti (2000) encontraram valores de HMF, 11,42 mg/kg para amostra antes do aquecimento e 15,61 mg/kg quando aquecidos em micro-ondas e 15,26 mg/kg quando aquecidos em banho-maria, verificando aumento de HMF para ambos tratamentos.

O aumento de HMF no mel após aquecimento também foi observado por SILVA *et al.*, (2018). Estes fizeram a desumidificação em estufa, e o mel de *Apis mellifera* apresentou resultado de 24,2 mg/kg de HMF após o aquecimento. Menezes, Mattietto e Lourenço (2018) realizaram a pasteurização de mel em sistema tubular, encontrando valores de HMF antes do aquecimento de 20,99 mg/kg e após aquecimento o valor de 64,34 mg/kg, que excede o limite estabelecido pela legislação.

<sup>2</sup> CRANE, E. *Livro do mel*. Ed. 2. São Paulo: Nobel. 1983, p. 226, 1983.

## 5. CONCLUSÃO

Com o aquecimento do mel ocorre o aumento de Hidroximetilfurfural em proporções diferentes nos três tratamentos utilizados: banho-maria a 40°C/20 minutos; banho-maria a 100°C/17 minutos; e micro-ondas potência média por 1 minuto. O menor aumento de HMF ocorre no aquecimento a 40°C e o maior incremento a 100°C, o que demonstra a influência da temperatura na formação do HMF.

## REFERÊNCIAS

AFROZ, R. *et al.* Farmacologia Molecular do Mel. **Revista Diário de Farmacologia Clínica e Experimental**, v. 6, ed. 3, p. 1-13, mai. 2016.

ALVES, E. M. **Identificação da flora e caracterização do mel orgânico de abelhas africanizadas das Ilhas Floresta e Laranjeira, do Alto Rio Paraná.** Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PA, 63. f, 2008.

ALVIM, N. C. O mel e suas características. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça - SP, ISSN 1679-7353-, 3. ed., jul., 2004.

ANACLETO, Daniela de Almeida. **Recursos alimentares, desenvolvimento das colônias e características físico químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponíneos, do município de Piracicaba, Estado de São Paulo.** 2007. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

BALBINO, Valdir Antonio; BINOTTO, Erlaine; SIQUEIRA, Elisabete Stradiotto. Apicultura e responsabilidade social: desafios da produção e dificuldades em adotar práticas social e ambientalmente responsáveis. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, ed. 81, n. 2, p. 348-377, mai-ago, 2015-. ISSN 1413-2311.

BERA, Alexandre; MURADIAN, Ligia Bicudo de Almeida. Propriedades físico-químicas de amostras comerciais de mel com própolis do estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, ed. 27, n. 1, p. 49-52, 2007.

BORSATO, Debora Maria. **Avaliação de méis com indicação monofloral, comercializados na região dos Campos Gerais – PR.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, p.43, 2008.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 11 de 20 de outubro de 2000** – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2000.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Políticas do Mapa incentivam a produção nacional de mel. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/politicas-do-mapa-incentivam-a-producao-nacional-de-mel>. Acesso em: 16 dez. 2022.

BRASIL, Yuri. Umidade do mel e qualidade: entenda a relação. **Blog Coofamel – Cooperativa Agrofamiliar Solidária**. Paraná, 14 out. 2021. Disponível em: <https://coofamel.com.br/baixa-umidade-do-mel/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CAMARGO, Ricardo Costa Rodrigues de *et al.* **Mel: Características e Propriedades**. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006.

CAMARGO, Ricardo Costa Rodrigues de; PEREIRA, Fábila de Mello; LOPES, Maria Teresa do Rêgo. **Sistemas de Produção 3: Produção de Mel**. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, dez, 2002.

CAPUANO, Edoardo; FOGLIANO, Vincenzo. Acrilamida e 5-hidroximetilfurfural (HMF): Uma revisão sobre metabolismo, toxicidade, ocorrência em alimentos e estratégias de mitigação. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Itália, v. 44, ed. 4, pag. 793-810, mai. 2011.

CASTOLDI, Karine. **Desenvolvimento de um método limpo para análise de 5-hidroximetil-2-furfuraldeído em mel**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2014.

CENGIZ, M. F; DURAK, M. Z; OZTURK, M. Validação interna para a determinação de adulteração de méis com açúcares vegetais (C4) por Espectrometria de Massa de Razão de Isótopos. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Turquia, v. 57, ed. 1, p. 9-15, jun. 2014.

CODEX STANDARD FOR HONEY. 2001. **Revised Codex Standard for Honey**. Disponível em: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252Fcxs\\_012e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252Fcxs_012e.pdf). Acesso em: 20 abr. 2023.

CRANE, E. **Livro do mel**. Ed. 2. São Paulo: Nobel. 1983, p. 226, 1983.

DIAS, Jairo da Silva *et al.* Caracterização Físico-Química de Amostras de Mel. **UNOPAR Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 19-22, Nov. 2009.

ESCOBEDO, R. M. *et al.* A composição, propriedades reológicas e térmicas de Tajonal (Vigueira dentada) Mel mexicano. **International Journal of Food Properties**. London, v. 9, p. 299-336, 2006.

EVERSTINE, Karen; SPINK, John; KENNEDY, Shaun. Economically motivated adulteration (EMA) of food: common characteristics of EMA incidents. **Journal Food Protection**, v. 76, p.723-735, 2013.

FERREIRA, A. C. *et al.* **Métodos quantitativos e qualitativos de determinação de 5-hidroximetilfurfural em diferentes tipos de mel**. Revista Eletrônica de Educação e Ciência (REEC) – ISSN 2237-3462 – Vol.4, n. 03,2014.

GOIS, Glayciane Costa *et al.* Composição do mel de *Apis mellifera*: requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.7, n.2, p.137-147, João Pessoa, 2013.

GÜNDOYDU, Engin; ÇAKMAKÇI, Songül; ŞAT, İhsan Güngör. Uma visão geral do mel: sua composição, nutrição e propriedades funcionais. **Revista Journal of Food Science and Engineering**, Turquia, p. 10-14, 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, São Paulo, p. 1020, 2008.

KUROISHI, A. M. *et al.* A avaliação da cristalização de mel utilizando parâmetros de cor e atividade de água. **Brazilliam. Journal of Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 1, p. 84-91, jan./mar, 2012.

LOPES, M. F. P. D. **Bioatividade do mel: Actividade antioxidante, antimicrobiana e composição em ácidos orgânicos.** 2010. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade de Lisboa, 2010.

MARCHINI, Luíz Carlos; RODRIGUES, Andréa Cremonez Lima; MORETI, Augusta Carolina de Camargo Carmello. HMF (hidroximetilfurfural) e diastase de méis submetidos à dissolução de cristais por aquecimento. **Boletim de Indústria Animal.** Nova Odessa, v. 57, n. 1, p. 85-91, 2000.

MARTINEZ, O. A.; SOARES, A. E. E. Melhoramento genético na apicultura comercial para produção da própolis. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.** Salvador, v.13, n.4, p.982-990, 2012.

MARTOS, M. V *et al.* Propriedades Funcionais do Mel, Própolis e Geleia Real. **Journal of Food Science.** [S. l.], v. 73, ed. 9, p. 117-124, nov./ 2008.

MEIRELES, Samuel; CANÇADO, Isabela Antônia Campolina. **Revista Digital FAPAM,** Pará de Minas, v. 4, n. 4, p. 207-219, abr. 2013.

MENEZES, Blenda do Amor; MATTIETTO, Rafaella de Andrade; LOURENÇO, Lúcia de Fátima Henriques. Avaliação da Qualidade de Méis de Abelhas Africanizadas e Sem Ferrão Nativas do Nordeste do Estado do Pará. **Revista Ciência Animal Brasileira,** Goiânia, v.19, p. 1-13, 2018.

MENDES, C. G. **As análises de mel: revisão.** Universidade Federal Rural do Semi - Árido (UFERSA). Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v.22, n.2, p.07-14, abr./jun., 2009.

MESQUITA, Luciene Xavier de. **Características de qualidade do mel de abelha (apis mellífera l.) da mesorregião oeste potiguar do estado do rio grande do norte, Brasil.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossóro, 2010.

PEREIRA, P. J. M. F. **Propriedades antibacterianas do mel.** Universidade do Porto. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação. Porto, 2007. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeprod](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeprod)

ucaolf6\_1galceportlet&p\_p\_lifecycle=0&p\_p\_state=normal&p\_p\_mode=view&p\_p\_col\_id=column-1&p\_p\_col\_count=1&p\_r\_p\_-76293187\_sistemaProducaoId=4905&p\_r\_p\_-996514994\_topicoId=5168. Acesso em: 06 de Junho de 2023.

RIQUETTE, R. F. R. **Bebidas fermentadas probióticas à base de extrato hidrossolúvel de soja adicionada de mel de abelha: desenvolvimento, avaliação sensorial e determinação da vida de prateleira.** Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SILVA, A. A. N. da. Estudo da qualidade de mel comercializado na região de Barbacena - MG . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 10, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32742>. Acesso em 03 mai. 2023.

SILVA, A. G. da; *et al.* **Análise do teor de hidroximetilfurfural do mel de Melipona flavolineata no decurso do processo de desumidificação por aquecimento.** *In:* SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2018, Belém, PA. **Anais [...]**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. p. 47-51.

SILVA, J. B *et al.* PESQUISAS DE FRAUDES EM MÉIS NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, SP, v.36, n.4, 230-235, 2020.

VENTURINI, K. S. et al. **Características do Mel.** Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Pró - Reitoria de Extensão - P r o g r a m a Institucional de Extensão Boletim Técnico. Ag, 2007.

WHITE, J. W. **Composição e Propriedades do Mel.** Science and Education Administration, E stern Regional Research Center, Filadélfia, Pa., p. 82-91, 1980.

## APÊNDICE A – Metodologia para determinar HMF

**Material:** Espectrofotômetro UV/VIS, cubeta de quartzo de 1 cm, balança analítica, banho-maria, espátula metálica, papel de filtro qualitativo, béqueres de 25 e 50 mL, balão volumétrico de 50 mL, pipetas volumétricas de 0,5 e 5 mL, tubos de ensaio de tamanho médio, proveta de 25 mL, funil de vidro de tamanho médio e bastão de vidro.

### Reagentes:

Solução de Carrez I – Dissolva 15 g de ferrocianeto de potássio -  $K_4 [ Fe (CN)_6 ] \cdot 3H_2O$  em água e complete para 100 mL.

Solução de Carrez II – Dissolva 30 g de acetato de zinco –  $Zn (CH_3 COO)_2 \cdot 2H_2O$  em água e complete para 100 mL.

Solução de bissulfito de sódio -  $NaHSO_3$  a 0,2% m/v – Dissolva 0,20 g de bissulfito de sódio em água e dilua a 100 mL. Se necessário, dilua 1+1 com a solução de referência.

**Procedimento:** Ligue e ajuste o espectrofotômetro conforme as instruções do fabricante, para leituras das absorvâncias a 284 e 336 nm. Pese, com precisão, cerca de 5 g de mel em um béquer de 50 mL e transfira, no máximo, com 25 mL de água para um balão volumétrico de 50 mL. Adicione 0,5 mL de solução de Carrez I e misture. Adicione 0,5 mL de solução de Carrez II e misture. Se necessário, adicione uma gota de álcool para suprimir a espuma. Complete o volume com água. Filtre, descartando os primeiros 10 mL do filtrado. Pipete 5 mL para cada um dos dois tubos de ensaio. Adicione 5 mL de água em um dos tubos (amostra) e 5 mL de solução de bissulfito de sódio 0,2% no outro (referência). Misture bem por três minutos e determine a absorvância da amostra a 284 e 336 nm em cubeta de 1 cm. Se a absorvância for maior que 0,6, dilua a solução de amostra com água e a solução de referência com solução de bissulfito de sódio 0,10%, na mesma proporção e corrija a absorvância para a diluição.

### Cálculos

$$\frac{(A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5}{P} = \text{HMF } mg/kg$$

A<sub>284</sub> = leitura da absorvância a 284nm

A<sub>336</sub> = leitura da absorvância a 336nm

P = massa da amostra em (g)

5 = massa nominal da amostra

149,7 = (126/16830) x (1000/10) x (1000/5)

126 = peso molecular do HMF

16830 = absortividade molar do HMF a 284 nm

1000 = conversão de g para mg

10 = diluição de 5 g de mel para 50 mL

1000 = conversão de g para kg