

UFRRJ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

DISSERTAÇÃO

**Caracterização físico-química e funcional de méis
de diferentes origens botânicas produzidos no
Estado do Rio de Janeiro**

Aline Ribeiro Ferreira

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E FUNCIONAL DE MÉIS
DE DIFERENTES ORIGENS BOTÂNICAS PRODUZIDOS NO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO

ALINE RIBEIRO FERREIRA

Sob a Orientação da Professora

Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa

Co-orientação

Juarez Vicente

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento
Técnico

F484c Ribeiro Ferreira, Aline, 1990-
Caracterização físico-química e funcional de méis de
diferentes origens botânicas produzidos no Estado do
Rio de Janeiro / Aline Ribeiro Ferreira. - 2018.
58 f.: il.

Orientadora: Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa.
Coorientador: Juarez Vicente.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Ciência de Tecnologia de Alimentos, 2018.

1. Mel - Físico-química. 2. Mel - Antioxidante. 3.
Ciência de alimentos. I. Martins Jacintho Barbosa,
Maria Ivone, 1977-, orient. II. Vicente, Juarez, -,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência de
Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ALINE RIBEIRO FERREIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/07/2018

Ph.D. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa. UFRRJ

Dra. Luana Limoeiro Ferrão. UNESA

Dra. Elga Batista da Silva. UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho por todo amor e carinho, pela força de cada dia, por ser o amor da minha vida.

À minha família por todo o incentivo, em especial meus pais Cristina Ribeiro e Carlos Gaspar, sempre presentes para ajudar e apoiar.

Ao meu marido por toda paciência e compreensão, além de imensa ajuda antes, durante e depois do curso.

À professora PhD Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa, por acreditar em mim e pelo apoio em todos os momentos, com constante amizade e preocupação.

Aos técnicos da UFRRJ sempre dispostos a ajudar, em especial o Dr. Juarez Vicente, um solícito amigo.

À indústria FUMEL, em especial Nelson Victor por todo apoio no decorrer do curso, sempre disposto a ajudar a todos.

À UFRRJ por todos os recursos concedidos, por ser a faculdade mais “casa” que existe.

À ligação entre indústria e academia que se complementa e deveria sempre existir.

Ao Cnpq pela bolsa concedida.

RESUMO

FERREIRA, Aline Ribeiro. Caracterização físico-química e funcional de méis de diferentes origens botânicas produzidos no Estado do Rio de Janeiro. 2018. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

O mel é um produto natural produzido pelas abelhas a partir do néctar de flores, com propriedades terapêuticas atribuídas em grande parte à sua capacidade antioxidante. O presente estudo teve como objetivo avaliar 25 amostras de méis produzidas em diferentes regiões do estado do Rio de Janeiro, levando em consideração suas características físico-químicas e conteúdo de compostos fenólicos totais, assim como capacidade antioxidante e coloração. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os parâmetros físico-químicos foram realizados segundo a legislação vigente (Instrução Normativa nº 11 do MAPA): a acidez variou de $16,4 \pm 1,29$ a $125 \pm 1,67$ meq/kg; a umidade variou de $17 \pm 0,00$ e $21,6\% \pm 0,46\%$; os açúcares redutores variaram de $50 \pm 0,95$ a $78,8\% \pm 4,20\%$; a sacarose variou de $0,5 \pm 0,05$ a $31\% \pm 0,44\%$; o hidroximetilfurfural (HMF) variou de $0,5 \pm 0,80$ a $34,9 \pm 0,62$ mg/kg; as cinzas variaram de $0,03 \pm 0,02$ a $0,47\% \pm 0,05\%$; a coloração variou de âmbar claro, com predominância de 60%, seguida de extra âmbar com 32% e âmbar com 8%. A atividade diastásica se apresentou abaixo de 8 na escala Gothe em 10 amostras. Considerando a combinação dos parâmetros físico-químicos, 84% das amostras estudadas estavam em desacordo com a legislação vigente, entretanto os parâmetros HMF, coloração e cinzas estavam em acordo em todas as amostras. A qualidade do mel pode variar de acordo com sua origem botânica, manejo e condições de armazenamento, e muitos parâmetros podem ser explicados por colheita imatura. O conteúdo de compostos fenólicos totais variou entre $8,30 \pm 0,15$ e $67,90 \pm 6,90$ mg GAE/100g (média 27,24), a capacidade antioxidante por DPPH variou entre $0,19 \pm 0,02$ e $3,21 \pm 0,02$ $\mu\text{mol TE/g}$ (média de 1,59) e por FRAP variou de $0,89 \pm 0,36$ a $6,18 \pm 0,16$ $\mu\text{mol TE/g}$ (média 2,89), os parâmetros de cor das amostras variaram de $1,66 \pm 0,51$ a $14,05 \pm 0,36$ para o parâmetro L, $1,78 \pm 0,48$ a $19,18 \pm 0,08$ para b e $-2,34 \pm 0,14$ a $3,12 \pm 0,05$ para a. Os resultados mostraram que o conteúdo de fenólicos totais, capacidade antioxidante e parâmetros de cor diferiram amplamente entre os diferentes tipos de mel.

Palavras-chave: Mel; físico-química; antioxidante.

ABSTRACT

FERREIRA, Aline Ribeiro. Physical-chemical and functional characterization of honeys from different botanical origins produced in the State of Rio de Janeiro. 2018. 59p. Dissertation (Master in Science and of Food and Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Honey is a natural product produced by bees from nectar of flowers, with therapeutic properties attributed in large part to their antioxidant capacity. The present study aimed to evaluate 25 samples of honeys produced in different regions of the state of Rio de Janeiro, taking into account their physicochemical characteristics and content of total phenolic compounds, as well as antioxidant capacity and coloration. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the means comparison was done by the Tukey test at 5% probability. From the current legislation (Normative Instruction No. 11), the physical-chemical parameters were compared: the acidity ranged from 16.4 ± 1.29 to 125 ± 1.67 meq / kg; the humidity ranged from 17 ± 0.00 and $21.6\% \pm 0.46\%$; the reducing sugars varied from 50 ± 0.95 to $78.8\% \pm 4.20\%$; sucrose ranged from 0.5 ± 0.05 to $31\% \pm 0.44\%$; Hydroxymethylfurfural (HMF) ranged from 0.5 ± 0.80 to 34.9 ± 0.62 mg / kg; the ash ranged from 0.03 ± 0.02 to $0.47\% \pm 0.05\%$; the coloration ranged from light amber, with a predominance of 60%, followed by extra amber with 32% and amber with 8%. Diastase activity was below 8 on the Gothe scale in 10 samples. Considering the combination of physico-chemical parameters, 84% of the samples studied were in disagreement with the current legislation, with only HMF, staining and ash parameters agreed in all samples. The quality of the honey can vary according to its botanical origin, handling and storage conditions, and many parameters can be explained by immature harvesting. The content of total phenolic compounds varied between 8.30 ± 0.15 and 67.90 ± 6.90 mg GAE / 100 g (mean 27.24), the antioxidant capacity for DPPH varied between 0.19 ± 0.02 and $3, 21 \pm 0.02$ $\mu\text{mol TE} / \text{g}$ (mean 1.59) and FRAP ranged from 0.89 ± 0.36 to 6.18 ± 0.16 $\mu\text{mol TE} / \text{g}$ (mean 2.89), the parameters of the samples ranged from 1.66 ± 0.51 to 14.05 ± 0.36 for the parameter L, 1.78 ± 0.48 to 19.18 ± 0.08 for be $-2.34 \pm 0, 14$ to 3.12 ± 0.05 for a. The results showed that the content of total phenolics, antioxidant capacity and color parameters differ widely among different types of honey.

Keywords: Honey; physicochemical; antioxidant.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Composição centesimal do mel de abelha (100 g)

Tabela 02 – Produtividade mundial por kg/colmeia/ano

Tabela 03 – Papel histórico do valor do mel

Tabela 04 – Instrução Normativa nº 11 do Regulamento Técnico de identidade e qualidade do mel

Tabela 05 – Altitude e coordenadas geográficas das sedes municipais, segundo as Regiões de Governo e municípios Estado do Rio de Janeiro

Tabela 06 – Região de origem, data de coleta e origem floral do méis estudados

Tabela 07 – Absorbância em função da coloração do mel

Tabela 08 – Tabela de Chataway utilizada para determinação de umidade em amostras de mel

Tabela 09 – Resultados dos parâmetros físico-químicas acidez, HMF, açúcares redutores, sacarose, umidade e cinzas das amostras de méis

Tabela 10 – Resultados dos parâmetros físico-químicos atividade diastásica e coloração das amostras de méis

Tabela 11 – Resultados dos parâmetros DPPH, FRAP e teor de compostos fenólicos das amostras de méis

Tabela 12 – Resultados de coloração das amostras de méis

Tabela 13 – Correlação de Pearson para as variáveis quantitativas

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** – Índice colorimétrico do mel
- Figura 02** – Formação do ácido glucônico pela ação da enzima glicose-oxidase
- Figura 03** – Esquema para formação do HMF
- Figura 04** – Estrutura química dos principais compostos fenólicos encontrados no mel
- Figura 05** – Estrutura química do radical DPPH (2,2–difetil-picril-hidrazil)
- Figura 06** – Mapa do Estado do Rio de Janeiro
- Figura 07** – Distribuição das amostras quanto ao atendimento da legislação para os parâmetros físico-químicos
- Figura 08** – Resultados da acidez das amostras de méis analisadas
- Figura 09** – Resultados do HMF das amostras de méis analisadas
- Figura 10** – Resultados dos açúcares redutores das amostras de méis analisadas
- Figura 11** – Resultados da sacarose das amostras de méis analisadas
- Figura 12** – Resultados da umidade das amostras de méis analisadas
- Figura 13** – Resultados do teor de cinzas das amostras de méis analisadas
- Figura 14** – Porcentagem da atividade diastásica acidez das amostras de méis analisadas
- Figura 15** – Porcentagem da coloração das amostras de méis analisadas
- Figura 16** – Resultados do DPPH das amostras de méis analisadas
- Figura 17** – Curva de calibração do Trolox
- Figura 18** – Valores de FRAP das amostras de méis
- Figura 19** – Curva de calibração do Trolox
- Figura 20** – Teor de compostos fenólicos encontrados nas amostras de méis
- Figura 21** – Curva de calibração do ácido gálico
- Figura 22** – Análises de componentes principais
- Figura 23** – Formação de agrupamentos a partir da análises de componentes principais

LISTA DE ABREVIATURAS

CFT	composto fenólicos totais
DPPH	2,2-difenil-picril-hidrazil
EAG	Equivalente de ácido gálico
Fe ²⁺	Oxido ferroso
Fe ³⁺	Oxido férrico
FRAP	FERRIC REDUCING ANTIOXIDANT POWER
hmf	hidroximetilfurfural
meq	miligrama equivalente por quilo
μmol	micromol
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
NaOH	hidróxido de sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
TE	trolox equivalente
TPTZ	ferritripiridiltriazina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo geral	2
1.2 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Mel	3
2.1.1 Mercado de mel	4
2.2 Origem botânica e o efeito do tipo de flor nas características do mel	5
2.3 Principais características do mel	6
2.3.1 Boas práticas na apicultura	7
2.3.2 Propriedades físico-químicas do mel	8
2.3.2.1. Umidade	9
2.3.2.2 Acidez	10
2.3.2.3 Açúcares redutores	10
2.3.2.4 Sacarose	11
2.3.2.5 Resíduo mineral fixo (cinzas)	11
2.3.2.6 Hidroximetilfurfural (HMF)	12
2.3.2.7 Atividade diastásica	13
2.3.2.8 Coloração	13
2.3.3 Capacidade antioxidante do mel	14
2.3.3.1. Métodos para determinação da capacidade antioxidante do mel	16
3 MATERIAS E MÉTODOS	18
3.1 Local de execução	18
3.2 Materiais	18
3.3 Métodos	21
3.3.1 Análises físico-químicas do mel	21
3.3.1.1 Determinação colorimétrica do mel	21
3.3.1.2 Determinação do teor de açúcares redutores	21
3.3.1.3 Determinação do teor de sacarose aparente	22
3.3.1.4 Determinação da atividade diastásica de forma qualitativa	22
3.3.1.5 Determinação do teor de umidade	22
3.3.1.6 Determinação da acidez total titulável	23
3.3.1.7 Determinação do teor de Hidroximetilfurfural (HMF)	23
3.3.1.8 Determinação do teor de resíduo mineral fixo (cinzas)	24
3.3.2 Análise da capacidade antioxidante do mel	24

3.3.2.1 Obtenção do extrato	24
3.3.2.2 Análise de compostos fenólicos	24
3.3.2.3 Análise de FRAP	24
3.3.2.4 Análise de DPPH	25
3.3.3 Análise instrumental da cor	25
3.3.4 Análise estatística	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Caracterização físico-química	26
4.1.1 Acidez	29
4.1.2 HMF	30
4.1.3 Açúcares redutores	31
4.1.4 Sacarose	32
4.1.5 Umidade	33
4.1.6 Cinzas	34
4.1.7 Atividade diastásica	35
4.1.8 Coloração	36
4.2 Caracterização funcional	37
4.2.1 DPPH	39
4.2.2 FRAP	40
4.2.3 Compostos fenólicos	41
4.3 Análise instrumental da cor	43
4.4 Análise de componentes principais	45
5 CONCLUSÃO	48
6 REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O mel é um produto viscoso, aromático e açucarado, produzido a partir do néctar das flores ou de secreções de plantas que as abelhas melíficas recolhem para transformar e deixar madurar nos favos das colmeias. Os méis florais são classificados em monoflorais, quando o produto procede da origem de no mínimo 45% de pólen das flores de uma mesma família, gênero ou espécie, ou multiflorais quando em sua composição se encontra néctar de várias origens florais, sem que nenhuma seja considerada predominante (CRANE, 1982; BRASIL, 2000).

O mel natural é um adoçante popular empregado em todo o mundo, e sua utilização na alimentação humana tem sido objeto de estudo de inúmeras pesquisas que visam a sua caracterização. De ampla utilização na indústria de alimentos, apresenta características próprias, sendo utilizado não somente como suplemento alimentar de alto valor energético, como também em terapias médicas, devido as suas propriedades terapêuticas (CAN et al, 2015; CHEUNG e GERBER, 2009).

É um produto natural de fornecimento limitado, e frequente alvo de fraudes, o que causa uma desconfiança no consumidor, podendo se apresentar como uma barreira para a ampliação de seu consumo. A oferta do mel é menor do que a procura, o que incentiva seu preço relativamente alto, podendo com isto elevar a prática de sua adulteração, assim como sua comercialização de forma a não atender o previsto na legislação específica. Novos conhecimentos tornam-se importantes de forma a analisar a composição físico-química do mel, e confrontar os dados obtidos com os padrões estabelecidos pela legislação vigente, colaborando para a melhoria da qualidade do produto (ALMEIDA, 2016).

A apicultura é considerada uma atividade promissora para o setor agropecuário em nível nacional. O Brasil possui reservas botânicas que podem propiciar um mel de alta qualidade, e a atividade apícola possui um elevado potencial de inclusão social, sendo muito desenvolvida por pequenos produtores rurais. A caracterização de diferentes tipos de méis pode ser empregada como estratégia de valorização desse produto, podendo agregar valor ao mesmo. Como a flora apícola brasileira é muito diversificada e varia em função da região, é fundamental conhecer a composição do mel oriundo de cada região para caracterizá-lo e estabelecer padrões de qualidade, importantes para a consolidação e ampliação de mercados nacional e internacional. Estabelecer o perfil físico-químico e funcional do mel produzido no estado do Rio de Janeiro é de extrema importância para o conhecimento da influência da origem botânica sobre as suas características (NASCIMENTO et al, 2018; TASSINARI, LORENZON e PEIXOTO, 2013)

A composição física e química do mel, assim como suas características funcionais, pode sofrer variações não só por sua sazonalidade e localização, mas também de acordo com a sua origem floral. Para fins comerciais, o mel pode ser classificado de acordo com a sua origem botânica e a caracterização de sua composição é diretamente influenciada por cada planta utilizada para coletar o néctar do mel (ATTANZIO et al, 2016; AZEREDO et al, 2003; BUENO-COSTA et al, 2016).

Entre as substâncias presentes na composição do mel, citam-se os compostos fenólicos, que são frequentemente estudados pela influência que exercem na qualidade de alimentos, sendo os ácidos fenólicos compostos bastante encontrados no mel. Sua presença caracteriza o mel como um alimento funcional, por apresentar naturalmente em sua composição compostos que favoreçam funções metabólicas. Essa propriedade antioxidante permite que atuem como sequestradores de radicais livres ou quelantes de metais, tanto na etapa inicial como durante o processo oxidativo, podendo ser descrito como um forte

produto natural utilizado no combate do estresse oxidativo. Desse modo, análises do teor de compostos fenólicos assim como de sua capacidade antioxidante são essenciais para a caracterização da qualidade deste produto (BERTONCELJ et al, 2007; GUL e PEHLIVAN, 2018; PONTIS et al, 2014).

Para melhor utilização do mel são necessárias pesquisas que visem a sua caracterização e maior aproveitamento de suas propriedades benéficas. Como os estudos indicam a variação na qualidade do mel de diferentes fontes florais, e as características químicas e funcionais do mel fluminense são pouco conhecidas, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o perfil físico-químico e a capacidade antioxidante de méis de diferentes origens botânica e regiões do Estado do Rio de Janeiro.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar as características físico-químicas e funcionais de méis obtidos de diferentes origens botânicas produzidos em diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro.

1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar a qualidade físico-química dos méis de diferentes regiões fluminenses;
- ✓ Verificar a adequação das amostras estudadas a legislação vigente;
- ✓ Determinar a capacidade antioxidante dos méis;
- ✓ Analisar o teor de fenóis totais e a cor das amostras de méis estudadas;
- ✓ Verificar a correlação da origem flora e do local de colheita nas características físico-químicas, capacidade antioxidante e na cor das amostras de mel estudadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mel

Segundo a legislação brasileira, mel é:

O produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia. (BRASIL, 2000)

Além disso, é um alimento de fácil digestão e assimilação, constituindo-se numa boa fonte de energia que contribui para o equilíbrio de processos biológicos (BENDINI e SOUZA, 2008). Sua composição é essencialmente de carboidratos simples, sendo os principais a glicose e frutose. Minoritariamente, é composto ainda de enzimas, ácidos orgânicos, pólen, minerais, compostos fenólicos, entre outros.

A composição centesimal do mel foi estabelecida pela Tabela de Composição de Alimentos (TACO) (UNICAMP, 2011), como apresentada na Tabela 01.

Tabela 01 - Composição centesimal do mel de abelha (100 g)

Nutrientes	Quantidade (g/100 g)
Umidade	15,8
Carboidratos	84,0
Proteínas	0,0
Cinzas	0,1
Lipídeos	0,0

Fonte: UNICAMP (2011).

O mel se faz pela simbiose da abelha com a planta que fornece o néctar. As enzimas que provém das glândulas hipofaríngeas das abelhas, presentes em sua saliva, são adicionadas ao néctar após a sua coleta, para que no retorno à colmeia seja repassado para outra abelha, sofrendo uma nova adição antes de ser armazenado na célula do favo. Há uma posterior etapa de evaporação no interior dos favos, importante para atingir a umidade ideal (ESCOBAR e XAVIER, 2013)

Os grãos de pólen são engolidos ocasionalmente pelas abelhas e armazenados nos favos juntamente com o néctar, estando presentes no produto final. Os principais produtos obtidos pela atividade apícola são: mel, própolis, cera e geleia real. O mel se destaca no mercado por ser o produto mais fácil de ser explorado, assim como tem maiores possibilidades de comercialização, seja como fonte alimentar ou insumo de indústrias cosméticas e farmacêuticas (BARTH, 2004; CRANE, 1982).

Os componentes predominantes no mel são os carboidratos, que ao final do período de maturação já estão em torno de 85%. A água é o segundo maior componente, em torno de 17%. As proteínas se apresentam em quantidades minutas, de aproximadamente 0,1%, sendo prolina o principal aminoácido encontrado, representando 90% do total. Os minerais podem variar em até 1%, sendo provenientes principalmente do néctar (MOREIRA et al, 2007).

Na história da humanidade, o mel foi utilizado como uma das primeiras fontes de açúcar para o homem. Atualmente, o mel tem sido procurado não só por suas propriedades terapêuticas, mas também como complemento alimentar. A crescente procura por produtos naturais tem gerado uma maior demanda por produtos apícolas, em especial o mel, que demonstra uma riqueza nutritiva em sua composição (ABADIO-FINCO, SILVA e MOURA, 2010). Nos trabalhos de Cheung e Gerber (2009) e Dantas et al. (2009) o mel, foi associado ao bom funcionamento do organismo humano devido as suas propriedades. Os voluntários que participaram da pesquisa mencionaram o uso do alimento para prevenir gripes, doenças pulmonares, entre outras. De acordo com Silva et al. (2013), o mel é eficiente na reidratação, como repositor de glicose, e auxilia na absorção de água, sódio e potássio.

Outro benefício do mel é o seu baixo risco toxicológico, já que raramente sua ingestão tem sido associada a algum efeito maléfico. Sua habilidade antimicrobiana está relacionada aos fatores físicos, como acidez e osmolaridade, e aos fatores químicos, com substâncias inibidoras, como o peróxido de hidrogênio e as substâncias voláteis e fenólicas (ZAPPALA et al., 2005).

2.1.1 Mercado de mel

A atividade apícola no Brasil tem crescido significativamente devido ao aprimoramento da qualidade técnica nas últimas décadas, situando o Brasil como um dos polos produtores mundiais de mel. O país apresenta um forte mercado interno, assim como um grande potencial exportador (TASSINARI, LORENZON e PEIXOTO, 2013).

O Brasil possui potencial para obtenção de uma grande quantidade de produtos apícolas, diferentemente de outros países que, em geral, colhem uma vez por ano. Esse fato se deve em grande parte à diversidade da flora apícola e à alta concentração de alimentos existente no período chuvoso, assegurando a produtividade das abelhas (COELHO et al, 2008; NETO, 2001).

Aproximadamente 90% dos apicultores no Brasil possuem menos de 200 colmeias, sendo que estes representam 60% da produção nacional. Logo, apenas 10% dos apicultores são considerados profissionais. Observa-se uma desvantagem da produção brasileira quando comparada à outros países produtores de mel, conforme apresentado na Tabela 02 (LORENZON et al, 2012)

Tabela 02 – Produtividade mundial por kg/colmeia/ano

País	Kg de mel/colmeia/ano
Brasil	15
EUA	30
México	25
Argentina	35 a 40
China	50
Austrália	120

Fonte: Adaptado de ABEMEL (2017).

Considerando a alta comercialização do mel brasileiro, foi relatado um forte mercado de exportação em contraposição ao mercado interno. Segundo a Associação

Brasileira dos Exportadores de Mel (ABEMEL), o volume exportado em 2016 foi de aproximadamente 24,202 toneladas de mel, e mesmo considerando um aumento de 8,99% em relação a 2015, ainda há insuficiência para suprir o mercado externo. Observa-se um aumento no preço médio do Kg de mel produzido pelo Brasil nos últimos anos, de acordo com dados mais atualizados da ABEMEL, conforme a Tabela 03.

Tabela 03 – Papel histórico do valor do mel

Mês/ano	Total Kg	Valor Kg
jan a dez/2015	22.205.764,00	3,68
jan a dez/2016	24.202.954,00	3,80
jan/2017	2.178.084,00	4,53
fev/2017	1.150.656,00	4,55
mar/2017	2.004.040,00	4,58

Fonte: Adaptado de ABEMEL (2017)

A região Sudeste do Brasil apresenta uma expressiva participação na produção de mel, representando aproximadamente 24% da quantidade produzida no território nacional. Situado nesta região, o estado do Rio de Janeiro representa menos de 1% da produção nacional. Esse número contraria o crescimento no número de apicultores e o fato de apresentar expressivas áreas de vegetação silvestre, evidenciando a baixa difusão tecnológica (IBGE, 2016; PONCIANO et al, 2013).

A baixa produção de mel por colmeia por ano, relatada no Rio de Janeiro por Tassinari, Lorenzon e Peixoto (2013), foi justificada por insuficientes condições de manejo. A produtividade se mostra interligada ao número de colmeias e coleta de enxame silvestre, além de estar associada à grandes perdas em apiários. Menores rendimentos por colônias demonstram a falta de conhecimento técnico, e apontam para um rendimento abaixo da média nacional de 15 kg por ano (REIS e FILHO, 2010; PONCIANO et al, 2013).

Pesquisadores do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP) demonstram uma situação preocupante de adulteração do mel no Brasil, onde mesmo os grandes produtores de qualidade estão envolvidos na fraude do produto. Este fato cria uma grande desconfiança por parte dos consumidores, limitando seu consumo. Uma alternativa para o aumento deste consumo seria um maior número de programas de incentivo à produção e capacitação de apicultores, propondo técnicas de manejo que contribuam para o crescimento da atividade e melhoria da qualidade, seguido de uma rigorosa fiscalização para controle de sua produção e comercialização (MORAES et al, 2007; SOUZA-KRULISKI et al, 2010).

2.2 Origem Botânica e o Efeito do Tipo de Flor nas Características do Mel

O mel é um alimento muito complexo, por ser bem variável em sua composição. A diversidade de propriedades do mel não depende somente do néctar e do pólen da planta original, mas também da área geográfica, clima, modo de armazenamento, tecnologia e condições de colheita (KASKONIENE e VENSKUTONIS, 2010).

As abelhas polinizam plantas diferentes, e devido a proporções diferentes de possíveis fontes de néctar, o mel é sempre uma mistura de diferentes fontes fazendo com

que nenhum seja idêntico a outro (ODDO e BOGDANOV, 2004). Contudo, uma pequena quantidade de néctar de outras plantas não influi significativamente nas suas propriedades (BASTOS et al, 2002).

Segundo Brasil (2000), com relação a sua origem botânica, o mel pode ser classificado como: (a) unifloral ou monofloral, quando o produto proceda principalmente da origem de flores de uma mesma família, gênero ou espécie e possua características sensoriais, físico-químicas e microscópicas próprias; (b) multifloral ou polifloral, quando o produto é obtido a partir de diferentes fontes florais.

Para um mel ser caracterizado como monofloral, ele deve proceder de no mínimo 45% de pólen de uma mesma origem botânica, possuindo características sensoriais e físico-químicas próprias (BARTH, 2004). São estabelecidos critérios comparativos para a caracterização de um mel monofloral, como suas propriedades físico-químicas e sensoriais, assim como seu perfil antioxidante (DE MARIA e MOREIRA, 2003; ALVES et al, 2005).

Ainda há dificuldades para classificação com relação à origem polínica, já que existem possibilidades intermediárias entre méis monoflorais e poliflorais. Uma análise frequentemente utilizada para determinação polínica é a melissopalínologia, que consiste na análise e identificação de pólenes contidos no mel. Porém, ainda apresenta muitas limitações devido a inaplicabilidade para alguns tipos de méis, além de serem métodos demorados e inconclusivos. Logo, a alternativa viável para a identificação da origem botânica é a análise dos componentes do mel, como seus componentes químicos, fenólicos, entre outros (MOHAMMED e AZIM, 2012; ODDO et al, 1995).

2.3 Principais Características do Mel

O mel é considerado um fluido viscoso, aromático e doce. Muitas das características pelas quais o mel é apreciado, como cor, aroma e sabor, são determinadas pelas substâncias presentes em concentrações menores, como seus compostos voláteis (ALZHRANI et al, 2012).

A coloração depende quase que exclusivamente da origem da flor, podendo ir do quase incolor ao escuro. O sabor e aroma podem sofrer alterações, dependendo da coloração, porém seu valor nutritivo é preservado. Quanto mais escuro, maior é sua quantidade de minerais, porém apresentam menor valor comercial, sendo menos aceito no mercado mundial (MODESTA, 2007). Pode ser observada na Figura 01 os diferentes tipos de coloração.



Figura 01 – Índice colorimétrico do mel
Fonte: MODESTA (2007)

O sabor pode ser doce, ácido ou amargo, de acordo com suas características físico-químicas e sua porcentagem de açúcares, assim como de quantidades diminutas de substâncias como álcoois e aldeídos. Também apresenta variações de aroma, de acordo com a planta que produziu o néctar para as abelhas. Tais características também podem ser influenciadas, em menor expressão, pelo clima, solo, e até mesmo pela manipulação do apicultor (VENTURINI, SARCINELLI e SILVA, 2007).

A qualidade do mel de abelhas *Apis mellifera* L. é determinada basicamente por suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. Regionalmente, as características do mel devem seguir o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. A regulamentação atual é baseada em legislações europeias, como a Codex Alimentarius Comissium (CAC) e a Association of Official Analytical Chemists (AOAC), e não leva em consideração as características do mel brasileiro. Esta Instrução regulamenta a padronização de méis para fins de comercialização, baseando-se apenas em características dos méis da espécie *Apis Mellifera*, a única espécie melífera originária do continente euro-africano. Há necessidade de fixar a identidade e qualidade do mel abordando diferentes regiões e maior número de características avaliadas, apresentando correlação com o tipo de abelha e região produtora (ALVES et al, 2005; MESQUITA, 2010).

As variações nas características físicas e químicas do mel afetam diretamente a comercialização do produto e devem ser controladas para evitar processos considerados naturais, porém indesejáveis, como a cristalização. Também chamada de granulação, ela ocorre devido à separação da glicose, quando a razão glicose/água é alterada, liberando moléculas de água que facilitam que células de levedura se multipliquem. Pode ser facilitada pela variação de temperatura, pH e relação entre a concentração de compostos presentes no mel como glicose, frutose e água. A menor capacidade de cristalização do mel ocorre quando a relação glicose/água é menor que 1, enquanto que cristaliza mais rápido quando a proporção é maior que 2. Partículas suspensas no mel também podem facilitar esse processo, e embora seja natural e indicador de um produto puro, causa uma alteração de cor e consequente rejeição pelo consumidor (KUROISHI et al, 2012).

O mel de qualidade deve passar por um processo rigoroso de higiene, e deve estar isento de larvas, areia, substâncias estranhas, e seus resíduos tóxicos devem estar nos níveis máximos permitidos. Seu manejo deve ser feita de acordo com os Princípios Gerais sobre Higiene de Alimentos recomendados pela Comissão do Codex Alimentarius (C.A.C., 1990).

2.3.1 Boas práticas na apicultura

Atualmente, os consumidores estão mais atentos à qualidade do produto que adquirem. O mel, por ser um alimento popularmente considerado como medicamento, exige uma maior vigilância de sua produção. É importante que o produto preserve sua identidade floral, assim como suas características físico-químicas, funcionais e sensoriais. A garantia da produção do mel pode ser alcançada a partir das Boas Práticas de Fabricação, quando o produtor assegura a qualidade do mel que obtém (MOURA et al, 2014).

As perdas de colmeias por apicultores no Brasil apresenta um percentual médio anual perto de 29% por produtor. Entre as diversas causas, a instalação e povoamento indevidos e a alta taxa de doenças revelam a falta de um controle sanitário e carência de assistência técnica (LORENZON et al, 2012).

Em face disso, alguns aspectos devem ser respeitados para que o mel preserve sua qualidade desde a coleta até o processamento no entreposto. Seguem alguns aspectos

importantes: materiais apícolas devem ser higienizados, de forma a não serem expostos a poeira e patógenos, com revestimento de quadros e caixas; a troca e reforma do material deve ser frequente, com correta impermeabilização; deve-se evitar o uso de pesticidas das imediações dos apiários, sendo proibida dentro dos mesmos; as colmeias não podem ser manejadas brutalmente, respeitando a ordem do nível populacional; deve-se evitar a proximidade entre a unidade de extração e o apiário, de forma a não favorecer a pilhagem e agressividade de enxames; certificar-se junto ao órgão de fiscalização de produtos apícolas, não induzindo a clandestinidade e o descontrole da sanidade (SEBRAE, 2009).

Para que seja feito um controle rigoroso na extração do mel, as revisões nas colmeias devem ser feitas em intervalos de tempos curtos, dependendo da ocorrência das floradas. Deve ser usado um fumigador adequado para a abertura da colmeia e posterior avaliação da reserva de alimentos, presença de postura da rainha, quantidade de crias operárias presentes, qualidade dos favos e possível ocorrência de pragas e doenças. No momento da coleta devem ser retirados os quadros com mel operculado, de forma a maximizar o potencial produtivo da colônia (REIS e FILHO, 2003).

2.3.2 Propriedades físico-químicas do mel

Vários parâmetros físico-químicos como umidade, pH, teor de hidroximetilfurfural, açúcares, cinzas, acidez, atividade diastásica, entre outros, tem sido estudados por Araújo, Silva e Sousa (2006), Arruda (2003), Evangelista-Rodrigues et al. (2005), Marchini, Moreti e Otsuk (2005), Silva et al. (2013), Sodré (2005) e Vieira et al. (2014), entre outros, objetivando-se a caracterização do mel brasileiro de diferentes regiões. Entretanto, há carência de estudos que caracterizem o mel do Estado do Rio de Janeiro.

A utilização de Boas Práticas Apícolas, durante o manejo no campo, pode favorecer a estabilidade dos parâmetros físico-químicos, desde o preparo da colmeia para a produção, até coleta dos favos e o processamento no entreposto. Fatores como manejo inadequado, méis colhidos antes da maturação (MORETI et al, 2009), armazenamento e temperaturas inadequados, entre outros, podem afetar diretamente esses parâmetros (BENDINI e SOUZA, 2008).

A legislação específica para mel estabelece parâmetros de controle de qualidade para o produto, com indicação de análises e métodos a serem empregados, de acordo com a Instrução Normativa nº 11 do Regulamento Técnico de identidade e qualidade do mel, regida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000), apresentados na tabela 04.

Tabela 04 – Instrução Normativa nº 11 do Regulamento Técnico de identidade e qualidade do mel

Parâmetro	Méis em geral	Mel Floral	Mel de Melato
Umidade (%)	Máximo 20,0		
Açúcares redutores (%)		Mínimo 65,0	Mínimo 60,0
Sacarose aparente (%)		Máximo 6,0	Máximo 15,0
Minerais (%)		Máximo 0,6	Máximo 1,2
Acidez (mEq.Kg ⁻¹)	Máximo 50,0		
Índice de Diastase na escala Gothe (%)	Mínimo 8,0		
Hidroximetilfurfural (HMF) em mg.Kg ⁻¹	Máximo 60,0		

Fonte: Brasil (2000)

2.3.2.1. Umidade

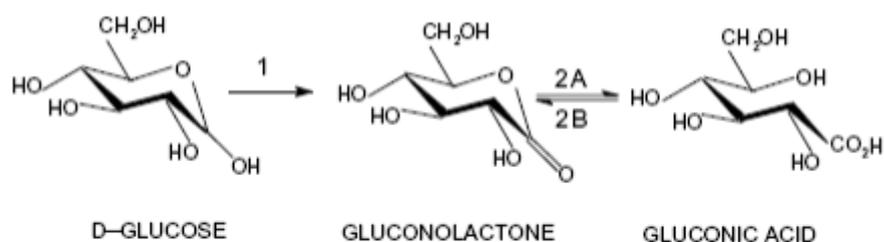
De acordo com a legislação vigente, o valor máximo permitido para méis brasileiros é de 20% de umidade. O método analítico para sua determinação é simples e consiste na leitura do índice de refração do mel a 20 graus, que é convertido para o seu conteúdo de umidade. Do ponto de vista econômico, a determinação é rápida e confiável (BRASIL, 2000; CANO, FELSNER e BRUNS, 2007).

O conteúdo de água é um parâmetro importante para se estabelecer a vida útil do produto. Valores de umidade abaixo de 20% são importantes para assegurar a ausência de fermentação. Como o mel é proveniente do néctar, uma variação natural de umidade pode ocorrer por um maior teor de água na composição do néctar coletado, de acordo com sua origem floral. Técnicas de manejo podem influenciar essa variação, já que o mel deve ser retirado quando operculado, o que ocorre geralmente apenas em seu ponto de coleta. Logo a determinação da umidade pós-coleta é um fator importante para determinar se o mel foi coletado precocemente e se ocorreu uma consequente fermentação pela diminuição da pressão osmótica e presença de microrganismos osmofílicos. Deve-se, portanto, evitar colher mel “verde” para desumificá-lo posteriormente, visto que sua transformação não ocorre somente pela desidratação, mas também por processo químico enzimático, que requer um tempo específico (EVANGELISTA-RODRIGUES et al, 2005; LIRIO, 2010).

É conhecido que habitat úmidos podem influenciar a umidade do mel, pela baixa taxa de desidratação durante a transformação do néctar. Além disso, é um produto altamente higroscópico, podendo incorporar água de acordo com a umidade relativa do ar mesmo após a extração, considerando a estocagem e transferência de água. Em consequência, a umidade pode influenciar no peso, viscosidade, cristalização e sabor desse mel (ALVES et al, 2005; RICHTER et al, 2011).

2.3.2.2 Acidez

A acidez do mel tem origem nos diversos ácidos orgânicos contidos no néctar que, ao se transformarem pela ação da enzima glicose-oxidase, originam o ácido glucônico, como apresentado na Figura 02. O ácido glucônico representa 70 a 90% dos ácidos orgânicos contidos no mel (BOGDANOV, MARTIN e LULLMANN, 1997; LIRIO, 2010).



Reação I: Oxidação da glicose catalisada pela enzima glicose oxidase.

Reação II: Hidrólise da gliconolactona. (a) auto-hidrólise e (b) esterificação intramolecular do ácido glicônico.

Figura 02 – Formação do ácido glucônico pela ação da enzima glicose-oxidase
Fonte: Moreira et al. (2007)

Apesar do ácido glucônico ser majoritário, outros ácidos já foram detectados no mel, como benzóico, butírico, acético, cítrico, láctico, maléico, málico, oxálico, propiônico, succínico, valérico, entre outros. A ação da enzima glicose-oxidase se mantém mesmo após a colheita, sendo importante para indicar um aumento na acidez livre por armazenamento inadequado. Uma variação nesse parâmetro também pode ser explicada pela diversidade de fontes de néctar, assim como pela quantidade de minerais presentes. Um aumento pode indicar uma fermentação dos açúcares do mel causadas por leveduras, que convertem a glicose e frutose em dióxido de carbono e álcool, sendo este último hidrolisado e convertido em ácidos que contribuem para a elevação do nível de acidez livre (JIMENEZ et al, 1994; MOREIRA et al, 2007).

De acordo com a legislação brasileira vigente, o índice de acidez livre é calculado por uma titulação potenciométrica, sendo que o máximo permitido é de 50 meq/kg. A acidez é um parâmetro importante por contribuir para o sabor característico do mel, além de influenciar na estabilidade e em propriedades importantes, como antibacterianas e antioxidantes (CRANE, 1983).

2.3.2.3 Açúcares redutores

Bodganov, Ruoff e Oddo (2004) encontraram mais de 22 tipos de açúcares no mel, e os monossacarídeos constituem a maior parte destes, com uma variação de 85 a 95% da totalidade de glicídios deste produto, sendo os principais glicose e frutose. O aumento gradual desses açúcares ocorre no período de permanência na colmeia, por um período referente a maturação, onde as invertases, enzimas provenientes de secreções salivares das

abelhas, convertem sacarose em glicose e frutose (PITA-CALVO e VAZQUEZ, 2017; SILVA et al, 2016).

Esses carboidratos presentes no mel têm a capacidade de reduzir os íons de cobre em solução alcalina, baseando assim sua metodologia analítica. A glicose determina a tendência de cristalização do mel, devido a sua baixa solubilidade. Já a frutose é responsável pela doçura, devido a sua alta higroscopicidade. A concentração desses açúcares varia de acordo com a espécie de planta utilizada, o período de maturação e a origem geográfica (SOHAIMY, MASRY e SHEHATA, 2015).

A presença de altas concentrações de açúcares é fundamental para o efeito osmótico, que limita a possibilidade de desenvolvimento microbiano, pelo arraste de água do meio intracelular para o mel, deixando poucas moléculas de água disponíveis para microrganismos. As diferentes concentrações de açúcares são importantes para as propriedades do mel, como viscosidade, densidade e granulação (ABADIO-FINCO, MOURA e SILVA, 2009).

2.3.2.4 Sacarose

A sacarose é um açúcar não redutor presente no mel geralmente em quantidades que não ultrapassam 10%. Durante o período de maturação, de uns três a quatro dias após a deposição nos favos, a invertase secretada converte a sacarose em hexoses, formando o espectro final de açúcares do mel. Elevadas concentrações de sacarose podem ocorrer quando o mel foi colhido antes do período de maturação, ou quando houve aquecimento posterior a coleta, com inativação da enzima invertase. Pode também variar naturalmente de acordo com a origem botânica (ABADIO-FINCO, SILVA e MOURA, 2010).

Açúcares não-redutores podem servir como parâmetro para avaliar a pureza do mel, porque quando encontrado em grande quantidade pode indicar adulteração, podendo ser direta ou indireta. A adulteração direta indica a adição de açúcares comerciais no mel já colhido, enquanto a indireta indica uma alimentação de abelhas com sacarose. O limite máximo permitido para méis brasileiros é de 6% (SILVA et al, 2016).

2.3.2.5 Resíduo mineral fixo (cinzas)

Normalmente o mel apresenta uma variação de minerais que consistem de 0,2 a 1%. Dentre eles, o potássio é o mais abundante, geralmente um terço do total. Outros minerais se destacam, como cálcio, magnésio, sódio, cobre, manganês e ferro (BOGDANOV et al, 2004).

A quantidade de cinzas pode ser influenciada pela origem botânica e pela origem geográfica, de acordo com o tipo de solo, e dependente do material coletado pelas abelhas durante o forrageamento, com destaque também para aspectos ambientais. As condições de manejo e processamento podem influenciar diretamente o seu teor. Algumas irregularidades também podem ser detectadas por meio deste parâmetro, como a falta de higiene e a ausência de decantação ou filtração ao final da coleta. (RICHTER et al, 2011).

Diversos estudos têm indicado a relação entre coloração e quantidade de minerais, a medida que a coloração clara indica pouca matéria mineral e a coloração escura indica um maior conteúdo, embora outros fatores devam ser levados em consideração, como pigmentos e processos naturais. Apesar disso, méis mais escuros tendem a ter um menor valor comercial (CAN et al, 2015; MODESTA, 2007)

2.3.2.6 Hidroximetilfurfural (HMF)

O 5-Hidroximetilfurfural (HMF) é um parâmetro crucial para a avaliação da qualidade do mel. É um aldeído furânico formado por meio de duas rotas: reação de Maillard e desidratação de hexose em meio ácido. A reação de Maillard é denominada um escurecimento não enzimático que gera melanoidinas que possuem nitrogênio, e produtos formados por esta reação podem apresentar impacto na qualidade do produto. A desidratação de açúcares ocorre geralmente em condições ácidas durante tratamento térmico ou armazenamento prolongado. A figura 03 ilustra a formação do HMF por um esquema alternativo, sob calor e baixa umidade (LIRIO et al, 2010; MONIEN et al, 2009).

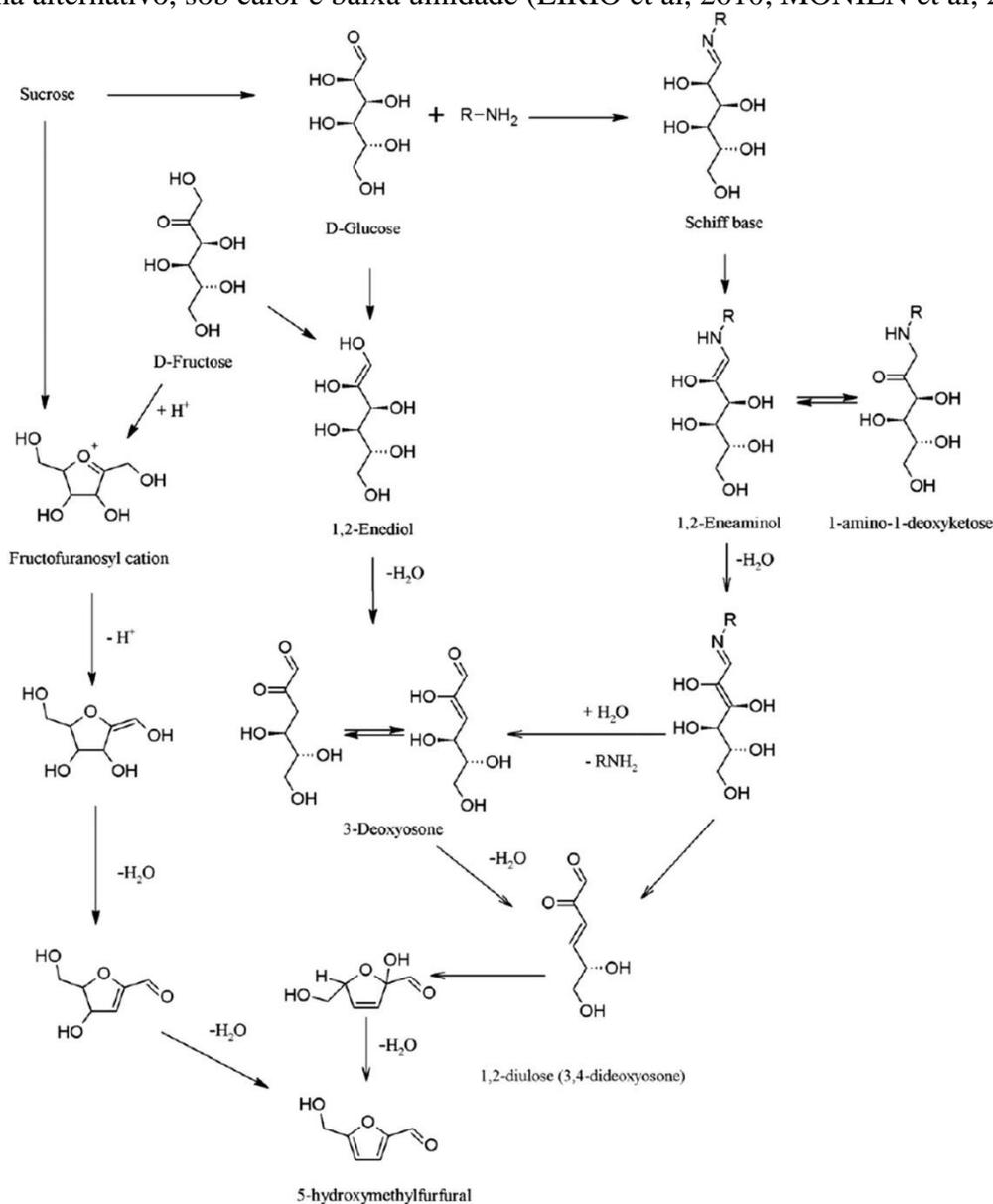


Figura 03 – Esquema para formação do HMF

Fonte: Silva et al. (2016)

Estudos mostram que méis de países tropicais apresentam naturalmente um maior teor de HMF. Porém, alguns fatores podem favorecer a velocidade da formação, como temperatura, pH, acidez, atividade de água e concentração de açúcares. Logo, com a prática de descristalização em entrepostos, onde produtores utilizam o banho-maria para liquefazer o mel cristalizado, com aumento da temperatura, pode se formar o HMF. Outro fator que pode favorecer sua formação é a adulteração por adição de xarope de açúcar, assim como uma estocagem inadequada. Já a acidez apresenta uma correlação positiva com o HMF, interligando este parâmetro com a fermentação, quando acima do limite. Santos et al (2008) observou uma correlação entre o HMF e a acidez, porém não obteve o mesmo com o pH, indicando que a influência exercida sobre este parâmetro está relacionada com a presença de ácidos orgânicos (DAYRELL e VITAL, 1991; SILVA et al, 2011; WHITE JUNIOR, 1992).

Por ser o produto de degradação mais comum em mel, o HMF indica o seu envelhecimento. Geralmente se apresenta ausente em méis recém-colhidos e sua concentração aumenta com o passar do tempo. Alguns estudos para compostos potencialmente tóxicos tem demonstrado que o HMF e seus derivados podem apresentar atividade citotóxica, genotóxica, carcinogênica e mutagênica. O máximo permitido pela legislação vigente é de 60 meq/kg. Valores elevados podem ocasionar queda no valor nutritivo do mel por destruição de algumas vitaminas e enzimas termolábeis (MARCHINI et al, 2005; TEIXIDÓ et al, 2006).

2.3.2.7 Atividade diastásica

O mel apresenta pequenas quantidades de enzimas, como as diastases (alfa-amilases), invertases (amilo-glicosidases), glicose oxidase, fosfatase ácida e catalase. A atividade diastásica do mel está relacionada com a atividade das amilases, presentes naturalmente no mel e mais sensíveis ao calor. Sua análise é importante para avaliação frente a condições como processamento, armazenamento e aquecimento. Quando o mel é aquecido, pode levar a desnaturação parcial ou total dessas enzimas (LIRIO, 2010).

A atividade enzimática e sua concentração vão estar relacionadas ao tipo polínico e fatores relacionados a abelha, como idade, estado fisiológico e dieta. A resistência da colônia e abundância do néctar também podem influenciar parcialmente. Após a colheita, atividades das diastases e invertases são muito usadas para avaliar o frescor do mel, devido a sua diminuição em mel velho (AROUCHA, 2008 ; PITA-CALVO e VÁZQUEZ, 2017).

2.3.2.8 Coloração

A coloração não é uma análise obrigatória no controle de qualidade de méis brasileiros, porém se mostra útil como variável auxiliar de avaliação de qualidade, sendo sua metodologia analítica baseada na escala de Pfund em uma faixa que varia do branco ao âmbar escuro. Esta classificação é recomendada pela legislação, embora na prática apicultores utilizem os termos claro, médio e escuro para definirem a tonalidade (AZEREDO, AZEREDO e DAMASCENO, 1999; BRASIL, 2000).

A coloração pode variar de acordo com o tipo de pólen encontrado no mel, quantidade de minerais e concentração de nitrogênio que pode ser alterada por ação da temperatura. Luz, calor e possíveis reações enzimáticas também podem influenciar diretamente. Um escurecimento natural pode ocorrer devido ao tempo de armazenamento (MORAES et al, 2014; SILVA et al, 2016).

A coloração dos méis nacionais varia bastante devido a vasta vegetação brasileira. Estudos mostram que este parâmetro é determinante no mercado mundial, por ser uma das características que mais influenciam na escolha do consumidor. É conhecido que méis mais claros apresentam um sabor mais suave e possuem maior valor agregado no mercado, quando comparados aos escuros. Porém, estudos mostram que méis mais escuros apresentam maior quantidade de minerais (ALVES et al, 2011).

2.3.3 Capacidade antioxidante do mel

Nos últimos anos, tem havido um aumento de interesse nos alimentos funcionais, isto é, alimentos que não somente cumprem as necessidades nutricionais básicas e energéticas, como adicionam efeitos fisiológicos benéficos. Além disso, o consumidor atual prefere ingredientes e/ou aditivos de origem natural, que ofereçam a funcionalidade ao alimento, em detrimento aos de origem artificial (RESHMA et al, 2016).

Dentre as substâncias funcionais, um dos grupos mais estudado tem sido o dos antioxidantes do mel. Sua ampla potência antioxidante é em grande parte atribuída à constituintes menores presentes, onde estão incluídos os ácidos fenólicos e flavonoides, importantes por sua contribuição para a cor, sabor e aroma do mel (BUENO-COSTA et al, 2016; SILVA, et al., 2013).

Segundo Pontis et al. (2014), o sinergismo entre o ácido cafeico, o ácido cumárico e seus ésteres, além dos flavonoides, carotenoides e ácido ascórbico, pode explicar muitas das propriedades terapêuticas do mel. A estrutura de diferentes ácidos fenólicos é importante para sua atividade antiproliferativa. A diminuição de suas cadeias laterais ou metilação de grupos hidroxila promove uma perda desta atividade. Logo, sua eficiência pode depender diretamente de sua estrutura química (JACOB, 2014).

Há relatos de mais de 200 compostos fenólicos encontrados no mel (KASKONIEN e VENSKUTONIS, 2010). Na Figura 04 estão apresentados os principais compostos fenólicos encontrados nesse produto.

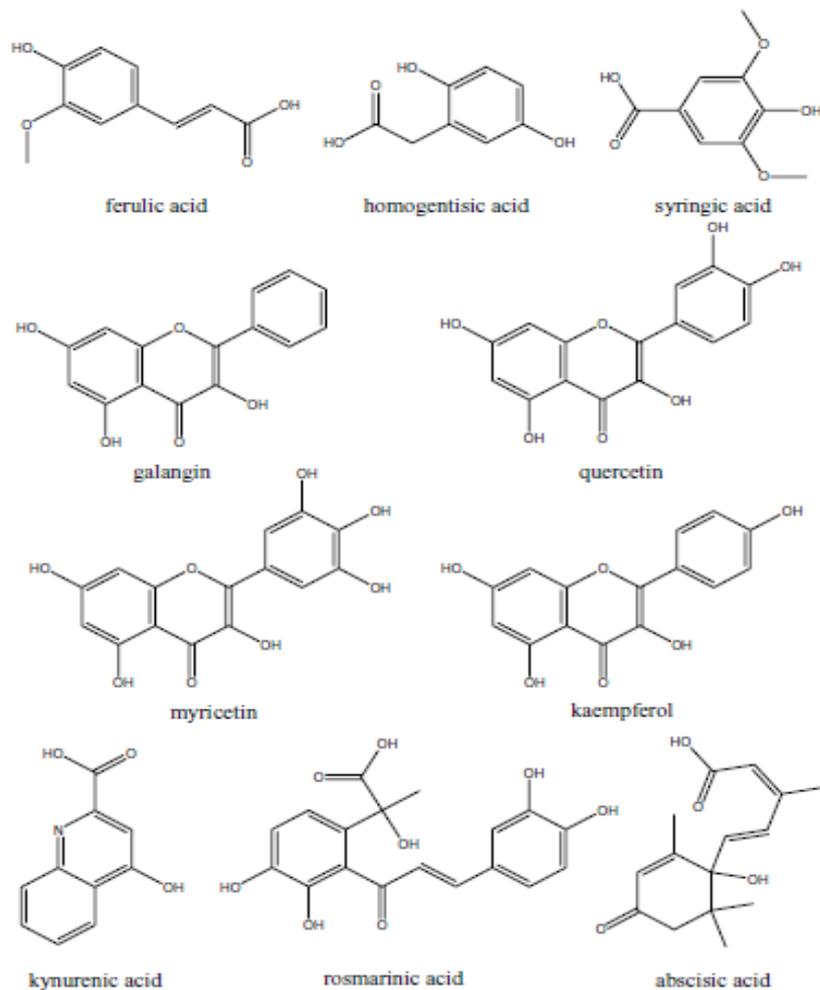


Figura 04 – Estrutura química dos principais compostos fenólicos encontrados no mel

Fonte: Kaskoniene e Venskutonis (2010)

Os compostos fenólicos presentes no mel também apresentam grande influência nas características benéficas do produto, por sua atividade anticarcinogênica, anti-inflamatória, imunomoduladora e analgésica (RESHMA et al, 2016). Hamzaoglu et al (2000) relataram que o mel utilizado no pré e pós-operatório reduziu significativamente tumores implantados em ratos, sugerindo que as propriedades antioxidantes do mel podem proteger as feridas. Devido a capacidade de formar o peróxido de hidrogênio, pode auxiliar o debridamento da ferida e formação do tecido de granulação e epitelização, além do pH ácido estimular a liberação de oxigênio na ferida favorecendo a cicatrização. Já Swellam et al (2003) demonstraram o efeito antitumoral do mel contra o câncer de bexiga.

Diversos estudos demonstram que o conteúdo de fenóis totais está fortemente relacionado à capacidade antioxidante do mel. As principais fontes de compostos fenólicos do mel são as plantas, que sintetizam um grande número de fitoquímicos. As substâncias são transmitidas da planta para o néctar, e conseqüentemente para o mel. Logo, esses compostos podem variar sua concentração de acordo com a fonte floral e servir como marcadores químicos da origem botânica do mel. Desta forma, a dosagem de compostos fenólicos se torna importante, embora não existam parâmetros legais para o mel (ALJADI e KAMARUDDIN, 2004; BLASA et al, 2006; GHELDOF e ENGESETH, 2002; ROLEIRA et al. 2015).

Segundo Bogdanov (1997), as substâncias presentes no mel são originárias das plantas e por este motivo podem variar em sua capacidade antioxidante devido as diferentes vias de eliminação de radicais livres, por diferentes tipos de polifenóis. A estrutura química das substâncias fenólicas também tem um papel fundamental, logo o conteúdo total de fenólicos não é suficiente por si só para determinar a capacidade antioxidante (GUL e PEHLIVAN, 2018).

Os ácidos fenólicos são comumente encontrados no mel e compreendem os derivados dos ácidos benzóico e cinâmico. Apesar do mel apresentar propriedades antibacterianas relacionadas à acidez, alta osmolaridade e peróxidos de hidrogênio, os fatores não-peróxidos, como lisozimas, ácidos fenólicos e flavonóides também contribuem significativamente. Alguns estudos têm demonstrado que substâncias fenólicas, como ácidos fenólicos e flavonóides, são consideravelmente mais potentes antioxidantes do que as Vitaminas C e E (PITA-CALVO e VÁZQUEZ, 2017).

Para se determinar a fonte floral do mel a partir de seus compostos fenólicos, deve-se levar em consideração o método de extração dos mesmos. Diversos outros fatores podem ter efeitos sobre a composição de constituintes fenólicos do mel, como fatores sazonais e geográficos. Logo, se tornam essenciais maiores estudos sobre o efeito desses compostos fenólicos no mel, para que se forneçam indicadores mais confiáveis para a interconexão do mel e sua fonte botânica (ALZHRANI et al, 2012).

Silva et al. (2013) analisaram 19 méis de uma mesma origem botânica, e observaram que todos apresentavam elevada capacidade antioxidante, correlacionado com o conteúdo de compostos fenólicos presentes. Concluíram, então, que o mel é uma importante fonte dietética de compostos antioxidantes, e devido às suas características sensoriais agradáveis, pode ser mais prontamente consumido por indivíduos relutantes em ingerir antioxidantes derivados de plantas.

2.3.3.1 Métodos para determinação da capacidade antioxidante do mel

Análises qualitativas do teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante do mel tem se apresentado fundamentais para a caracterização do produto. A maioria dos métodos usados para sua quantificação e determinação envolve o sequestro de radicais livres. Podem ser quantificados por análises físico-químicas com extração e posterior quantificação dos teores de fenólicos totais, assim como por determinação de atividade antioxidante por meio de FRAP e DPPH. Alguns fatores podem influenciar a extração, como o tipo de solvente utilizado e a quantidade. Embora não exista uma padronização na metodologia de extração destes compostos para as amostras, as relatadas no presente trabalho já demonstraram serem adequadas para a realização dessas análises. Por ser um alimento viscoso e sem apresentar partículas sólidas, o mel é preparado a partir de extratos aquosos filtrados (BOGDANOV, 2004; JACOB, 2014).

O método de DPPH é bastante utilizado por sua facilidade, rapidez e precisão. Se baseando na metodologia de mudança de coloração e leitura por espectrofotometria, o DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazil, Figura 05) é um radical livre estável, que se apresenta na coloração violeta em solução alcoólica, sendo reduzido na presença de uma molécula antioxidante. Geralmente após a redução se apresenta em coloração amarela em virture da presença do grupamento picril. A vantagem deste radical é não dimerizar facilmente como os demais (LIANDA, 2009; PONTIS et al, 2014).

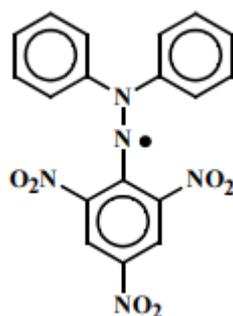


Figura 05 – Estrutura química do radical DPPH (2,2–difeníl-picríl-hidrazil)
Fonte: LIANDA (2009)

O método de poder de redução do Ferro (FRAP) apresenta vantagem na estimativa direta de compostos redutores presentes na amostra, quando comparado a outros métodos indiretos. Se baseia na habilidade da amostra em reduzir Fe^{3+} a Fe^{2+} . Como desvantagem, não mede tíóis devido ao potencial de redução destes estar abaixo da reação Fe^{3+} a Fe^{2+} . Uma vez que apenas uma pequena quantidade destes tíóis é esperada no mel, sua contribuição para a capacidade antioxidante pode ser considerada insignificante (BERETTA et al, 2005).

A metodologia para quantificação de compostos fenólicos é considerada um método rápido e simples, além de ser qualificado como sensível para a estimativa de fenóis totais de uma amostra. É um bom parâmetro para avaliação da qualidade dos méis e possível potencial terapêutico. Estudos apontam que a região influencia diretamente o teor de compostos fenólicos, sendo que regiões com exposição à luz solar apresentam uma vantagem expressiva sobre os fenólicos totais, quando comparadas a regiões cultivadas às sombras. Existe um coeficiente positivo de correlação entre os métodos de DPPH, FRAP e teor de fenólicos totais, indicando que esses compostos são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante do mel (GUL e PEHLIVAN, 2018; SOUZA et al, 2016).

A relação entre a quantidade de compostos fenólicos e a coloração está frequentemente ligada. Bueno-Costa et al. (2016) relataram que a presença de uma maior quantidade de compostos fenólicos ocorre em méis mais escuros. Beretta et al. (2005) demonstraram uma correlação positiva entre o teor de fenóis, a capacidade antioxidante e a cor dos méis estudados. Pontis et al. (2014) reforçaram essa ideia, ao analisar méis de Roraima, demonstrando que méis mais escuros tendem a ter uma maior capacidade antioxidante e um aumento da concentração de fenóis e flavonoides.

3 MATERIAS E MÉTODOS

3.1 Local de Execução

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Instrumental do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ.

3.2 Materiais

Foram estudadas amostras de méis, coletadas por apicultores de diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro (Barra Mansa, Cachoeiras de Macacu, Nova Friburgo, São Francisco de Itabapoana, Valença, Itaperuna, Resende, Bom Jardim, Nova Iguaçu, Miguel Pereira, Sapucaia, Paty dos Alferes, Rio Claro e Rio de Janeiro) associados à Federação de Apicultura do Estado do Rio de Janeiro (FAERJ), durante o período de março de 2016 a outubro de 2017.

A origem dos méis foi baseada nas fontes florais das regiões em que os méis foram produzidos e nas declarações dos apicultores. As regiões foram classificadas de acordo com a Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (Figura 06), cujas coordenadas geográficas são descritas na Tabela 05.

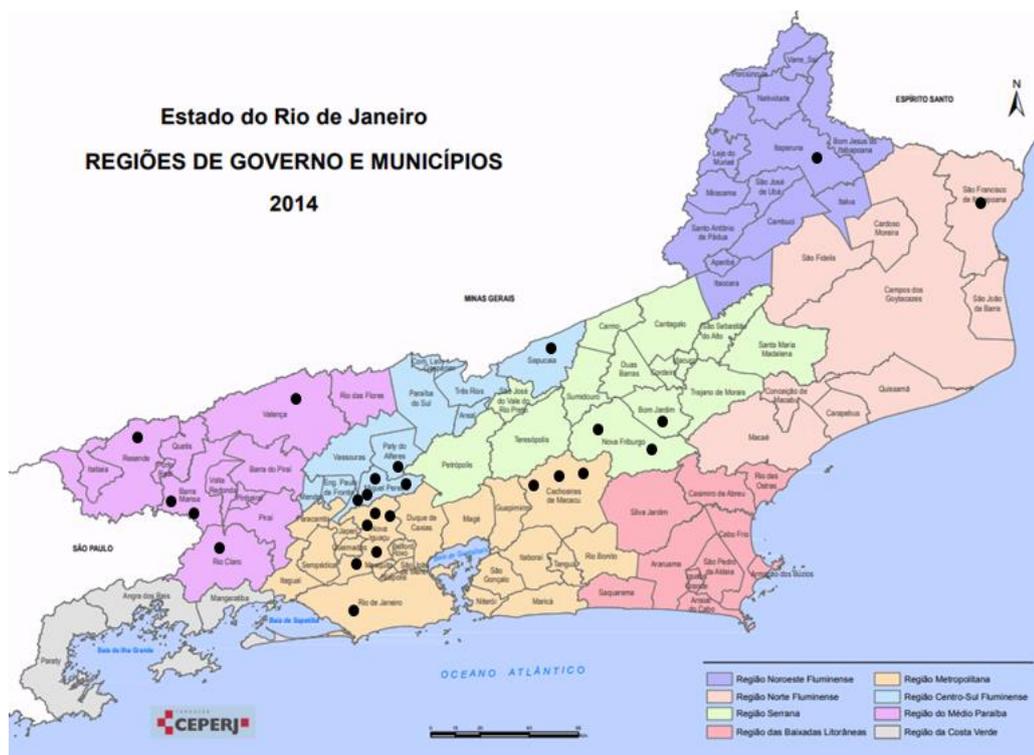


Figura 06 – Mapa do Estado do Rio de Janeiro, pontos em negrito indicando as regiões de coleta das amostras de mel do presente trabalho

Fonte: CEPERJ (2014)

O clima e a vegetação das regiões do Estado do Rio de Janeiro distinguem-se entre si, influenciando as espécies de plantas utilizadas pelas abelhas para a produção do mel. A tabela 05 apresenta latitude e longitude das regiões estudadas.

Tabela 05 - Altitude e coordenadas geográficas das sedes municipais, segundo as Regiões de Governo e municípios Estado do Rio de Janeiro

Regiões de Governo e municípios	Altitude (m)	Coordenadas geográficas	
		Latitude Sul	Longitude Oeste
Região Metropolitana			
Rio de Janeiro	2	22°54'10"	43°12'27"
Cachoeiras de Macacu	57	22°27'45"	42°39'11"
Nova Iguaçu	25	22°45'33"	43°27'04"
Região Noroeste Fluminense			
Itaperuna	108	21°12'18"	41°53'16"
Região Norte Fluminense			
São Francisco de Itabapoana	8	21°18'07"	40°57'41"
Região Serrana			
Bom Jardim	560	22°09'07"	42°25'10"
Nova Friburgo	846	22°16'55"	42°31'52"
Região do Médio Paraíba			
Barra Mansa	381	22°32'39"	44°10'17"
Resende	407	22°28'08"	44°26'48"
Rio Claro	446	22°43'23"	44°08'08"
Valença	560	22°14'44"	43°42'01"
Região Centro-Sul Fluminense			
Miguel Pereira	618	22°27'14"	43°28'08"
Paty do Alferes	610	22°25'43"	43°25'07"
Sapucaia	221	21°59'42"	42°54'52"

Fonte: Adaptado Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

As amostras foram obtidas de flores de café (*Coffea sp.*), laranjeira (*Citrus sinenses*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*), assa-peixe (*Vernonia polysphaera*), cambará (*Vochysia divergens*) e silvestre, de acordo com a Tabela 06.

Tabela 06 – Região de origem, data de coleta e origem floral dos méis estudados

Amostras	Região	Data da coleta	Tipo de flor	Região
Amostra 01	Nova Friburgo	02/09/2016	Café	Serrana
Amostra 02	São Francisco de Itabapoana	13/09/2016	Laranjeira	Norte Fluminense
Amostra 03	Cachoeiras de Macacu	12/11/2016	Silvestre	Metropolitana
Amostra 04	Barra Mansa	13/02/2017	Silvestre	Médio Paraíba
Amostra 05	Cachoeiras de Macacu	04/04/2017	Cambara	Metropolitana
Amostra 06	Valença	10/04/2017	Eucalipto	Médio Paraíba
Amostra 07	Itaperuna	20/01/2017	Silvestre	Noroeste fluminense
Amostra 08	Resende	15/02/2017	Silvestre	Médio Paraíba
Amostra 09	Cachoeiras de Macacu	18/05/2017	Cambara	Metropolitana
Amostra 10	Barra Mansa	28/04/2017	Assa-peixe	Médio Paraíba
Amostra 11	Bom Jardim	28/05/2017	Café com erva canudo	Serrana
Amostra 12	Nova Iguaçu	06/06/2017	Silvestre	Metropolitana
Amostra 13	Miguel Pereira	15/01/2017	Silvestre	Centro-Sul
Amostra 14	Nova Iguaçu	04/02/2017	Silvestre	Metropolitana
Amostra 15	Miguel Pereira	05/02/2017	Silvestre	Centro-Sul
Amostra 16	Nova Iguaçu	15/02/2017	Silvestre	Metropolitana
Amostra 17	Nova Iguaçu	20/02/2017	Silvestre	Metropolitana
Amostra 18	Miguel Pereira	23/02/2017	Silvestre	Centro-Sul
Amostra 19	Nova Iguaçu	11/03/2017	Silvestre	Metropolitana
Amostra 20	Miguel Pereira	10/07/2017	Silvestre	Centro-Sul
Amostra 21	Sapucaia	03/06/2017	Eucalipto	Centro-Sul
Amostra 22	Nova Friburgo	11/08/2017	Silvestre	Serrana
Amostra 23	Paty do Alferes	11/08/2017	Silvestre	Centro-Sul
Amostra 24	Rio Claro	05/11/2017	Silvestre	Médio Paraíba
Amostra 25	Rio de Janeiro	05/11/2017	Silvestre	Metropolitana

Fonte: autoria própria

Após a coleta, todas as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente e frasco de polietileno coberto com papel alumínio para proteger da luminosidade e calor

excessivo. Foram registradas as seguintes informações de cada amostra: data de coleta e envio, local da coleta, florada predominante e seu respectivo produtor.

Para as análises físico-químicas, foi utilizada a Instrução Normativa Nº. 11, de 20/10/2000, do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA), baseada na *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990), assim como na *Codex Alimentarius Commission* (CAC, 1990).

3.3 Métodos

3.3.1 Análises físico-químicas do mel

3.3.1.1 Determinação colorimétrica do mel

A determinação da cor das amostras foi realizada por espectrofotometria no visível a 560 nm, usando como branco a glicerina pura. A cor foi classificada de acordo com a escala de Pfund, elaborada pela Companhia Manufatora Koehler dos E.U.A, como indica a tabela 07.

Tabela 07 - Absorbância em função da coloração do mel

Coloração	Absorbância
Branco d'água	Até 0,030
Extra branco	0,031 - 0,060
Branco	0,061 - 0,120
Extra âmbar claro	0,121 - 0,188
Âmbar claro	0,189 - 0,440
Âmbar	0,441 - 0,945
Âmbar escuro	Maior que 0,945

Fonte: LANARA (1981)

3.3.1.2 Determinação do teor de açúcares redutores

Primeiramente, a solução de Fehling foi padronizada utilizando uma solução de glicose a 1%, para ser usada como parâmetro nas amostras em questão, de acordo com a equação:

$$Título = \frac{V_p \times M_p}{D_p} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: V_p = volume da solução padrão de glicose, gasto na titulação; M_p = massa de glicose utilizada no preparo da solução; D_p = diluição da solução padrão.

Uma nova solução de Fehling foi então titulada com a solução da amostra de mel, até o desaparecimento total da coloração azul, indicando que o sulfato de cobre já foi todo

reduzido (CAC, 1990). O teor de açúcares redutores foi então calculado pela equação a seguir:

$$AR = \frac{dxTx100}{mxV} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: T = Título; V = volume da solução de mel gasto na titulação; M = massa da amostra de mel; d = diluição da solução de mel.

3.3.1.3 Determinação do teor de sacarose aparente

A determinação do teor de sacarose aparente foi realizada determinando-se o teor de sólidos solúveis totais, expresso em grau Brix, e subtraindo-se o valor obtido do teor de açúcares redutores (CAC, 1990). Foram adicionadas de 2 a 4 gotas entre os prismas do refratômetro de ABBE para proceder a leitura do teor de sólidos solúveis (° Brix), e então utilizar a equação a seguir:

$$\text{Sacarose aparente} = \text{Grau Brix} - \text{açúcares redutores} \quad \text{Equação (3)}$$

3.3.1.4 Determinação da atividade diastásica de forma qualitativa

O método se baseou em dissolver 10 mL do mel em 20 mL de água, e transferir para três tubo de ensaio, adicionando 1 mL de amido, que foi mergulhado em Banho maria a 45 graus por 1 hora. Posteriormente, foi adicionado 1 mL de solução de iodo em cada tubo para comparar as colorações obtidas. Na presença de mel puro, aparece uma coloração castanha, e no caso do mel adulterado, aparece uma coloração azulada (CAC, 1990).

3.3.1.5 Determinação do teor de umidade

O método consiste na determinação do índice de refração do mel a 20 graus, que é convertido para o conteúdo de umidade. Foram adicionadas 2 a 4 gotas de mel entre os prismas do refratômetro de ABBE e procedida a leitura do índice de refração do mel. O valor do índice foi aplicado na Tabela de Chataway (BRASIL, 2000):

Tabela 08 - Tabela de Chataway utilizada para determinação de umidade em amostras de

Índice de Refração	Umidade						
1,5041	13,0	1,4990	15,0	1,4940	17,0	1,4890	19,0
1,5035	13,2	1,4985	15,2	1,4935	17,2	1,4885	19,2
1,5030	13,4	1,4980	15,4	1,4930	17,4	1,4880	19,4
1,5025	13,6	1,4975	15,6	1,4925	17,6	1,4879	19,6
1,5020	13,8	1,4970	15,8	1,4920	17,8	1,4871	19,8
1,5015	14,0	1,4965	16,0	1,4915	18,0	1,4866	20,0
1,5010	14,2	1,4960	16,2	1,4910	18,2	1,4862	20,2
1,5005	14,4	1,4955	16,4	1,4905	18,4	1,4858	20,4
1,5000	14,6	1,4950	16,6	1,4900	18,6	1,4853	20,6
1,4995	14,8	1,4945	16,8	1,4895	18,8	1,4849	20,8

Fonte: BRASIL (2000)

3.3.1.6 Determinação da acidez total titulável

O método se baseou na pesagem de 2 gramas de mel, dissolvidos em 50 ml de água destilada, onde foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína para ser titulado com solução de hidróxido de sódio até a obtenção de uma coloração rósea (AOAC, 1990). Foi aplicada então a seguinte equação:

$$Acidez \left(\frac{meq}{Kg} \right) = \frac{VxMxfx1000}{m} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde: V = volume da solução de NaOH 0,01M gasto na titulação; M = Molaridade da solução de hidróxido de sódio; F = fator de correção da normalidade da solução de NaOH 0,01M; m = massa da amostra.

3.3.1.7 Determinação do teor de hidroximetilfurfural (HMF)

O método foi baseado em pesar 5 gramas de mel para dissolver em 50 ml de água destilada. Adicionou-se então 0,5 ml de ferrocianeto de potássio a 15% e 0,5 ml de acetato de zinco a 30%, para que a solução fosse filtrada em papel de filtro, e posteriormente foram pipetados 5 ml da mesma solução para dois tubos de ensaio. No primeiro tubo foi adicionado 5 ml de água destilada, e, no segundo tubo, 5 ml de bissulfito de sódio. Após agitar em vortex, essas amostras foram medidas utilizando-se um espectrofotômetro UV-VIS, na absorbância de 284 e 336 nm (AOAC, 1990). Foi utilizada a equação a seguir:

$$HMF \left(\frac{Mg}{Kg} \right) = \frac{(A_{284} - A_{336})x14,95x5}{\text{peso da amostra}} \quad \text{Equação (5)}$$

3.3.1.8 Determinação do teor de resíduo mineral fixo (cinzas)

Para determinação da porcentagem de cinzas, primeiramente o cadinho foi tarado e pesado. Posteriormente, levou-se o cadinho com 2 gramas de amostra para a chapa de aquecimento até a carbonização completa e a seguir ao forno mufla a 550 °C. Incinerados até obter cinzas claras, os cadinhos foram então esfriados em dessecador e pesados (CAC, 1990). Aplicou-se então a seguinte equação:

$$Cinzas = \frac{CCZ - Cad}{m} \times 100 \quad \text{Equação (6)}$$

Onde: Cad = massa do cadinho tarado; CCZ = massa do cadinho + cinzas (após mufla); m = massa da amostra utilizada.

3.3.2 Análise da capacidade antioxidante do mel

Para determinação da capacidade antioxidante das amostras estudadas foram realizadas as análises de compostos fenólicos totais e a capacidade de captura do radical livre *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl hydrate* (DPPH). Também foram estudadas a capacidade antioxidante das amostras quanto ao poder de redução do ferro de Fe³⁺ / Fe²⁺ (FERRIC REDUCING ANTIOXIDANT POWER – FRAP). Todas as análises foram feitas em triplicata.

3.3.2.1 Obtenção do extrato

Os extratos aquosos de mel foram preparados de acordo com a metodologia descrita por Meda et al. (2005), onde foram pesados 5 gramas da amostra para serem diluídas em 50 ml de água destilada e posteriormente filtradas em filtro de papel Whatman n° 3.

3.3.2.2 Análise de compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) foi determinado de acordo com a metodologia de Swain e Hillis (1959). As amostras foram preparadas em triplicata, e acondicionadas em tubos de ensaio cobertos com papel alumínio, onde foram adicionados 1 mL do extrato, 1 mL da solução de Folin Ciocalteu (10%) e 10 mL de água destilada, e deixados em repouso por 3 minutos. Posteriormente, foi adicionado 1,5 mL da solução de Na₂CO₃ (10% p/p) e homogeneizados no vortex. Após serem mantidos ao abrigo de luz por 2 h, a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 725 nm, e os resultados foram expressos em g equivalente de GAE/g de amostra, a partir da curva padrão de calibração do ácido gálico. O branco foi preparado a partir de 1 mL de água e 1 mL de Folin Ciocalteu.

3.3.2.3 Análise de FRAP

Utilizou-se a metodologia descrita por Thaipong et al (2006). Em triplicata, diluiu-se uma alíquota de 90 µL do extrato em 270 µL de água destilada, em tubos vedados, e

adicionou-se 2,7 mL do reagente FRAP (25 mL de tampão acetato 0,3 M + 2,5 mL de solução TPTZ 10 mM + 2,5 mL de solução aquosa de cloreto férrico de 20 mM) previamente preparado. Os tubos foram homogeneizados e levados a um banho de água a 37 ° C / 30 min, em seguida, resfriados a temperatura ambiente, a leitura foi feita a 595 nm. Como branco, utilizou-se o reagente FRAP. Os resultados foram expressos em µg equivalentes de (µmol TE/g) de amostra, a partir da curva padrão de calibração do Trolox.

3.3.2.4 Análise de DPPH

Empregou-se a metodologia descrita por Rufino et al. (2010), e baseia-se na medida da capacidade antioxidante da amostra em sequestrar o radical DPPH, reduzindo-o a hidrozina. Para isso, as alíquotas foram preparadas em triplicata, sendo adicionados em cada tubo 2,85 mL da solução metanólica de radical DPPH (0,06 mM, cuja absorbância deve estar próxima a 700 nm quando lida a 515 nm), e 150 µL de cada extrato. Em seguida, foram homogeneizados no vortex para serem deixados em repouso para reagir, ao abrigo de luz, por 60 min. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 517 nm. Como branco utilizou-se o metanol. Os resultados foram expressos em (µmol TE/g), a partir da curva padrão de calibração de Trolox.

3.3.3 Análise instrumental da cor

Para determinar a coloração, as amostras foram aquecidas a 50°C para dissolver os cristais de açúcar e depois foram colocadas em um recipiente de plástico e cobertas com placa de plástico. As leituras foram realizadas utilizando-se um colorímetro, de acordo com o sistema CIELAB (L*, a* e b*), na qual o L é o componente da luminosidade, que varia de 0 a 100 para escuridão/leveza (0 preto, 100 branco), e a* e b* são os componentes da cor, a* para verde/vermelho (-verde, +vermelhidão) e b* para azul/amarelo (-azul, +amarelo) (BERTONCELJ et al, 2007).

3.3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey. Todas as análises estatísticas foram avaliadas a um nível de significância de 5%. A estatística multivariada foi utilizada para a redução da dimensionalidade e o agrupamento de amostras semelhantes, assim como também para avaliar as possíveis correlações (correlação de Pearson) entre as variáveis dependentes (Tabela 04), mediante a aplicação de Análises de Componentes Principais (PCA), e do agrupamento por Clusterização Hierárquica a partir dos Componentes Principais (CHCP). O PCA foi realizado após a standardização das respostas, para evitar a influência das diferentes ordens de grandeza. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o uso do software R e os seguintes pacotes: FactoMineR, factoextra, e Performance Analytics.

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{S_y} \right) \quad \text{Equação (7)}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à origem floral das amostras (Tabela 6), foi observada uma predominância na quantidade de méis conhecidos como silvestres, com classificação heterofloral devido à vasta diversidade de espécies botânicas do estado do Rio de Janeiro.

4.1 Caracterização Físico-química

Os resultados das análises físico-químicas acidez, HMF, açúcares redutores, sacarose, umidade e cinzas das amostras de mel estão dispostos na Tabela 09.

Tabela 09 – Resultados dos parâmetros físico-químicas acidez, HMF, açúcares redutores, sacarose, umidade e cinzas das amostras de méis (continua)

Amostra	Acidez (meq/Kg)	HMF* (mg/Kg)	Açúcares Redutores (%)	Sacarose (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)
1	34,00 ± 0,60 ^{pq}	12,40 ± 0,32 ^{cdef}	65,00 ± 0,50 ^{efg}	9,60 ± 0,17 ^{ef}	20,80 ± 0,00 ^b	0,14 ± 0,03 ^{bcde}
2	48,40 ± 1,25 ^{kl}	34,90 ± 0,62 ^a	74,70 ± 0,72 ^{ab}	5,00 ± 0,35 ^{hij}	18,60 ± 0,26 ^{ef}	0,10 ± 0,03 ^{cde}
3	59,60 ± 0,40 ⁱ	16,50 ± 0,38 ^c	72,60 ± 0,61 ^{abcde}	8,40 ± 0,44 ^f	17,40 ± 0,26 ^{ijk}	0,10 ± 0,02 ^{cde}
4	42,20 ± 0,75 ⁿ	16,00 ± 0,11 ^c	66,00 ± 0,00 ^{defg}	13,80 ± 1,01 ^d	18,60 ± 0,17 ^{ef}	0,25 ± 0,09 ^{abcde}
5	85,70 ± 0,72 ^f	2,00 ± 0,92 ⁱ	62,00 ± 1,08 ^{fgh}	15,00 ± 0,89 ^d	21,60 ± 0,46 ^a	0,11 ± 0,03 ^{bcde}
6	16,40 ± 1,29 ^s	8,00 ± 1,65 ^{fgh}	72,00 ± 2,00 ^{abcde}	7,80 ± 0,56 ^{fg}	18,40 ± 0,20 ^{efg}	0,24 ± 0,02 ^{bcde}
7	45,60 ± 0,35 ^{lm}	9,00 ± 1,08 ^{efgh}	76,00 ± 3,59 ^{ab}	4,00 ± 0,36 ^{jkl}	18,40 ± 0,26 ^{efg}	0,17 ± 0,05 ^{bcde}
8	31,20 ± 0,75 ^{qr}	25,00 ± 3,46 ^b	77,00 ± 0,20 ^{ab}	2,00 ± 0,10 ^{mn}	20,00 ± 0,00 ^c	0,06 ± 0,04 ^{de}
9	47,80 ± 0,44 ^{kl}	2,00 ± 0,87 ⁱ	71,20 ± 0,36 ^{abcde}	4,50 ± 0,17 ^{hijk}	21,00 ± 0,00 ^{ab}	0,19 ± 0,01 ^{bcde}
10	30,50 ± 0,50 ^r	6,00 ± 0,92 ^{ghi}	70,00 ± 5,07 ^{bcde}	11,00 ± 0,20 ^e	17,40 ± 0,17 ^{ijk}	0,03 ± 0,02 ^e
11	50,00 ± 0,87 ^{jk}	2,00 ± 0,50 ⁱ	77,00 ± 1,90 ^{ab}	3,00 ± 0,35 ^{klm}	18,40 ± 0,13 ^{efg}	0,27 ± 0,16 ^{abcd}
12	108,00 ± 0,72 ^b	13,00 ± 2,18 ^{cdef}	72,00 ± 1,22 ^{abcde}	5,25 ± 0,17 ^{hij}	21,40 ± 0,00 ^{ab}	0,20 ± 0,04 ^{bcde}

Tabela 09 – Continuação

13	125,00 ± 1,67 ^a	24,30 ± 3,12 ^b	66,70 ± 0,35 ^{cdef}	8,80 ± 0,17 ^f	20,00 ± 0,00 ^c	0,23 ± 0,03 ^{bcde}
14	71,60 ± 1,10 ^g	14,30 ± 0,61 ^{cde}	72,00 ± 7,47 ^{abcde}	6,00 ± 0,56 ^{ghi}	19,80 ± 0,26 ^c	0,30 ± 0,02 ^{abc}
15	99,00 ± 0,70 ^d	5,70 ± 0,26 ^{ghi}	73,00 ± 0,46 ^{abcd}	5,00 ± 0,78 ^{hij}	20,00 ± 0,44 ^c	0,27 ± 0,01 ^{abcd}
16	98,00 ± 1,60 ^d	9,00 ± 1,73 ^{efgh}	78,00 ± 0,10 ^a	2,50 ± 0,26 ^{lm}	18,00 ± 0,46 ^{fghi}	0,34 ± 0,28 ^{ab}
17	125,00 ± 0,20 ^a	14,70 ± 3,05 ^{cde}	58,80 ± 0,61 ^{gh}	20,30 ± 1,11 ^c	19,60 ± 0,10 ^{cd}	0,28 ± 0,06 ^{abcd}
18	100,00 ± 0,17 ^{cd}	11,00 ± 1,00 ^{cdefg}	56,00 ± 0,26 ^{hi}	25,00 ± 0,95 ^b	17,20 ± 0,00 ^{jk}	0,23 ± 0,07 ^{bcde}
19	90,00 ± 1,21 ^e	10,00 ± 2,18 ^{defg}	57,00 ± 3,12 ^{hi}	23,70 ± 1,08 ^b	17,60 ± 0,17 ^{hijk}	0,24 ± 0,07 ^{bcde}
20	102,00 ± 0,26 ^c	12,00 ± 2,96 ^{cdef}	50,00 ± 0,95 ⁱ	31,00 ± 0,44 ^a	17,00 ± 0,00 ^k	0,25 ± 0,04 ^{abcde}
21	36,00 ± 0,72 ^{op}	1,00 ± 0,17 ⁱ	55,00 ± 3,59 ^{hi}	25,00 ± 0,17 ^b	17,00 ± 0,00 ^k	0,29 ± 0,02 ^{abcd}
22	42,80 ± 1,50 ^{mn}	4,00 ± 0,78 ^{hi}	65,70 ± 0,17 ^{defg}	13,70 ± 1,21 ^d	19,00 ± 0,17 ^{de}	0,17 ± 0,01 ^{bcde}
23	37,50 ± 0,39 ^o	9,80 ± 1,73 ^{defgh}	74,20 ± 1,14 ^{abc}	6,30 ± 0,10 ^{gh}	17,80 ± 0,00 ^{ghij}	0,47 ± 0,05 ^a
24	66,00 ± 0,40 ^h	15,30 ± 4,78 ^{cd}	78,80 ± 4,20 ^a	0,50 ± 0,05 ⁿ	19,00 ± 0,60 ^{de}	0,23 ± 0,03 ^{bcde}
25	52,70 ± 1,20 ^j	0,50 ± 0,80 ⁱ	75,90 ± 1,50 ^{ab}	4,30 ± 0,40 ^{ijkl}	18,20 ± 0,26 ^{fgh}	0,33 ± 0,01 ^{abc}

HMF:* Hidroximetilfurfural;médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: autoria própria

Os resultados das análises físico-químicas atividade diastásica e coloração das amostras de mel estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados dos parâmetros físico-químicos atividade diastásica e coloração das amostras de méis (continua)

Amostra	Atividade diastásica*	Coloração
1	> 8	Extra Âmbar

Tabela 10 – Continuação

2	> 8	Âmbar Claro
3	> 8	Extra Âmbar
4	> 8	Âmbar Claro
5	< 8	Âmbar
6	> 8	Extra Âmbar
7	> 8	Âmbar Claro
8	> 8	Extra Âmbar
9	> 8	Âmbar Claro
10	> 8	Extra Âmbar
11	> 8	Âmbar Claro
12	< 8	Âmbar
13	< 8	Âmbar Claro
14	< 8	Âmbar Claro
15	< 8	Âmbar Claro
16	< 8	Âmbar Claro
17	< 8	Âmbar Claro
18	< 8	Âmbar Claro
19	< 8	Extra Âmbar
20	< 8	Âmbar Claro
21	> 8	Extra Âmbar
22	> 8	Âmbar claro
23	> 8	Âmbar claro
24	> 8	Âmbar claro
25	> 8	Extra Âmbar

* > de 8 = acima de 8 na escala Göthe e < 8 = abaixo de 8 na escala Göthe

Fonte: Autoria própria

Considerando a combinação dos resultados dos parâmetros físico-químicos a partir dos limites estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2000), constatou-se que 84% se encontram em desacordo, conforme apresentado na Figura 07. Se um parâmetro estiver fora destes limites, o mel já deve ser considerado impróprio para consumo.

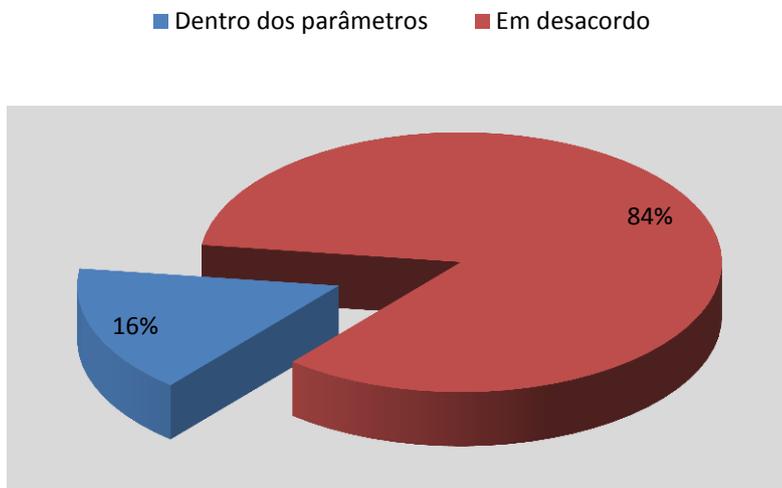


Figura 07 – Distribuição das amostras quanto ao atendimento da legislação para os parâmetros físico-químicos

Fonte: Autoria própria

4.1.1 Acidez

Com relação a acidez, os valores encontrados nos méis analisados diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$), variando de $16,4 \pm 1,3$ a $125 \pm 1,7$ meq/kg (Tabela 2). O valor médio foi de 68,50 meq/kg, sendo que 52% estavam acima do limite estabelecido na legislação, que preconiza o limite máximo 50 meq/kg, conforme Figura 08. As regiões que apresentaram méis com elevada acidez foram Cachoeiras de Macacu, representando 8%, Rio Claro, com 4%, Rio de Janeiro com 4%, assim como Miguel Pereira (16 %) e Nova Iguaçu (20%), que apesar de se localizarem em mesorregiões diferentes, possuem fronteira territorial.

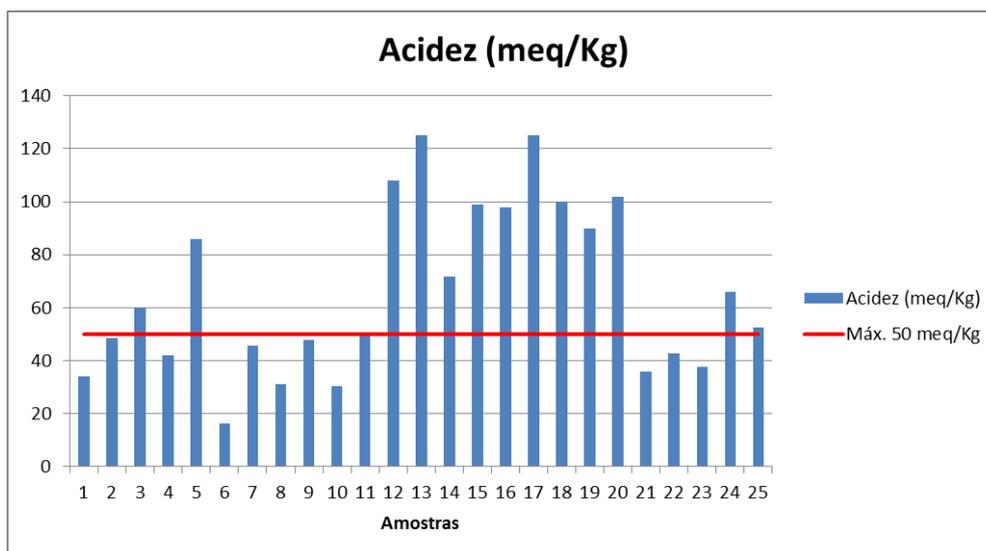


Figura 08 – Resultados da acidez das amostras de méis analisadas
 Fonte: Autoria própria

A grande faixa de variação apresentada pode estar relacionada a fatores naturais, como as diferentes fontes de néctar, natureza do solo, e quantidade de minerais presentes nas amostras (BILUCA et al, 2016). O armazenamento inadequado logo após a coleta pode influenciar diretamente, devido a ação da enzima glicose-oxidase se manter, originando ácido glucônico (ABADIO-FINCO, SILVA e MOURA, 2010). Além disto, também pode ser influenciada por bactérias que atuam na maturação, e indicar uma possível fermentação (SILVA et al, 2016).

Biluca et al. (2016) encontraram uma variação de 16,2 a 139,0 meq/kg em méis do estado de Santa Catarina, com mais de 50% destes em desacordo com a legislação. Silva et al. (2011) encontraram duas amostras com valor acima do permitido para acidez em méis do estado de Minas Gerais, com valor médio de 34,5 meq/kg. Abadio-Finco, Moura e Silva (2010) encontraram um valor médio de 44,7 meq/kg em méis do estado do Tocantins, com 33,33% das amostras em desacordo com a legislação. Aroucha et al. (2008) analisaram méis do Rio Grande do Norte, encontrando uma média de 54,82 meq/kg, com 42,12% das amostras fora do padrão exigido. Já Ribeiro et al. (2009) e Martins et al. (2014), analisando méis do estado do Rio de Janeiro, encontraram respectivamente 30% e 20% das amostras em desacordo, com valor máximo de 63 meq/kg.

4.1.2 HMF

Os teores de Hidroximetilfurfural encontrados nas amostras de méis situaram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, que preconiza um máximo de 60 meq/kg, conforme Figura 09, apresentando valores de $0,5 \pm 0,80$ a $34,9 \pm 0,62$ mg/kg com média de 11,14 mg/kg.

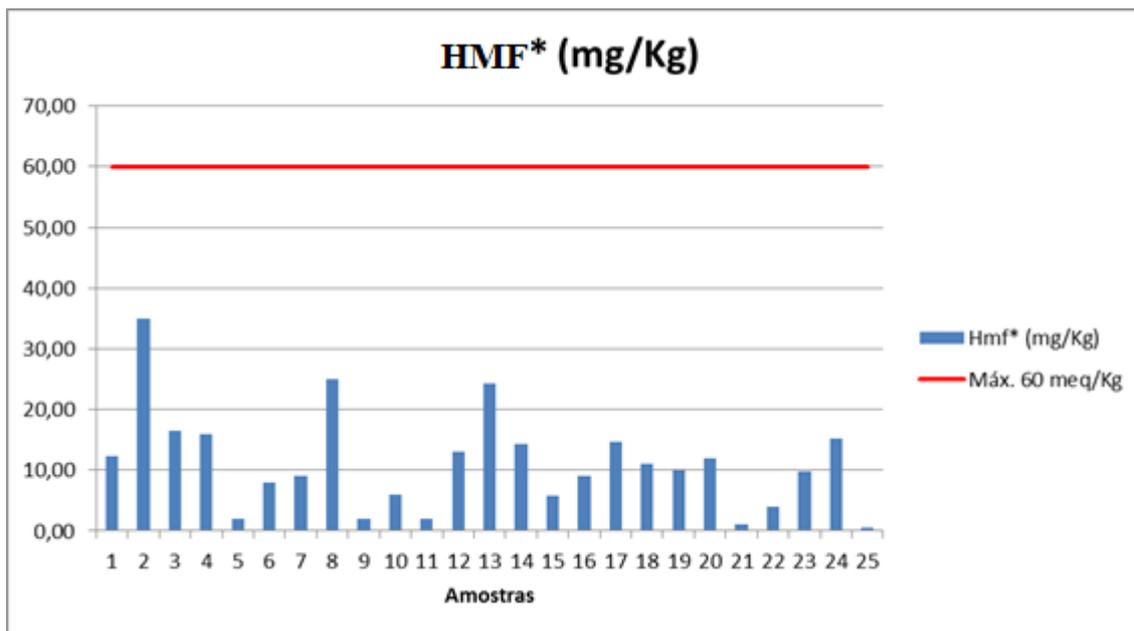


Figura 09 – Resultados do HMF das amostras de méis analisadas
 Fonte: Autoria própria

Os méis de cambará não diferiram entre si, assim com os méis poliflorais da região de Nova Iguaçu ($p > 0,05$). Como os méis analisados neste trabalho foram recém-colhidos para a análise, os resultados se mostraram condizentes com a literatura, já que o HMF é um parâmetro utilizado para avaliar o frescor do mel, e apresenta um aumento em sua concentração conforme o tempo de armazenamento. Fatores como aquecimento, estocagem em más condições ou adulteração do mel podem elevar este parâmetro (Souza et al, 2013).

Azeredo et al. (2003), ao avaliarem méis do estado do Piauí, constataram que todos se apresentavam dentro do parâmetro permitido, indicando que não houve adição de açúcar comercial nem exposição a alta temperatura. Esses valores se apresentaram próximos aos de Souza et al. (2013), que ao analisarem méis do estado do Pará, encontraram uma média de 13,38 mg/kg, assim como Mendonça et al. (2008), que encontraram uma média de 8,3 mg/kg em méis do estado de São Paulo, constatando que todas as amostras estavam em conformidade com a legislação brasileira vigente.

Ribeiro et al. (2012), ao estudarem o efeito da temperatura em méis aquecidos a 90 graus, constataram que o teor de hidroximetilfurfural aumenta gradativamente de acordo com sua exposição. No mel recém-colhido, o valor médio foi de 2,2 mg/kg, enquanto que em amostras tratadas por mais de 180 minutos o valor médio extrapola o limite legal de 60mg/kg, preconizando a importância do manejo e controle na qualidade do produto final.

4.1.3 Açúcares redutores

O valor médio para análise de açúcares redutores foi de 68,66%, variando de 50 \pm 0,95 a 78,8% \pm 4,20, encontrando-se abaixo do limite preconizado pela legislação (mínimo de 65%) em 6 dos méis analisados, conforme Figura 10. As regiões representadas por méis com baixa concentração de açúcares redutores foram Cachoeiras de Macacu, Miguel Pereira, Nova Iguaçu e Sapucaia.

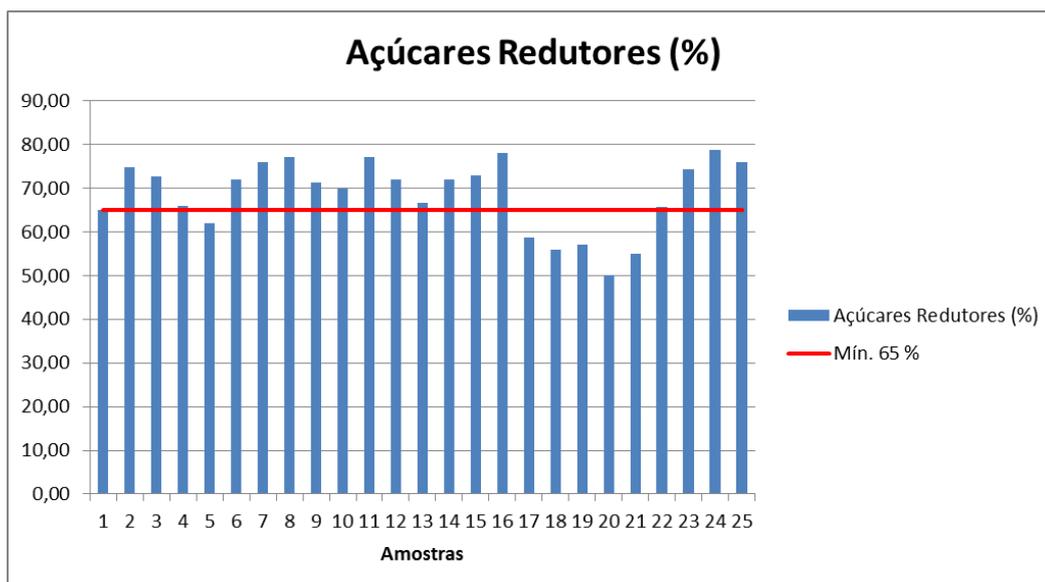


Figura 10 – Resultados dos açúcares redutores das amostras de méis analisadas
Fonte: Autoria própria

Os méis da região de Barra Mansa não diferiram estatisticamente entre si, assim como os méis da região de Nova Friburgo. A diversidade no teor de açúcares redutores das amostras pode ser explicada pela variação da fonte floral, já que a concentração de glicose e frutose são diretamente relacionadas ao néctar de planta utilizado. Também pode sofrer influência da região e condições climáticas. O baixo teor destes açúcares pode representar um mel “verde”, ou seja, colhido precocemente, quando ainda não houve a total conversão de sacarose em glicose e frutose pela ação da enzima invertase. Em alguns casos pode ocorrer um processamento pós colheita, comum em entrepostos para evitar a cristalização do mel que será comercializado, porém o aquecimento pode levar a inativação da enzima invertase (CRANE, 1983; GOIS et al, 2013; SILVA et al, 2016).

Anacleto et al (2009), que analisaram os açúcares de méis do estado de São Paulo, obtiveram um valor próximo ao presente estudo, com uma média de 55,46% para açúcares redutores, atribuindo esses valores ao fato de sua composição ser altamente dependente do tipo de flor que a abelha utiliza, assim como condições climáticas e geográficas. Já Richter et al (2001), ao analisarem méis do Rio Grande do Sul, encontraram 10,5% das amostras em desacordo com a legislação. Sohaimy, Masry e Shehata (2015) encontraram valores muito baixos de açúcares redutores, a partir de 15,1 %, em méis egípcios.

4.1.4 Sacarose

O teor de sacarose aparente variou de $0,5 \pm 0,05$ a $31\% \pm 0,44\%$ com média de 10,46%, se apresentou fora dos padrões para açúcares não-redutores em 56% dos méis analisados, conforme Figura 11. De acordo com a legislação, o máximo permitido para a sacarose é de 6%.

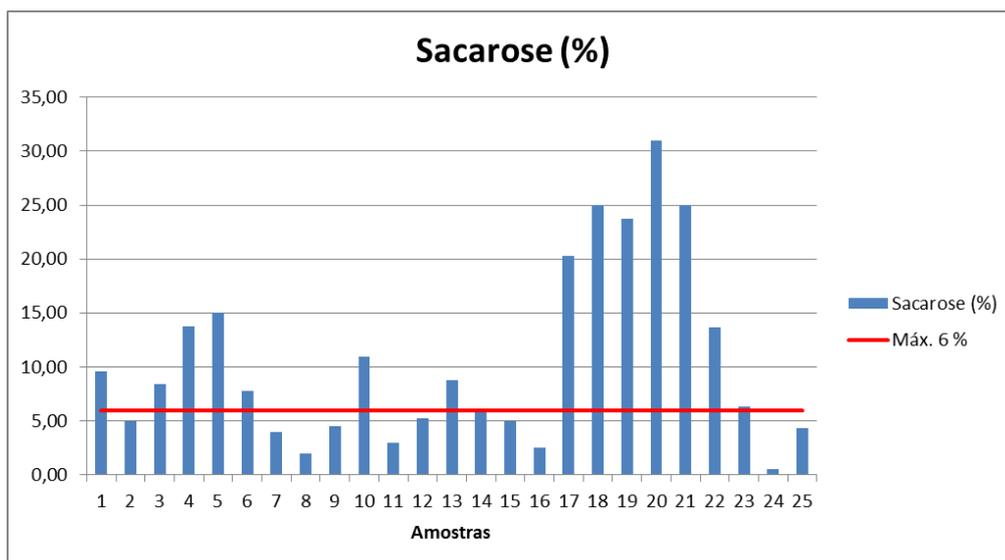


Figura 11 – Resultados da sacarose das amostras de méis analisadas
 Fonte: Autoria própria

Além da variação natural de fonte floral influenciar diretamente o teor de açúcares não-redutores, uma alta concentração no teor de sacarose pode indicar um mel colhido antes do período de maturação, que não permaneceu na colmeia o tempo suficiente para a conversão completa da sacarose em glicose e frutose. A adulteração do mel por adição de sacarose diretamente se apresentou improvável pelo fato de serem méis recém-colhidos e enviados diretamente para pesquisa (GOIS et al, 2013).

No estado do Rio de Janeiro, Ribeiro et al (2009), ao analisarem a sacarose em 10 amostras de mel, observaram que 20% estavam com um valor acima do máximo permitido na legislação, atribuindo o fato a favos em estágios de maturação inadequados. Martins et al. (2014) encontraram todas as amostras em desacordo com a legislação, com uma média de sacarose de 15,63%. Já Santos, Oliveira e Martins (2011) encontraram amostras irregulares no estado do Ceará, com valores próximos ao presente estudo, de até 29,05% de sacarose aparente, relatando uma possível alteração com adição de açúcar comercial.

4.1.5 Umidade

A umidade encontrada nas amostras de méis se apresentou uniforme, variando entre $17 \pm 0,00$ e $21,6\% \pm 0,46\%$, com média de 18,89%. Apenas 4 (16%) amostras revelaram valores acima do permitido na legislação, que preconiza um máximo de 20% para assegurar a ausência de fermentação, conforme Figura 12. As regiões que representaram esses méis com umidade elevada foram Cachoeiras de Macacu, Queimados e Nova Friburgo.

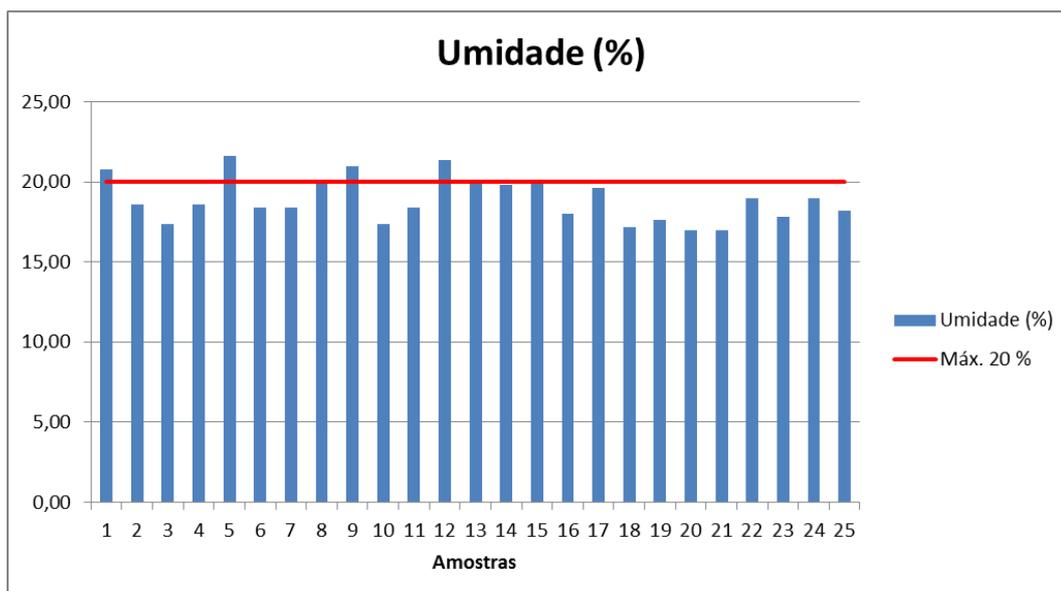


Figura 12 – Resultados da umidade das amostras de méis analisadas
 Fonte: Autoria própria

Os méis de cambará não diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). A oscilação na taxa de umidade pode ser explicada diretamente por condições climáticas, época de colheita e grau de maturação. Valores elevados podem indicar um mel colhido precocemente, oriundo de favos não operculados, quando o mel ainda não foi completamente desumificado conforme a maturação, ou por fatores pós-colheita, em condições de armazenamento inadequadas onde ocorre absorção de umidade do ambiente (SODRÉ et al, 2007; RODRIGUEZ et al, 2004).

Moraes et al. (2014) encontraram valores próximos ao presente estudo em amostras de méis do Paraná, onde 37,5% delas se encontravam com umidade acima do valor permitido, enquanto Anacleto et al. (2009) encontraram um valor médio de umidade de 24,37% em méis de São Paulo, estando todas as amostras em desacordo com a legislação. Já Silva et al. (2011), ao estudarem amostras de méis do estado de Minas Gerais, encontraram todas as amostras com umidade no limite permitido pela norma vigente.

4.1.6 Cinzas

O teor de cinzas se encontrou dentro do limite estabelecido na norma vigente, de no máximo 0,6%, em todas as amostras (Figura 13), variando de $0,03 \pm 0,02$ a $0,47\% \pm 0,05\%$ com uma média de 0,22%.

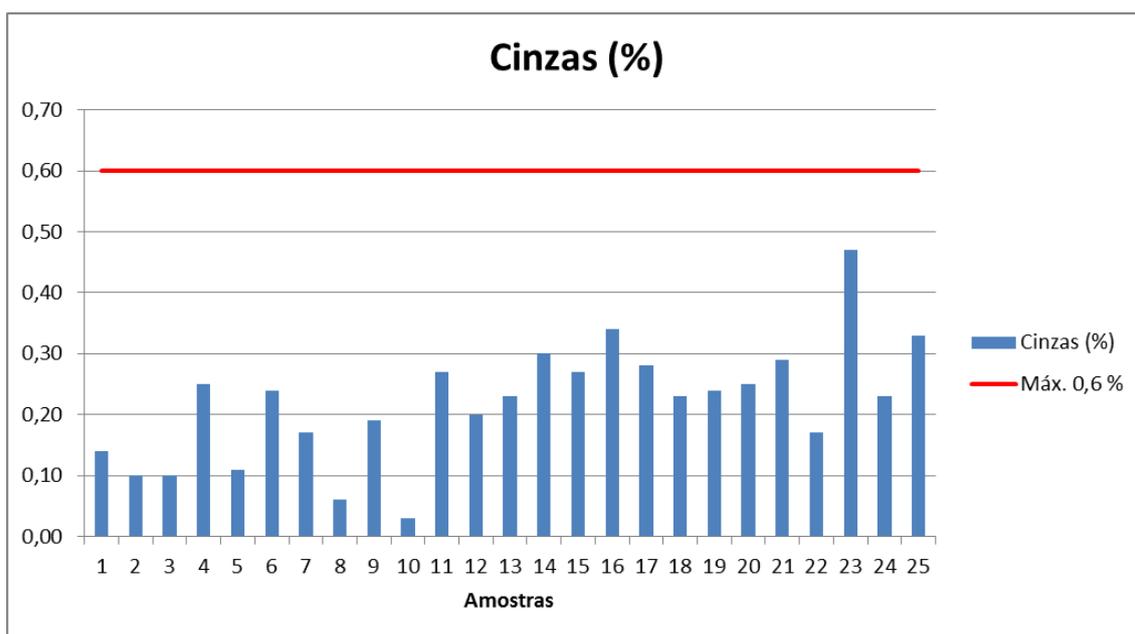


Figura 13 – Resultados do teor de cinzas das amostras de méis analisadas
 Fonte: Autoria própria

O mel de assa-peixe apresentou o menor teor de cinzas, e os méis monoflorais não apresentaram diferença estatística entre si ($p \leq 0,05$). Esse parâmetro, que expressa os minerais presentes no mel, pode ser alterado por fatores referentes a abelha, clima, solo e origem botânica, além de sugerir adulteração por materiais inorgânicos como areia e terra. Logo, a análise de cinzas é muito utilizada não só para estudar aspectos relacionados ao valor nutricional, como também para verificar a qualidade do mel, constatando irregularidades na produção, por beneficiamento incorreto e falta de higiene (BOGDANOV et al, 1999; SANTOS, OLIVEIRA E MARTINS, 2011).

No estado do Paraná, valores parecidos foram encontrados por Moraes et al. (2014), que analisaram 40 amostras de méis, obtendo média de 0,19%, assim como por Alves et al. (2011), que encontraram valor médio de 0,17%. Já Abadio-Finco, Moura e Silva (2010) encontraram uma média de 0,14% em méis do Tocantins, sem que as amostras excedessem o limite preconizado para esse parâmetro.

4.1.7 Atividade diastásica

A atividade diastásica, responsável pelas atividades das enzimas do mel, variou bastante nas amostras de méis estudadas, sendo que 10 delas (40%) apresentaram atividade abaixo do permitido na legislação, de no mínimo 8 na escala Gothe, conforme Figura 14. Desses méis, uma foi de Cachoeiras de Macacu, quatro de Miguel Pereira e cinco de Nova Iguaçu.

Atividade diastásica

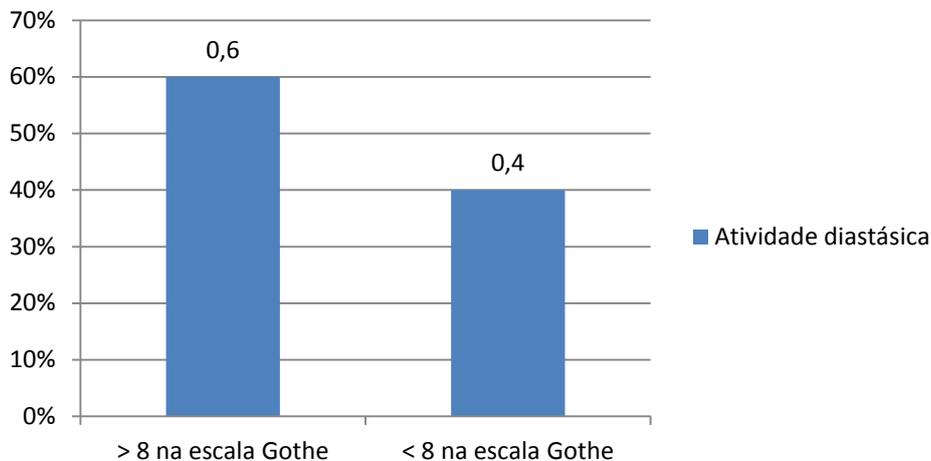


Figura 14 – Porcentagem da atividade diastásica acidez das amostras de méis analisadas

Fonte: Autoria própria

A principal enzima responsável pela atividade diastásica no mel é a diastase, por sua elevada sensibilidade ao calor. A adição enzimática feita pelas abelhas pode depender de sua idade, dieta e estágio fisiológico, assim como temperatura e abundância de néctar. Essa atividade pode indicar um parâmetro de frescor no mel, podendo ser diminuída pelo aquecimento ou armazenamento inadequado (BOGDANOV, et al 1999; CRANE, 1983).

Dias et al. (2010), ao analisarem méis do estado do Paraná, encontraram todas as amostras com valores para atividade diastásica acima de 8 na escala Gothe, estando de acordo com a legislação vigente. Filho et al. (2011) encontrou 25% de suas amostras de méis do estado da Paraíba reprovadas para atividade diastásica. Já Sodré et al. (2005), ao estudarem méis do estado do Ceará e Piauí, encontraram valores mais próximos ao presente estudo, com respectivamente 35% e 53% das amostras abaixo do permitido, atribuindo o fato a regiões quentes e secas apresentarem menor quantidade de enzimas quando comparadas as demais, e questionando o uso desse parâmetro como indicador de qualidade pela grande variação apresentada em méis recém-colhidos e não aquecidos, como também foi verificado no presente trabalho.

4.1.8 Coloração

A coloração dos méis se apresentou dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação, que podem variar de branca d'água até âmbar escuro. Ocorreu uma predominância de 60% da cor âmbar claro, seguida de 32% de extra âmbar e apenas 8% de âmbar, conforme Figura 15.

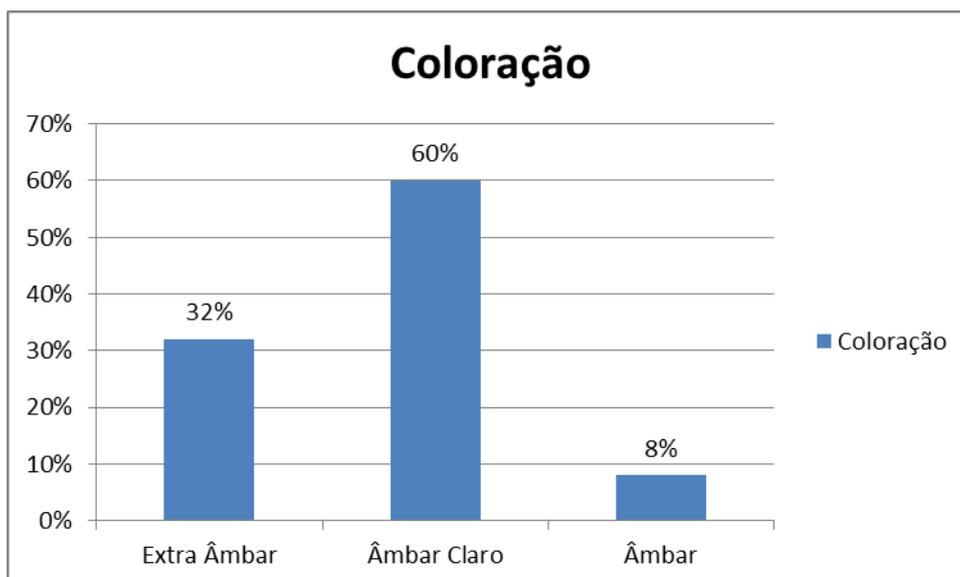


Figura 15 – Porcentagem da coloração das amostras de méis analisadas
 Fonte: Autoria própria

Moraes et al. (2014) encontraram valores próximos aos do presente estudo, com predominância da cor âmbar claro em 42% das amostras do Paraná, assim como Mendonça et al. (2008), que encontraram coloração âmbar claro em 67% das amostras de São Paulo. Já Vieira et al. (2014) verificaram predominância da cor âmbar claro em 81% das amostras de méis do Paraná.

A diferença na coloração das amostras pode estar relacionada à origem floral do mel, assim como ao tipo de pólen e concentração de minerais e nitrogênio, podendo ser alterada tanto por fatores climáticos como por ação do calor. Em altas temperaturas de estocagem pós-colheita como armazenamento prolongado ou processamento a coloração pode ser afetada, ocasionando um escurecimento que não está relacionado ao presente estudo, devido ao frescor dos méis recém-colhidos analisados (VIEIRA et al, 2014).

Segundo Alves et al. (2005), méis mais claros costumam alcançar preços mais elevados, logo a coloração de méis do Rio de Janeiro pode resultar em produtos com alta aceitação no mercado.

4.2 Caracterização funcional

Os resultados das análises funcionais de teor de compostos fenólicos, DPPH e FRAP estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados dos parâmetros DPPH, FRAP e teor de compostos fenólicos das amostras de méis

Amostras	DPPH ($\mu\text{mol TE/g}$)	FRAP ($\mu\text{mol TE/g}$)	Fenólicos totais (mg EAG. 100g^{-1})
1	$0,19 \pm 0,02^{\text{b}}$	$2,23 \pm 0,03^{\text{cde}}$	$25,94 \pm 9,59^{\text{cdefg}}$
2	$0,8 \pm 0,04^{\text{klmn}}$	$1,44 \pm 0,24^{\text{de}}$	$67,90 \pm 6,97^{\text{a}}$
3	$0,55 \pm 0,03^{\text{mn}}$	$1,85 \pm 0,21^{\text{de}}$	$25,69 \pm 1,16^{\text{cdefg}}$
4	$0,69 \pm 0,01^{\text{lmn}}$	$5,13 \pm 1,24^{\text{ab}}$	$28,76 \pm 5,25^{\text{cdef}}$
5	$0,79 \pm 0,11^{\text{klmn}}$	$1,54 \pm 0,08^{\text{de}}$	$23,59 \pm 0,61^{\text{cdefgh}}$
6	$1,73 \pm 0,45^{\text{efghi}}$	$2,80 \pm 0,12^{\text{cde}}$	$24,91 \pm 3,82^{\text{cdefg}}$
7	$1,05 \pm 0,06^{\text{hijklm}}$	$4,47 \pm 1,77^{\text{abc}}$	$34,95 \pm 1,33^{\text{bcd}}$
8	$0,74 \pm 0,05^{\text{klmn}}$	$3,23 \pm 0,09^{\text{bcde}}$	$9,59 \pm 0,86^{\text{gh}}$
9	$1,95 \pm 0,54^{\text{cdefg}}$	$2,50 \pm 0,01^{\text{cde}}$	$21,25 \pm 0,43^{\text{defgh}}$
10	$0,36 \pm 0,01^{\text{mn}}$	$1,59 \pm 0,09^{\text{de}}$	$16,22 \pm 1,67^{\text{efgh}}$
11	$1,58 \pm 0,11^{\text{fghij}}$	$0,89 \pm 0,37^{\text{e}}$	$17,75 \pm 0,70^{\text{efgh}}$
12	$2,67 \pm 0,13^{\text{abc}}$	$3,00 \pm 0,01^{\text{bcde}}$	$20,67 \pm 0,93^{\text{defgh}}$
13	$1,20 \pm 0,20^{\text{ghijklm}}$	$2,18 \pm 0,07^{\text{cde}}$	$8,30 \pm 0,16^{\text{h}}$
14	$1,78 \pm 0,45^{\text{defghi}}$	$3,23 \pm 0,72^{\text{bcde}}$	$13,51 \pm 3,15^{\text{fgh}}$
15	$0,96 \pm 0,30^{\text{ijklmn}}$	$5,06 \pm 0,13^{\text{ab}}$	$26,13 \pm 0,14^{\text{cdef}}$
16	$1,85 \pm 0,05^{\text{cdefgh}}$	$2,68 \pm 0,19^{\text{cde}}$	$19,60 \pm 3,84^{\text{defgh}}$
17	$2,91 \pm 0,27^{\text{ab}}$	$6,18 \pm 0,17^{\text{a}}$	$46,86 \pm 4,53^{\text{b}}$
18	$3,21 \pm 0,02^{\text{a}}$	$4,64 \pm 0,46^{\text{abc}}$	$34,59 \pm 5,75^{\text{bcd}}$
19	$2,59 \pm 0,08^{\text{abcd}}$	$2,91 \pm 0,05^{\text{bcde}}$	$46,33 \pm 5,02^{\text{b}}$
20	$1,48 \pm 0,12^{\text{fghijkl}}$	$3,90 \pm 0,04^{\text{abcd}}$	$31,60 \pm 1,96^{\text{bcde}}$
21	$2,16 \pm 0,06^{\text{bcdef}}$	$1,19 \pm 0,05^{\text{e}}$	$31,23 \pm 7,18^{\text{bcde}}$
22	$1,57 \pm 0,19^{\text{fghijk}}$	$1,17 \pm 0,19^{\text{e}}$	$39,96 \pm 9,40^{\text{bc}}$
23	$1,92 \pm 0,32^{\text{cdefg}}$	$3,18 \pm 0,23^{\text{bcde}}$	$22,48 \pm 2,89^{\text{defgh}}$
24	$2,46 \pm 0,04^{\text{abcde}}$	$2,91 \pm 0,03^{\text{bcde}}$	$19,20 \pm 0,97^{\text{defgh}}$
25	$2,64 \pm 0,11^{\text{abc}}$	$2,25 \pm 0,33^{\text{cde}}$	$23,99 \pm 0,40^{\text{cdefgh}}$

DPPH: 2,2-difenil-1-picril-hidrazila; FRAP: Ferric reducing antioxidant power; EAG: equivalente de ácido gálico; médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria

4.2.1 DPPH

Os resultados de DPPH ($\mu\text{mol trolox. g}^{-1}$) variaram de $0,19 \pm 0,02$ e $3,21 \pm 0,02$ conforme Figura 16, com média de 1,59.

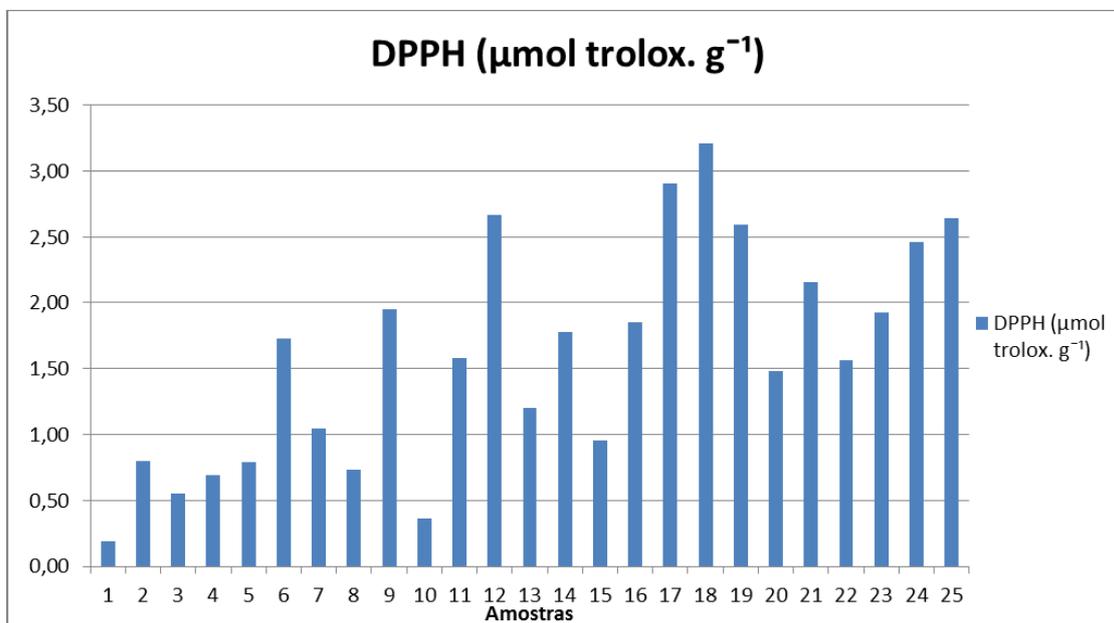


Figura 16 – Resultados do DPPH das amostras de méis analisadas
Fonte: Autoria própria

Estes resultados foram calculados a partir da curva padrão de Trolox (Figura 16).

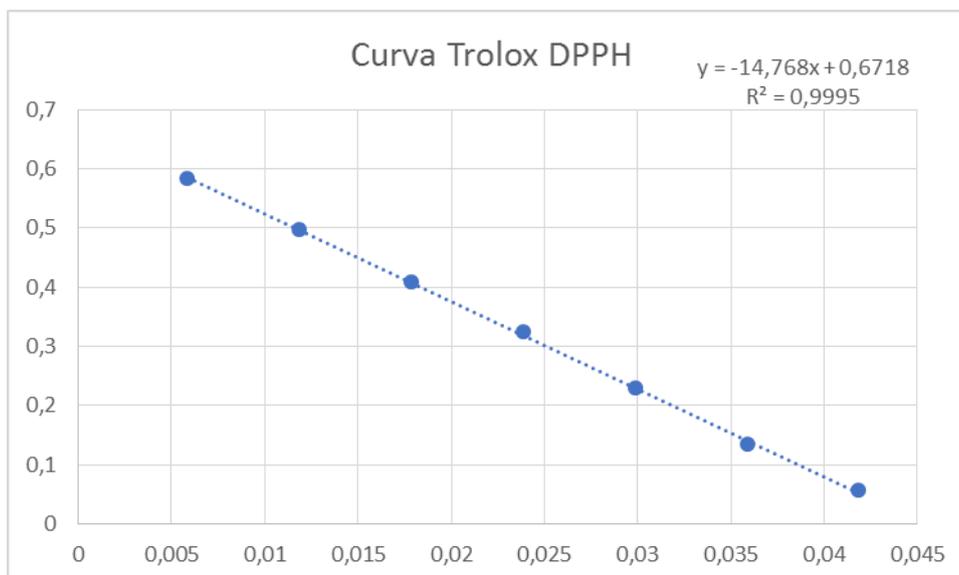


Figura 17 – Curva de calibração do Trolox
Fonte: Autoria própria

A capacidade antioxidante para diferentes tipos de méis monoflorais aumentou na ordem: café < assa-peixe < cambará (5) < laranja < café com erva canudo < eucalipto (6) < cambará (9) < eucalipto (21). O mel de café apresentou uma média para atividade

DPPH de 0,19 $\mu\text{mol TE/g}$, enquanto os valores mais altos de DPPH para méis monoflorais foram alcançados pelas duas amostras de eucalipto, com respectivamente 2,16 e 1,73 $\mu\text{mol TE/g}$, que não diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$), além da amostra de camará com o valor intermediário de 1,95 $\mu\text{mol TE/g}$.

Os valores de DPPH encontrados no presente estudo estão superiores aos encontrados por Attanzio et al (2016), que variaram de 8,5 a 238,4 $\mu\text{mol trolox/100g}$, com média de 90,28, e também aos encontrados por Kus et al (2014) em méis poloneses, com variação de 0.2 a 1.2 mmol trolox/kg (média de 0,5). Os valores apresentados por Serem e Bester (2012) em méis africanos se apresentaram próximos, de 0,42 a 3,72 $\mu\text{mol trolox. g}^{-1}$, com média de 1,73. Alvarez-Suarez et al (2018) encontraram uma média maior, de 31,06 mmol trolox/100g em méis cubanos, enquanto Lovakovic et al (2018) encontraram valores de 1,94 a 4,45 mmol trolox/kg em méis da Croácia, com média de 3,34.

4.2.2 FRAP

Os valores de FRAP ($\mu\text{mol trolox. g}^{-1}$) encontrados nas amostras variaram de 0,89 $\pm 0,36$ a 6,18 $\pm 0,16$, com média de 2,89 conforme Figura 18.

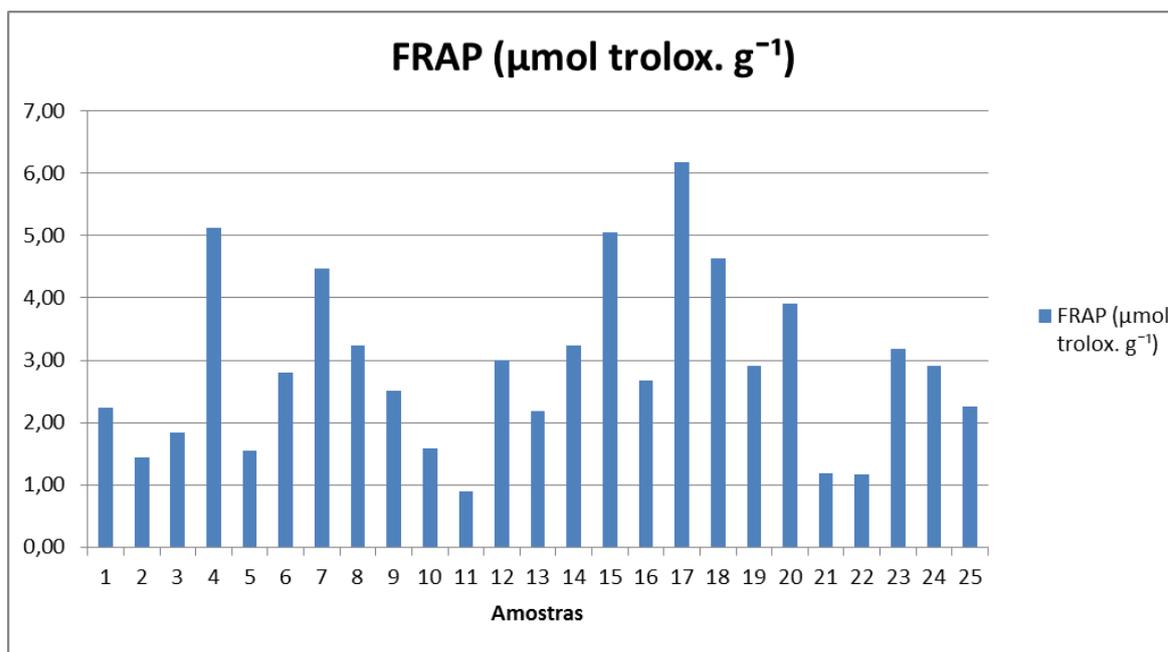


Figura 18 – Valores de FRAP das amostras de méis
Fonte: Autoria própria

Estes resultados foram calculados a partir da curva padrão de Trolox (Figura 19).

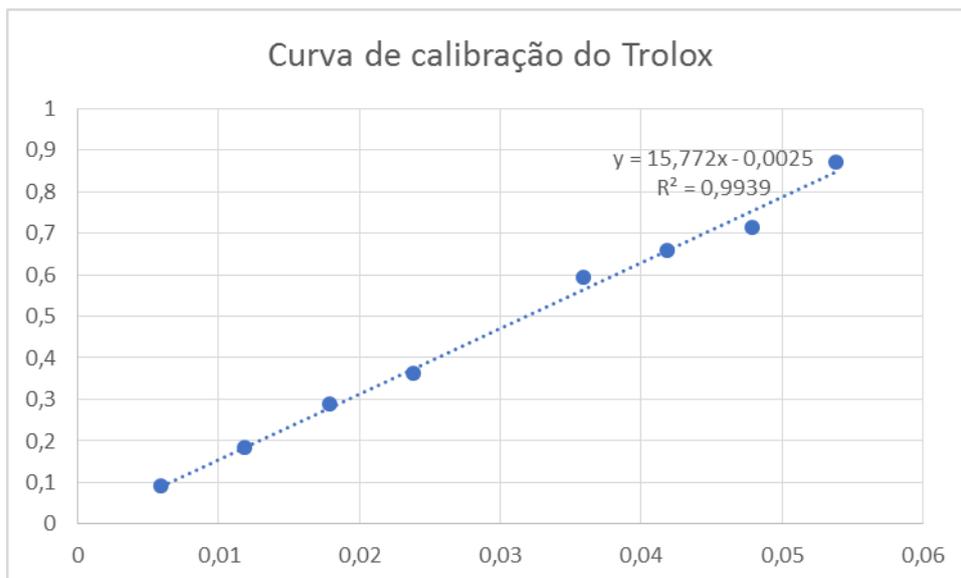


Figura 19 – Curva de calibração do Trolox

Fonte: Autoria própria

A capacidade antioxidante por este método para os diferentes tipos de méis monoflorais aumentou na ordem: café com erva canudo < eucalipto (21) < laranjeira < cambará (5) < assa-peixe < café < cambará (9) < eucalipto (6). O mel de café com erva canudo apresentou uma média para FRAP de 0,89 $\mu\text{mol trolox/g}$, enquanto que as amostras cambará (9) e eucalipto (6) apresentaram as maiores médias para méis monoflorais, de respectivamente 2,50 e 2,80 $\mu\text{mol trolox/g}$. Os méis de café não diferiram entre si estatisticamente, assim como os méis de cambará e eucalipto ($p \leq 0,05$). Os méis poliflorais apresentaram uma média superior de FRAP, quando comparados aos méis monoflorais. Resultados parecidos foram encontrados por Beretta et al. (2005), ao demonstrar grande diferença no perfil antioxidante de diferentes tipos de méis, sendo os menos ativos os de origem floral.

Os valores de FRAP apresentados foram superiores aos encontrados por Alvarez-Suarez et al (2018), que relataram uma média de 1,59 $\mu\text{mol trolox/g}$ em méis cubanos. Gorjanovik et al (2013) encontraram valores similares, de 0,04 a 4,98 $\mu\text{mol trolox. g}^{-1}$, com média de 1,60. Nascimento et al (2018) analisaram méis do Rio Grande do Sul, relatando uma variação de 0,22 a 2,11 $\mu\text{mol trolox. g}^{-1}$ (média 1,21). Almeida et al (2016) estudaram méis da região nordeste do Brasil, encontrando uma variação de 0,99 a 7,20 $\mu\text{mol TE/g}$. Habib et al (2014) estudaram méis de regiões áridas e não-áridas, encontrando valor máximo de 1,2 $\mu\text{mol trolox. g}^{-1}$.

4.2.3 Compostos fenólicos

Em paralelo aos ensaios de capacidade antioxidante, o teor de compostos fenólicos foi quantificado, de acordo com a Figura 20.

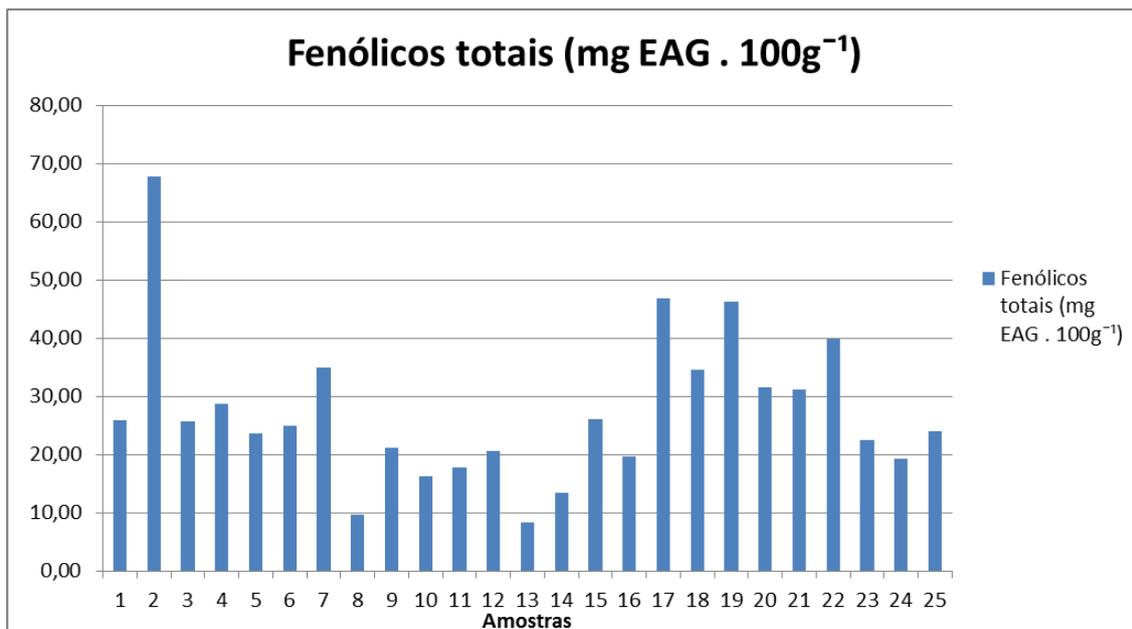


Figura 20 – Teor de compostos fenólicos encontrados nas amostras de méis
 Fonte: Autoria própria

Estes resultados foram calculados a partir da curva padrão de ácido gálico (Figura 21).

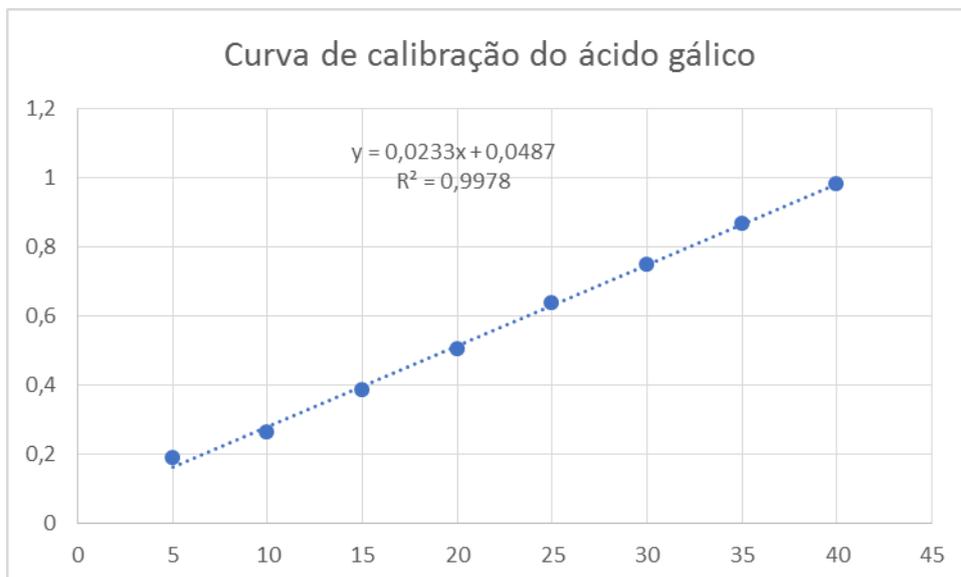


Figura 21 – Curva de calibração do ácido gálico
 Fonte: Autoria própria

O teor de compostos fenólicos totais encontrados variou de $8,30 \pm 0,15$ e $67,90 \pm 6,90$ mg GAE/100g, com média de 27,24. Estes compostos para os diferentes tipos de méis monoflorais aumentaram na ordem: assa-peixe < café com erva canudo < cambará (9) < cambará (5) < eucalipto (6) < café < eucalipto (21) < laranjeira. O mel de assa-peixe apresentou a menor quantidade de compostos fenólicos totais para méis monoflorais, com 16,22 mg GAE/100g, enquanto que o mel de laranjeira apresentou uma quantidade significativamente maior, de 67,90 mg GAE/100g, seguido pelo mel de eucalipto (21), com

31,23 mg GAE/100g. Os méis de café não diferiram entre si ($p \leq 0,05$), assim como os méis de camará e eucalipto.

Estes valores se apresentam inferiores aos descritos por Attanzio et al (2016), que encontraram uma variação de 16,5 a 133,3 mg GAE/100g. Já Serem e Bester (2012) verificaram valores ainda superiores em méis africanos, com média de 99,75 mg GAE/100g (68,85 a 167,96). Alvarez-Suarez et al (2018) observaram uma média de 54,30 mg GAE/100g em méis cubanos, enquanto Bueno-Costa et al (2016) relataram uma variação de 61,16 a 111,37 mg GAE/100g em méis do Rio Grande do Sul.

4.3 Análise instrumental da cor

A Tabela 12 apresentou a coloração dos méis analisados.

Tabela 12 - Resultados de coloração das amostras de méis (continua)

Amostra	L*	a*	b*
1	3,12 ± 0,17 ^{def}	0,09 ± 0,03 ^b	3,73 ± 0,56 ^{bcde}
2	3,12 ± 0,40 ^{def}	-0,48 ± 0,06 ^{cd}	3,71 ± 0,35 ^{bcdef}
3	14,05 ± 0,36 ^a	3,12 ± 0,05 ^a	19,18 ± 0,08 ^a
4	3,04 ± 0,19 ^{ef}	-0,93 ± 0,04 ^{efg}	3,72 ± 0,24 ^{bcdef}
5	3,20 ± 0,19 ^{def}	0,32 ± 0,04 ^b	4,09 ± 0,23 ^{bcd}
6	1,66 ± 0,51 ^h	-1,13 ± 0,09 ^{fgh}	1,78 ± 0,48 ⁱ
7	4,22 ± 0,41 ^b	-1,13 ± 0,27 ^{fgh}	4,79 ± 0,62 ^b
8	3,02 ± 0,07 ^{fg}	-1,36 ± 0,06 ^{hi}	3,04 ± 0,14 ^{defgh}
9	2,50 ± 0,23 ^{fgh}	-1,19 ± 0,02 ^{gh}	2,64 ± 0,39 ^{fghi}
10	2,64 ± 0,31 ^{fg}	-1,58 ± 0,15 ⁱ	2,22 ± 0,48 ^{hi}
11	4,13 ± 0,13 ^{bc}	-2,04 ± 0,06 ^j	4,27 ± 0,22 ^{bc}
12	2,55 ± 0,18 ^{fgh}	-0,45 ± 0,12 ^c	3,37 ± 0,29 ^{cdefg}
13	2,50 ± 0,51 ^{fgh}	-0,67 ± 0,09 ^{cde}	3,16 ± 0,47 ^{defgh}
14	2,73 ± 0,07 ^{fg}	-1,11 ± 0,04 ^{fgh}	3,26 ± 0,03 ^{cdefgh}
15	3,07 ± 0,20 ^{def}	-1,09 ± 0,09 ^{fgh}	3,02 ± 0,15 ^{defgh}
16	2,12 ± 0,14 ^{gh}	-1,09 ± 0,04 ^{fgh}	2,42 ± 0,19 ^{ghi}
17	3,30 ± 0,34 ^{cdef}	-0,70 ± 0,13 ^{cde}	3,77 ± 0,41 ^{bcde}
18	2,94 ± 0,12 ^{fg}	-0,80 ± 0,13 ^{def}	3,83 ± 0,27 ^{bcde}
19	2,83 ± 0,06 ^{fg}	-1,10 ± 0,08 ^{fgh}	2,91 ± 0,09 ^{efgh}
20	3,18 ± 0,08 ^{def}	-0,81 ± 0,15 ^{def}	4,07 ± 0,06 ^{bcd}

Tabela 12 – Continuação

21	3,96 ± 0,47 ^{bcd}	-1,41 ± 0,19 ^{hi}	3,95 ± 0,03 ^{bcd}
22	2,57 ± 0,23 ^{fg}	-1,53 ± 0,09 ⁱ	2,59 ± 0,30 ^{ghi}
23	3,26 ± 0,39 ^{cdef}	-1,11 ± 0,09 ^{fgh}	3,82 ± 0,64 ^{bcd}
24	2,86 ± 0,28 ^{fg}	-0,85 ± 0,04 ^{ef}	3,73 ± 0,22 ^{bcd}
25	3,94 ± 0,29 ^{bcd}	-2,34 ± 0,14 ^j	3,49 ± 0,39 ^{cdefg}

médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria

Méis de diferentes origens florais possuem diferentes parâmetros de cor. Os valores de cor do trítio dos méis foram expressos como L* para escuridão/leveza (0 preto, 100 branco), a para verde/vermelho (-verde, +vermelhidão) e b para azul/amarelo (-azul, +amarelo). Os valores de L* das amostras variaram de 1,66 ± 0,51 a 14,05 ± 0,36, com menor valor de L* indicando uma cor de mel mais escura. As amostras 6, 9 e 10, eucalipto, cambará e assa-peixe respectivamente, obtiveram os menores valores de L* para méis monoflorais, logo foram definidos como méis de cor escura. As amostras 11, 21 e 5, café com erva canudo, eucalipto e cambará respectivamente, apresentaram maiores valores L, sendo classificadas como amostras mais claras de méis monoflorais, porém os méis de cambará não apresentaram diferença estatística entre si ($p \leq 0,05$). Os méis poliflorais não apresentaram padrão de L* parecidos. Os méis da região de Barra Mansa não diferiram entre si ($p \leq 0,05$), assim como os méis da região de Miguel Pereira e Nova Friburgo. Tornuk et al (2013) reportaram valores próximos do presente estudo em méis turcos, com variação de L* de 8,88 a 18,54.

Para o parâmetro a, ocorreu uma variação de -2,34 ± 0,14 a 3,12 ± 0,05, e os valores mais altos de vermelhidão para amostras monoflorais foram de 0,32 seguido de 0,09, encontrados em méis de cambará (5) e café (1) respectivamente, e os valores mais altos para esverdeamento em amostras monoflorais foram em méis de café com erva canudo (11), com -2,34, e assa-peixe (10), com -2,04. Os méis de eucalipto não apresentaram diferença estatística entre si ($p \leq 0,05$).

Para o parâmetro b, ocorreu uma variação de 1,78 ± 0,48 a 19,18 ± 0,08, sendo que as amostras café com erva canudo (11), cambará (5) e eucalipto (21) exibiram os maiores valores de amarelamento para méis monoflorais (4,27; 4,09 e 3,95 respectivamente), enquanto as amostras de eucalipto (6), assa-peixe (10) e cambará (9) foram identificadas como aquelas com maior coloração azulada. Os méis de café não diferiram entre si estatisticamente ($p \leq 0,05$), assim como os méis da região de Miguel Pereira. Boussaid et al (2018) verificaram valores mais próximos de a* e b* para méis africanos, com variação respectiva de -0,67 a 4,41 e 6,06 a 17,67.

Observa-se que para um mesmo tipo de flor ocorreu variação entre os parâmetros de cor para as amostras de méis analisadas, que possuem localizações diferentes, com solo e clima variáveis. Mudanças na cor podem ser atribuídas à intervenções do apicultor, assim como fatores pós-colheita como exposição à temperaturas altas e luz, com presença de pigmentos contaminantes específicos que surgem do armazenamento inadequado (BERETTA et al, 2005).

4.4 Análise de componentes principais

Tabela 13 - Correlação de Pearson para as variáveis quantitativas

Variables	Acidez	HMF*	Açúcares Redutores	Sacarose	Umidade	Cinzas	L*	a*	b*	DPPH	FRAP	Fenólicos totais
Acidez	1											
HMF*	0.143	1										
Açúcares Redutores	-0.348	0.137	1									
Sacarose	0.303	-0.148	-0.976	1								
Umidade	0.184	0.075	0.212	-0.396	1							
Cinzas	0.217	-0.292	-0.017	0.054	-0.239	1						
L*	-0.070	0.079	0.082	-0.024	-0.268	-0.218	1					
a*	0.166	0.323	-0.091	0.064	0.093	-0.360	0.759	1				
b*	-0.010	0.145	0.059	-0.010	-0.227	-0.223	0.989	0.832	1			
DPPH	0.408	-0.246	-0.214	0.253	-0.155	0.570	0.249	0.333	0.243	1		
FRAP	0.406	0.152	-0.188	0.200	0.025	0.282	0.149	0.036	0.115	0.256	1	
Fenólicos totais	0.049	0.229	-0.341	0.393	-0.258	-0.076	0.023	0.082	0.021	0.143	0.129	1

Valores em negrita indicam significância estatística ($p < 0,05$) no teste de correlação de Pearson
Fonte: autoria própria

Foi detectada uma correlação moderada entre cinzas e DPPH ($r=0,570$). Segundo Sant'ana et al (2012), isso pode ocorrer devido ao fato dos minerais demonstrarem um sinergismo considerável na capacidade antioxidante, funcionando como doadores de elétrons com sua carga facilmente estabilizada pela estrutura polifenólica. Houve uma correlação fraca e positiva entre a acidez e os parâmetros DPPH e FRAP, com valores de $r = 0,408$ e $0,406$ respectivamente, podendo estar relacionada à formação de complexos de íons metálicos com compostos fenólicos (SANT'ANA et al, 2012). Como é de se esperar houve uma correlação fortemente negativa ($-0,976$) entre os açúcares redutores e a sacarose, visto que com a maturação do mel a sacarose é convertida em glicose e frutose pela enzima invertase (SILVA et a, 2016). Não foi observada uma forte correlação entre os métodos DPPH, FRAP e fenólicos totais, indicando que a capacidade antioxidante das amostras pode estar relacionada a outros compostos presentes no mel.

Na Análise de Componentes Principais foram necessários três componentes para poder explicar 62,6% da variabilidade do experimento distribuídos em 27,0% para o CP1, 22,4% para o CP2 e 13,2% para o CP3, sendo as variáveis de cor L*, a* e b*, sacarose, açúcares redutores e DPPH as que mais contribuíram na diferenciação das amostras (Figura 22).

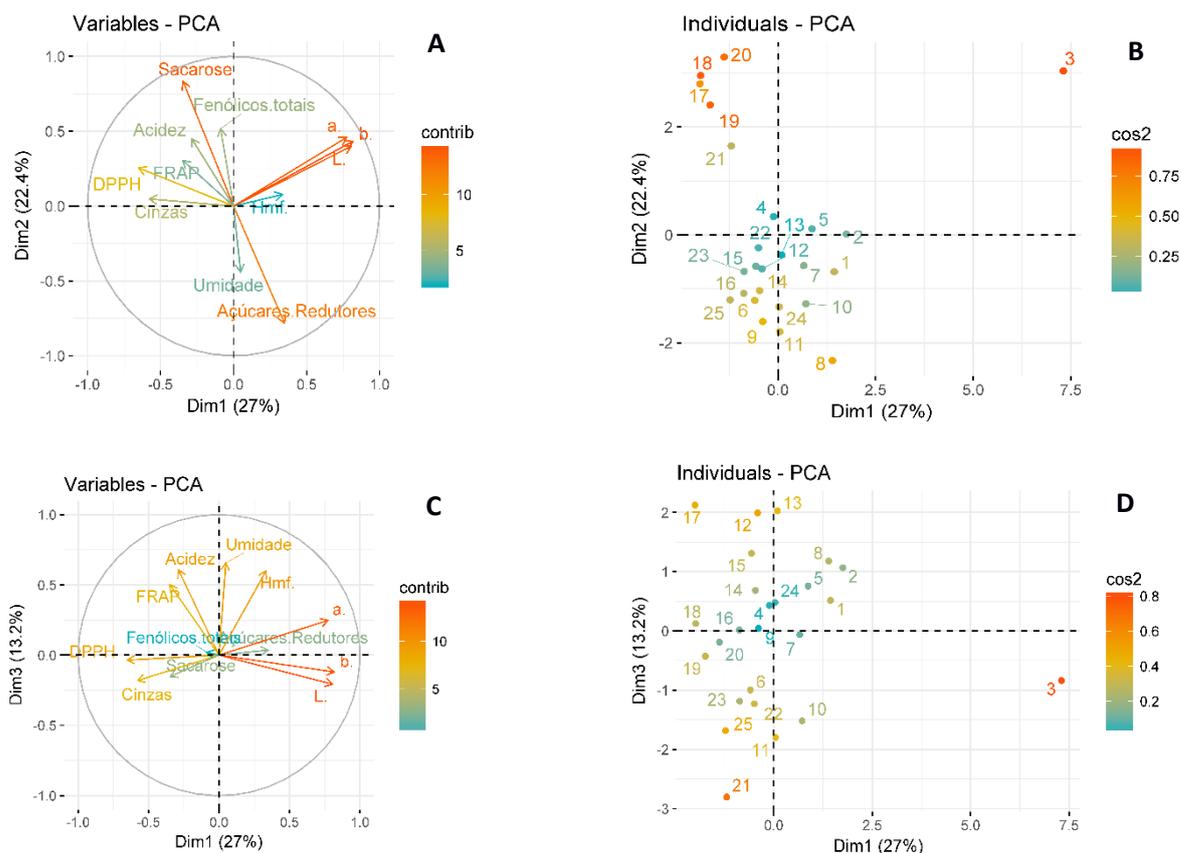


Figura 22 – Análises de componentes principais das amostras de méis; A) CP 1 e 2 para as variáveis; B) CP 1 e 2 para as amostras; C) CP 1 e 3 para as variáveis; D) CP 1 e 3 para as amostras.

Fonte: autoria própria

Pode-se observar que as amostras 3, 17, 18, 19, 20 apresentaram uma maior contribuição na diferenciação, sendo que a amostra 3 teve os maiores valores de L^* , a^* e b^* , com expressivo valor de 14,05 para L^* , 3,12 para b^* e 19,18 para a^* . As amostras 17, 18, 19 e 20 demonstraram os maiores valores de sacarose. Os parâmetros de açúcares redutores e sacarose apresentaram grande contribuição na diferenciação das amostras por possível grau de maturação inadequados de determinadas amostras.

A clusterização foi feita a partir dos resultados dos componentes principais (Figura 23), confirmando a existência de três grupos de mel classificados pela sua semelhança. O grupo 1 se formou pelas amostras 17, 18, 19 e 20, que representam as cidades de fronteira territorial, Nova Iguaçu e Miguel Pereira, além de Sapucaia, que representa apenas a amostra 21. Logo, pode-se observar a influência da região em parâmetros específicos. A amostra 3 formou sozinha o grupo 3, que representa um mel silvestre com fator determinante na coloração, enquanto que as amostras restantes representam o grupo 2.

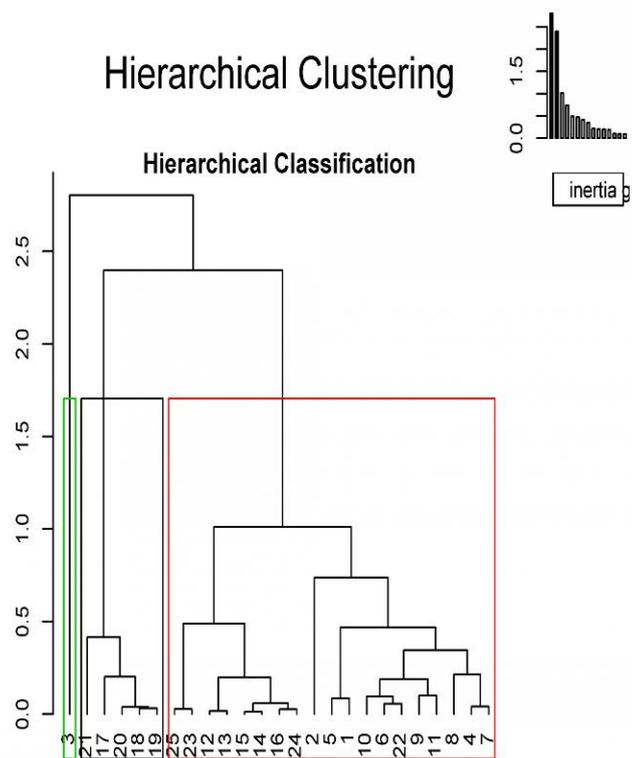


Figura 23 – Formação de agrupamentos a partir da análises de componentes principais das amostras de méis
 Fonte: autoria própria

5 CONCLUSÃO

O presente estudo revelou que o Estado do Rio de Janeiro, com sua rica flora vegetal, também é rico em termos de diversidade de mel. Diversos tipos de mel foram comparados neste estudo, tanto monoflorais quanto poliflorais, para investigar suas propriedades físicas e químicas, além de sua capacidade antioxidante. 25 amostras foram analisadas, sendo encontrados oito tipos de méis monoflorais. A análise físico-química do mel é fundamental para atestar a qualidade do produto. Das 25 amostras, apenas quatro apresentaram todos os parâmetros em acordo com a legislação brasileira vigente. Dentre as características avaliadas no presente trabalho, as que mais variaram foram acidez, açúcares redutores, sacarose aparente e atividade diastásica.

Embora uma parte das características do mel fosse compatível com os dados da legislação, outras permaneceram fora desses limites. Estes dados atualizados sugerem que méis de origem carioca podem representar uma base para a revisão dos índices de mel. A legislação atual, baseada em parâmetros do exterior como biodiversidade, clima e abelhas, pode não ser adequada para todos os caracteres analisados, reforçando a necessidade de um padrão próprio para méis brasileiros, auxiliando a evitar a prática de adulterações e comércio ilegal.

O conteúdo total de compostos fenólicos totais se mostrou um parâmetro significativo para a valorização dos méis brasileiros, considerando sua elevada capacidade antioxidante. Com relação a méis heteroflorais (silvestres), não foi observada uma relação entre os parâmetros funcionais estudados, o que pode estar relacionado a diversidade botânica e geográfica. Apesar disto, apresentaram uma maior capacidade antioxidante quando comparados à média monofloral. As variáveis sacarose, açúcares redutores, DPPH e cor foram as que mais contribuíram na diferenciação das amostras e foi confirmada a existência de três grupos de mel classificados por sua semelhança, com confirmação de propriedades afetadas pela flora da qual é originada e por variações geográficas.

A procura por produtos naturais coloca o Brasil em uma situação privilegiada, como grande fornecedor de produtos de abelha tanto em mercado nacional como internacional, devido a diversidade de flora e clima, assim como resistência de abelhas. Finalmente, é importante o conhecimento dos constituintes químicos do mel, que aperfeiçoem a produção destes produtos, para que em posse destes sejam propostas técnicas de manejo de colmeias que contribuam para o crescimento da produtividade e melhoria da qualidade do mel.

6 REFERÊNCIAS

ABADIO-FINCO, F. D. B.; MOURA, L. L.; SILVA, I. G. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 706-712, 2010.

ABEMEL. **Site Institucional**.2017. Disponível em: <www.abemel.com.br> Acesso em 05 abril,2017.

ABEMEL. **Site Institucional. Setor Apícola Brasileiro em Números**. 2017. Disponível em:<http://brazilletsbee.com.br/INTELIG%C3%8ANCIA%20COMERCIAL%20ABEMEL_MARCO_CONSOLIDADO_2017.pdf> Acesso em: 10 abril, 2017.

AHMED, M.; DJEBLI, N.; AISSAT, S.; KHIATI, B.; MESLEM, A.; BACHA, S. *In vitro* activity of natural honey alone and in combination with curcuma starch against *Rhodotorula mucilaginosa* in correlation with bioactive compounds and diastase activity. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 3, p. 816-821, 2013.

ALJADI, A. M.; KAMARUDDIN, M. Y. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. **Food Chemistry**, v. 85, n. 4, p. 513-518, 2004.

ALMEIDA, A. M. M.; OLIVEIRA, M. B. S.; COSTA, J. G.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F. Antioxidant Capacity, Physicochemical and Floral Characterization of Honeys from the Northeast of Brazil. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 1, p. 57-77, 2016.

ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; GIAMPIERI, F.; BRENCIANI, A.; MAZZONI, L.; GASPARRINI, M.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; SANTOS-BUELGA, C.; MORRONI, G.; SIMONI, S.; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y.; AFRIN, S.; GIOVANETTI, E.; BATTINO, M. *Apis mellifera* vs *Melipona beecheii* Cuban polyfloral honeys: A comparison based on their physicochemical parameters, chemical composition and biological properties. **LWT – Food Science and Technology**, v. 87, p. 272-279, 2018.

ALVES, E. M.; SEREIA, M. J.; TOLEDO, V. A. A.; MARCHINI, L. C.; NEVES, C. A.; TOLEDO, T. C. S. O. A.; ALMEIDA-ANACLETO, D. Physicochemical characteristics of organic honey samples of africanized honeybees from Parana River islands. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 635-639, 2011.

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

ALZHRANI, H. A.; ALSABEHI, R.; BOUKRAË, L.; ABDELLAH, F.; BELLIK, Y.; BAKHOTMAH, B. A. Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. **Molecules**, v. 17, n. 9, 2012.

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

ARAÚJO, D. R.; SILVA, R. H. D.; SOUSA, J. S. Avaliação da qualidade físico-química do mel comercializado na cidade do Crato, CE. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 51-55, 2006.

AROUCHA, E. M. M.; OLIVEIRA, A. J. F.; NUNES, G. H. S.; MARACAJÁ, P. B.; SANTOS, M. C. A. Qualidade do mel de abelha produzidos pelos incubados da iagram e comercializado no município de Mossoró/RN. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 211-217, 2008.

ARRUDA, C. M. F. **Características físico-químicas e polínicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) da região da chapada do Araripe, município de Santana do Cariri, estado do Ceará.** 2003. 86p. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

ATTANZIO, A.; TESORIERE, L.; ALLEGRA, M.; LIVREA, M. A. Monofloral honeys by Sicilian black honeybee (*Apis mellifera* ssp. *sicula*) have high reducing power and antioxidant capacity. **Heliyon**, v. 2, n. 11, 2016.

AZEREDO, M. A. A.; AZEREDO, L. C.; DAMASCENO, J. G. Características físico-químicas dos méis do município de São Fidelis-RJ. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 19, n. 1, 1999.

AZEREDO, L. C.; AZEREDO, M. A. A.; SOUZA, S. R.; DUTRA, V. M. L. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. **Food Chemistry**, v. 80, n. 2, p. 249-254, 2003.

BARTH, O. M. Melissopalínologia no Brasil: Uma revisão sobre análises palinológicas de mel, própolis e bolotas de pólen de abelhas. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 3, p. 342-350, 2004.

BARTH, O. M.; MAIORINO, C.; BENATTI, A. P. T.; BASTOS, D. H. M. Determinação de parâmetros físico-químicos e da origem botânica de méis indicados monoflorais do sudeste do Brasil. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 2, p. 229 – 233, 2005.

BASTOS, D. H. M.; FRANCO, M. R. B.; DA SILVA, M. A. A. P.; JANZANTTI, N. S.; MARQUES, M. O. M. Composição de voláteis e perfil de aroma e sabor de méis de eucalipto e laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 122-129, 2002.

BENDINI, J. N.; SOUZA, D. C. Caracterização físico-química do mel de abelhas proveniente da florada do cajueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 565-567, 2008..

BERETTA, G.; GRANATA, P.; FERRERO, M.; ORIOLI, M.; FACINO, R. M. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. **Analytica Chimica Acta**. v. 533, n. 2, p.185–191, 2005.

BERTONCELJ, J.; DOBERSEK, U.; JAMNIK, M. GOLOB, T. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 822-828, 2007.

BILUCA, F. C.; BRAGHINI, F.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (*Meliponinae*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 50, p. 61-69, 2016.

BLASA, M.; CANDIRACCI, M.; ACCORSI, A.; PIACENTINI, M. P.; ALBERTINI, M. C.; PIATTI, E. Raw *Millefiori* honey is packed full of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 217-222, 2006.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LÜLLMANN, C. Harmonised methods of the European honey commission. **Apidologie**, p. 1-59, 1997.

BOGDANOV, S.; LÜLLMANN, C.; MARTIN, P.; VON DER OHE, W.; RUSSMANN, H.; VORWOHL, G.; ODDO, L. P.; SABATINI, A. G.; MARCAZZAN, G. L.; PIRO, R.; FLAMINI, C.; MORLOT, M.; LHÉRITIER, J.; BORNECK, R.; MARIOLEAS, P.; TSIGOURI, A.; KERKVLIT, J.; ORTIZ, A.; IVANOV, T.; D'ARCY, B.; MOSSEL, B.; VIT, P. Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. **Bee World**, v. 80, n. 2, p. 61-69, 1999.

BOGDANOV, S.; RUOFF, K.; PERSANO ODDO, L. Physico-chemical methods for the characterisation of inifloral honeys: a review. **Apidologie**, v. 35, p. 4-17, 2004.

BOUSSAID, A; CHOUAIBI, M.; REZIG, L.; HELLAL, R.; DONSI, F.; FERRARI, G.; HAMDÍ, S. Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 11, n 2, p. 265-274, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº11 de 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de outubro de 2000.

BUENO-COSTA, F. M.; ZAMBIAZI, R. C.; BOHMER, B. W.; CHAVES, F. C.; SILVA, W. P.; ZANUSSO, J. T.; DUTRA, I. Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **LWT – Food Science and Technology**, v. 65, p. 333-340, 2016.

CAN, Z.; YILDIZ, O.; SAHIN, H.; AKYUZ, T. E.; SILICI, S.; KOLAYLI, S. An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidante capacities and phenolic profiles. **Food Chemistry**, v. 180, p. 133-141, 2015.

CANO, C. B.; FELSNER, M. L.; BRUNS, R. E. Precisão dos métodos refratométricos para análise de umidade em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 328-332, 2007.

CHEUNG, T. L.; GERBER, R. M. Consumo de mel de abelhas: análise dos comportamentos de comensais do Estado de Santa Catarina. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 10, p. 22-31, 2009.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Official methods of analysis**. 1990. Vol 3, Supl 2.

COELHO, M. S.; SILVA, J. H. V.; OLIVEIRA, E. R. A.; ARAÚJO, J. A.; LIMA, M. R. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 01-09, 2008.

CRANE, E. Learning about honey through fructose. **Bee World**, v. 6, n. 2, p. 34-36, 1982.

CRANE, E. **O livro do mel**. São Paulo: Nobel, 1º edição, 226 p., 1983.

DANTAS, P. C.; CORREIA-OLIVEIRA, M. E.; PODEROSO, J. C. M.; GONÇALVES, F. B.; FERREIRA, A. F.; RIBEIRO, G. T.; ARAÚJO, E. D. Preferências da população da Região Metropolitana da Grande Aracaju (SE), sobre o consumo de produtos apícolas. **Scientia Plena**, v. 5, n. 12, 2009.

DAYRELL, I. O.; VITAL, N. C. Comparação entre dois métodos oficiais para determinação de hidroximetilfurfural (HMF) em mel brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 1, n. 1, p. 137-141, 1991.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Compostos voláteis em méis florais. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 90-96, 2003.

DIAS, L. F.; PEDRÃO, M. R.; VATANABE, F. K. **Caracterização físico-química do mel produzido em Bandeirantes-PR**. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, CUIABÁ, 2010.

ESCOBAR, A. L. S.; XAVIER, F. B. Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas. **Revista UNINGÁ**, v. 37, p. 159-172, 2013.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S.; BESERRA, E. M. F.; RODRIGUES, M. L. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera e Melipona scutellaris* produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, 2005.

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

FUNDAÇÃO CEPERJ – CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Mapa do Estado do Rio de Janeiro- Regiões de Governo e Municípios - 2014**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: www.ceperj.rj.gov.br. Acesso em: 15/08/2017.

GHELDOLF, N. ENGESETH, N. J. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3050-3055, 2002.

GÓIS, G. C.; LIMA, C. A. B.; SILVA, L. T.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. Composição do mel de *Apis mellifera*: requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Basilica**, v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

GÜL, A.; PEHLIVAN, T. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. **Saudi Journal of biological Sciences**, 2018.

HABIB, H. M.; MEQBALI, F. T. A.; KAMAL, H.; SOUKA, U. D.; IBRAHIM, W. H. Bioactive Components, Antioxidant, and DNA Damage Inhibitory Activities of Honeys from Arid Regions. **Food Chemistry**, v. 153, p. 28–34, 2014.

HAMZAOGLU, I.; SARIBEYOGLU, K.; DURAK, H.; KARAHASANOGLU, T.; BAYRAK, I.; ALTUG, T.; SIRIN, F.; SARIYAR, M. Protective covering of surgical wounds with honey impedes tumor impantation. **Archives of Surgery**. v. 135, n. 12, p. 1414-7, 2000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da pecuária nacional 2016**. 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74>> Acessado em: 02/12/2017.

JACOB, M. A. M. **Compostos fenólicos, atividade antioxidante e características físico-químicas de mel e pólen coletados por *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae)**. 2014. 85p. Tese, Universidade federal de Lavras.

JIMÉNEZ, M.; MATEO, J. J.; HUERTA, T.; MATEO, R. Influence of the Storage Conditions on Some Physicochemical and Mycological Parameters of Honey. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 64, p. 64-74, 1994.

KASKONIENE, V.; VENSKUTONIS, P. R. Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, p. 620–634, 2010.

KARABAGIAS, I. K.; BADEKA, A.; KONTAKOS, S.; KARABOURNIOTI, S.; KONTOMINAS, M. G. Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. **Food Chemistry**, v. 146, p. 548-557, 2014.

KUROISHI, A. M.; QUEIROZ, M. B.; ALMEIDA, M. M.; QUAST, L. B. Avaliação da cristalização de mel utilizando parâmetros de cor e atividade de água. **Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 84-91, 2012.

KUS, P. M.; CONGIU, F.; TEPER, D.; SROKA, Z.; JERKOVIC, I.; TUBEROSO, C. I. G. Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types. **LWT – Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 124-130, 2014.

LIANDA, R. L. P. **Perfil de substâncias fenólicas de méis brasileiros por cromatografia líquida de alta eficiência e avaliação do potencial antioxidante**. 2009. 156p. Tese, Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica.

LIRIO, F. C. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de méis florais irradiados**. 2010. 156p. Dissertação Mestrado, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

LORENZON, M. C. et al. **Indicadores e Desafios da Apicultura Fluminense um retrato brasileiro**. Vilha Velha, ES.ABOVE, 2012.

LOVAKOVIĆ, B. T.; LAZARUS, M.; KARACONJI, I. B.; JURICA, K.; SEMREN, T. Z.; LUSIC, D.; BRAJENOVIC, N.; PELAIC, Z.; PIZENT, A. Multi-elemental composition and antioxidant properties of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) honey from the coastal region of Croatia: Risk-benefit analysis. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 45, p. 85-92, 2018.

MARTINS, V. C.; AQUINO, G. A. S.; MARQUES, C. A.; TORRES, J. C. Avaliação da qualidade de méis comercializados no município de São João de Meriti, RJ. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 6, p. 14-21, 2014.

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.

MEDA, A.; LAMIEN, C. E.; ROMITO, M.; MILLOGO, J.; NACOULMA, O. G. Determination of the total phenolic. Flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey. As well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v. 91, n. 3, p. 571-577, 2005.

MENDONÇA, K.; MARCHINI, L. C.; SOUZA, B. A.; ALMEIDA-ANACLETO, D.; MORETI, A. C. C. C. Caracterização físico-química de amostras de méis produzidas por *Apis mellifera* L. em fragmento de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1748-1753, 2008.

MESQUITA, L. X. **Características de qualidade do mel de abelha (*Apis mellifera* L.) da mesorregião oeste potiguar do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2010. 78p. Dissertação, Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró.

MODESTA, R. C. **A cor do mel**. Embrapa. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=358&pg=2&n=2>> Acesso em: 18/01/2017.

MOHAMMED, S. E.; AZIM, M. K. Characterization of natural honey proteins: implications for the floral and geographical origin of honey. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 362–368, 2012.

MONIEN, B. H.; FRANK, H.; SEIDEL, A.; GLATT, H. Conversion of the common food constituent 5-hydroxymethylfurfural into a mutagenic and carcinogenic sulfuric acid ester in the mouse in vivo. **Chemical Research in Toxicology**, v. 22, n. 6, p. 1123-8, 2009.

MORAES, F. J.; GRACIA, R. C.; VASCONCELOS, E.; CAMARGO, S. C.; PIRES, B. G.; HARTLEBEN, A. M.; LIESENFELD, F.; PEREIRA, D. J.; MITTANCK, E. S.; GIASSON, J. Caracterização físico-química de amostras de mel de abelha africanizada dos municípios de Santa Helena e Terra Roxa (PR). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 4, p. 1269-1275, 2014.

MORAES, I. A. M.; CEPEDA, P. B.; BERNARDO, A. R.; RODRIGUES, A. M.; PARDI, H. S.; MANO, S. B. Identificação e análise de rotulagem das marcas de mel comercializadas na cidade do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 14, n. 1, p. 32-34, 2007.

MOREIRA, R. F. A.; MARIA, C. A. B.; PIETROLUONGO, M.; TRUGO, L. C. Chemical changes in the non-volatile fraction of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1236-1241, 2007.

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

MOURA, S. G.; MURATORI, M. C.S.; MONTE, A. M.; CARNEIRO, R. M.; SOUZA, D. C.; CARNEIRO, J. G. M. Qualidade do mel de *Apis mellifera* L. relacionadas às boas práticas apícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 3, p. 731-739, 2014.

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

NETO, J. S. **Indicador de desempenho apícola para qualificação da apicultura no Estado do Rio de Janeiro**. 71 p. Dissertação, Curso de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

ODDO L. P.; BOGDANOV, S. Determination of honey botanical origin: problems and issues. **Apidologie**, v. 35, n. 1, p. S2-S3, 2004.

ODDO, L. P.; PIAZZA, M. G.; SABATINI, A. G.; ACCORTI, M. Characterization of unifloral honeys. **Apidologie**, v. 26, n. 6, p. 453-465, 1995.

OFFICIAL Methods of Analysis of AOAC International. **Arlington: AOAC International**. 1998. suppl.2, 1456p.

OLIVEIRA, P. S.; MÜLLER, R. C. S.; DANTAS, K. G. F.; ALVES, C. N.; VASCONCELO, M. A. M.; VENTURIERI, G. C. Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (Apidae, Apini) da Amazônia. **Química Nova**, v. 35, n. 9, 2012.

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

PONCIANO, N. J.; GOLYNSKI, A.; SOUZA, P. M.; NEY, M. G.; NEY, V. S. P. Caracterização do nível tecnológico dos apicultores do estado do Rio de Janeiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 3, p. 499-514, 2013.

PONTIS, J. A.; COSTA, L. A. M. A.; SILVA, S. J. R.; FLACH, A. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 69-73, 2014.

REIS, V. D. A.; FILHO, J. A. C. Importância da Apicultura no Pantanal Sul-Mato-Grossense. Corumbá. **Embrapa Pantanal**, 1ª edição, 23 p., 2003.

RESHMA, M. V.; SHYMA, S.; GEORGE, T. M.; RISHIN, A. V.; RAVI, K. C.; SHILU, L. Study on the physicochemical parameters, phenolic profile and antioxidant properties of Indian honey samples from extrafloral sources and multi floral sources. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 5, p. 2021-2028, 2016.

RIBEIRO, R. O. R.; SILVA, C.; MONTEIRO, M. L.; BAPTISTA, R. F.; GUMARÃES, C. F.; MÁRSICO, E. T.; MANO, S. B.; PARDI, H. S. Avaliação comparativa da qualidade físico-química de méis inspecionados e clandestinos, comercializados no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira Ciências Veterinárias**, v. 16, n. 1, p. 3-7, 2009.

RICHTER, W.; JANSEN, C.; VENZKE, T. S. L.; MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C. D. Avaliação da qualidade físico-química do mel produzido na cidade de Pelotas/RS. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 547-553, 2011.

ROLEIRA, F. M. F.; TAVARES-DA-SILVA, E. J.; VARELA, C. L.; COSTA, S. C.; SILVA, T.; GARRIDO, J.; BORGES, F. Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties. **Food Chemistry**, v. 183, p. 235-258, 2015.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SANT'ANA, L. D.; SOUSA, J. P.; SALGUEIRO, F. B.; LORENZON, M. C.; CASTRO, R. N. Characterization of Monofloral Honeys with Multivariate Analysis of Their Chemical Profile and Antioxidant Activity. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 1, 2012.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N. Caracterização físico-química de méis comercializados no município de Aracati-CE. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, p. 158-162, 2011.

SEBRAE. **Manual de Segurança e Qualidade para Apicultura**. SEBRAE/NA, 2009.

SEREM, J. C.; BESTER, M. J. Physicochemical properties, antioxidant activity and cellular protective effects of honeys from southern Africa. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1544-1550, 2012.

SILVA, M. B. L.; CHAVES, J. B. P.; VALENTE, M. E. R.; GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F.; MESSAGE, D. Qualidade de méis produzidos por apicultores e méis provenientes de entrepostos registrados no Serviço de Inspeção Federal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v. 63, n. 4, p. 1043-1045, 2011.

SILVA, P. M.; GAUCHE, C.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Honey: chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry** v. 196, p. 309-323, 2016.

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

SODRÉ, G. S. **Características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de amostras de méis de *Apis Mellifera* L., 1758 (hymenoptera: apidae) dos estados do Ceará e Piauí.** 2005. 127p. Tese, Ciências, Área de Concentração: Entomologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOHAIMY, S. A.; MASRY, S. H. D.; SHEHATA, M. G. Physicochemical characteristics of honey from different origins. **Annals of Agricultural Science**, v. 60, n. 2, p. 279-287, 2015.

SOUZA-KRULISKI, C. R.; DUCATTI, C.; FILHO, W. G. V.; ORSI, R. O.; SILVA, E. T. Estudo de adulteração em méis brasileiros através de razão isotópica do carbono. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n.2, 2010.

SOUZA, R. F.; GOMES, P. W. P.; SOUZA, S. D.; BARBOSA, W. C. **Determinação de hidroximetilfurfural em amostras de mel abelhas do estado do Pará.** In: 53º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, Rio de Janeiro, 2013.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolics constituents of *prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

SWELLAM, T.; MIYANAGA, N.; ONOZAWA, M.; HATTORI, K.; KAWAI, K.; SHIMAZUI, T.; AKAZA, H. Antineoplastic activity of honey in an experimental bladder cancer implantation model: *in vivo* and *in vitro* studies. **International Journal of Urology**, v. 10, p. 213-9, 2003.

TASSINARI, W. S.; LORENZON, M. C.; PEIXOTO, E. L. Spatial regression methods to evaluate beekeeping production in the state of Rio de Janeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v. 65, n. 2, p. 553-558, 2013.

TEIXIDÓ, E.; SANTOS, F.J.; PUIGNOU, L.; GALCERAN, M. T. Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in foods by gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1135, n. 1, p. 85-90, 2006.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, p. 669-675, 2006.

TOMUK, F.; KARAMAN, S.; OZTURK, I.; TOKER, O. S.; TASTEMUR, B.; SAGDIC, O.; DOGAN, M.; KAYACIER, A. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. **Industrial Crops and Products**, v. 46, p. 124-131, 2013.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** – 2011. TACO. Versão 2. 2. ed. Campinas: UNICAMP; NEPA, 113p.

VENTURINI, K.S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características do Mel**. Universidade Estadual do Espírito Santo. 2007. Disponível em: <http://www.agais.com/telomc/b01107_caracteristicas_mel.pdf>. Acesso em 01 fev. 2017.

VIEIRA, A. C.; DELONZEK, E. C.; LUDKE, M. V.; BREYER, D.; LORSCHIEDER, C. A. Caracterização físico-química de mel de diferentes floradas produzido por apicultores orgânicos da região centro-sul e sudeste no estado do Paraná. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 3, p. 138-148, 2014.

WHITE JÚNIOR, J. W. Quality evaluation of honey: role of HMF and diastase assays. Part II. **American Bee Journal**, v. 132, n. 12, p. 792-794, 1992.

YÜCEL, Y.; SULTANOG, P. Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. **Food Bioscience**, v. 1, p. 16-25, 2013.

ZAPPALÀ, M.; FALLICO, B.; ARENA, E.; VERZERA; et al. Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. **Food Control**, v. 16, n. 3, p. 273-277, 2005.