

Artigo

Estudo Físico-Químico e Quimiométrico de Méis do Estado do Pará

de Moura Júnior, J. M. N.; Negrão, C. A. B.; Rocha, R. M.; de Souza; E. C.; Silva, A. S.*

Rev. Virtual Quim., 2021, 13 (1), 222-233. Data de publicação na Web: 16 de Dezembro de 2020

<http://rvq.s bq.org.br>

Physico-Chemical and Chemometric Study of Honeys from the State of Pará

Abstract: Honey is a product produced by bees from the nectar of flowers collected by it, and is considered a viscous fluid with a high concentration of sugars, especially glucose and fructose, in addition to organic acids, minerals and other compounds. Brazil is one of the world's largest producers and exporters of honey. This is due to environmental conditions, plant diversity in its territory and climatic variability, which leads to a year-round production of honey. In Pará, the climate and plant diversity, among other factors, favor the breeding of bees, however the quality control of honey from Pará is still reduced. This work sought to analyze, in physicochemical terms, honeys produced by bees of the species *Apis mellifera*, from four different locations in northeastern Pará. The pH varied, on average, between 2.98 to 4.30; electrical conductivity varied between 48.80 mS / cm to 154.02 mS / cm; the ashes varied between 1.45 % to 3.05 %; the humidity varied between 18.89 % to 21.58 %; reducing sugars ranged from 58.08 % to 65.26 %; total soluble solids ranged from 76.96° Brix to 79.72° Brix; total insoluble solids ranged from 0.29 % to 0.55 %; the density varied between 1.401 g/mL to 1.467 g/mL; the predominant color was dark amber; viscosity ranged from 247.56 cSt to 377.72 cSt; and the acidity varied between 1.68 meq/kg to 4.70 meq/kg. The multivariate statistical techniques of PCA and HCA proved to be efficient in separating the studied samples according to their origin.

Keywords: Amazon; product of animal origin; quality control.

Resumo

O mel é um produto produzido pelas abelhas a partir do néctar de flores, sendo considerado um fluido viscoso com alta concentração de açúcares, destacando-se a glicose e a frutose, além de ácidos orgânicos, minerais e outros compostos. O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores mundiais de mel. O que é devido às condições ambientais, diversidade vegetal de seu território e variabilidade climática, o que leva a uma produção do mel o ano todo. No Pará, o clima e a diversidade vegetal, dentre outros fatores, favorecem a criação de abelhas, todavia ainda é reduzido o controle de qualidade do mel paraense. Este trabalho buscou analisar, em termos físico-químicos, méis produzidos por abelhas da espécie *Apis mellifera*, oriundos de quatro localidades distintas do nordeste do Pará. O pH variou, em média, entre 2,98 a 4,30; a condutividade elétrica variou entre 48,80 mS/cm a 154,02 mS/cm; as cinzas variaram entre 1,45 % a 3,05 %; a umidade variaram entre 18,89 % a 21,58 %; os açúcares redutores variaram entre 58,08 % a 65,26 %; os sólidos solúveis totais variaram entre 76,96° Brix a 79,72° Brix; os sólidos insolúveis totais variaram entre 0,29 % a 0,55 %; a densidade variou entre 1,401 g/mL a 1,467 g/mL; a cor predominante foi a âmbar escuro; a viscosidade oscilou entre 247,56 cSt a 377,72 cSt; e a acidez variou entre 1,68 meq/kg a 4,70 meq/kg. As técnicas estatísticas multivariadas de ACP e AHA se mostraram eficientes na separação das amostras estudadas conforme sua origem.

Palavras-chave: Amazônia; produto de origem animal; controle de qualidade.

* Universidade Federal do Pará, Faculdade de Farmácia, Rua Augusto Correa 1, CEP 66075-110, Belém-PA, Brasil.

Estudo Físico-Químico e Quimiométrico de Méis do Estado do Pará

José Marcos Nobre de Mora Junior,^a Charles Alberto Brito Negrão,^b Ronaldo Magno Rocha,^c Ewerton Carvalho de Souza,^d Antonio dos Santos Silva^{a,*}

a Universidade Federal do Pará, Faculdade de Farmácia, Av. Augusto Correa 1, CEP 66075-110, Belém-PA, Brasil.

b Universidade Federal do Pará, Faculdade de Química, Av. Augusto Correa 1, CEP 66075-110, Belém-PA, Brasil.

c Laboratório de Saúde Pública do Pará, Rodovia Augusto Montenegro Km 10, Distrito de Icoaraci, CEP 66823-010, Belém-PA, Brasil.

d Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Av. Presidente Tancredo Neves 2501, CEP 66077-830, Belém-PA, Brasil.

*ansansil19@gmail.com ; ansansilva47@gmail.com

Recebido em 23 de Agosto de 2020. Aceito para publicação em 23 de Outubro de 2020.

1. Introdução

2. Materiais e Métodos

2.1. Amostras

2.2. Análises Físico-Químicas

2.3. Análises estatísticas

3. Resultados e Discussões

3.1. Resultados das análises Físico-Químicas

3.2. Análise multivariada

4. Conclusão

1. Introdução

O mel é produto alimentício elaborado pelas abelhas a partir do néctar das flores ou das secreções provenientes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas, que as abelhas coletam, alteram, combinam com substâncias específicas, armazenam e deixam amadurecer nos favos da colmeia,¹ sendo um dos produtos da colmeia mais usados, tanto *in natura* quanto em diversas formas industrializadas.² Sua qualidade depende de vários fatores, tais como: origem botânica do

néctar coletado, espécie da abelha, condições ambientais e manejo pré e pós-colheita.³

No ano de 2017, o Brasil produziu 41.600 toneladas de mel em 3.879 de seus municípios, o que equivale a um aumento de 5% em relação ao ano anterior, correspondendo a uma renda de mais de 500 milhões de reais. O Estado do Pará produziu 524 toneladas neste mesmo ano, correspondendo a 2,3% da produção nacional.^{4,5}

Diversos parâmetros microbiológicos e físico-químicos vêm sendo utilizados na caracterização do mel. Trata-se de um alimento de elevada complexidade do ponto de vista analítico e biológico, pois sua composição depende de uma

série de fatores não controlados pelo homem, como: clima, solo, floração, presença de insetos sugadores e outros fatores.⁶

A qualidade do mel produzido em diferentes regiões do Brasil tem sido avaliada por diferentes autores. Tais estudos têm demonstrado grandes inconformidades do mel comercializado nessas regiões, com a legislação brasileira, o que aponta para a necessidade de uma maior fiscalização na qualidade do produto comercializado em todo o país.⁷

Nos últimos anos, métodos estatísticos multivariados têm sido empregados para caracterizar e discriminar diversas matrizes analíticas, como o mel, tanto em termos de suas origens biológicas, geográficas, etc..^{5, 8, 9, 10}

Objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros físico-químicos de amostras de mel, produzido em quatro municípios do nordeste do Estado do Pará (Curuça, Dom Elizeu, Ipixuna do Pará e Santa Maria do Pará) para caracterizá-los e aplicar técnicas estatísticas multivariadas, análise de componentes principais e análise hierárquica de agrupamentos, na discriminação das amostras conforme suas origens geográficas.

2. Materiais e Métodos

2.1. Amostras

Foram obtidas cinco amostras provenientes de quatro municípios do nordeste do Estado do Pará (Curuça, Dom Elizeu, Ipixuna do Pará e Santa Maria do Pará), totalizando 20 amostras. Tais amostras foram adquiridas diretamente dos produtores rurais (apicultores), já envasadas em garrafas de plástico transparente, de 500 mL, como são comercializadas na região. Após a aquisição das amostras, estas foram levadas para o Laboratório de Física Aplicada à Farmácia (LAFFA) da Faculdade de Farmácia da UFPA, onde permaneceram guardadas até fossem analisadas, a temperatura ambiente.

2.2. Análises Físico-Químicas

Foram realizadas onze análises físico-químicas nas vinte amostras em estudo, tendo sido todos os ensaios desenvolvidos em triplicata.

Para a avaliação do pH foram pesados 5,0 g de mel e, em seguida, preparada uma solução aquosa

a 10% p/v, na qual foi inserido o eletrodo de um pHmetro previamente calibrado com soluções padrão pH 4,00 e pH 7,00, sendo a leitura do pH obtida diretamente no *display* do aparelho.¹¹

Para a determinação da umidade das amostras de mel foram pesados cerca de 5,0 g de mel em cadinho de porcelana de forma alta, de 75 mL, previamente aferido, seguindo-se secagem em estufa a 105°C, até peso constante. Após resfriamento em dessecador, foi executada a pesagem da massa final e o teor de umidade foi então determinado através da equação (2).¹¹

$$U = 100 - \frac{m_f - m_c}{m_i} \cdot 100 \quad (2)$$

onde m_f é a massa após secagem; m_c é a massa do cadinho e m_i é a massa inicial de mel.

Para a determinação do teor de cinzas das amostras de mel foram pesados 5,0 g de mel em cadinho de porcelana de forma alta, de 75 mL, previamente aferido, que foi aquecido em estufa a 105°C por 24 h. Depois foi processada a incineração da amostra em forno mufla a 450°C até que só restasse uma cinza branca no cadinho. Então o cadinho foi levado para dessecador, onde resfriou para a pesagem do conjunto cadinho mais cinzas.¹¹ O teor de cinzas foi determinado via emprego da equação 3.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{m_f - m_c}{m_i} \cdot 100 \quad (3)$$

onde m_f é a massa após incineração; m_c é a massa do cadinho e m_i é a massa inicial de mel.

Para a determinação de viscosidade, o copo de um viscosímetro de orifício tipo copo Ford foi preenchido com a amostra de mel. O orifício do copo foi fechado e o copo foi então preenchido com a amostra até o nível máximo. O excesso do produto foi removido. O orifício foi liberado e simultaneamente o cronômetro foi acionado. A cronometragem do tempo foi interrompida quando a primeira interrupção do fluxo aconteceu e o tempo, em segundos, foi registrado ao final de cada leitura. O tempo de escoamento foi transformado para viscosidade através da equação (4), fornecida pelo fabricante do aparelho, em que v é a viscosidade (em cSt) e t é o tempo de escoamento (s).⁸

$$v = 2,51 \cdot (t - 6,23) \quad (4)$$

Para a determinação da condutividade elétrica, foram pesados 10 g de mel em Erlenmeyer de

250 mL e que depois foram diluídos com 75 mL de água destilada. Esta solução foi levada à mesa agitadora por trinta minutos para melhor homogeneização. Então, foi introduzido o eletrodo de um condutivímetro portátil com precisão $\pm 2\%$ e resolução em 0,01 mS/cm, e faixa de leitura entre 0,00 mS/cm e 19,99 mS/cm, para obtenção do valor de condutividade elétrica.⁸

A densidade das amostras foi medida através do emprego de um refratômetro portátil ATAGO 090 específico para trabalho com mel. Para tanto, foi realizada a deposição de uma ou duas gotas de mel sobre o prisma do aparelho e leitura em escala direta na escala interna (graus Baumé). Para conversão de graus Baumé para densidade, foi utilizada a equação (5), em que d é a densidade e $^{\circ}\text{Be}$ é o valor de graus Baumé lido diretamente da escala do refratômetro.⁸

$$d = \frac{145}{145 - ^{\circ}\text{Be}} \quad (5)$$

A acidez foi determinada pelo princípio da volumetria de neutralização. Foram pesados 5 g de amostra que foram diluídos com 75 mL de água destilada. A solução resultante foi titulada com solução 0,01 mol L⁻¹ de NaOH, utilizando como indicador a fenolftaleína a 1%. O término da titulação foi sinalizado pelo aparecimento de uma coloração rosa na solução.¹² O volume de NaOH gasto na titulação foi utilizado para o cálculo. A acidez foi determinada pela equação (6), em que V é o número de mL de solução de NaOH 0,01 mol L⁻¹ gasto na titulação; f_c é o fator da solução de NaOH 0,01 mol L⁻¹ e A é a concentração da solução de NaOH; e A é o peso da amostra.

$$\text{Acidez} = \frac{V \cdot f_c \cdot N \cdot 1000}{A} \quad (6)$$

A metodologia empregada para análise dos açúcares redutores foi a indicada pela legislação

brasileira,¹ que é o método titulométrico, também conhecida como método de Lane-Eynon. Segundo Lopes (2015), os açúcares redutores têm a capacidade de reduzir um volume conhecido do reagente de cobre alcalino (solução de Fehling), passando de Cobre II para Cobre I (redução de íons cúpricos em cuprosos), sendo que os açúcares são oxidados a ácidos orgânicos. O ponto final é indicado pelo azul de metileno, que é reduzido a sua forma leuco por um pequeno excesso de açúcar redutor, de acordo com as Normas Analíticas do Laboratório Nacional de Referência Animal.¹³ Para a análise de cada uma das amostras, foi preparada uma solução de mel a 20% (m/v) e desta solução foi retirada uma alíquota de 5,0 mL, sendo transferida para balão volumétrico de 100,0 mL. Esta solução foi titulada com outra solução contendo 5,0 mL de solução de Fehling A e 5,0 mL de solução Fehling B, mais 20,0 mL de água e uma gota de solução 1% de azul de metileno, como indicador.¹¹ Os resultados foram encontrados utilizando a equação (7), em que T é o título da solução de Fehling; V é o volume em mL de amostra gasta na titulação; m é a massa da amostra, em gramas.

$$\% \text{ glicídios redutores} = \frac{100 \cdot 100 \cdot T}{V \cdot m} \quad (7)$$

A determinação da cor das amostras de mel foi feita com a utilização de um espectrofotômetro, com cubetas de vidro óptico, de volume igual a 3,5 mL e 1,0 cm de caminho óptico, sendo empregada a glicerina pura como referência, e o valor da absorvância das amostras foi anotado, para um comprimento de onda de 560 nm.^{8,13} Os resultados de absorvância obtidos foram convertidos para cor se utilizando a classificação do mel dada na Tabela 1.^{8,14}

Para a determinação de sólidos solúveis totais (SST) foi empregado o método por refratometria a 20°C.^{1,8} Foi usado um refratômetro para leituras

Tabela 1. Escala de Pfund para coloração do mel

| Mel | mm Pfund | Absorvância |
|-------------------|---------------|---------------|
| Branco-água | 0,0 – 8,0 | 0,104 – 0,125 |
| Extra-branco | 8,0 – 16,5 | 0,125 – 0,148 |
| Branco | 16,5 – 34,0 | 0,148 – 0,195 |
| Âmbar extra-claro | 34,0 – 50,0 | 0,195 – 0,238 |
| Âmbar claro | 50,0 – 85,0 | 0,238 – 0,333 |
| Âmbar | 85,0 – 114,0 | 0,333 – 0,411 |
| Âmbar escuro | 144,0 ou mais | 0,411 ou mais |

em mel com escala entre 58º Brix a 90º Brix, em intervalos de 0,5º Brix (o mesmo de densidade). Para a leitura das amostras foram utilizadas uma ou duas gotas de mel. Para limpeza do prisma entre leituras foi empregada a acetona.

Para a determinação de sólidos insolúveis totais (SIT) foi empregada a metodologia gravimétrica sugerida por CAC,¹⁵ e recomendada pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento.¹ Foram pesados 20 g de mel em Erlenmeyer de 250 mL, e a esta massa foi adicionado uma quantidade de água aquecida a 80ºC, suficiente para dissolver totalmente o mel. Em seguida, a solução foi filtrada em papel de filtro quantitativo, previamente seco em estufa à 105º C por 1 h. No término da filtração o papel de filtro foi lavado com água destilada a 80º C até a ausência de açúcares, o que foi constatado transferindo 10 mL do filtrado para um tubo de ensaio e acrescentado duas gotas de ácido sulfúrico e duas gotas de solução de floroglucina 4% a 2%.¹⁴ Após a filtração e lavagem do papel de filtro, este foi levado para a estufa a 135º C por 1 h. Depois de seco e resfriado em dessecador até temperatura ambiente, o papel de filtro foi pesado em balança analítica. A determinação do teor de sólidos insolúveis foi feita através do emprego da equação (8).

$$S.I.T. = \frac{(\text{massa do papel de filtro após filtração} - \text{massa do papel de filtro seco})}{(\text{massa total da amostra}) \cdot 100\%} \quad (8)$$

2.3. Análises estatísticas

Aos dados obtidos para cada um dos onze parâmetros estudados, foi aplicada uma ANOVA, seguida de teste de Tukey para verificar se os meios apresentavam tais parâmetros variantes conforme a origem, e para isso se utilizou o programa BioEstat 5.0. Ao conjunto de todos os parâmetros reunidos foram aplicadas as técnicas multivariadas de análise de componentes principais (ACP) e análise hierárquica de agrupamentos (AHA) para se verificar a possível discriminação das amostras conforme suas origens, o que foi realizado se empregando o programa MINITAB 17.

3. Resultados e Discussões

3.1. Resultados das análises Físico-Químicas

Os resultados obtidos para os onze parâmetros físico-químicos estão apresentados na Tabela 2.

Legenda: A = Curuçá; B = Dom Eliseu; C = Ipixuna do Pará; D = Santa Maria do Pará. Letras iguais significam não haver diferença estatística ao nível de 5% de significância, conforme teste de Tukey

Em termos de umidade, os quatro meios formaram dois grupos: o primeiro, formado pelas amostras das localidades A e C (com umidade praticamente no limite legal de umidade, que é de 20%)¹ o segundo pelas amostras B e D (de umidade abaixo do limite legal). Santos (2016)¹⁶ obteve um valor mínimo de 13,8% e um máximo de 19,1%, valores esses comparáveis aos obtidos no presente estudo. Valores encontrados para a umidade de mel provenientes de Soure e Salvaterra, na Ilha do Marajó, no Estado do Pará, variaram entre 19,10% e 29,17%, com média de 23,01%, valores esses, em sua maioria, maiores que o limite legal nacional.⁵ Existem diversos fatores que influenciam no conteúdo de água no mel, como, desde as condições climáticas no dia da colheita como a maturação do mesmo. O mel é um produto que absorve água (higroscópico) e a quantidade de água está diretamente ligada à fermentação indesejada, já que, quanto mais água o mel apresenta, mais suscetível ele é a esse processo. Quando se estabelece teores acima de 20% indica que o mel sofreu adição de água, ou um processamento indevido, ou foi colhido antes de ficar maduro.¹⁷

Em termos de pH, os meios puderam ser divididos em dois agrupamentos, sendo um formado pelas amostras das localidades A, B e C; e outro agrupamento formado pelas amostras das localidades D (de caráter mais ácido, dentre eles). Em termos gerais, os valores médios encontrados para pH tiveram média de 3,63 e variaram entre 2,94 e 4,19, que é um intervalo mais amplo do que obtido por Gomes et al. (2017),¹⁰ que foi de 3,08 a 3,83, o que também ocorre quando comparado aos valores obtidos por Souza (2017),¹⁸ que foram entre 3,62 e 4,25, e aconteceu mesmo com Meireles e Cançado (2013),¹⁷ que obtiveram valores de 3,35 à 4,23. O valor de pH recomendado para alimentos é um pH abaixo de 4,5, e para o mel o limite estabelecido é inferior a 4,0.¹⁹ Na legislação vigente não há indicação dos valores de pH, porém por indicar processos fermentativos ou adulterações no produto e atestar o estado de conservação do mel é considerada a sua relevância.²⁰ Para Sousa et al. (2004),²¹ os valores de pH abaixo de

Tabela 2. Resultados dos parâmetros físico-químicos

| Amostra | Umidade (%) | pH | CE (mS/cm) | SST (° Brix) | densidade (g mL ⁻¹) | SIT (%) |
|---------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| A1 | 20,07 ± 0,21 | 4,12 ± 0,07 | 48,10 ± 1,91 | 78,03 ± 0,12 | 1,401 ± 0,002 | 0,42 ± 0,03 |
| A2 | 20,13 ± 0,15 | 4,08 ± 0,11 | 46,20 ± 1,39 | 78,00 ± 0,10 | 1,401 ± 0,001 | 0,52 ± 0,44 |
| A3 | 19,93 ± 0,06 | 3,99 ± 0,03 | 49,23 ± 1,95 | 78,13 ± 0,06 | 1,402 ± 0,000 | 0,62 ± 0,62 |
| A4 | 19,90 ± 0,17 | 3,92 ± 0,10 | 49,17 ± 1,23 | 78,13 ± 0,12 | 1,403 ± 0,002 | 0,22 ± 0,03 |
| A5 | 19,87 ± 0,06 | 3,92 ± 0,10 | 47,53 ± 1,34 | 78,20 ± 0,10 | 1,403 ± 0,001 | 0,24 ± 0,09 |
| Geral | 19,98 ^a ± 0,16 | 3,99 ^a ± 0,12 | 48,80 ^a ± 1,78 | 78,10 ^a ± 0,11 | 1,402 ^a ± 0,001 | 0,41 ^a ± 0,27 |
| B1 | 18,87 ± 0,06 | 4,19 ± 0,43 | 96,77 ± 2,65 | 79,73 ± 0,06 | 1,411 ± 0,001 | 0,84 ± 0,41 |
| B2 | 18,87 ± 0,06 | 3,50 ± 0,30 | 97,70 ± 1,08 | 79,70 ± 0,10 | 1,410 ± 0,001 | 0,40 ± 0,02 |
| B3 | 18,97 ± 0,06 | 3,36 ± 0,38 | 97,87 ± 0,80 | 79,63 ± 0,06 | 1,410 ± 0,001 | 0,13 ± 0,02 |
| B4 | 18,87 ± 0,06 | 3,76 ± 0,16 | 97,27 ± 0,15 | 79,77 ± 0,06 | 1,411 ± 0,000 | 0,19 ± 0,01 |
| B5 | 18,87 ± 0,06 | 3,92 ± 0,02 | 97,87 ± 0,60 | 79,77 ± 0,06 | 1,411 ± 0,000 | 0,17 ± 0,00 |
| Geral | 18,89 ^b ± 0,06 | 3,77 ^a ± 0,38 | 97,49 ^b ± 1,23 | 79,72 ^b ± 0,08 | 1,410 ^b ± 0,001 | 0,35 ^b ± 0,17 |
| C1 | 20,17 ± 0,06 | 3,65 ± 0,02 | 104,67 ± 0,84 | 78,07 ± 0,06 | 1,401 ± 0,001 | 0,26 ± 0,09 |
| C2 | 20,10 ± 0,00 | 3,64 ± 0,02 | 103,30 ± 0,70 | 78,03 ± 0,06 | 1,402 ± 0,000 | 0,26 ± 0,01 |
| C3 | 20,00 ± 0,00 | 3,64 ± 0,01 | 104,37 ± 0,84 | 78,20 ± 0,00 | 1,401 ± 0,000 | 0,33 ± 0,01 |
| C4 | 20,13 ± 0,06 | 3,64 ± 0,01 | 103,67 ± 1,11 | 78,10 ± 0,00 | 1,401 ± 0,000 | 0,31 ± 0,20 |
| C5 | 20,07 ± 0,12 | 3,62 ± 0,01 | 97,87 ± 0,60 | 78,17 ± 0,06 | 1,402 ± 0,001 | 0,27 ± 0,10 |
| Geral | 20,09 ^a ± 0,08 | 3,64 ^a ± 0,01 | 103,75 ^c ± 1,13 | 78,11 ^a ± 0,07 | 1,401 ^a ± 0,001 | 0,29 ^c ± 0,08 |
| D1 | 18,90 ± 0,10 | 3,64 ± 0,02 | 117,00 ± 0,46 | 79,37 ± 0,15 | 1,409 ± 0,000 | 0,30 ± 0,19 |
| D2 | 19,00 ± 0,10 | 3,08 ± 0,12 | 112,37 ± 0,40 | 79,20 ± 0,00 | 1,409 ± 0,000 | 0,55 ± 0,07 |
| D3 | 18,87 ± 0,31 | 2,95 ± 0,02 | 117,63 ± 2,31 | 79,43 ± 0,31 | 1,410 ± 0,002 | 0,50 ± 0,30 |
| D4 | 19,07 ± 0,12 | 2,94 ± 0,01 | 121,10 ± 3,49 | 79,17 ± 0,06 | 1,409 ± 0,001 | 0,30 ± 0,06 |
| D5 | 18,90 ± 0,10 | 3,00 ± 0,04 | 116,17 ± 0,32 | 79,43 ± 0,06 | 1,411 ± 0,000 | 0,22 ± 0,03 |
| Geral | 18,95 ^b ± 0,16 | 3,12 ^b ± 0,28 | 116,85 ^d ± 3,31 | 79,32 ^c ± 0,18 | 1,409 ^b ± 0,001 | 0,37 ^b ± 0,12 |
| Amostra | Acidez (meq/kg) | Cinzas (%) | Viscosidade (cSt) | AR (%) | Cor | |
| A1 | 3,43 ± 0,40 | 2,04 ± 0,01 | 236,80 ± 12,48 | 58,51 ± 1,44 | Ambar Claro | |
| A2 | 3,27 ± 0,20 | 3,27 ± 0,10 | 249,00 ± 1,58 | 57,38 ± 1,32 | Ambar Claro | |
| A3 | 3,23 ± 0,14 | 3,37 ± 0,44 | 248,20 ± 3,03 | 57,83 ± 1,41 | Ambar Claro | |
| A4 | 3,16 ± 0,17 | 3,98 ± 0,15 | 300,60 ± 4,39 | 59,42 ± 1,02 | Ambar Claro | |
| A5 | 3,35 ± 0,21 | 3,15 ± 1,32 | 366,00 ± 4,47 | 57,59 ± 1,02 | Ambar Claro | |
| Geral | 3,29 ^a ± 0,10 | 2,72 ^a ± 1,12 | 280,12 ^a ± 52,81 | 58,15 ^a ± 1,28 | Ambar Claro | |
| B1 | 2,87 ± 0,18 | 2,59 ± 0,22 | 349,40 ± 14,84 | 64,29 ± 1,75 | Ambar Escuro | |
| B2 | 2,96 ± 0,25 | 1,67 ± 0,15 | 358,40 ± 11,97 | 66,26 ± 0,88 | Ambar Escuro | |
| B3 | 3,12 ± 0,06 | 2,43 ± 0,38 | 346,80 ± 3,27 | 65,67 ± 0,50 | Ambar Escuro | |
| B4 | 3,11 ± 0,03 | 2,44 ± 0,43 | 398,40 ± 38,42 | 63,71 ± 0,82 | Ambar Escuro | |
| B5 | 3,07 ± 0,03 | 2,31 ± 0,24 | 435,60 ± 19,39 | 63,44 ± 0,47 | Ambar Escuro | |
| Geral | 3,03 ^a ± 0,10 | 2,27 ^a ± 0,65 | 377,72 ^b ± 40,03 | 64,67 ^b ± 1,42 | Ambar Escuro | |
| C1 | 4,38 ± 0,23 | 1,53 ± 0,20 | 235,80 ± 1,92 | 62,73 ± 1,23 | Ambar Escuro | |
| C2 | 4,51 ± 0,39 | 1,65 ± 0,01 | 239,80 ± 6,83 | 62,71 ± 0,46 | Ambar Escuro | |
| C3 | 4,89 ± 0,17 | 1,68 ± 0,05 | 263,80 ± 6,38 | 63,82 ± 1,74 | Ambar Escuro | |
| C4 | 4,89 ± 0,10 | 1,55 ± 0,56 | 254,20 ± 6,22 | 64,94 ± 1,71 | Ambar Escuro | |
| C5 | 4,81 ± 0,06 | 1,11 ± 0,05 | 244,20 ± 3,42 | 63,25 ± 0,81 | Ambar Escuro | |
| Geral | 4,70 ^b ± 0,13 | 1,54 ^b ± 0,65 | 247,56 ^a ± 11,46 | 63,49 ^b ± 1,39 | Ambar Escuro | |
| D1 | 4,68 ± 0,02 | 3,46 ± 0,41 | 360,00 ± 5,79 | 59,20 ± 2,17 | Ambar Escuro | |
| D2 | 4,22 ± 0,37 | 2,94 ± 0,05 | 359,40 ± 7,89 | 58,01 ± 0,67 | Ambar Escuro | |
| D3 | 4,18 ± 0,16 | 5,31 ± 0,30 | 372,40 ± 41,85 | 57,13 ± 0,99 | Ambar Escuro | |
| D4 | 4,31 ± 0,23 | 5,40 ± 0,37 | 354,60 ± 17,84 | 57,57 ± 1,02 | Ambar Escuro | |
| D5 | 4,46 ± 0,09 | 2,13 ± 0,22 | 337,00 ± 27,50 | 58,47 ± 1,04 | Ambar Escuro | |
| Geral | 4,37 ^c ± 0,14 | 3,05 ^c ± 1,55 | 356,68 ^b ± 24,98 | 58,08 ^a ± 1,32 | Ambar Escuro | |

4,5, de modo geral, restringemo crescimento de microrganismos mesófilos, ou seja, a microbiota patogênica e deterioradora, favorecendo assim para maior durabilidade do mel. Sendo assim, todas as amostras têm uma estabilidade frente aos microrganismos, pois possuem pH abaixo de 4,5.

A condutividade elétrica das amostras se mostraram distintas entre todas as localidades, destacando-se que as amostras da localidade A apresentaram menores valores e as da localidade D apresentaram maiores valores. No geral, os valores encontrados para condutividade elétrica variaram de $46,20 \text{ mS cm}^{-1}$ a $121,10 \text{ mS cm}^{-1}$, com média de $91,72 \text{ mS cm}^{-1}$. A legislação brasileira não indica valores de referência para essa característica.¹ No entanto, o *Codex Alimentarius Commission*¹⁵ fixou máximo de 800 mS cm^{-1} para o padrão internacional, sendo assim, todas as amostras de mel de *Apis mellifera* L. analisadas neste trabalho estão de acordo com essa legislação internacional. Percebe-se que os valores encontrados se apresentam um pouco abaixo dos que foram encontrados por Silva (2010),⁸ que encontrou valores entre 140 e 270 mS cm^{-1} , com média de 200 mS cm^{-1} . Também Alves (2005) obteve valores mais elevados com uma condutividade média de $352,25 \text{ mS cm}^{-1}$, com variação entre $267,50 \text{ mS cm}^{-1}$ e $462,00 \text{ mS cm}^{-1}$.²² Os resultados obtidos neste trabalho também se mostram menores do que os valores de Sodré (2005),²³ que variaram de 192 mS cm^{-1} a $798,67 \text{ mS cm}^{-1}$ e apresentam valor médio de $452,77 \text{ mS cm}^{-1}$. A condutividade elétrica auxilia na identificação da origem floral, já que, este valor varia de acordo com a concentração de sais minerais, ácidos orgânicos e proteínas presentes no mel e, geralmente, os méis de melato apresentam uma condutividade mais elevada quando comparados aos monoflorais. Nascimento (2013) verificou que méis com a mesma origem floral apresentam valores de condutividade elétrica similares, mesmo diferindo na época da colheita, origem geográfica e condições climáticas.²⁴ Assim, a diferença de condutividade elétrica obtida para as quatro localidades esteja diretamente ligada às diferentes fontes florais disponíveis em tais localidades.

Os resultados obtidos para os SST mostraram que os méis da localidade B apresentaram uma média igual a $79,72^\circ \text{ Brix}$, o mais elevado, já os da localidade A apresentam uma média de $70,10^\circ \text{ Brix}$, que são os que apresentamos menores resultados, sendo que, no geral, esses resultados

estão compreendidos no intervalo entre $78,00^\circ \text{ Brix}$ a $79,77^\circ \text{ Brix}$, com uma média de $78,81^\circ \text{ Brix}$. Também se percebe que os méis das localidades A e C apresentaram valores de SST iguais. Valores semelhantes obtidos por Santos (2016),¹⁶ que encontrou resultados um pouco mais elevados ($80,80^\circ \text{ Brix}$, com variação de $78,20^\circ \text{ Brix}$ a $82,30^\circ \text{ Brix}$) são compatíveis com os encontrados no presente estudo. Silva *et al.* (2004) também encontraram valores que apresentam similaridades com os deste trabalho,²⁶ onde o valor médio foi de $78,70^\circ \text{ Brix}$, em uma faixa de variação de $76,07^\circ \text{ Brix}$ a $80,80^\circ \text{ Brix}$, em méis do Piauí. Silva (2010),⁸ para méis do Pará, encontrou resultados que expressam uma média igual a $76,74^\circ \text{ Brix}$, estando compreendidos no intervalo entre $72,00^\circ \text{ Brix}$ a $80,00^\circ \text{ Brix}$, sendo compatíveis com os valores deste trabalho. A importância de se avaliar os sólidos solúveis totais (expresso em $^\circ \text{ Brix}$) se dá por ele indicar a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos na água. Os méis estudados possuem elevada quantidade de sólidos solúveis totais. Vale ressaltar que não existe legislação para esse parâmetro, uma vez que sua concentração está relacionada também com a quantidade de açúcares presentes no mel.²⁷

Em termos de densidade, conforme o teste de ANOVA, seguido de Tukey, as amostras puderam ser agrupadas em dois grupos: um formado pelas amostras das localidades A e C; e outro grupo composto pelas amostras das localidades B e D. A média geral é de $1,405 \text{ g mL}^{-1}$ e os valores estão dispostos de $1,401 \text{ g mL}^{-1}$ a $1,411 \text{ g mL}^{-1}$. Silva (2010) encontrou densidade com variação entre $1,376 \text{ g mL}^{-1}$ e $1,415 \text{ g mL}^{-1}$, com média igual a $1,405 \text{ g mL}^{-1}$,⁸ valores próximos aos deste estudo. Não há valor estipulado para densidade do mel em nenhuma legislação vigente, tanto na brasileira, quanto nas internacionais.

É possível notar que as amostras da localidade D apresentam um maior teor médio de cinzas ($3,05\%$), enquanto as amostras da localidade C apresentamos menores valores ($1,54\%$). Estes valores estão compreendidos entre $1,11\%$ e $5,40\%$, com média geral de $2,39\%$. A legislação brasileira estabelece como limite máximo permitido para teor de cinzas de mel de abelha valor $0,60\%$,¹ sendo assim, com base na legislação, todos os méis analisados neste estudo encontram-se acima do limite determinado, o que indica possivelmente altos níveis de metais e outros elementos, que representam o produto final dos resíduos

inorgânicos encontrados após a queima.⁸ Souza (2017) complementa que a determinação do teor de cinzas pode apontar algumas irregularidades no mel, tais como a contaminação provocada pela não decantação ou filtração no final do processo de extração do produto e quando ocorre adulteração, visando verificar sua qualidade.¹⁸ Os valores encontrados por este trabalho ficaram bem acima dos de Silva (2010),⁸ que obteve teor médio encontrado igual a 0,21%, com valores compreendidos entre 0,02% a 0,63%. Souza (2017) encontrou em seus estudos os teores de cinzas que variaram de 0,0009% a 0,0053%, muito abaixo do limite máximo preconizado pela legislação.¹⁸

A predominância da cor das amostras analisadas foi âmbar escuro (75%) seguida das cores âmbar claro (25%). Todas as amostras encontram-se em conformidade com a legislação nacional.¹ Dentre as características sensoriais, a cor é uma das mais importantes, pois influencia diretamente no mercado como uma das características mais importantes para o consumidor. A cor do mel é determinante, pois muitos escolhem o produto apenas pela aparência.^{28, 29} As amostras de méis mais escuros provavelmente devem ser mais ricas em polifenóis e de maior atividade antioxidante, pois méis de cor escura apresentam um teor de compostos fenólicos superior e consequentemente, uma maior atividade antioxidante.³⁰

A média geral encontrada para os SIT no presente trabalho foi de 0,35% e os valores estão compreendidos entre 0,13% a 0,84%, valores que estão acima do limite máximo permitido, que é igual a 0,10%, determinado pela legislação no Brasil.¹ Esses resultados estão mais elevados do que os encontrados por Silva (2010) que obteve uma média de 0,10%, com variação entre 0,02% e 0,25%.⁸ Todavia, Silva (2015) também encontrou valores elevados para méis de *Apis mellifera* L., sendo que seus valores variaram entre de 0,44% e 0,38%,³¹ e Gomes *et al.* (2019) encontraram para méis provenientes de Soure e Salvaterra, na Ilha do Marajó, no Pará, valores entre 0,14% e 0,73%, com média de 0,37%, que são compatíveis com os resultados encontrados aqui.⁵ Alves *et al.* (2011), ao analisar mel de abelhas *Apis mellifera*, também encontraram valores acima do permitido pela legislação brasileira para todas as amostras analisadas (0,19% a 0,68%).²² Os SIT são um parâmetro de pureza, pois está relacionado aos elementos que podem ter contaminado o mel durante a produção, tais como resíduos da abelha

(cera, patas, e asas de abelha) que possam ter “contaminado” o mel durante a sua produção.³²

Os teores de acidez encontrados têm uma amplitude que variaram de 2,87 meq/kg a 4,89 meq/kg, com média de 3,85 meq/kg, onde as amostras que apresentaram maior teor de acidez foi as da localidade C, e as de menor acidez foi as da localidade B. Todas as amostras estão de acordo com a Instrução Normativa nº11 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, que estabeleceu limite máximo de 50 meq/kg de mel.¹

Os valores encontrados para viscosidade variam de 235,80 cSt a 435,6 cSt, como valor médio de 315,52 cSt, valores menores dos obtidos por Sodré (2005) que encontrou valores que a variaram entre 536 cSt a 3436 cSt, valores obtidos de amostras dos estados do Ceará e do Piauí.²³ Já Marchini *et al.* (2002) verificaram um valor médio de 1362,70 cSt, com as amostras variando entre 98 cSt e 5090 cSt,³³ que são maiores do que os valores encontrados aqui. A viscosidade do mel é influenciada diretamente por diversos fatores que vão desde a constituição, açúcares, umidade, densidade relativa, conteúdo proteico, a temperatura de seu armazenamento.^{22, 23} Apesar da sua importância, para a viscosidade dos méis não há valor estabelecido que constitua critério de avaliação nas legislações vigentes.²³

Os teores de açúcares redutores obtidos variaram entre 57,13% e 66,26%, apresentando uma média igual a 61,10%, sendo que as médias obtidas para as quatro localidades estão de acordo como limite de 65,00% estabelecido para este parâmetro pela legislação nacional.¹ Os valores encontrados por Sodré (2005) se apresentaram acima do limite da legislação nacional, variando de 73,37% a 88,39%,²³ sendo que suas amostras eram oriundas dos estados Ceará e do Piauí. O trabalho de Silva (2010),⁸ com amostras de mel do Pará, apresentou valores de açúcares redutores variando entre 60,48% a 77,42%, onde quatro amostras (20% do total) se apresentaram abaixo do limite mínimo da legislação brasileira. Os açúcares têm um papel determinante na conservação do mel, pois sua presença é responsável pela pressão osmótica do meio, o que impede que bactérias, mofo, leveduras e outros microrganismos se desenvolvam. O que indica que os méis que estão abaixo do limite mínimo permitido pela legislação oferecem uma melhor condição para a proliferação destes microrganismos.⁴⁰

3.2. Análise multivariada

As técnicas estatísticas multivariadas possibilitam a obtenção de explicações claras e concisas sobre correlações e variâncias, quando aplicadas a agrupamentos em amostras de características similares entre si.³⁵ A aplicação da análise estatística multivariada conhecida como análise de componentes principais, ou ACP, utilizando distâncias euclidianas e ligações completas, aos dados referentes as dez variáveis quantitativas estudadas, gerou gráfico presente na Figura 1, que apresenta as duas primeiras componentes principais, sendo que as duas componentes juntas explicam 66,90% da variabilidade das amostras de mel.

Foram formados três grupos distintos, sendo um formado exclusivamente por amostras da localidade A (Curuçá), outro somente por amostras da localidade C (Ipixuna do Pará) e um terceiro formado por amostras das localidades B e D (Dom Elizeu e Santa Maria do Pará, respectivamente). Todavia, a disposição das amostras das localidades B e D

dentro desse grupo, eo fato de que a 3ª componente principal (3ª CP) explicar 18,10% das variabilidades dos dados (Tabela 3), sugere a necessidade de se utilizar mais uma componente principal (3ª CP), tratando-se os dados em três dimensões.

A Figura 2 apresenta o gráfico dos pesos das variáveis (parâmetros físico-químicos estudados) que contribuíram para a formação das duas componentes principais (1a CP e 2a CP) do modelo de discriminação dos méis.

Os parâmetros mais relevantes para a separação das amostras de mel em termos de 1a CP foram SST, densidade, viscosidade e Umidade, ou seja, analisando a Figura 2 em conjunto com a Figura 1, percebe-se então que são essas variáveis que predominantemente distinguem as amostras de mel das localidades B e D das localidades A e C, pois essas amostras se encontram totalmente à direita do gráfico, ao passo que as demais amostras estão à esquerda.

Em termos de 2a CP, apenas três parâmetros apresentam maior relevância: sólidos insolúveis

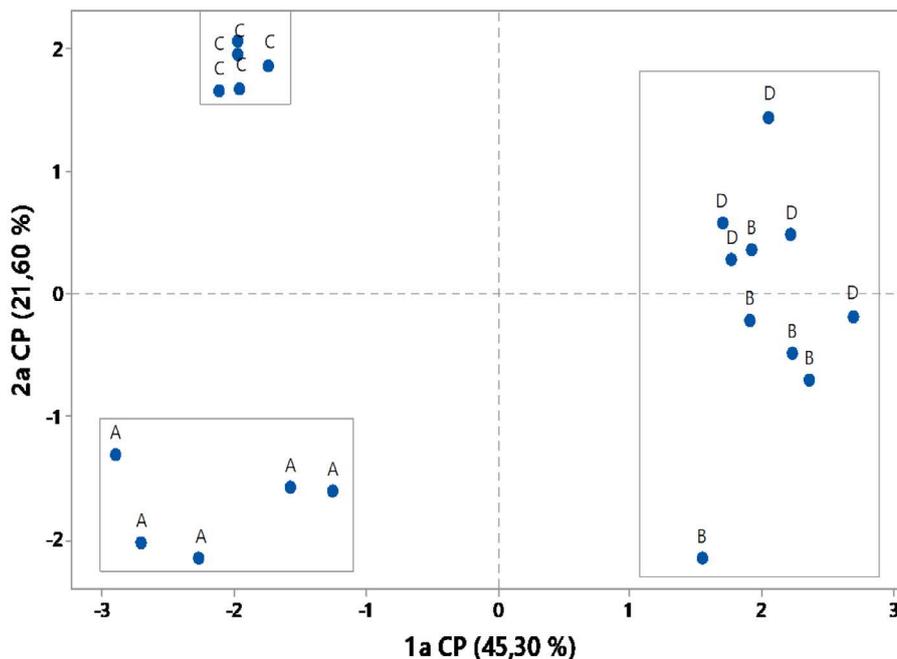


Figura 1. Gráfico das componentes principais para os parâmetros estudados em mel

Tabela 3. Contribuição de cada componente principal para a explicação dos dados

| | Componente Principal (CP) | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a | 9a |
| Percentual de explicação (%) | 45,30 | 21,60 | 18,10 | 9,10 | 2,40 | 2,22 | 0,80 | 0,30 | 0,10 |
| Percentual acumulado (%) | 45,30 | 66,90 | 85,00 | 94,10 | 96,32 | 98,54 | 99,60 | 99,99 | 100 |

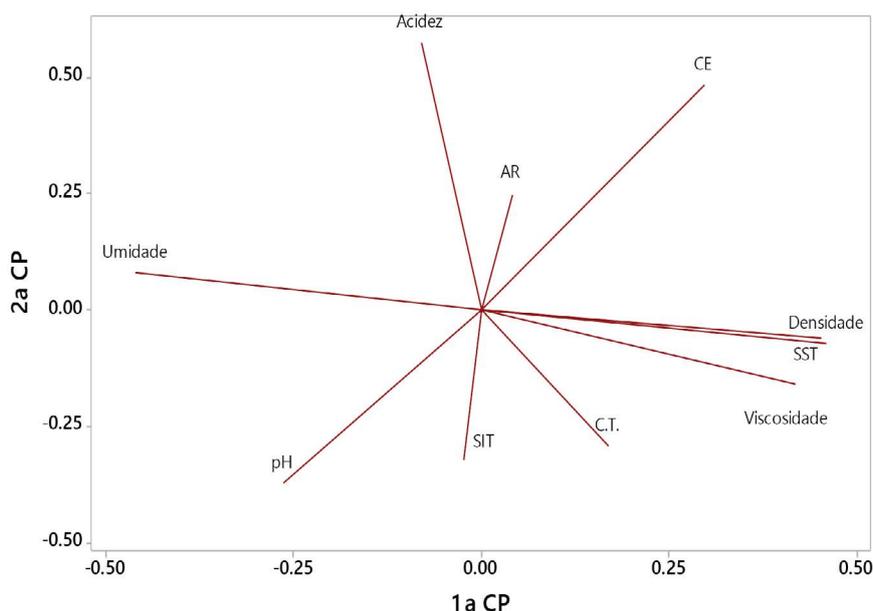


Figura 2. Gráfico dos pesos das variáveis utilizadas em componentes principais

totais (SIT), acidez e açúcares redutores (AR). Isto quer dizer que esses dois parâmetros contribuíram mais para a separação das amostras de mel das localidades A e D em relação às outras localidades (B e C), pois todas as amostras da localidade A e a maioria das amostras da localidade B estão na parte inferior do gráfico e as amostras das demais localidades na parte superior. Sendo assim, em conjunto, esses parâmetros estudados mostraram ter uma razoável eficiência para a identificação e classificação desses méis, em termos físico-químicos.

A aplicação da técnica multivariada denominada de análise hierárquica de agrupamentos, ou

AHA, utilizando a distância euclidiana com ligação completa e níveis de similaridade, gerou dendrograma presente na Figura 3. Esta análise representa a aglomeração feita em uma escala de 0 a 100% e mostrar as similaridades entre as amostras agrupadas, sendo que estas por sua vez estão situadas na base do dendrograma, que é uma representação bidimensional de uma relação n-dimensional.³⁵

Pelo dendrograma se verifica que as amostras de mel das localidades A e C (Curuçá e Ipixuna do Pará) são completamente diferentes das demais localidades, isto é, localidades B e D (Dom Elizeu e Santa Maria do Pará) pois apresenta 0,00% de

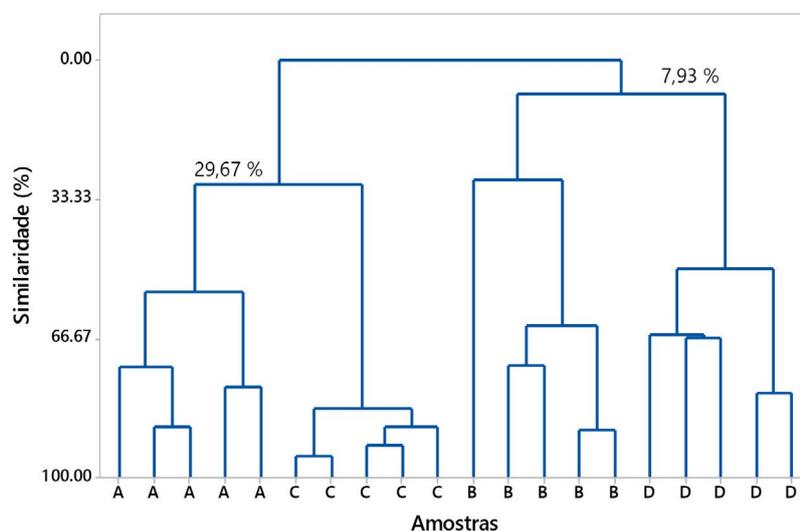


Figura 3. Dendrograma para as amostras de mel estudadas

similaridade com estas, o que concorda plenamente com os resultados obtidos pela técnica de ACP, pois na Figura 1, essas amostras (B e D) se encontram em um grupo completamente disjunto das demais, sozinho no lado direito do gráfico.

As amostras dos grupos A e C, por sua vez, apresentam alguma similaridade entre si (29,67%), o que concorda com a Figura 2, pois essas localidades formam dois grupos separados no lado esquerdo do gráfico. Ao passo que as amostras das localidades B e D apresentaram apenas uma similaridade muito pequena de 7,93%, indicando haver dois grupos de amostras, claramente, o que se opõe, de certa forma, ao gráfico bidimensional da Figura 2.

As formações de grupos distintos de mel conforme sua localidade de origem deve ser um reflexo claro da variedade da flora apícola existente entre essas quatro localidades.³⁵

4. Conclusão

Os méis de abelha produzidos nas quatro localidades do Pará (Curuçá, Santa Maria do Pará, Dom Elizeu e Ipixuna do Pará) são de boa qualidade, pois apresentaram propriedades físico-químicas condizentes com a legislação nacional e com outros trabalhos presentes na literatura.

A aplicação das técnicas estatísticas multivariadas de análise de componentes principais e análise hierárquica de agrupamentos revelou que os méis investigados apresentam diferenças significativas em suas propriedades físico-químicas investigadas, devido, provavelmente, às diferenças nas floras apícolas destas quatro localidades, ao solo e outras condições ambientais. Também tais técnicas se revelaram úteis e boas para a discriminação do produto conforme sua origem.

Referências Bibliográficas

¹ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº11 de 20 de outubro de 2000. [\[Link\]](#)

² Komatsu, S. S.; Marchini, L. C.; Moreti, A. C. C. C. Análises físico-químicas de amostras de méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranjeira, produzidos por *Apis mellifera* L., 1758 (hymenoptera, apidae) no estado de São Paulo. 2. Conteúdo de açúcares e de proteína. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2002**, 22,143. [\[CrossRef\]](#).

³ Fujii, I. A.; Rodrigues, P. R. M.; Ferreira, M. N.. Caracterização físico química do mel de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) em Alta Floresta, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* **2009**, 10,645. [\[Link\]](#).

⁴ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Cidades e Estados, 2017. [\[Link\]](#).

⁵ Gomes, W. P.; Muribeca, A. J. B.; Moreira-Neto, J.; Gomes, P. W. P.; Pereira, E. R. S.; Martins, L. H. S. Application of multivariate statistical analysis on quality of amazon honey from *Apis* sp. vs *Melipona* sp. *Scientia Plena* **2019**, 15, 124201, [\[CrossRef\]](#).

⁶ Campos G.; Della-Modesta, R. C.; Silva, T. J. P.; Baptista, K. E.; Gomides, M. F.; Godoy, R. L. Classificação do mel em floral ou mel de melato. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2003**, 23,1. [\[CrossRef\]](#).

⁷ Périco, E.; Tiunan, T. S.; Lawich, M. C.; Kruger, R. L. Avaliação Microbiológica e Físicoquímica de Méis Comercializados no Município de Toledo, PR. *Revista Ciências Exatas e Naturais* **2011**, 13, 365. [\[Link\]](#)

⁸ Silva, A. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Pará, 2010.

⁹ Zhou, F.; Liu, Y.; Guo, H. Application of multivariate statistical methods to water quality assessment of the water courses in Northwestern New Territories, Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment* **2007**, 132, 1. [\[CrossRef\]](#)

¹⁰ Gomes, V. V.; Dourado, G. S.; Costa, S. C.; Lima, A. K. O.; Silva, D. S.; Bandeira, A. M. P.; Vasconcelos, A. A.; Taube, P. S. Avaliação da Qualidade do Mel Comercializado no Oeste do Pará, Brasil. *Revista Virtual de Química* **2017**, 9, 815. [\[CrossRef\]](#).

¹¹ Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz; *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, v 1, 3a ed, IMESP: São Paulo, 2008. [\[Link\]](#)

¹² Official Methods of Analysis of AOC International, 17th ed, Horwitz, W. (ed), Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg, 2000, Cap 44.

¹³ Laboratório Nacional de Referência Animal, Em *Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes*, Ministério da Agricultura: Brasília, 1981, cap 1.

¹⁴ Vargas T.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.

¹⁵ Codex Alimentarius Commission; *CODEX STAN 12: Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods*, Food and Agriculture Organization of The United Nations, v 11, 2001.

¹⁶ Santos, E. A.; *Monografia de Conclusão de Curso*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, 2016. [\[Link\]](#)

- ¹⁷ Meireles, S.; Cançado, I. A. C. Mel: Parâmetros de Qualidade e suas Implicações para a Saúde. *SynThesis Revista Digital FAPAM* **2013**, *4*, 207. [[Link](#)].
- ¹⁸ Souza, L. B. S.; *Dissertação de Mestrado*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2017. [[Link](#)]
- ¹⁹ Venturieri, G. C.;oliveira, P. S.; Vasconcelos, M. A. M.; Mattietto, R. A.; *Caracterização, Colheita, Conservação e Embalagem de Méis de Abelhas Indígenas Sem Ferrão*, EMBRAPA Amazôniaoriental: Belém, 2007. [[Link](#)]
- ²⁰ Welke, J.; Reginatto, S.; Ferreira, D.; Vicenzi, R.; Soares, J. M. Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L. da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Ciência Rural* **2008**, *38*, 1737. [[CrossRef](#)].
- ²¹ Souza, B. A.; Carvalho, C. A. L.; Sodré, G. S.; Marchini, L. C. Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona asilvai* (Hymenoptera: Apidae). *Ciência Rural* **2004**, *34*, 1623. [[Link](#)]
- ²² Alves, R. M.o.; Carvalho, C. A. L.; Souza, B. A. Características físico-químicas de amostras de mel de *M. mandaçai* SMITH (Hymenoptera: Apidae). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2005**, *25*, 644. [[CrossRef](#)].
- ²³ Sodré, G. S.; Características Físico-Químicas, Microbiológicas e Polínicas de Amostras de Méis de *Apis Mellifera* L do estado do Ceará, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia* **2009**, *33*, 191. [[Link](#)]
- ²⁴ Silva, A. P. P.; *Monografia de Conclusão de Curso*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. [[Link](#)]
- ²⁵ Nascimento, D. M. D.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade do Porto, 2013. [[Link](#)]
- ²⁶ Silva, C. L.; Queiróz, A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2004**, *8*, 260. [[CrossRef](#)].
- ²⁷ Gois, G. C.; Evangelista-Rodrigues, A.; Silva, L. T.; Lima, C. B.; Pessoa, R. M. S. Physical and chemical study and honey microbiological quality *Apis mellifera* sold in the Stateof Paraíba. *Acta Veterinaria Brasílica* **2015**, *9*, 50.
- ²⁸ Medeiros, D.; Souza, M. F. Contaminação do Mel: A Importância do Controle de Qualidade e de Boas Práticas Apícolas. *Atas de Ciências da Saúde* **2016**, *3*, 1. [[Link](#)].
- ²⁹ Pereira, L. L.; *Dissertação de Mestrado*, Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010. [[Link](#)]
- ³⁰ Gomes, S. P. M.; *Dissertação de Mestrado*, Escola Superior Agrária, 2009. [[Link](#)]
- ³¹ Silva, M. C. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2015. [[Link](#)]
- ³² Pinheiro, C. G. M.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2016. [[Link](#)]
- ³³ Marchini, L. C.; Sodré, G. S.; Moreti, A. C. C. C.; *Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo*, Piracicaba, Brasil, 2002.
- ³⁴ Silva, E. V. C.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Pará, 2006.
- ³⁵ Gomes, P. W. P.; Reis, J. D. E.; Silva, D. S. C, Costa, A. P. A.; Malato, B. V.; Muribeca, A. J. B.; Gomes, P. W. P. A aplicação da técnica multivariada (PCA e HCA) em dados microbiológicos e físico-químicos de méis comercializados em Cachoeira do Ararí e Salvaterra – PA. *Scientia Plena* **2017**, *13*, 069901. [[CrossRef](#)]