Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.03, 2024

ISSN 2178-6925

ESTUDO REOLÓGICO DE MEL DE *Apis mellífera* PROVENIENTE DE TRACUATEUA, PARÁ

RHEOLOGICAL STUDY OF *Apis mellífera* HONEY FROM TRACUATEUA, PARÁ

ESTUDIO REOLÓGICO DE LA MIEL DE *Apis mellífera* DE TRACUATEUA, PARÁ

Caique Douglas Pantoja Gomes
Graduando em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: gomescaique663@gmail.com

Caio Henrique Borges Lima
Graduando em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: caioh.borges18@gmail.com

Ewerton Carvalho de Souza
Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: ewertoncarvalho@ufra.edu.org.br

Antonio dos Santos Silva
Professor, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: ansansil@ufpa.br

Resumo

O mel é um líquido viscoso, aromático e doce derivado do néctar das plantas que é coletado pelas abelhas e posteriormente é armazenado por elas como um líquido mais denso, que é uma mistura complexa de açúcares, enzimas, minerais, aminoácidos e vitaminas com benefícios de saúde associados, o mel apresenta também um sabor típico, aroma e qualidade nutricional. O presente trabalho objetivou determinar o perfil reológico do mel de abelha da espécie *Apis mellífera* L., adquirido em um município do nordeste do Estado do Pará, através da medição de suas viscosidades em diferentes temperaturas, aplicando testes estatísticos para a avaliar a diferença significativa entre a viscosidade nas diversas temperaturas do produto. Deve-se destacar que a temperatura tem uma relação inversamente proporcional a viscosidade do mel, interferindo assim em seu fluxo. Diante das análises, observou-se que o modelo polinomial com cinco termos (ou função polinomial do 4º grau) foi o que melhor se adequou, pois apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9985, muito próximo do valor 1,0. Assim, foi possível obter um modelo matemático que relaciona estas duas propriedades, sendo possível calcular esta viscosidade na variação de temperatura de 10 a 60 ° C.
Palavras-chave: Produto de origem animal; Amazônia; Propriedades Físicas.

Abstract

Honey is a viscous, aromatic and sweet liquid derived from the nectar of plants, collected by bees and later stored by them as a denser liquid, which is a complex mixture of sugars, enzymes, minerals, amino acids and vitamins with associated health benefits, honey also has a typical flavor, aroma and nutritional quality. This research seeks to determine the rheological profile of *Apis mellífera* L. honey, acquired in a municipality in the northeast of the state of Pará, by measuring its viscosity at different temperatures, applying statistical tests to assess significant difference between the viscosity of the product at different temperatures. It should be noted that that temperature is inversely proportional to the viscosity of the honey, thus interfering with its flow. This analyses presented a quartic function (also known as a polynomial of degree four) was the best fit, as it had a coefficient of determination of 0.9985, very close

to 1.0. Therefore, it was possible to obtain a mathematical model that relates these two properties, making it possible to calculate this viscosity in the temperature range from 10 to 60°C.
Keywords: Product of animal origin; Amazon; Physical properties.

Resumen

La miel es un líquido viscoso, aromático y dulce derivado del néctar de las plantas que es recolectado por las abejas y posteriormente almacenado por ellas como un líquido más denso, que es una mezcla compleja de azúcares, enzimas, minerales, aminoácidos y vitaminas con beneficios para la salud asociados. La miel también presenta un sabor típico, aroma y calidad nutricional. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el perfil reológico de la miel de abeja de la especie *Apis mellífera* L., adquirida en un municipio del noreste del Estado de Pará, mediante la medición de sus viscosidades a diferentes temperaturas, aplicando pruebas estadísticas para evaluar la diferencia significativa entre la viscosidad a diferentes temperaturas del producto. Es importante destacar que la temperatura tiene una relación inversamente proporcional con la viscosidad de la miel, lo que afecta su fluidez. A través de los análisis, se observó que el modelo polinómico de quinto grado fue el que mejor se ajustó, ya que presentó un coeficiente de determinación igual a 0.9985, muy cercano al valor de 1.0. Por lo tanto, se pudo obtener un modelo matemático que relaciona estas dos propiedades, lo que permite calcular la viscosidad en un rango de temperatura de 10 a 60 °C.
Palabras clave: Producto de origen animal; Amazonas; Propiedades físicas.

1. Introdução

A atividade apícula é considerada como sendo uma arte e uma ciência, responsável pela coleta de mel, empregando técnicas em colônias de abelhas de espécies desejadas, sendo essas abelhas criadas em caixas especificas e padronizadas, que são instaladas em locais estratégicos, ocorrendo um gerenciamento do número de colônias mantidas ao do ano e aproveitando os benefícios diretos e indiretos das atividades dessas colônias, o que leva a um um vasto potencial e escopo da diversificação da apicultura, ou seja, sua abrangência de ofertas para produção e comercialização de produtos apícolas na utilização do pólen das abelhas, em especial o mel (Sain et al., 2017). Nesse sentido, a apicultura é um dos fatores que estimulam a economia e a culinária da população, principalmente no que diz respeito à produção do mel.

Durante a maior parte deste milênio, o mel tem sido um alimento diário. Historicamente era consumido como comida, enquanto o açúcar era uma mercadoria de luxo da qual apenas os ricos podiam participar. Além disso, avanços muito significativos foram feitos em apicultura e tecnologia de colmeias e rendimentos por colmeia aumentou. De fato, as evidências sugerem que pessoas comuns comiam quantidades muito maiores de mel que é consumido atualmente. A ingestão em vários momentos da história pode muito bem ter rivalizado com a atual alimentação de açúcar refinado. Nossa reavaliação do mel na dieta humana tem implicações para o papel natural do açúcar nas dietas modernas. Em comparação ao açúcar refinado, o mel possui quantidades mais complexas de nutrientes que podem ser benéficos para a saúde (Allsop; Miller, 1996).

O mel é um líquido viscoso, aromático e doce derivado do néctar das plantas que é coletado pelas abelhas e posteriormente é armazenado por elas como um líquido mais denso, que é uma mistura complexa de açúcares, enzimas, minerais, aminoácidos e vitaminas com benefícios de saúde associados, o mel apresenta

ISSN 2178-6925

também um sabor típico, aroma e qualidade nutricional. A composição, sabor e propriedades do mel variam de acordo com as fontes florais utilizadas pelas abelhas, bem como com as condições regionais e climáticas (Bagh, 1999).

Sendo assim, no processo de coleta do mel são avaliadas as espécies de abelhas para a padronização dos resultados físico-químicos no controle de qualidade do mel. Desse modo, a *Apis mellífera* L. é uma abelha produtora de mel da família Apidae e da ordem Hymenoptera, seu habitat é diversificado, isso inclui as savanas, desertos, regiões litorâneas e montanhosas, bem como, possui variabilidade genética bem adaptada para outros ambientes (Ramos; Carvalho, 2007).

As subespécies de *A. mellífera* podem desenvolver méis de diferentes açúcares (predominando os monossacarídeos, glicose e frutose), proteínas e vitaminas, além de poder ter alterações na coloração do mel (transparente à escuro) (Gois et al., 2013). A consistência pode ser fluída, viscosa ou cristalizada (Bertoldiet al., 2004), que depende do clima, da fonte floral e de práticas de apicultura individuais (Racowskiet al., 2007).

Dentro do campo que tange a análise de produtos, uma propriedade muito relevante é a sua reologia que é a ciência que estuda a deformação de um fluido devido à forca que é aplicada no mesmo, tendo forte aplicação no controlo de qualidade de produtos alimentícios (Van Wazer et al., 1963).

Segundo Cengel e Cimbala (2015), a viscosidade de um fluído, a exemplo do mel, é uma medida de sua resistência à deformação, resultando da força de atrito interno desse mesmo fluído entre suas diferentes camadas.

Além do controle de qualidade, esta propriedade está muito relacionada a aceitabilidade de um devido produto, assim tornando-o mais atrativo para o consumo ou não. Para o mel, a análise reológica contribui muito para identificação de adulterações, que são muito comuns para o produto, e ela pode sofrer influência de fatores biológicos, químicos e físicos, dando destaque a temperatura (Bhandari; D'arcy; Kelly, 1999). Diante das informações, é fato a importância da reologia para o controle de qualidade de méis de A. mellifera produzidos para a comercialização, tornando assim análises dessa natureza muito relevantes.

O presente trabalho objetivou determinar o perfil reológico do mel de abelha da espécie *Apis mellífera* L., adquirido em um município do nordeste do Estado do Pará, através da medição de suas viscosidades em diferentes temperaturas (10º, 20º, 30º, 40º, 50º e 60º C), e aplicação de testes estatísticos para a avaliar a diferença significativa entre a viscosidade nas diversas temperaturas do produto.

2. Revisão de Literatura

A produção melífera através da apicultura pode ser considerada como uma promissora atividade que contribui direta e indiretamente para renda do pequeno e grandes produtores, sendo importante destacar que ela tem papel significativo de gerar e diversificar a renda de pequenos agricultores de subsistência, os pequenos proprietários de terra e sem-terra (Gezahegn, 2001). Dessa forma, é evidente observar o potencial do mel para produção em larga escala e de subsistência, ainda que, atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores de mel do mundo e, ainda assim, grande potencial de maximizar sua produção com potencial de mercador, comercial e econômico (Embrapa, 2003).

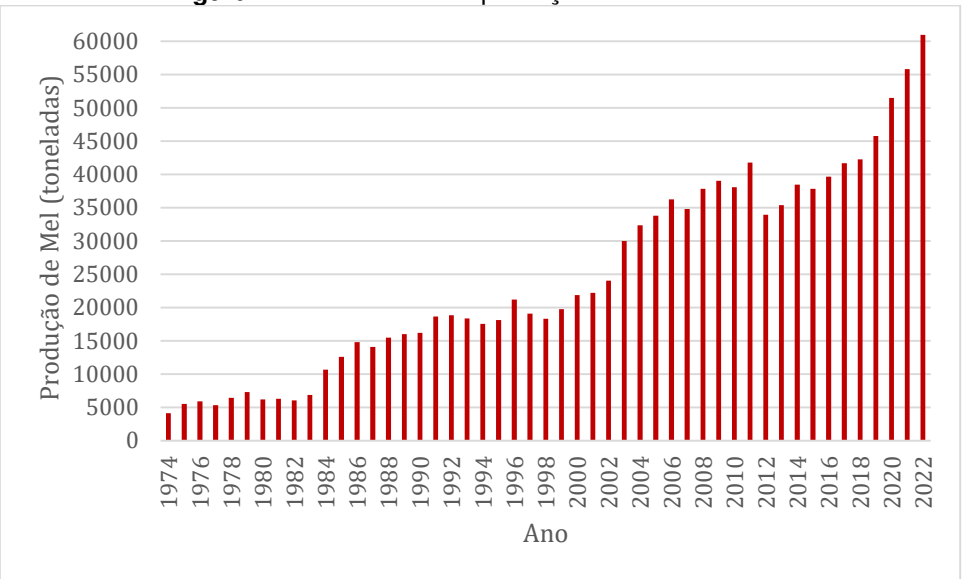
Segundo o Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (IBGE, 2022), o Brasil, no ano de 2021, registrou um recorde na produção de mel, tendo um aumento de 6,4

ISSN 2178-6925

% em comparação ao ano anterior, demonstrando o contínuo avanço deste produto no mercado. Mesmo havendo um aumento na produção de mel, a produtividade brasileira ainda é baixa, devido à falta de uma maior valorização desse material, o qual apresenta inúmeros benefícios, principalmente à saúde.

Dados disponibilizados pela Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (2023) também demonstram o contínuo aumento da produção melífera brasileira (Figura 1), que, no ano de 2022 alcançou uma produção nacional de 60.966,31 toneladas do produto, sendo o Estado que se destaca como maior produtor o Rio Grande do Sul, responsável por 14,79 % de todo mel brasileiro.

Figura 1. Crescimento da produção de mel no Brasil



Fonte: Atlas da Apicultura no Brasil – ABEMEL (2023).

3. Metodologia

Obtenção das Amostras

No período de janeiro a fevereiro de 2023, foram adquiridas 5 amostras de mel de *Apis mellífera* puro, originárias de Tracuateua, na região nordeste do Pará. Essas amostras foram denominadas de A1 a A5. Após a aquisição, todas as amostras foram levadas ao Laboratório de Física Aplicada à Farmácia (LAFFA) da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foram armazenadas em temperatura ambiente e ao abrigo de luz até que fosse dado o início das análises das amostras.

Variação de Temperatura do Mel

As análises foram feitas mediante a variação de temperatura, com o resfriamento por intermédio do uso de geladeiras para temperaturas abaixo da temperatura ambiente (30° C) e mediante o uso de banho-maria para obter temperaturas acima da temperatura ambiente, sendo que as temperaturas foram monitoradas com o uso de termômetros de laboratório, de mercúrio, sendo os resultados registrados em planilhas eletrônicas.

ISSN 2178-6925

Análise da Viscosidade do Mel

Para medir a viscosidade do mel, foi empregado um viscosímetro do tipo Copo Ford, de números 5 e 6, utilizados de acordo com a temperatura da amostra: para as temperaturas de 10° C a 40° C, foi utilizado o Copo Ford 6; para as temperaturas de 50° C e 60° C, o Copo Ford 5. O Copo Ford foi preenchido com as amostras de mel, e, tapado o orifício, enchido até o nível máximo; feito isso, os orifício foi liberado, com o início imediato da cronometragem do tempo de escoamento do fluído, até que houvesse a primeira interrupção do fluxo. Após a aferição do tempo de escoamento do fluído através do orifício do aparelho, estes foram convertidos em viscosidade cinemática, expressa em centistokes (cSt), com a aplicação das equações (1) e (2) que foram fornecidas pelo fabricante do aparelho, sendo V a viscosidade e t o tempo de escoamento do mel.

$$\text{Copo Ford 5: } V = 12{,}1 \times (t - 2)$$

$$\text{Copo Ford 6: } V = (14{,}92 \times t) - 15{,}56$$

Tratamento Estatístico

As medições das viscosidades de cada amostra e em cada uma das temperaturas de trabalho foram executadas em triplicatas e tabelas em planilhas eletrônicas no programa Excel 2010 onde também foram traçadas as curvas matemáticas para seu comportamento reológico, isto é, os gráficos de dispersão da viscosidade em função da temperatura de trabalho. Os resultados das aferições foram apresentados pela média e do desvio padrão amostral. Também via Excel 2010, foram traçadas as curvas de ajustes linear, quadrática (2º grau), cúbica (3º grau), de 4º grau, exponencial neperiana, logarítmica neperiana e exponencial de grau ajustado pelo programa, sendo também medido o coeficiente de Pearson (R^2) de ajuste dos dados ao modelo matemático considerado. Por fim, foi aplicado um teste de ANOVA de um fator, seguido do teste de Tukey, para verificar se os valores médios obtidos apresentavam diferença significativa entre si de acordo com a sua temperatura, utilizando o programa MINITAB 17 e considerando 95 % de significância.

4.Resultados e Discussão

Os resultados encontrados para as viscosidades, em cSt, das cinco amostras de mel analisas (A1 a A5), nas seis temperaturas diferentes consideradas, se encontram presentes na Tabela 1 a seguir, sendo que todas as análises foram conduzidas em triplicata, em todas as amostras, e os resultados estão dados em termos de médias e desvios padrões.

ISSN 2178-6925

Tabela 1: Resultados de viscosidade cinemática em diferentes temperaturas encontrados para as amostras de mel da espécie *Apis mellífera* L. de Tracuateua, no Pará.

Amostra	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
A1	8049 ,66 ± 1945 ,17	5119 ,16± 368 ,38	1735 ,95 ± 30,5	780 ,97 ± 16,00	438 ,18 ± 26,74	348 ,80 ± 16,91
A2	8949 ,17 ± 2173 ,66	5335 ,05 ± 240,57	1721 ,48 ± 12,83	790 ,12 ± 18,23	489 ,32 ± 17,64	396 ,36 ±13,53
A3	7134 ,20 ± 2631 ,89	4120 ,26 ± 52,18	1755 ,25 ± 17,01	838 ,26 ± 37,77	542 ,77 ± 12,19	444 ,84 ± 23,92
A4	7168 ,42 ± 3443 ,52	4476 ,60 ± 494,38	1725 ,65 ± 9,65	870 ,79 ± 14,96	522 ,36 ± 24,50	507 ,55 ±4,25
A5	6589 ,18 ± 2500 ,44	3907 ,41 ± 139,61	1746 ,14 ± 36,71	907 ,69 ± 9,53	598 ,18 ± 15,38	535 ,67 ± 3,03
Geral	7738,13 ^{a} ± 2408 ,69	4591,70 ^{b} ± 628 ,15	1736,69 ^{c} ± 72 ,3	837,57 ^{cd} ± 52 ,84	518,16 ^{d} ± 57 ,81	446,64 ^{d} ± 72 ,39

Legenda: A1 a A5: amostras de mel. Média ± Desvio Padrão. Letras iguais sobre a mesma média indicam não haver diferença significativa entre os valores obtidos, conforme o teste de ANOVA, seguida de teste de Tukey, com 95% de significância.

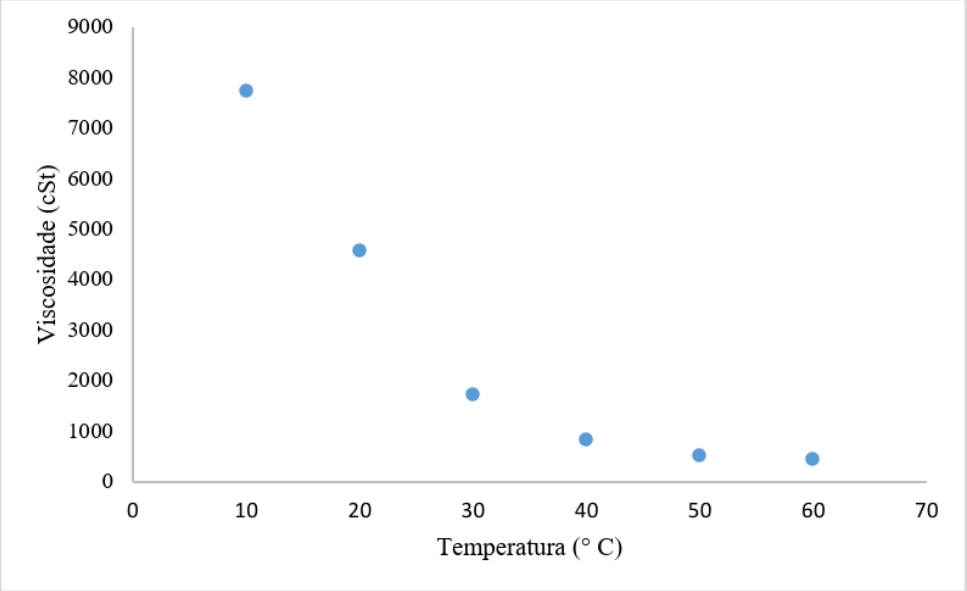
Da aplicação de ANOVA é possível observar que entre as seis diferentes temperaturas analisadas, não houve diferenças significativas em dois grupos, o primeiro sendo formado por 30° C e 40° C, e o segundo por 40° C a 60° C.

A viscosidade em temperatura ambiente (30° C) obteve como média de 1736,69 cSt, o que está em concordância com diversos trabalhos. Marchini (2004) encontrou, para a mesma espécie de abelha, valores entre 368,79 e 1965,97 cSt, com uma média de 777,30 cSt para o mel em temperatura ambiente. Já Sodré, com méis de *A. Mellífera* do Ceará, encontrou como média o valor de 801,702 cSt, um pouco distante dos analisados no trabalho, mas destaca-se que as suas análises apresentaram um desvio padrão alto (452,38 cSt), dessa forma, não está tão bem definido os valores reais da viscosidade.

4.1 Influência da Temperatura na Viscosidade do Mel:

O mel, como qualquer fluido, sofre influência da temperatura, o que é significativamente perceptível na Figura 2, visto a alteração da viscosidade em relação a modificação da temperatura.

Figura 2. Comportamento reológico do mel de Melipona fasciculata com a variação de temperatura.



ISSN 2178-6925

Observa-se que as variáveis temperatura e viscosidade são inversamente proporcionais, isto é, quanto maior a temperatura menor a viscosidade da amostra, ou seja, maior o fluxo do fluido. Essa redução de viscosidade é um comportamento natural de fluidos alimentícios. Silva (2001) observou tal comportamento em análises com méis de *Apis mellífera* L, produzidos no estado do Piauí, de forma similar a Junzheng e Changying (1998), ao analisar diferentes méis produzidos na China. Deve-se destacar que a temperatura modifica a viscosidade de maneira moderada, não sendo uma modificação tão abrupta.

Segundo análises de Silva (2010), relacionada a reologia do mel de *Apis mellífera*, é observado esse decrescimento de viscosidade conforme a elevação da temperatura. No trabalho desse autor a viscosidade média encontrada para a temperatura de 20° C (menor temperatura analisada por ele) foi de 7.234,042 cSt, que corresponde a um valor 36,53 % mais elevado do que o encontrado no presente trabalho. Por outro lado, Silva (2010) encontrou uma viscosidade média de 815,60 cSt a uma temperatura de trabalho de 40° C (maior temperatura analisada por ele), que difere em apenas 2,69 % do encontrado no presente trabalho. Diferenças podem ser devido a diversos fatores associados a umidade das amostras e fatores ambientais diversos.

A Tabela 2 apresenta as expressões matemáticas que foram obtidas para descrever a relação da Viscosidade Cinemática (V) em função da Temperatura (T), além de seus coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 2. Equações matemáticas que relacionam a Viscosidade em função da Temperatura.

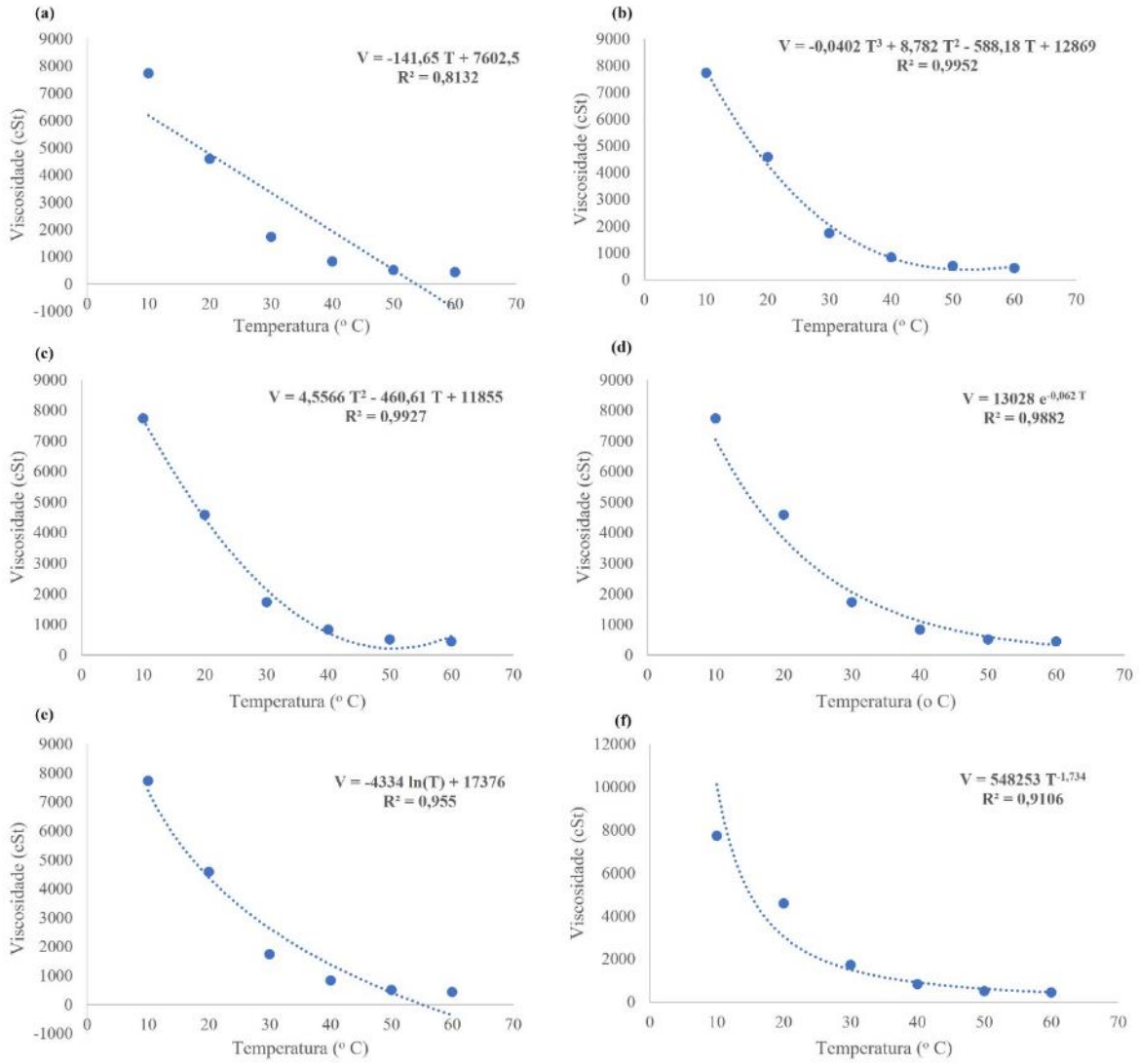
Equação	a	b	c	d	e	R^2
$V = a + b.T$	7602,5	-141,65				0,8132
$V = a.T^2 + b.T + c$	4,5566	-460,61	11855			0,9927
$V = a.T^3 + b.T^2 + c.T^3 + d$	-0,0402	8,782	-588,18	12869		0,9952
$V = a.T^4 + b.T^3 + c.T^2 + d.T + e$	-0,0042	0,542	-18,964	-72,471	9875	0,9985
V = a.T^b	548253	-1,734				0,9106
V = a.e^b.T	1302	-0,062				0,9882
V = a.ln(T) + b	-4334	17376				0,955

Legenda: V = Viscosidade (cSt); T = Temperatura (º C).

A Figura 3 traz os gráficos de dispersão com as curvas de ajustes realizadas neste trabalho, exceto a curva de 4º grau, que se encontra na Figura 4.

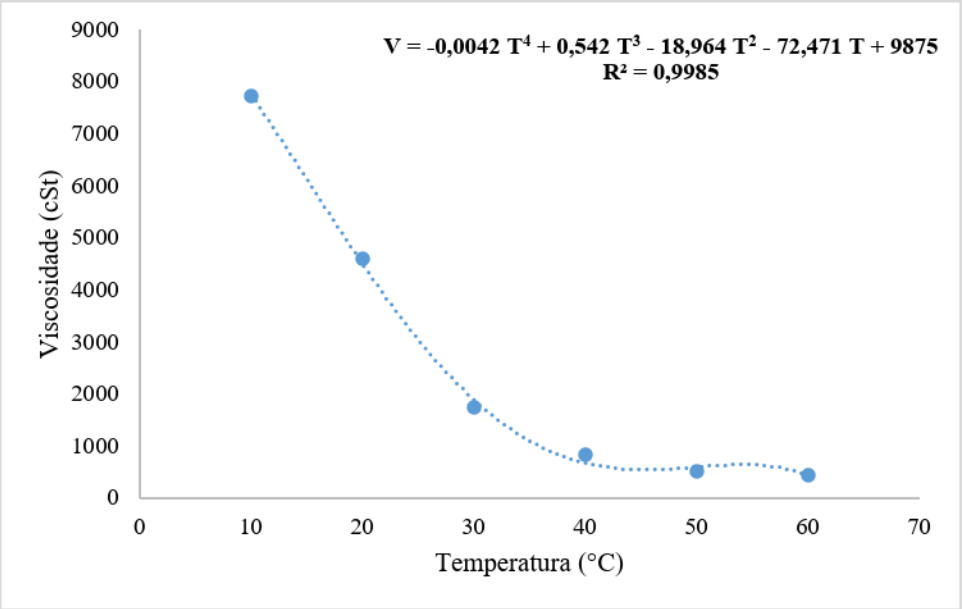
ISSN 2178-6925

Figura 3. Curvas de ajustes (exceto do 4º grau) aos dados obtidos: (a) modelo linear; (b) modelo cúbico (3º grau); (c) modelo quadrático (2º grau); (d) modelo exponencial (neperiano); (e) modelo logarítmico (neperiano); (f) modelo para grau n = -1,97 sugerido pelo programa



ISSN 2178-6925

Figura 4. Relação da Viscosidade em função da Temperatura com curva de ajuste do 4º grau.



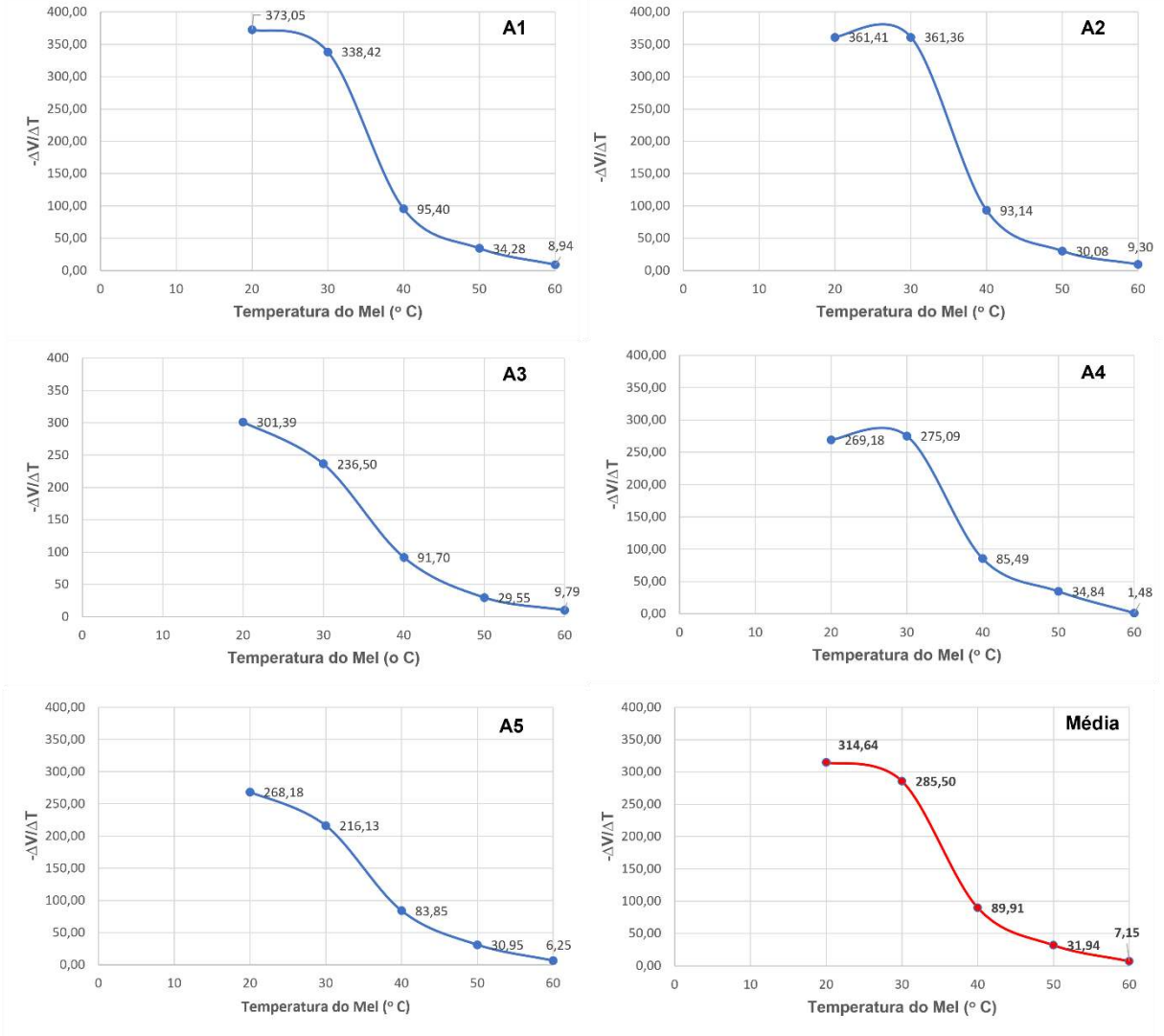
A partir de tais informações, percebe-se que o modelo polinomial de 5 termos, ou função de 4º (Figura 4), foi a que melhor se ajustou, visto que apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9985, sendo o mais próximo do valor 1,0 do que os demais modelos. Além do modelo de cinco termos, os modelos logarítmico e de 2º e 3º grau também apresentaram valores acima de 90 %, diferente dos demais que não ultrapassaram tal valor. Diante dos cálculos, define-se que o melhor modelo para a viscosidade do produto é o modelo polinomial de 5 termos.

O perfil de variação de viscosidade em termos de temperatura do mel de *Apis mellífera* obtido no presente trabalho se mostrou ser semelhante ao perfil encontrado para méis de *Melipona fasciculata* encontrado por Lima et al. (2024), também oriundos da mesma região das amostras do presente trabalho, sendo assim, esse comportamento sugere não ser dependente do tipo de espécie que produz o mel.

Nota-se ainda que o decréscimo de viscosidade (ΔV) com o aumento de temperatura (ΔT) ocorreu de forma abrupta, principalmente nas variações de temperaturas nas faixas mais baixas, entre 10º C e 20º C, com uma taxa média de – 314,68 cSt/º C e entre 20º C e 30º C, com uma taxa média de – 285,50 cSt/º C, o que pode ser percebido através da Figura 5, que apresenta um gráfico de menos a variação de viscosidade pela variação de temperatura ($-\Delta V/\Delta T$), ou de menos a primeira derivada de V em função de T, para todas as cinco amostras (A1 a A5) e a média delas.

ISSN 2178-6925

Figura 5. Gráfico da variação de viscosidade pela variação de temperatura (ΔV/ΔT), ou primeira derivada da viscosidade em relação à temperature, em função da temperature do mel.

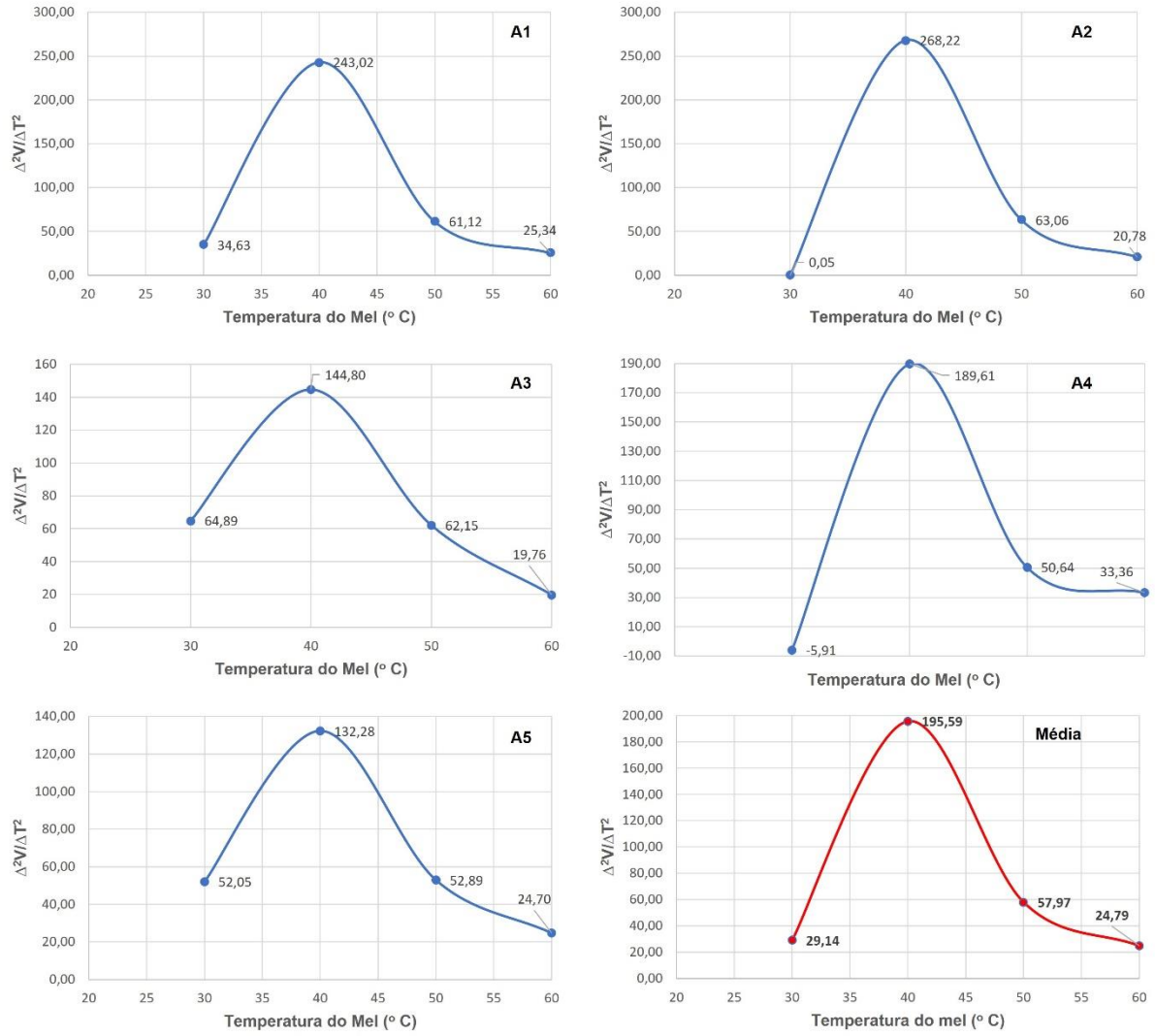


Nota: Adotou-se menos os valores de ΔV/ΔT para uma melhor visualização do gráfico.

Na Figura 6 estão presentes as variações das taxas de crescimentos (ΔV/ΔT) em relação à temperatura T do mel, ou seja, a segunda derivada da viscosidade em relação à temperature do mel ($\Delta^2V/\Delta T^2$). Por esse gráfico se percebe que a máxima vaiação de viscosidade ocorre em temperature de 40° C, quando a variação de viscosidade decresce rapidamente.

ISSN 2178-6925

Figura 6. Gráfico da segunda derivada da viscosidade em relação à temperature temperature do mel.



5. Conclusão

Percebe-se que a literatura ainda é carente no que diz respeito à reologia de méis, tanto de *Apis mellífera* L., quanto de méis em geral, por mais que a viscosidade seja um importante fator que influencia diversos aspectos relacionados ao produto, como estocagem, equipamento de envase em indústrias, entre outros, e até no controle de qualidade do mel.

As análises realizadas por diferentes pesquisadores se delimitam principalmente na determinação da viscosidade em temperatura ambiente, não considerando os demais fatores que podem modificar essa propriedade, como a temperatura e sua variação, a qual a viscosidade está diretamente relacionada.

Foi possível estabelecer um modelo matemático baseado para a relação Viscosidade (cSt) x Temperatura (° C), que se constituiu em um polinômio de 4º grau, com um coeficiente de determinação de Pearson próximo a unidade, como sendo o mais adequado dentre os modelos estudados.

O comportamento do mel de *Apis mellífera* em termos de variação de sua viscosidade em relação a variação de temperatura, se mostrou similar ao já obtido para mel de outra espécie, *Melipona flavoneata*, sugerindo que essa variação

independa da espécie produtora do mel. Todavia, como existem muitas espécies de abelhas, seria importante a averiguação com méis de outras espécies.

Referências

Allsop, K. A.; Miller, J. B. Honey revisited: a reappraisal of honey in pre-industrial diets. **British Journal of Nutrition**, v. 75, n. 4, p. 513-520, 1996.

Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - Abelha. (2023). **Atlas da apicultura no Brasil**. Recuperado de https://abelha.org.br/atlas-da-apicultura-no-brasil/

Bath, P. K.; Singh, N. A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. **Food Chemistry**, v. 67, n. 4, p. 389-397, 1999.

Bertoldi, F. C.; Gonzaga, L.; Reis, V. D. A. Características físico-químicas do mel de abelhas africanizadas (*Apis mellífera scutellata*), com florada predominante de hortelã-do-campo (*Hyptis crenata*), produzido no Pantanal. In: **Simpósio sobre recursos naturais e sócio-economicos do pantanal**, v. 4, n. 2004, p. 1-4, 2004.

Bhandari, B.; D'arcy, B.; Kelly, C. Rheology and crystallization kinetics of honey: present status. **International Journal of Food Properties**, v. 2, n. 3, p. 217-226, 1999.

Cengel, Y. A.; Cimbala, J. M. **Mecânica dos fluidos**. 3ª ed. Amgh Editora, 2015.

EMBRAPA, MEIO NORTE. **Apicultura**: Sistema de Produção, 2003.

Gezahegn, T. **Apiculture development strategies**. Ministry of Agriculture and Rural Development, Addis Ababa, Ethiopia, 2001.

Gois, G. C. et al. Composição do mel de *Apis mellífera*: Requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de mel de abelha. Brasil**: IBGE, 2021.

Junzheng, P.; Changying, J. General rheological model for natural honeys in China, **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 36, n. 2, p. 165-168, 1998.

Lima, C. H. B.; Gomes, C. D. P.; de Souza, E. C.; Silva, A. dos S.. MEL DE TIÚBA (*Melipona fasciculata*) – UM ESTUDO REOLÓGICO. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.02, n.1, 2024. DOI**:** https://doi.org/10.61164/rmnm.v2i1.1784

Marchini, L. C. et al. Composição físico-química de amostra de méis de *Apis mellífera* L. do Estado de Tocantins, Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 61, n. 2, p. 101-114, 2004.

Racowski, I. et al. Ação antimicrobiana do mel em leite fermentado. **Revista Analytica**, v. 30, p. 115-117, 2007.

Ramos, J. M.; Carvalho, N. C. de. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellífera*. **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 6, n. 10, p. 1-21, 2007.

Sain, V. et al. Economics and importance of beekeeping. **Biomedical Journal of Scientific & Technical Research**, v. 1, n. 7, p. 1-2, 2017.

Sodré, G. da S. et al. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellífera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1139-1144, 2007.

ISSN 2178-6925

Silva, C. L. **Caracterização reológica e físico-química de méis de abelha (*Apis mellífera* L.) do estado do Piauí**. 2001. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

Silva, K. de F. N. L. et al. Comportamento reológico do mel de *Apis mellífera* do município de Tabuleiro do Norte-CE. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 1, 2010.

Van Wazer, J. R.; Lyons, J.W.; Kim, K. Y.; Colwell, R. E. **Viscosity and flow measurement: a laboratory handbook of rheology**. New York, Interscience Publishers, 1963, 406 p.y.