

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

VISCOSIDADE DO MEL DE *Apis mellifera* DE DIFERENTES ORIGENS FLORAIS

Rafael Alves Santomauro

Botucatu
2025

RAFAEL ALVES SANTOMAURO

VISCOSIDADE DO MEL DE *Apis mellifera* DE DIFERENTES ORIGENS FLORAIS

Trabalho de Conclusão de Residência em Medicina Veterinária apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, para obtenção do título de Residente em Medicina Veterinária.

Área de Inspeção Sanitária de Alimentos

Preceptor: Professor Ass. Dr. Fábio Sossai Possebon

Botucatu
2025

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Santomauro, Rafael Alves.

Viscosidade do mel de *Apis Mellifera* de diferentes
origens florais / Rafael Alves Santomauro. - Botucatu, 2025.
20 p.

Trabalho acadêmico (Residência em Medicina Veterinária)
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: Fábio Sossai Possebon

1. Mel - Composição. 2. Cristalização. 3. Mel - Qualidade.
4. Viscosidade. 5. Abelhas. I. Título.

Rafael Alves Santomauro

Viscosidade do mel de *Apis mellifera* de diferentes origens florais

Trabalho de Conclusão de Residência apresentado à Universidade Estadual (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, como parte das exigências para a obtenção do título de Residente em Medicina Veterinária.

Data da defesa: 24/02/2026

Orientador: Prof. Dr. Fábio Sossai Possebon

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio Sossai Possebon
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (UNESP)

Prof. Dr. Juliano Gonçalves Pereira
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (UNESP)

Prof. Dr. José Carlos de Figueiredo Pantoja
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (UNESP)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Janete Alves Santomauro e Claudinei Aparecido Santomauro, pelo incentivo constante e por acreditarem que a Residência em Botucatu seria a melhor escolha para mim e, de fato, foi. Eu os amo incondicionalmente.

Ao meu R1, Gabriel Henrique Gomes Mariano, pelas conversas e ajudas diárias durante a rotina no laboratório.

Aos técnicos do Serviço de Orientação à Alimentação Pública (SOAP): Otávio Augusto Martins, por confiar no meu potencial como pesquisador e pelo suporte durante a rotina no Laboratório de Físico-Química Aplicada aos Alimentos; Wanderson Sirley Reis Teixeira, pelos conselhos e auxílio na rotina do Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Biologia Molecular; e Larissa Cristina Fava Rodrigues Alves, pelos ensinamentos e pelo apoio na rotina do Laboratório de Microbiologia de Alimentos.

Aos mestrandos e doutorandos, em especial à Aryele Nunes da Cruz Encide Sampaio, que tanto me ajudou com as pesquisas desenvolvidas no SOAP.

Aos vários estagiários que passaram pelo laboratório, com quem também pude aprender muito.

Ao Afonso Freitas Carbonera, por todas as conversas diárias, pelo apoio e conselhos compartilhados. Meus dias foram muito melhores com você.

Ao meu preceptor, Dr. Fábio Sossai Possebon, e coorientador, Dr. Juliano Gonçalves Pereira, pelas orientações e oportunidades proporcionadas ao longo da Residência.

RESUMO

A viscosidade é um parâmetro crítico que quantifica a taxa de fluxo de um líquido sob a ação de uma força aplicada, influenciada por diversos fatores, incluindo composição química, temperatura e umidade. Essa propriedade reológica é particularmente importante na indústria do mel, pois desempenha papel crucial no projeto e otimização de equipamentos de processamento. O principal objetivo deste estudo foi caracterizar a viscosidade do mel produzido por *Apis mellifera*, proveniente de diversas origens botânicas, incluindo variedades orgânicas. As origens florais das amostras de mel analisadas foram eucalipto (n = 8), flores silvestres (n = 8), flor de laranjeira (n = 7) e produção orgânica (n = 8). Os resultados revelaram que o mel derivado de flores de laranjeira apresentou a menor viscosidade, medida em 1.385,07 mm²/s, enquanto o mel orgânico apresentou a maior viscosidade, registrada em 4.344,78 mm²/s. Além disso, o mel orgânico demonstrou a maior concentração de hidroximetilfurfural (33,59 mg/kg) juntamente com o menor teor de umidade (18,20 %). Esses resultados sugerem que o menor teor de umidade e a composição química variada do mel contribuem para processos de cristalização mais intensos, resultando em maior viscosidade.

Palavras-chave: Composição; Cristalização, Propriedades, Qualidade.

ABSTRACT

Viscosity is a critical parameter that quantifies the flow rate of a liquid under an applied force, influenced by various factors including chemical composition, temperature, and humidity. This rheological property is particularly significant in the honey industry, as it plays a crucial role in the design and optimization of processing equipment. The primary aim of this study was to characterize the viscosity of honey produced by *Apis mellifera*, sourced from various botanical origins, including organic varieties. The floral sources of the honey samples analyzed comprised eucalyptus (n = 8), wildflower (n = 8), orange blossom (n = 7), and organic production (n = 8). The results revealed that honey derived from orange blossoms exhibited the lowest viscosity, measured at 1,385.07 mm²/s, while organic honey displayed the highest viscosity, recorded at 4,344.78 mm²/s. Furthermore, organic honey demonstrated the highest concentration of hydroxymethylfurfural (33.59 mg/kg) alongside the lowest moisture content (18.20 %). These findings suggest that the lower moisture content and varied chemical composition of honey contribute to enhanced crystallization processes, resulting in increased viscosity.

Keywords: Composition; Crystallization; Properties; Quality.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	04
RESUMO.....	05
<i>ABSTRACT</i>	06
1 INTRODUÇÃO.....	08
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	09
2.1 Amostras.....	09
2.2 Determinação da viscosidade.....	09
2.3 Determinação de hidroximetilfurfural (HMF).....	10
2.4 Determinação da umidade.....	11
2.5 Análises estatísticas.....	11
3 RESULTADOS.....	12
4 DISCUSSÃO.....	16
5 CONCLUSÃO.....	17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

O mel floral é uma substância naturalmente doce e de alta viscosidade produzida pelas abelhas por meio da coleta, transformação e maturação do néctar das flores dentro de suas colmeias (ZHANG *et al.*, 2021). Essa matriz complexa consiste principalmente de açúcares simples, sobretudo frutose e glicose, além de aminoácidos, minerais e vitaminas, que conferem benefícios nutricionais e terapêuticos significativos (PASUPULETI *et al.*, 2017).

Os atributos sensoriais do mel são profundamente influenciados pelas espécies de flores produtoras de pólen, pela espécie específica de abelha envolvida, bem como pelas condições climáticas e pelo contexto geográfico de produção (DA SILVA *et al.*, 2016). O mel é classificado como monofloral quando se origina predominantemente do néctar de uma única espécie de planta, conferindo, assim, perfis únicos de aroma e sabor associados a determinados períodos de floração, como os dos méis de flor de laranjeira e de eucalipto. Por outro lado, o mel é categorizado como multifloral ou silvestre quando inclui pólen de múltiplas espécies de plantas, resultando em características de sabor diversas, refletindo a flora local (KADRI *et al.*, 2016).

A viscosidade, uma propriedade reológica fundamental, quantifica a resistência de um líquido ao escoamento sob a aplicação de força; uma viscosidade mais alta indica maior resistência ao fluxo (LAHOUD & CAMPOS, 2010). Essa propriedade é influenciada por vários fatores, incluindo composição química, temperatura e umidade (OROIAN, 2015). Na indústria do mel, a viscosidade é crítica em todas as etapas da produção, incluindo extração, filtração, bombeamento, processamento e embalagem. Ela afeta significativamente o design e a seleção dos equipamentos utilizados ao longo da cadeia produtiva (ANUPAMA *et al.*, 2003; NAYIK *et al.*, 2016).

A região de Botucatu é reconhecida como uma das principais áreas produtoras de mel em São Paulo, Brasil, especialmente notada por seu mel monofloral de eucalipto. O município é caracterizado por extensos pastos apícolas que garantem rica disponibilidade de plantas floridas ao longo do ano (DOS REIS

& DE PAULA, 2015), sustentados por um clima subtropical úmido, com invernos secos e verões chuvosos (FRANCO *et al.*, 2023).

A composição do mel é crucial para determinar suas características finais, sendo a viscosidade um parâmetro reológico de grande importância para a indústria melífera. Dado o papel significativo de Botucatu no cenário apícola do estado, este estudo tem como objetivo caracterizar a viscosidade de méis de *Apis mellifera* de diversas origens botânicas, incluindo variedades orgânicas, produzidos na região de Botucatu, São Paulo, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras

Um total de 31 amostras de mel provenientes de quatro origens florais distintas da região de Botucatu, São Paulo, Brasil, foram analisadas: eucalipto (n = 8), silvestre (n = 8), flor de laranjeira (n = 7) e orgânico (n = 8). Essas amostras foram analisadas no Laboratório de Físico-Química de Alimentos, do Serviço de Orientação à Alimentação Pública (SOAP), do Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Campus de Botucatu, São Paulo, Brasil. Cada ensaio analítico quantitativo foi realizado em triplicata (n = 93), e os resultados foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão.

2.2 Determinação da viscosidade

A viscosidade das amostras de mel foi determinada utilizando um viscosímetro tipo copo Ford (Gehaka®), de acordo com as normas estabelecidas pela ASTM (2023) e pela ABNT (1986). A calibração do equipamento e os procedimentos de teste foram realizados conforme as recomendações do fabricante.

Para selecionar o tamanho apropriado do orifício do copo Ford, três alíquotas de amostras de mel foram utilizadas. O tempo de escoamento dessas alíquotas através de cada orifício numerado (números 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) foi

registrado, e valores médios juntamente com os desvios padrão foram calculados para cada orifício. Os critérios de avaliação para a seleção do orifício basearam-se nos seguintes parâmetros (GEHAKA, 2000): (a) um tempo de escoamento entre 20 e 100 segundos; (b) um desvio padrão inferior a 3% da média, indicando que o orifício poderia ser utilizado sem correção; (c) um desvio padrão entre 3% e 10% da média, exigindo correção por meio de uma curva de calibração; e (d) um desvio padrão superior a 10% da média, recomendando a substituição do orifício e a recalibração do copo Ford. O orifício selecionado atendeu aos critérios de (a) tempo de escoamento na faixa de 20 a 100 segundos e (b) desvio padrão inferior a 3 % da média (GEHAKA, 2000).

Para validar o método de determinação da viscosidade para méis de diferentes origens florais, diversos parâmetros foram avaliados, incluindo linearidade por meio de curva padrão, limite de detecção, limite de quantificação e repetibilidade (BRASIL, 2011; BRASIL, 2014; BRASIL, 2017; SBM, 2022).

Após a seleção do orifício adequado, as amostras de mel foram aquecidas em banho-maria até uma temperatura máxima de 40 °C para facilitar a descristalização e homogeneização. Em seguida, as amostras foram resfriadas a 25 °C, temperatura na qual os testes de viscosidade foram realizados.

O copo Ford foi nivelado, e o orifício foi vedado com um dedo enquanto a amostra era vertida até atingir o nível superior, garantindo que não fossem formadas bolhas de ar. O excesso da amostra foi removido usando uma placa de vidro plana. Posteriormente, o dedo foi retirado do orifício, e o cronômetro foi acionado. A cronometragem foi interrompida na primeira interrupção do fluxo. O tempo registrado (em segundos) foi aplicado à fórmula fornecida pelo fabricante para calcular a viscosidade (mm^2/s) com base no orifício selecionado. Onde: Viscosidade = mm^2/s ; t = segundos; e $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cST}$, assim $1 \text{ cST} = 0,000001 \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$ (GEHAKA, 2000).

2.3 Determinação de hidroximetilfurfural (HMF)

Cinco gramas da amostra de mel foram pesados em um béquer de 50 mL. Em seguida, foram adicionados 20 mL de água pura para dissolver o mel. A solução

resultante foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL, e o volume foi ajustado até a marca com água pura, vedado e homogeneizado (BRASIL, 1981; BRASIL, 2005; IHC, 2009; CODEX, 2022). A solução de mel preparada foi analisada imediatamente para a quantificação de hidroximetilfurfural (HMF) utilizando o método Reflectoquant®, de acordo com as instruções do fabricante (SUPELCO, 2021). A concentração de HMF foi expressa em mg/kg.

2.4 Determinação da umidade

O método utilizado para a determinação do teor de umidade baseou-se na refratometria de Abbé a uma temperatura controlada de 20 °C, com o índice de refração interpretado utilizando a tabela de Chataway (BRASIL, 1981; BRASIL, 2005). A temperatura foi estabilizada, e o refratômetro Abbé foi calibrado a 20 °C antes da medição. Uma gota de mel foi colocada sobre o prisma, e o instrumento foi focalizado para uma medição precisa.

A leitura obtida na escala do refratômetro foi convertida em teor de umidade (g/100 g) de acordo com a tabela de Chataway. Correções de temperatura foram aplicadas: para cada grau Celsius acima de 20 °C, adicionou-se um valor de 0.00023, enquanto para cada grau abaixo de 20 °C, subtraiu-se 0.00023 (BRASIL, 1981; BRASIL, 2005; IHC, 2009; CODEX, 2022).

2.5 Análises estatísticas

Os valores quantitativos obtidos das amostras, analisadas em triplicata, foram avaliados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado, complementada pelo teste de Tukey para comparação de médias, considerando um nível de significância de 5 % (MONTGOMERY, 2020). Para os ensaios qualitativos, as análises de dados foram realizadas utilizando frequências absolutas e relativas, bem como porcentagens (%).

3. RESULTADOS

Os melhores tamanhos de orifício para uso com o copo Ford na medição das viscosidades de méis de abelhas *Apis mellifera* de diferentes origens florais (eucalipto, silvestre, flor de laranjeira e orgânico) são os números 6, 7 e 8 (Tabela 01). O orifício número 6 foi empregado, utilizando a fórmula de viscosidade do manual do fabricante: viscosidade (mm^2/s) = $14,92t - 15,56$. A análise estatística dos dados dos orifícios mostrou um coeficiente de variação (CV) de 13,48% e um valor de $p < 0.0001$.

Tabela 01 – Média $\pm$ Desvio-padrão do tempo de escoamento (segundos) para três réplicas de mel de *Apis mellifera* através dos orifícios numerados 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 do copo Ford, para a padronização da análise de viscosidade de amostras de mel provenientes de quatro diferentes origens florais na região de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Nº Orifício do Copo Ford	Observação 1	Observação 2	Observação 3	Média $\pm$ Desvio Padrão ($\bar{x} \pm s$)
2	825	917	1020	920.67 $\pm$ 97.55 ¹ d*
3	565	733	739	679.00 $\pm$ 98.77 ¹ c
4	469	474	470	471.00 $\pm$ 2.65 ² b
5	388	401	395	394.67 $\pm$ 6.51 ² b
6	93	93	93	93.00 $\pm$ 0.00 ² a
7	99	97	95	97.00 $\pm$ 2.00 ² a
8	81	89	78	82.67 $\pm$ 5.67 ³ a

A análise estatística foi complementada pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5 %. Um desvio padrão superior a 10 % da média indica a necessidade de trocar o orifício e realizar a calibração do copo Ford (GEHAKA, 2000). Um desvio padrão inferior a 3 % da média demonstra que o orifício pode ser utilizado sem correção (GEHAKA, 2000). Um desvio padrão entre 3 % e 10 % da média deve ser corrigido utilizando a curva de calibração (GEHAKA, 2000). *CV = 13.48 % e $p < 0.0001$.

A validação do método de viscosidade por meio dos parâmetros de linearidade, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ) e repetibilidade é apresentada nas Tabelas 03, 04 e 05. Para a linearidade, os coeficientes de correlação (r), coeficiente linear (a) e coeficiente angular (b) foram, respectivamente, 0,9989, -12,0076 e 13,8685 (Tabela 02). Os limites de detecção

(LD) e de quantificação (LQ) foram, respectivamente, 1.231,14 mm²/s e 3.917,10 mm²/s (Tabela 03). Em termos de repetibilidade, foram obtidos três coeficientes de variação (CVs): 2,89%, 2,57% e 2,12% (Tabela 04).

Table 02 – Linearidade da Curva Padrão para a Determinação da Viscosidade (mm²/s) de Amostras de Mel de Quatro Diferentes Origens Florais na Região de Botucatu, São Paulo, Brasil

Ordem	Concentração de Mel (g/100g)	Média ± Desvio Padrão (mm ² /s) ¹
1	25	342.52 mm ² /s ± 1.81 mm ² /s
2	40	551.40 mm ² /s ± 2.42 mm ² /s
3	55	715.52 mm ² /s ± 4.67 mm ² /s
4	70	969.16 mm ² /s ± 7.01 mm ² /s
5	85	1.178.04 mm ² /s ± 32.04 mm ² /s
6	100	1.372.00 mm ² /s ± 11.27 mm ² /s
Coeficiente Linear (a)		-12.0076
Coeficiente Angular (b)		13.8685
Coeficiente de Correlação (r)		0.9989
Equação da linha		Y = 13.8685X – 12.0076

O eixo x representa a concentração (g/100 g) da solução aquosa de mel, e o eixo y representa a viscosidade (mm²/s) das soluções. As medições foram realizadas utilizando o orifício número 6 do copo Ford, com a viscosidade calculada pela fórmula: viscosidade (mm²/s) = 14,92t – 15,56 (GEHAKA, 2000; VISION, 2024).

Tabela 03 – Limites de Detecção (LD) e de Quantificação (LQ) para a Determinação da Viscosidade (mm²/s) de mel de quatro diferentes origens florais na região de Botucatu, São Paulo, Brasil

Observação	mm ² /s
1	3194.06
2	3727.86
3	2942.86
4	3068.46
5	3225.46
6	3413.86
7	2471.86
Média ± Desvio padrão	3,149.20 ± 391.71
t (unilateral com 99 % de confiança)	3.143
Limite de Detecção (LD) (mm ² /s) ¹	1,231.14
Limite de Quantificação (LQ) (mm ² /s) ²	3,917.10

¹LD = $t_{(n-1; 1-\alpha)}$. s. ²LQ = 10. s

O orifício utilizado no copo Ford foi o de número 6, com a seguinte fórmula: Viscosidade (mm²/s) = 14,92t – 15,56 (GEHAKA, 2000; VISION, 2024).

Tabela 04 – Repetibilidade para a determinação da viscosidade (mm²/s) de méis de quatro diferentes origens florais na região de Botucatu, São Paulo, Brasil

Repetição	Análise 1 (mm ² /s)	Análise 2 (mm ² /s)	Análise 3 (mm ² /s)
1	2992.06	3194.06	2928.86
2	2828.86	3127.86	3068.46
3	2938.06	2992.86	3099.86
4	2991.66	3068.46	3056.86
5	3099.86	3125.46	2991.66
6	2996.06	3113.86	2960.26
7	2899.46	2971.86	2971.86
Média	2,963.72	3,084.92	3,011.12
Desvio Padrão	± 85.77	± 79.34	± 63.94
CV ¹	2.89 % ²	2.57 % ²	2.12 % ²

¹CV (%) = [Desvio Padrão / Média] x 100. ²Ideal = CV < 10 %. O orifício usado no copo de Ford foi o número 6, com a seguinte fórmula: viscosidade (mm²/s) = 14,92t – 15,56 (GEHAKA, 2000; VISION, 2024).

Os valores médios de viscosidade (mm²/s) para o mel de *Apis mellifera* de origem eucalipto (2.809,00 mm²/s ± 1.929,44 mm²/s) e orgânica (4.344,78 mm²/s ± 3.269,78 mm²/s) foram significativamente maiores (p = 0,0008) do que aqueles provenientes de florada silvestre (2.274,74 mm²/s ± 1.159,67 mm²/s) e laranjeira (1.385,07 mm²/s ± 1.352,42 mm²/s). Além disso, o mel de *Apis mellifera* oriundo de flores de laranjeira apresentou o menor valor de viscosidade quando comparado estatisticamente aos demais tipos de mel (Tabela 05).

Tabela 05 – Médias ± desvios padrão da análise de viscosidade (mm²/s) de méis de quatro diferentes origens florais na região de Botucatu, São Paulo, Brasil

Origem Floral dos Méis	Média ± Desvio Padrão
Eucalipto	2,809.00 mm ² /s ± 1,929.44 mm ² /s ab ¹
Silvestre	2,274.74 mm ² /s ± 1,159.67 mm ² /s a
Flor de Laranjeira	1,385.07 mm ² /s ± 1,352.42 mm ² /s a
Orgânico	4,344.78 mm ² /s ± 3,269.30 mm ² /s b

¹p = 0,0008 and CV = 77,26 %

Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente (p < 0,05). A análise estatística foi complementada pelo teste de Tukey com nível de significância de 5 %. O copo Ford utilizado tinha o orifício número 6, e a fórmula para viscosidade (mm²/s) foi: viscosidade = 14,92t – 15,56 (GEHAKA, 2000; VISION, 2024).

Tabela 06 – Frequências Absolutas (FA), Frequências Relativas (FR) e Frequências Relativas expressas em Percentual (FR%) para a determinação de hidroximetilfurfural (HMF) e teor de umidade em amostras de mel de quatro diferentes origens florais na região de Botucatu, São Paulo, Brasil

Teste	Origem Floral do Mel	Parâmetros*	FA	FR	FR (%)
HMF	Eucalipto	>60 mg/kg	0	0.00 (0/8)	0
		≤60 mg/kg	8	1.00 (8/8)	100
	Silvestre	>60 mg/kg	1	0.13 (1/8)	13
		≤60 mg/kg	7	0.87 (7/8)	87
	Flor de Laranjeira	>60 mg/kg	0	0.00 (0/7)	0
		≤60 mg/kg	7	1.00 (7/7)	100
	Orgânico	>60 mg/kg	2	0.25 (2/8)	25
		≤60 mg/kg	6	0.75 (6/8)	75
Umidade	Eucalipto	>20 g/100 g	1	0.13 (1/8)	13
		≤20 g/100 g	7	0.87 (7/8)	87
	Silvestre	>20 g/100 g	0	0.00 (0/8)	0
		≤20 g/100 g	8	1.00 (8/8)	100
	Flor de Laranjeira	>20 g/100 g	0	0.00 (0/7)	0
		≤20 g/100 g	7	1.00 (7/7)	100
	Orgânico	>20 g/100 g	2	0.25 (2/8)	25
		≤20 g/100 g	6	0.75 (6/8)	75

*USDA, 1985; IHC, 2009; CODEX, 2022.

O teor médio de HMF no mel orgânico (33,59 mg/kg ± 22,40 mg/kg) foi significativamente maior ($p = 0,0049$) em comparação ao mel de eucalipto (3,12 mg/kg ± 2,88 mg/kg), ao mel silvestre (18,43 mg/kg ± 21,56 mg/kg) e ao mel de flor de laranjeira (7,09 mg/kg ± 9,59 mg/kg). O menor valor de HMF foi observado no mel de flor de laranjeira. O CV para as determinações de HMF foi de 104,43% (Tabela 06). A Tabela 06 demonstra que 13 % (0,13) e 25 % (0,25) das amostras de mel silvestre e orgânico apresentaram níveis de HMF superiores a 60 mg/kg.

O teor médio de umidade do mel de eucalipto (18,81 g/100 g ± 1,07 g/100 g), mel silvestre (18,24 g/100 g ± 0,91 g/100 g), mel de flor de laranjeira (17,68 g/100 g ± 0,38 g/100 g) e mel orgânico (18,20 g/100 g ± 1,70 g/100 g) não apresentou diferenças significativas ($p = 0,3186$). O CV para as determinações de umidade foi de 6,22% (Tabela 06). Além disso, 13% (0,13) e 25 % (0,25) das amostras de mel de eucalipto e mel orgânico apresentaram níveis de umidade superiores a 20 g/100 g (Tabela 06).

4. DISCUSSÃO

As amostras de mel orgânico apresentaram as maiores viscosidades, enquanto as amostras de mel de flor de laranjeira apresentaram as menores. A filtração e/ou centrifugação com calor são métodos comumente empregados durante o processamento industrial do mel para reduzir a concentração de impurezas que podem estar presentes após a colheita. Esses procedimentos geralmente estão associados à aplicação de calor, tanto para fins de pasteurização quanto para a fusão de microcristais de glicose, responsáveis pela cristalização natural do mel (SOARES *et al.*, 2017). A cristalização foi um dos fatores associados à maior viscosidade das amostras de mel orgânico, que se mostrou intensa, além do fato de que a pasteurização desse tipo de mel é raramente praticada no Brasil.

As amostras de mel de flor de laranjeira apresentam níveis intermediários de frutose em comparação com a glicose (MATEO & BOSCH-REIG, 1997). Esse monossacarídeo é mais solúvel em água, favorecendo a formação de um mel mais líquido, com menor tendência à cristalização, resultando em menor viscosidade (MOREIRA & DE MARIA, 2001).

A mensuração de HMF é utilizada para avaliar o frescor e/ou superaquecimento do mel ou para indicar se ele foi adulterado com açúcar invertido. Trata-se de um composto furânico encontrado em pequenas quantidades — ou até ausente — em alimentos frescos e não processados. Méis armazenados por longos períodos ou submetidos a aquecimento excessivo apresentam maiores níveis de HMF (SOARES *et al.*, 2017). O mel de flor de laranjeira apresentou estatisticamente os menores níveis de HMF ($7,09 \text{ g}/100 \text{ g} \pm 9,59$), indicando maior frescor em comparação com outros tipos florais. O mel de flor de laranjeira é o mais disponível comercialmente devido às suas características sensoriais de cor, aroma e sabor, o que pode contribuir para uma maior rotatividade comercial. Do total, 9,68 % das amostras de mel apresentaram níveis de HMF superiores a 60 mg/kg (Tabela 06), sendo 25 % (2/8) do mel orgânico e 13 % (1/8) do mel silvestre fora dos padrões estabelecidos pela legislação, indicando que foram submetidos a aquecimento excessivo e/ou armazenamento prolongado ou que foram adulterados (USDA, 1985; IHC, 2009; CODEX, 2022; PASIAS *et al.*, 2017).

A umidade é um parâmetro importante para determinar a qualidade do mel, pois influencia a preservação, cristalização, estabilidade, maturação, sabor e viscosidade (SINGH & SINGH, 2018). Ela depende das condições climáticas, condições de armazenamento e condições de colheita (SOARES *et al.*, 2017). Não foram encontradas diferenças significativas nos níveis de umidade entre os diferentes tipos de mel avaliados (Tabela 06). O menor teor de umidade foi encontrado no mel orgânico (18,20 %).

A cristalização do mel e sua subsequente redução no escoamento podem estar relacionadas a um menor teor de água no produto. De acordo com a legislação, os níveis de umidade no mel não devem exceder 20 % (USDA, 1985; IHC, 2009; CODEX, 2022). Alarmanamente, 9,68 % (3/31) das amostras avaliadas não atenderam a esses padrões regulatórios (Tabela 06). Esse aumento no teor de umidade pode ser influenciado por diversos fatores, incluindo as práticas de manejo adotadas pelo apicultor, a região geográfica específica e o período de colheita (SOUSA *et al.*, 2016).

5. CONCLUSÃO

As amostras de mel orgânico apresentaram a maior viscosidade, enquanto o mel proveniente de flores de laranjeira demonstrou a menor viscosidade. O mel orgânico tende a cristalizar mais facilmente devido à sua composição de açúcares e ao menor teor de umidade, o que contribui para o aumento da sua viscosidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUPAMA, D.; BHAT, K. K.; SAPNA, V. K. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. **Food Research International**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 183–191, fev. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00135-7). Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5849**: Determinação de viscosidade pelo copo Ford. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASTM INTERNATIONAL. **Designation: D1200 – 23**: Standard Test Method for Viscosity by Ford Viscosity Cup. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1520/D1200-23.2>. Acesso em: 29 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. II - Métodos químicos e físicos. Brasília: LANARA, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Guia de validação e controle de qualidade analítica: fármacos em produtos para alimentação e medicamentos veterinários**. Brasília: MAPA/ACS, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de validação, verificação/confirmação de desempenho, estimativa da incerteza de medição e controle de qualidade intralaboratorial**. Brasília: MAPA/DEQ/CGAL, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n. 166, de 24 de julho de 2017. Validação de métodos analíticos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 jul. 2017.

CODEX. **Standard for honey - CXS 12-1981**. Adotado em 1981. Revisado em 1987, 2001. Emendado em 2019, 2022. [S. l.]: Codex Alimentarius, [2022].

DA SILVA, P. M. et al. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 196, p. 309-323, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>. Acesso em: 30 nov. 2025.

DOS REIS, J. G.; DE PAULA ARAGÃO, T. R. Viabilidade econômica da apicultura no município de Botucatu-SP. **Revista iPecege**, Botucatu, v. 1, n. 3/4, p. 26–35, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2015.3-4.26>. Acesso em: 29 nov. 2025.

FRANCO, J. R. et al. Atualização da normal climatológica e classificação de Köppen para o município de Botucatu-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 77-92, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2023v28n1p77-92>. Acesso em: 30 nov. 2025.

GEHAKA. **Manual de instruções – Viscosímetro Copo Ford**. São Paulo: Gehaka, 2000.

INTERNATIONAL HONEY COMMISSION (IHC). **Harmonised Methods of the International Honey Commission**. [S. l.]: IHC, 2009. Disponível em: <http://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2025.

KADRI, S. M. et al. Characterization of *Coffea arabica* monofloral honey from Espírito Santo, Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 203, p. 252–257, fev. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.074>. Acesso em: 29 nov. 2025.

LAHOUD, M. H.; CAMPOS, R. Aspectos teóricos relacionados à reologia farmacêutica. **Visão Acadêmica**, [s. l.], v. 11, n. 1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/acd.v11i1.21356>. Acesso em: 30 nov. 2025.

MATEO, R.; BOSCH-REIG, F. Sugar profiles of Spanish unifloral honeys. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 33–41, set. 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00297-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00297-X). Acesso em: 29 nov. 2025.

METALÚRGICA TECH VISION (VISION). **Determinação de viscosidade pelo cup Ford**. Guarulhos, SP: Tech Vision, 2024.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 10. ed. New York: Wiley, 2020. 688 p.

MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. Glicídios no mel. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 516–525, ago. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422001000400013>. Acesso em: 29 nov. 2025.

NAYIK, G. A.; DAR, B. N.; NANDA, V. Rheological behavior of high altitude Indian honey varieties as affected by temperature. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.07.003>. Acesso em: 29 nov. 2025.

OROIAN, M. Influence of temperature, frequency and moisture content on honey viscoelastic parameters—Neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system prediction. **LWT—Food Science and Technology**, [s. l.], v. 63, n. 2, p. 1309–1316, fev. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.051>. Acesso em: 29 nov. 2025.

PASIAS, I. N.; KIRIAKOU, I. K.; PROESTOS, C. HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 229, p. 425–431, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.084>. Acesso em: 29 nov. 2025.

PASUPULETI, V. R. et al. Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [s. l.], 2017, p. 1259510, 26 jul. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>. Acesso em: 29 nov. 2025.

SINGH, I.; SINGH, S. Honey moisture reduction and its quality. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 55, n. 10, p. 3861–3871, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13194-018-0284-7>. Acesso em: 30 nov. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE METROLOGIA (SBM). **Validação de métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: SBM, 2022.

SOARES, S. et al. A Comprehensive Review on the Main Honey Authentication Issues: Production and Origin. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 1072–1100, 30 jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12278>. Acesso em: 29 nov. 2025.

SOUSA, J. M. B. DE et al. Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 65, p. 645–651, jan. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.058>. Acesso em: 29 nov. 2025.

SUPELCO; MERCK; SIGMA & ALDRICH. **Reflectoquant® - Hydroxymethylfurfural (HMF) Test**. Darmstadt: Merck KGaA, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **United States Standards for Grades of Extracted Honey**. Washington (D.C.): U.S. Department of Agriculture, 1985. Disponível em: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Extracted_Honey_Standard%5B1%5D.pdf. Acesso em: 29 nov. 2025.

ZHANG, X. H. et al. Authentication of honey of different nectar sources and antioxidant property evaluation by phenolic composition analysis with chemometrics. **Food Control**, [s. l.], v. 124, 107900, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107900>. Acesso em: 30 nov. 2025.