

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL

AGATHA SILVA BOTELHO

QUALIDADE DO MEL DE ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS
INSTALADAS EM CAIXAS MODELO LANGSTROTH DE ISOPOR® E DE
MADEIRA

Maringá, PR
2020

AGATHA SILVA BOTELHO

**QUALIDADE DO MEL DE ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS
INSTALADAS EM CAIXAS MODELO LANGSTROTH DE ISOPOR® E DE
MADEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Mestrado Profissional do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientadora: DRA. LUCIMAR PONTARA PERES

Coorientadora: DRA. MARIA JOSIANE SEREIA

Maringá, PR
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

B748q Botelho, Agatha Silva
Qualidade do mel de abelhas *Apis mellifera* africanizadas instaladas em caixas modelo langstroth de isopor® de madeira / Agatha Silva Botelho. -- Maringá, 2020.
44 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Lucimar Pontara Peres.
Coorientadora: Profa. Dra. Maria Josiane Sereia.
Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia - Mestrado Profissional, 2020.

1. Apicultura. 2. *Apis mellifera* africanizadas - Colmeia - Produção de mel. 3. *Apis mellifera* africanizada - Qualidade do mel. I. Peres, Lucimar Pontara, orient. II. Sereia, Maria Josiane, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia - Mestrado Profissional. IV. Título.

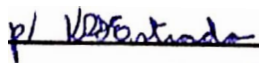
CDD 23.ed. 638.1

AGATHIA SILVA BOTELHO

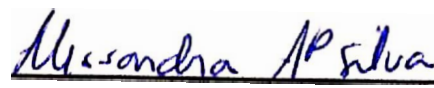
Ana Qualidade do Mel de Abelhas *Apis mellifera* Africanizada, instaladas em caixas modelo Langstroth, de Isopor[®] e/ou madeira

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de mestre.

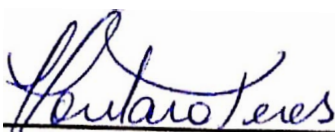
APROVADO em 13 de dezembro de 2019.



Prof. Dr. **Mateus José Falleiros da
Silva**



Prof.ª. Dr.ª. **Alessandra Aparecida Silva**



Prof.ª. Dr.ª. **Lucimar Pontara Peres**
(Orientador)

DEDICATÓRIAS

Com muito amor e gratidão, dedico a Deus,
a meus pais Joselino Botelho e Madalena
Botelho e a meu companheiro Danilo Farias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu refúgio, força e luz durante os momentos difíceis.

A meu amado pai, Joselino dos Santos Botelho, pelo amor e confiança sempre em mim depositados.

A minha amada mãe, Maria Madalena dos Santos Botelho, pelo amor e dedicação que sempre direcionou a mim.

A meu amado companheiro, Danilo Farias da Silva, pelo carinho e apoio durante essa jornada.

A minha sogra Lilia Lourane de Oliveira Farias, pelo carinho e por zelar por mim como sua filha.

A meus amores Sunny, Biggi e Moony, por terem entrado na minha vida, enchendo meu coração de ternura.

A minha querida orientadora Lucimar Pontara, pelo incentivo e por ser tão amável comigo durante o mestrado.

Agradeço também a meus queridos tios, tias, primos, primas, cunhado, cunhada e amigos próximos, pelos momentos maravilhosos que compartilhamos.

A todos que contribuíram, direta e indiretamente, para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual de Maringá e todos os professores e colegas de mestrado, pela atenção e acolhimento durante o curso.

EPÍGRAFE

"Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível."

São Francisco de Assis

RESUMO

A apicultura é a criação racional de abelhas. Trata-se de uma atividade sustentável e rentável, pois mostra rápido retorno de capital por meio da comercialização do mel, pólen, própolis, geleia real e cera. A referida atividade preenche todos os requisitos do tripé da sustentabilidade: o econômico, como geradora de renda para os produtores; o social, enquanto ocupadora de mão-de-obra familiar no campo, com diminuição do êxodo rural; e o ecológico, já que não há desmatamento para criar abelhas, necessitando-se, ao contrário, de plantas vivas para a retirada do pólen e do néctar de suas flores, suas fontes alimentares básicas. Considerando-se que estudos direcionados à atividade apícola auxiliam na obtenção de produtos de maior qualidade, uma alternativa promissora é a confecção de caixas padrão Langstroth de isopor®. Este estudo propõe a análise da qualidade físico-química e da produtividade do mel de abelhas *Apis mellifera* africanizadas criadas em caixas do modelo feitas com isopor® em comparação à opção de caixas de madeira. Seis caixas do modelo Langstroth, três feitas de isopor® e três de madeira, foram instaladas no setor de apicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi na Universidade Estadual de Maringá - PR. A produtividade de mel foi medida nas coletas de outubro e dezembro. Ao todo, foram analisadas 18 amostras, em triplicatas, no Laboratório de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, no campus de Campo Mourão. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: acidez, pH, umidade, cinzas, condutividade elétrica, hidroximetilfurfural (HMF), açúcares, proteína e índice de formol. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram diferenças significantes ($P < 0,05$) entre as caixas de isopor® e as de madeira nos seguintes parâmetros: pH, acidez, proteína, açúcar total, açúcar redutor e HMF. Os resultados em ambas as caixas se encontram adequados aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. Não houve diferença significativa entre a produção de mel nas caixas de isopor® em relação às de madeira. Conclui-se que as caixas fabricadas com isopor® podem ser utilizadas na apicultura, constituindo-se em alternativa para o exercício desta atividade.

Palavra-chave: apicultura, colmeias; poliestireno; análise; físico-química.

ABSTRACT

Beekeeping is the rational breeding of bees. It is a sustainable and profitable activity because it shows a rapid return on capital through the commercialization of honey, pollen, propolis, royal jelly and wax. It is an activity that meets all the requirements of the sustainability tripod: the economic, income generating for producers; the social, occupier of family labor in the countryside, with reduction of rural exodus; and the ecological, since there is no deforestation to raise bees, instead, they need living plants for the removal of pollen and nectar from their flowers, their basic food sources. Considering that studies directed to the beekeeping activity help to obtain higher quality products, a promising alternative is the manufacture of standard Langstroth Styrofoam boxes. The aim of this study is the analysis of physicochemical quality and honey productivity of Africanized *Apis mellifera* bees, created in model boxes made with isopor®, in relation to the wood option. Six Langstroth boxes, three made of Styrofoam® and three of wood, were installed in the beekeeping sector of the Experimental Farm of Iguatemi at the State University of Maringá - PR. Honey productivity was measured in October and December collections. In all, 18 samples were analyzed, in triplicate, at the Food Laboratory of the Federal Technological University of Paraná - UTFPR, Campo Mourão campus. The physicochemical parameters analyzed were: acidity, pH, humidity, ashes, electrical conductivity, hydroxymethylfurfural (HMF), sugars, protein, formaldehyde index. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the comparison of means was made by Tukey test at 5% probability. The results showed significant differences ($P < 0.05$) between Styrofoam and wooden boxes in the parameters: pH, acidity, protein, total sugar, reducing sugar and HMF. Results in both boxes are within the quality standards established by Brazilian law. There was no significant difference between the production of honey in styrofoam boxes compared to wooden boxes. We conclude that the boxes made with Styrofoam® can be used in beekeeping, thus they are an alternative for beekeeping.

Keyword: beekeeping; beehives; polystyrene; analyze; physicochemical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mecanismo de hidrólise enzimática da sacarose.....	20
Figura 2	Colmeias de <i>Apis mellifera</i> africanizadas. A) Caixa de isopor®; B) Caixa de madeira.....	31
Figura 3	Organização alternada das caixas em formato de U no apiário. Fonte: Agatha Botelho.....	32
Figura 4	Produção total de mel obtido nas três caixas de isopor® e nas três caixas de madeira, de acordo com o mês da coleta.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Influência dos parâmetros físico-químicos na qualidade do mel.....	16
Tabela 2	Composição físico-química de amostras de méis de <i>Apis mellifera</i> africanizadas alojadas em caixas de isopor® e/ou madeira.....	35
Tabela 3	Comparação das médias gerais dos parâmetros físico-química de amostras de méis de <i>Apis mellifera</i> africanizadas alojadas em caixas de isopor® e/ou madeira.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	<u>Criação sustentável de abelhas <i>Apis mellifera</i></u>	11
2.2	<u>Alternativas agroecológicas na fabricação de caixas de abelhas</u>	12
2.3	<u>Análise físico-química de mel de abelhas <i>Apis mellifera</i></u>	14
2.4	<u>Umidade</u>	15
2.5	<u>pH e Acidez</u>	15
2.6	<u>Hidroximetilfurfural</u>	17
2.7	<u>Atividade diastásica</u>	18
2.8	<u>Açúcares</u>	19
2.9	<u>Índice de formol</u>	20
2.10	<u>Sólidos insolúveis</u>	20
2.11	<u>Cinzas</u>	21
3	REFERÊNCIAS	22
	CAPÍTULO 1	27
	RESUMO	28
1	INTRODUÇÃO	30
2	MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1	Apiário e caixas utilizadas	31
2.2	Coleta e processamento do mel	32
2.3	Análise físico-química do mel	32
2.3.1	<i>Umidade (%)</i>	33
2.3.2	<i>pH</i>	33
2.3.3	<i>Acidez (meq.kg-1)</i>	33
2.3.4	<i>Índice de Formol (mL.kg-1)</i>	33
2.3.5	<i>Cinzas (%)</i>	33
2.3.6	<i>Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)</i>	33
2.3.7	<i>Hidroximetilfurfural (mg.kg-1)</i>	34
2.3.8	<i>Proteína (%)</i>	34
2.3.9	Açúcares redutores, açúcares redutores totais e sacarose (%)	34
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35

4	CONCLUSÕES	41
5	REFERÊNCIAS	41

INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas são insetos sociais que vivem em colônias, adaptando-se a diferentes regiões desde que haja abundância de florada. Além de contribuírem na polinização, elas fornecem um dos mais puros e ricos alimentos naturais, o mel (FREITAS et al., 1999). Em função dos benefícios que o mel traz à saúde, o homem ficou incentivado a praticar a criação racional de abelhas: trata-se da apicultura, que utiliza abelhas do gênero *Apis*, e da meliponicultura, que envolve as abelhas sem ferrão, pertencentes ao gênero *Melipona* (FREITAS et al., 1999; COSTA et al., 2012).

As abelhas melíferas produzem o mel a partir de néctar e exsudações de plantas, que são coletadas, processadas e armazenadas nos favos a uma temperatura entre 30 e 35°C, processo do qual resulta uma substância rica em açúcares (SCHLABITZ et al., 2010). Em geral o mel é composto, predominantemente, por açúcares: 70% destes são monossacarídeos, como frutose e glicose; outros 10% são dissacarídeos, incluindo sacarose; por sua vez, a água, na qual os açúcares estão dissolvidos, corresponde a 17-20% de sua composição (CRANE, 1985). Entretanto, as substâncias presentes e suas quantidades dependem, principalmente, da origem floral (CRANE, 1985).

A apicultura é uma atividade sustentável e rentável, trazendo rápido retorno de capital por meio da comercialização do mel, pólen, própolis, geleia real e cera (SILVA, E., 2013). É uma das poucas atividades de criação animal que não causa impactos ambientais. No contexto social, destaca-se como boa alternativa ao homem do campo por exigir baixo investimento inicial, além de possuir fácil manejo e manutenção, exercida, em sua maioria, pela agricultura familiar. Para o meio ambiente, as abelhas são uma das principais espécies polinizadoras, o que resulta em grande impacto na flora e na produção de alimentos. Outra característica relacionada à atividade é a utilização do mel para fins medicinais, o que é feito há anos por populações tradicionais brasileiras (MOURA; MARQUES, 2008).

Para facilitar o manejo, os enxames são alojados em colmeias ou caixas. Em 1851 Lorenzo Langstroth descobriu o “espaço abelha”, que é de 6 mm a 9 mm e permite que elas trabalhem “confortavelmente” nos dois lados dos favos, ou seja, sem prejuízos (ITAGIBA, 1997). A partir desta descoberta, criaram-se as caixas padrão Langstroth, que são colmeias de grande eficiência utilizadas como modelo. Seu uso é mundial e persiste atualmente. Considerando-se que estudos direcionados à atividade apícola auxiliam na obtenção de

produtos de maior qualidade, uma alternativa promissora é a confecção de caixas modelo Langstroth de isopor®, utilizadas até então por países europeus.

O isopor® é material de baixo custo, inerte, inodoro, de alta durabilidade e capacidade isolante térmica. Assim, desde que manejado da maneira correta, pode ser utilizado na fabricação de caixas para abelhas. Entretanto, quando se propõe a utilização de um material diferente na construção das caixas utilizadas para tal finalidade, é preciso avaliar também a influência de fatores ambientais e os efeitos desse material no bem-estar das colônias e na qualidade dos produtos produzidos por elas. Não há relatos, na literatura, que comprovem a eficiência e a qualidade dos produtos provenientes das caixas de isopor®, enquanto estudos análogos ocorrem com o uso da madeira.

O controle da qualidade do mel de abelhas pode ser determinado por meio de dados gerados a partir de análises físico-químicas na consideração dos seguintes critérios determinados pela legislação brasileira: umidade, sacarose, açúcares redutores, cinzas, minerais, acidez, atividade diastásica, cor e o hidroximetilfurfural (BRASIL, 2000). Quando os méis se encontram fora dos padrões, ou até mesmo adulterados, suas propriedades benéficas podem ser afetadas negativamente (GOMES et al., 2017). Por isso, a determinação dos parâmetros físico-químicos é de fundamental importância. Estes resultados podem ser comparados a padrões nacionais e internacionais, protegendo o consumidor quanto aos produtos adulterados ou contaminados.

Considerando-se que estudos direcionados à atividade apícola auxiliam na obtenção de produtos de maior qualidade, propor novas alternativas contribui para a potencialização da apicultura, pois pode melhorar o desempenho da colônia, aumentando a produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Criação sustentável de abelhas *Apis mellifera*

O planejamento para um desenvolvimento sustentável nada mais é do que um gerenciamento de recursos, pelo qual a direção e a qualidade das condições ambientais são monitoradas para uma resposta política efetiva (DERANI, 2009). Assim, a compatibilização da atividade econômica com o potencial do homem e do meio natural, sem exauri-lo, é expressão do desenvolvimento sustentável (DERANI, 2009).

A apicultura é uma atividade que engloba todos os requisitos para sustentabilidade, pois é geradora de renda, possui viés social e contribui ecologicamente com o meio ambiente

(ALCOFORADO-FILHO, 1997). Em comunidades rurais, podem-se encontrar pessoas que mantêm as colônias de abelhas em caixas rústicas de madeira, seja pelo prazer de lidar com as colmeias ou pela utilização do mel (CASTRO, 2001; MODERCIN, 2007). O uso dos produtos produzidos pelas abelhas está presente, por séculos, na vida de muitos povos ao redor do mundo. Para comunidades pequenas e/ou rurais, seus recursos são utilizados na alimentação (larvas, mel, pólen). Também são fonte de renda ao criador, em decorrência do valor de mercado agregado a seus produtos e subprodutos, tais como o mel, pólen, própolis e geoprópolis (SILVA; PAZ 2012). Entre estes, o mel é o produto apícola mais conhecido: além de oferecer as maiores possibilidades de comercialização, consideram-no o de mais fácil exploração (FREITAS et al., 2004). Mais do que um alimento, é também utilizado em indústrias farmacêuticas e cosméticas pelas suas conhecidas ações terapêuticas (FREITAS et al., 2004).

2.2 Alternativas agroecológicas na fabricação de caixas de abelhas

Nos sistemas agroecológicos de produção animal, devem-se respeitar as necessidades de bem-estar dos animais, proporcionando-os manejo nutricional, condições sanitárias e instalações apropriados para que a espécie possa expressar seu comportamento natural de forma saudável. Este aspecto agroecológico é benéfico tanto ao animal quanto ao produtor e pode ser aplicado na apicultura.

A criação das abelhas é realizada em colmeias artificiais. Quando as caixas são fabricadas com processos rudimentares, torna-se possível a contaminação do mel em função de métodos pouco higiênicos de coleta (MAGALHÃES; VENTURIERI, 2010). O material utilizado na fabricação da caixa também influencia na umidade interna do ninho. Esta, por sua vez, afeta diretamente a taxa de eclosão dos ovos. Assim, para que as abelhas completem seu ciclo de desenvolvimento, é necessário que a umidade relativa do ar no interior das colônias esteja em torno de 40% (HUMAN et al., 2006). O excesso de umidade também pode influenciar na qualidade físico-química do mel em diversos aspectos como sabor, cor, peso específico, solubilidade e maior predisposição ao desenvolvimento de fungos, leveduras e bactérias, afetando, dessa forma, seu valor comercial (FESNER; CANO, 2011; ROLIM et al., 2018).

Caixas inadequadas são responsáveis por causar prejuízos na atividade das abelhas (ITAGIBA, 1997), além de submetê-las a condições de estresse. Ambientes termicamente instáveis consomem grande quantidade do mel da colônia. Nesse sentido, nos processos de criação, cerca de 66% e 80% da energia utilizada, respectivamente, nos períodos de verão e inverno é redirecionada ao auxílio das abelhas em mecanismos termorregulatórios. Estes atuam

tanto para o aquecimento quanto para o resfriamento do ninho (TAUTZ, 2010). O estresse também pode resultar na queda significativa da produção de crias, tal como demonstrado por Guler (2008): no referido estudo, as colônias submetidas a condições de estresse não produziram abelhas operárias durante um período de 21 dias. O autor também observou que essas abelhas tiveram produtividade 55-60% menor do que as colônias que não estavam sobre condições de estresse (GULER, 2008). Outra questão verificada foram as diferenças significativa em alguns parâmetros físico-químicos de qualidade do mel, entre eles a umidade e a atividade diastásica (GULER, 2008). Assim, não proporcionar condições de bem-estar às abelhas reflete negativamente na produção e qualidade do mel.

Como visto, o bem-estar das abelhas também está intimamente relacionado ao local escolhido para o desenvolvimento do ninho, de modo que um ambiente inadequado pode prejudicá-las, influenciando no abandono em massa do enxame. Por isso, empresas especializadas em fabricação de caixas para abelha já possuem seus padrões. Entretanto, pesquisadores buscam aprimorar ainda mais estes recipientes, propondo alternativas em seu formato, componentes e materiais, visando tornar as caixas mais sustentáveis à prática apícola e ao meio ambiente.

A manipulação dos resíduos despejados no meio-ambiente também é considerada uma prática agroecológica. Nesse sentido, a reciclagem é a prática mais difundida e visa minimizar o efeito destes materiais ao ambiente (SILVA, A., 2013). Para reduzir a quantidade de resíduos lançados na natureza, algumas alternativas de materiais vêm sendo testadas na construção de caixas de abelhas. A espuma vinílica acetinada (EVA) residual da indústria de calçados foi uma destas alternativas. As caixas fabricadas com o referido material apresentam boa aceitação pelas abelhas, além de um comportamento térmico semelhante ao encontrado em caixas feitas com madeira (CAVALCANTI-FILHO et al., 2010).

Celestino et al. (2014), ao avaliar caixas feitas com cimento, constatou que o material é uma alternativa positiva ao produtor por oferecer economia de até 30% nos custos de fabricação das caixas, pela fácil produção e durabilidade. Todavia, o peso dos ninhos dificultou o manejo e transporte das colmeias. Outro ponto interessante neste estudo é que não houve variações significativas de temperatura e umidade entre os tipos de caixa, mas se observou que as colônias instaladas em caixas de cimento eram sutilmente mais agressivas quando comparadas às das caixas de madeira (CELESTINO et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados por Cidreira (2003) ao avaliar caixas construídas por argamassa cimento-vermiculita. Porém, neste tipo de caixa foi constatada maior absorção e perda de água quando

comparada à caixa de pinho, além de ser mais frágil, impossibilitando manejo intenso (CIDREIRA, 2003).

Outro aspecto relevante é a coloração da caixa, que pode influenciar na temperatura interna do ninho. Cores claras, por refletirem mais a radiação solar recebida, podem proporcionar um ambiente térmico mais apropriado para o desenvolvimento da prole (SOUZA et al., 2016). Um material que atende a esta demanda de coloração e pode ser usado na fabricação de caixas é o isopor[®], um material de baixo custo, inerte, inodoro e de alta durabilidade. Assim, desde que manejado da maneira correta, torna-se uma opção para a produção das caixas. Trata-se de um material diferenciado por ser resistente ao ataque microbiano, conforme estudos que demonstraram que os microrganismos não foram aptos a projetar novas estruturas enzimáticas capazes de degradar tais polímeros sintéticos (NAIR et al., 2017). Mesmo não sendo biodegradável, é um material reciclável, podendo ser destinado a outros setores da indústria, como obras de construção (MONDAL et al., 2019), ou decompostos de forma ambientalmente correta e barata por meio da utilização de óleos essenciais comerciais conforme descrito por Gil-Jasso et al. (2019).

Outro atrativo nas caixas de isopor[®] é sua leveza em relação à madeira, o que facilita a manutenção e o transporte das caixas. Por ser um isolante térmico, mantém estabilidade no microclima dentro da caixa, gerando conforto e reduzindo o estresse das abelhas, que não precisam se movimentar tanto ou consumir parte do mel estocado para repor energia ou amenizar as diferenças de temperatura e umidade relativa na colmeia (TERMOTÉCNICA, 2019).

2.3 Análise físico-química de mel de abelhas *Apis mellifera*

O mel é uma substância viscosa, produzida pelas abelhas por meio da coleta do néctar das plantas ou a partir de outras substâncias. Existem dois níveis de classificação do mel quanto a sua origem: mel de melato e mel floral. O primeiro, geralmente, é formado por meio de seiva de plantas ou secreções de insetos (MOREIRA; DE-MARIA, 2001), enquanto o segundo é aquele que pode ser obtido a partir do néctar de flores da mesma família (monofloral) ou de diferentes origens florais (multifloral) (BRASIL, 2000). Após a coleta do néctar, o mel é transformado por meio de um combinado com substâncias específicas próprias das abelhas e, posteriormente, armazenado e amadurecido nos favos para a alimentação da colmeia (BRASIL, 2000).

O mel é constituído de diferentes açúcares - principalmente os monossacarídeos frutose e glicose (aproximadamente 70%), dissacarídeos (10%) incluindo sacarose - e água (17-20%), na qual os açúcares estão dissolvidos (CRANE, 1985). O mel também possui a maioria dos elementos minerais essenciais para o organismo humano, destacando-se os seguintes: selênio, manganês, zinco, cromo e alumínio (SILVA et al., 2006).

O mel é considerado alimento de elevado valor energético e, por ser majoritariamente composto de açúcares simples, sua digestão e metabolização nas células é relativamente rápida (SILVA et al., 2006). Entretanto, a ação do mel no organismo humano não se deve apenas a sua alta ação energética, mas especialmente às proteínas, enzimas, vitaminas, ácidos orgânicos, aminoácidos e outras substâncias químicas importantes para o bom funcionamento do organismo, os chamados oligoelementos (SILVA et al., 2006; MENDES et al., 2009). Quando maduro, o mel geralmente apresenta teor de umidade de 18%. Este fator é importante, pois o teor de umidade influencia suas características de viscosidade, peso, conservação e sabor (VENTURINI et al., 2007).

As características do mel podem variar de acordo com tipo de solo, vegetação visitada campeira e da espécie de abelha que o produz, conferindo-lhes aspectos específicos. Estas individualidades podem ser observadas em substâncias misturadas em seu conteúdo: ácidos orgânicos, grão de pólen, partículas de cera, pigmentos, compostos aromáticos, álcoois, aminoácidos, dextrinas, enzimas, hormônios, vitaminas e minerais (RUIZ; MUNARI, 1992). Por isso, a extração e manipulação do mel deve ser realizada com a maior higiene possível. Apesar de possuir fatores de proteção e conservação contra degradação microbiana, sabe-se que estes componentes também podem ser veículo de microrganismos patogênicos e leveduras osmofílicas (RUIZ; MUNARI, 1992). Assim, para a manutenção da qualidade do mel, é de suma importância a higiene pessoal e dos equipamentos utilizados na produção.

A qualidade do mel deve ser avaliada pelos parâmetros físico-químicos, que permitem verificar possíveis alterações e também fraudes, as quais podem ocorrer por meio de diluições e falsificações com adição de açúcar ou amido (DEGENHARDT; ERNZEN, 2016), como mostra a Tabela 1. As análises indicadas pela legislação brasileira para o controle de qualidade do mel puro de *Apis* são: 1) quanto à maturidade (açúcares redutores, umidade, sacarose aparente); 2) pureza (sólidos insolúveis em água, minerais ou cinzas, pólen); 3) deterioração (acidez livre, atividade diastásica e hidroximetilfurfural - HMF) (BRASIL, 2000).

Tabela 1 - Influência dos parâmetros físico-químicos na qualidade do mel.

PARÂMETRO	CAUSA	INFLUÊNCIA DIRETA
<i>Umidade</i>	Ambiente ou adulteração	Maturação, conservação e textura
<i>pH</i>	Composição, ambiente ou adulteração	Estabilidade e deterioração
<i>Acidez</i>	Composição, reações químicas, ambiente ou adulteração	Estabilidade e deterioração
<i>Hidroximetilfurfural</i>	Composição, instabilidade térmica ou tempo de armazenamento	Perda de qualidade nutricional, deterioração e toxicidade
<i>Atividade diastásica</i>	Composição, superaquecimento ou adulteração	Perda de qualidade nutricional e deterioração
<i>Açúcar Redutor</i>	Composição ou maturação	Textura, durabilidade, preservação e sabor
<i>Açúcares Totais</i>	Composição, adulteração ou colheita precoce	Maturidade
<i>Índice de formol</i>	Composição ou adulteração	Qualidade nutricional
<i>Sólidos Insolúveis</i>	Resíduos	Pureza e higiene
<i>Cinzas</i>	Conteúdo mineral, ambiente ou composição	Pureza e higiene

Fonte: Autor (Botelho, 2020).

2.4. Umidade

A água é o segundo componente em maior quantidade no mel, representando de 15 a 21%, dependendo do clima da região (MENDES et al., 2009), e pode gerar alterações na viscosidade, peso específico, maturidade, conservação, cristalização e sabor do produto (MARCHINI et al., 2004). O aumento do teor da umidade permite que microrganismos osmofílicos, os tolerantes ao açúcar, se multipliquem, podendo provocar fermentação no mel (GOIS et al., 2013).

Diante disso, a legislação brasileira exige que o mel das abelhas *Apis mellifera* apresentem no máximo 20 g de umidade a cada 100 g de mel analisado (BRASIL, 2000). Quando os valores de umidade se encontram acima deste valor, subentende-se que o período ou as condições de armazenamento do produto foram inadequadas ou que a amostra coletada é oriunda de favos não operculados (MARCHINI et al., 2005).

2.5 pH e Acidez

O pH do mel é influenciado principalmente pelo pH do néctar, mas também pelo ambiente e pelas substâncias presentes nas mandíbulas das abelhas durante seu transporte (CRANE, 1985). Outro fator que exerce influência nesse aspecto são as condições durante sua

extração e armazenamento (CORBELLA; COZZOLINO, 2005), de modo que estas etapas têm grande importância no auxílio do controle da qualidade: valores alterados no pH refletem na textura, na estabilidade e na vida de prateleira do mel, além de indicar processos fermentativos ou adulterações no produto (TERRAB et al., 2004; CORBELLA; COZZOLINO, 2005).

No Brasil o valor do pH não é uma análise obrigatória (SILVA et al, 2004). Contudo, Venturini et al. (2007) indicam que o pH ideal para o mel deve ser inferior a 4,0, uma vez que algumas bactérias causadoras de enfermidades se desenvolvem na faixa de 4,0 a 4,5 (GOIS et al., 2013).

As diferentes fontes de néctar também exercem influência na acidez no mel, o que se deve à variação dos ácidos orgânicos, alguns íons inorgânicos, como o fosfato, e pela ação da enzima GOx (glicose oxidase) na degradação da glicose, que origina o ácido glicônico (WHITE-JR, 1978; MENDES et al., 2009). A GOx é produzida nas glândulas hipofaríngeas das abelhas e sua ação causa a elevação da acidez devido à liberação de pequenas quantidades de peróxido de hidrogênio, composto responsável pela resistência microbiana do mel (DE-MELO et al., 2018).

De-Melo et al. (2018) citam que a produção de peróxido de hidrogênio é muito importante, uma vez que protege o mel contra a decomposição bacteriana até que ele atinja uma concentração de açúcar suficiente para evitar o crescimento microbiano devido a sua pressão osmótica. Dessa forma, o pH e a acidez possuem uma relação importante para que haja uma barreira natural quanto ao desenvolvimento de alguns microrganismos patogênicos. Exemplo é o caso do *Clostridium botulinum*, pois a queda do pH inibe a atividade enzimática, que é essencial para a produção da acidez que atua como uma barreira natural, fornecendo maior estabilidade ao produto (GOIS et al., 2013, DE-MELO et al., 2018).

A ação da GOx é praticamente inativa em méis de *Apis mellifera* totalmente maduros e pode ser inativada quando o mel é submetido à temperatura de 60 °C (WHITE-JR, 1963; DE-MELO et al., 2018). Com isso, o parâmetro da acidez fornece valiosas informações sobre o estado de conservação do mel, como indicar se o produto sofreu aquecimento. A legislação brasileira aceita a acidez máxima de 50 mEq/Kg de mel (BRASIL, 2000).

2.6 Hidroximetilfurfural

O hidroximetilfurfural (HMF) é um composto químico concebido pela reação da decomposição da frutose na presença de ácido. Sua concentração aumenta por vários motivos: elevação da temperatura, armazenamento inadequado, adição de açúcar invertido, alterações

nos níveis de acidez, pH, umidade e presença de minerais no mel (ABADIO-FINCO, 2010; DE-MELO et al., 2018). O HMF é utilizado como indicador de qualidade, pois sua presença em altas taxas mostra que o mel passou por um aquecimento, o que também ocasiona a destruição de algumas vitaminas e enzimas termolábeis (SILVA et al., 2006; MEIRELES et al., 2016).

Méis recém-colhidos possuem uma quantidade reduzida de HMF, sendo também um importante indicativo de frescor (MELO et al., 2003). Entretanto, White-Jr (1992) sugere que méis de países subtropicais, em função das altas temperaturas dessas regiões, podem ter, naturalmente, um alto conteúdo de HMF sem que o mel tenha sido superaquecido ou adulterado. Spano et al. (2009) citam que o HMF é considerado uma substância tóxica e apresenta risco de citotoxicidade, genotoxicidade e atividade mutagênica. Assim, índices muito elevados de HMF não são saudáveis. Segundo a legislação, o valor máximo aceito para o HMF no mel é de 60mg/Kg (BRASIL, 2000).

2.7 Atividade diastásica

A atividade diastásica, relacionada à enzima diastase, é um parâmetro utilizado, juntamente ao HMF, para definir o frescor do mel. Enzimas são termolábeis, isto é, perdem atividade conforme o aumento da temperatura, por isso são usadas como indicador de envelhecimento e/ou superaquecimento (DE-MELO et al., 2018). Assim, quando a atividade diastásica está muito baixa, sugere-se que o mel foi exposto a temperatura acima de 60 °C (MENDES et al., 2009), podendo indicar, também, a adição de açúcar invertido, condições inadequadas de temperatura ou longos períodos durante a estocagem (MENDES et al., 2009).

Sodré et al. (2007), entretanto, cita que este é um parâmetro que merece atenção especial por parte dos pesquisadores. O referido autor aponta a necessidade de verificar a possibilidade de adequar as normas às nossas condições, já que existe grande variação na quantidade de diastase em méis recém-colhidos e não aquecidos. Essas variações podem ser observadas nos estudos de Marchini et al. (2005) e Sodré et al. (2007), que registraram um índice de diastase variando 5,00 a 38,50 (escala de Gothe) e de 5,30 a 43,39 (escala de Gothe), respectivamente.

A legislação brasileira permite méis com atividade diastásica mínima aquela que atinge 8 na escala Gothe. Os méis com baixo conteúdo enzimático devem ter uma atividade diastásica mínima correspondente a três na escala Gothe sempre que o conteúdo de HMF não exceda a 15mg/Kg (BRASIL, 2000).

2.8 Açúcares

Os principais componentes do mel são os açúcares e a água. Os açúcares redutores, frutose e glicose, são monossacarídeos e estão presentes em maior concentração no mel, podendo variar de 85 a 95% da sua concentração (GOIS et al., 2013). Os dissacarídeos, sacarose e maltose, representam 10% da quantidade total (WHITE-JR, 1975).

A glicose é um açúcar menos solúvel em água, sendo um dos principais fatores responsáveis pela cristalização do mel (GOIS et al., 2013). Altas concentrações de glicose ou baixa quantidade de dextrina favorecem a cristalização do mel (SILVA et al, 2006; FELSNER; CANO, 2011). A enzima GOx, excretada pelas abelhas, é a responsável pela conversão da glicose em ácido glucônico e peróxido de hidrogênio na presença de água e oxigênio (SILVA et al., 2006). Ambos são considerados fortes agentes antioxidantes que atacam o envoltório dos microrganismos, preservando e mantendo a esterilidade do mel durante a maturação (SILVA et al., 2006).

A frutose é responsável pela doçura e, quando presente em quantidade elevada, permite que o mel permaneça líquido por um longo tempo, podendo até nunca cristalizar (CRANE, 1985; HORN et al., 1996). Sua concentração no mel é muito influenciada pela origem botânica e teor de umidade (MARCHINI et al., 2003). A glicose e a frutose podem ter origens no melato, na hidrólise enzimática de sacarose e outros açúcares do mel ou no néctar das plantas (SILVA et al., 2006). Por isso, é sempre importante preservar uma área com boa variabilidade de néctar para forrageamento das abelhas.

Os demais açúcares presentes no mel que se destacam são a sacarose e a maltose. A primeira é um açúcar não redutor passível de hidrólise, que é a alteração de uma substância complexa, a qual é quebrada em moléculas menores por meio da ação de ácidos diluídos ou de enzimas como a invertase, conforme demonstrado pela Figura 1. Na hidrólise da sacarose, obtém-se glicose e frutose, dois monossacarídeos. A sacarose representa, em média, de 2 a 3% dos carboidratos do mel, de modo que valores elevados dessa substância indicam fraude do produto por adição de açúcar ou a colheita de um mel não maduro (AZEREDO et al., 1999; SOUZA et al., 2009), ou seja, quando a sacarose ainda não sofreu hidrólise.

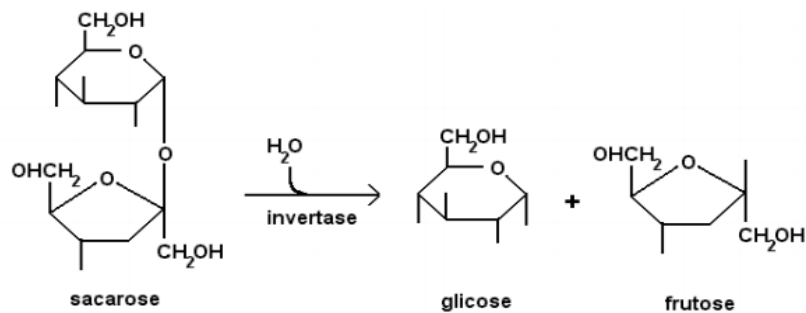


Figura 1. Mecanismo de hidrólise enzimática da sacarose.

Fonte: Pereira (2010, p. 30).

Segundo a instrução normativa nº 11 de 2000, a quantidade de açúcares redutores para mel floral é de no mínimo 65 g/100 g de mel. No caso do mel de melato, é exigido o mínimo de 60 g/100 g de mel (BRASIL, 2000). Enquanto a sacarose aparente para o mel floral deve ser no máximo de 6 g/100 g de mel, para o mel de melato essa medida não deve exceder 15 g/ 100g de mel (BRASIL, 2000).

2.9 Índice de formol

O índice de formol é um indicador de adulteração (MENDES et al., 2009). A referida substância permite avaliar o conteúdo em peptídeos, proteína e aminoácidos, representando, predominantemente, os compostos aminados (ABADIO-FINCO et al., 2010). Quando este índice se apresenta muito baixo, sugere-se a presença de produtos artificiais. Por outro lado, quando encontrado em valores excessivamente elevados, indica-se a administração de hidrolisado de proteínas na alimentação das abelhas (SIMAL; HUIDOBRO, 1984). Entretanto, na legislação brasileira vigente, o índice de formol não é designado como padrão para avaliação da qualidade do mel (MENDES et al., 2009).

2.10 Sólidos insolúveis

Correspondem aos resíduos de cera patas e asas das abelhas, além de outros elementos inerentes do mel ou do processamento que este sofreu. A realização desta análise permite detectar as impurezas presentes no mel, tornando-se uma importante medida de controle higiênico (SILVA et al., 2006).

Sobre esses elementos, o máximo permitido é de 0,1 g/100 g de mel. Exceção é o caso do mel prensado, quando se tolera até 0,5 g/100 g, o que se aplica unicamente a produtos acondicionados para sua venda direta ao público (BRASIL, 2000).

2.11 Cinzas

As cinzas referem-se aos resíduos inorgânicos que permanecem após a queima de matéria orgânica em forno tipo mufla, utilizando temperaturas de 550 °C a 570 °C por tempos pré-determinados (MARCHINI et al, 2005). Os diferentes minerais contidos no mel são expressos pelo teor de cinzas, que é considerado um critério de qualidade por estar relacionado a sua origem botânica e geográfica (MARCHINI et al., 2004). Normalmente, o teor de cinzas para os méis compostos a partir de néctar está entre 0,1 e 0,3% (FELSNER et al., 2004). Teores muito elevados, isto é, próximos a 1,0%, são encontrados apenas em mel de melato, por isso o teor de cinzas pode ser usado para identificar esse tipo de mel (CRANE, 1983; FELSNER et al., 2004). Gois et al. (2013) citam que méis mais escuros possuem maior concentração de minerais.

Os valores estabelecidos pela legislação vigente para o parâmetro cinzas no mel é de no máximo 0,6% (BRASIL, 2000). Segundo Moraes et al. (2014), teores de cinza acima dos especificados sugerem adulteração por materiais inorgânicos provenientes de objetos não especificados na descrição do mel, como terra e areia, entre outras sujidades.

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, n. 3, p. 706-712, 2010.
- ALCOFORADO-FILHO, G. **Flora da caatinga: conservação por meio da apicultura**. Congresso Nacional de Botânica. Crato, CE. Resumos. Fortaleza: BNB, p.362.1997.
- AZEREDO, M. A. A; AZEREDO, L. C.; DAMASCENO, J. G. Características físico-químicas dos méis do município de São Fidélis-RJ. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 3-7, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Defesa Animal. Legislações. Legislação por Assunto. Legislação de Produtos Apícolas e Derivados. **Instrução Normativa n. 11**, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in_11_2000.htm>. Acesso em: 16 julho.2019.
- CASTRO, M. S. **A comunidade de abelhas (Hymenoptera; Apoidea), de uma caatinga arbórea entre os “inselbergs” de Milagres, Bahia, com ênfase nos polinizadores**. 191p. Tese de Doutorado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia Geral. 2001.
- CAVALCANTI-FILHO, O; SOARES, E. A.; CAMERINI, N. L; LEAL, A. F. Utilização de resíduo de EVA na construção de colmeias Langstroth. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 5, n. 3, 2010.
- CELESTINO, V. et al. Aceitação e avaliação da defensividade de abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas, associada ao tipo de material na fabricação da colmeia. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 3, p. 18-25, 2014.
- CIDREIRA, R. G. **A argamassa cimento-vermiculita na construção de colmeias modelo Langstroth**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 48 f. 2003.
- CORBELLA, E.; COZZOLINO, D. Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. **Food Science and Technology**, London, v.39, n.5, p.534-539, 2005.
- COSTA, T. V.; FARIAS, C. A. G.; BRANDÃO, C. S. Meliponicultura em comunidades tradicionais do Amazonas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 3, p. 106-115, 2012.
- CRANE, E. Constituintes e característica do mel. In: **CRANE, E. O livro do mel**. Trad. Astrid Kleinert Giovane. São Paulo: Nobel, 1985.
- DEGENHARDT, R; ERNZEN, J. P. Qualidade do mel produzido no vale do rio do peixe, Santa Catarina-Brasil. **XXII Seminário de Iniciação Científica, IX Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra Universitária**. Chapecó, SC: Unoesc, 2016.

DE-MELO, A. A. M; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D.; SANCHO, M. T.; PASCUAL-MATÉ, A. Composition and properties of Apis mellifera honey: A review. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 1, p. 5-37, 2018.

DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 3ª ed. Ed Saraiva. Pg 157- 158. São Paulo, SP.2009.

FELSNER, M. L. et al. Optimization of thermogravimetric analysis of ash content in honey. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 6, p. 797-802, 2004.

FELSNER, M L; CANO, C B. Influência de Variáveis Experimentais na Determinação Refratométrica de Umidade em Mel por Planejamento Fatorial. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 13, n. 1, p. 139-150, 2011.

FREITAS, B.M. **A Vida das abelhas**. Fortaleza: UFC. Craveiro & Craveiro, 1999. CD Rom.

FREITAS, D. G. F; KHAN, A. S.; SILVA, L. M. R. Nível tecnológico e rentabilidade de produção de mel de abelha (*Apis mellifera*) no Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 1, p. 171-188, 2004.

FUNARI, C. S.; FERRO, V. O. Analise de propolis 1. **Ciênc tecnol aliment**, v. 26, p. 171-178, 2006.

GABRIEL, J. R. **Estudo da hidrólise de carboidratos em meio neutro, utilizando uma mistura de ésteres derivados do óleo de mamona**. 2009. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. doi:10.11606/T.75.2009.tde-05012010-081105. Acesso em: 2019-08-21.

GIL-JASSO, N. D. et al. Dissolution and recovery of waste expanded polystyrene using alternative essential oils. **Fuel**. v. 239, p. 611-616, 2019.

GOMES, V. V. et al. Avaliação da qualidade do mel comercializado no oeste do Pará, Brasil. **Rev. Virtual Quim**, v. 9, n. 2, 2017.

GOIS, G C.; RODRIGUES A. E., LIMA C. A. B., & SILVA L. T. Composição do mel de Apis mellifera: Requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

GULER, A. The effects of the shook swarm technique on honey bee (*Apis mellifera* L.) colony productivity and honey quality. **Journal of apicultural research**, v. 47, n. 1, p. 27-34, 2008.

HORN, H., DURÁN, J., CORTOPASSI-LAURINO, M., ISSA, M., TOLEDO, V. D.,

BASTOS, E., & SOARES, A. Méis brasileiros: resultados de análises físico-químicas e palinológicas. In: **Congresso Brasileiro de Apicultura**. 1996. p. 403-429.

HUIDOBRO, J. F; SIMAL, J. Determination of sugars in honey. **Anales de Bromatologia**, v. 36, n. 2, p. 247-264, 1984.

HUMAN, H; NICOLSON, S.W.; DIETEMANN, V. Do honeybees, *Apis mellifera* scutellata, regulate humidity in their nest? **Naturwissenschaften**, [s.l.], v. 93, n. 8, p.397-401, 2006.

ITAGIBA, M. G. O. R. **Noções básicas sobre criação de abelhas**. NBL Editora, 1997.

MAGALHÃES T.L.; VENTURIERI G.C. Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no nordeste paraense. Série Documentos, **Embrapa**, 364:36, 2010.

MARCHINI, L C; MORETI, A. C. D. C. C.; SILVEIRA NETO, S. Características físico-químicas de amostras de mel e desenvolvimento de enxames de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae), em cinco diferentes espécies de eucaliptos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 1, 2003.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; MORETI, A. C. de C. C. **Mel brasileiro: composição e normas**. Ribeirão Preto: Ed. A. S. Pinto, 2004. 111p.

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.

MEIRELES, S; CANÇADO, I. A. C. Mel: parâmetros de qualidade e suas implicações para a saúde. **SYNTHESIS| Revistal Digital FAPAM**, v. 4, n. 4, p. 207-219, 2016.

MELO, Z. F. N.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. Estudo das alterações do hidroximetilfurfural e da atividade diastásica em méis de abelha em diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 89-99, 2003.

MENDES, C. G. S; JEAN, B. A; MESQUITA, L. X; MARACAJÁ, P. B. As análises de mel: Revisão. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, 2009.

MODERCIN, I. F.; CASTRO, M. S; BANDEIRA, F. P. S. F. Manejo sustentável de abelhas sem ferrão no Território Indígena Pankararé, Raso da Catarina, Bahia. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 2, n. 2, sep. 2007

MONDAL, M. K.; BOSE, B. P.; BANSAL, P. Recycling waste thermoplastic for energy efficient construction materials: An experimental investigation. **Journal of Environmental Management**, v. 240, p. 119-125, 2019.

MORAES, F. J., et al. Physicochemical parameters of honey from samples from africanized honeybees in Santa Helena and terra roxa counties (PR). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 66.4: 1269-1275, 2014.

MOREIRA, R. F. A; DE-MARIA, C. A. B. Glicídios no mel. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 516-525, Aug. 2001

MOURA, F. D. B. P; MARQUES, J. G. W. Zooterapia popular na Chapada Diamantina: uma Medicina incidental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 2, p. 2179-2188, 2008.

NAIR, N. R.; SEKHAR, V. C.; NAMPOOTHIRI, K. M.; PANDEY, A. Biodegradation of biopolymers. In: **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**. Elsevier, 2017. p. 739-755.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão** – São Paulo: Nogueirapis, 1997. 446p.

PEREIRA, F. S. G. **Biochemistry in a chemical approach (in portuguese)**: bioquímica numa abordagem química. Recife: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2010. 99 p. (1). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311994359_BIOCHEMISTRY_IN_A_CHEMICAL_APPROACH_in_portuguese_BIOQUIMICA_NUMA_ABORDAGEM_QUIMICA. Acesso em: 21 ago. 2019.

ROLIM, M. B. Q. et al. Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade no Brasil: revisão. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 12, n. 1, p. 73-81, 2018.

RUIZ, R. L.; MUNARI, D. P. Microbiologia da silagem. **Microbiologia zootécnica. São Paulo: Ed. Roca**, p. 97-122, 1992.

SCHLABITZ, C.; SILVA, S. A. F.; SOUZA, C. F. V. Evaluation of physicalchemical and microbiological parameters in honey. **Rev. Bras. Prod. Agroind**, v. 4, n. 1, p. 80-90, 2010.

SILVA, C. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.260-265, 2004.

SILVA, R. D., MAIA, G. A; SOUSA, P. D; COSTA, J. D. Composição e propriedades terapêuticas do mel de abelha. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 1, p. 113-120, 2006.

SILVA, W P; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza on line**, v. 10, n. 3, p. 146-152, 2012.

SILVA, A. G.; SILVA, M. J. R; CAVALCANTE, A. C. P.; DINIZ, B. L. M. T. Educação ambiental e a agroecologia: uma prática inovadora no processo educativo no educandário aprendendo a aprender, Bananeiras-PB. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 13, p. 2818-2827, 2013.

SILVA, E. N., et al. Análise da comercialização e do associativismo apícola dos municípios de Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte: Um estudo de caso. **Enciclopedia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 85-105, 2013.

SIMAL, J.; HUIDOBRO, J. Parámetros de calidad de la miel III. Acidez (pH, libre, láctónica & total) e índice de formol. **Offarm**, v. 3 n. 9, p. 532, 1984.

SOUZA, B.; CARVALHO, C. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona Illiger*, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Quim. Nova**, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2009.

SOUZA, M. F. P. et al. Internal ambience of beehives *Apis mellifera* with different colors and roofing materials in the sub middle of the São Francisco Valley. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 625-634, 2016.

SPANO, N. et al. A direct RP-HPLC method for the determination of furanic aldehydes and acids in honey. **Talanta**, v. 78, n. 1, p. 310-314, 2009.

TAUTZ, J. **O fenômeno das abelhas**, 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

TERMOTÉCNICA. **Térmotecnica**. Disponível em: <http://www.termotecnica.ind.br/>
<http://www.caixamaismel.com.br/>. Acessado em: 16/06/2019.

TERRAB, A; RECAMALES, A. F.; HERNANZ, D.; HEREDIA, F. J. Characterization of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. **Food Chemistry**, v. 88, n. 4, p. 537-542, 2004.

VENTURINI K. S; SARCINELLI M. F; SILVA L. C. Características do Mel. **Boletim Técnico - PIE-UFES**: 01107, 2007.

WHITE-JR., J.W.; SUBERS, M.H. Studies on honey inhibine. 2. A chemical assay. **Journal of Apicultural Research**, v. 2, n. 2, p. 93-100, 1963.

WHITE-JR., J.W. Honey. In: **Advances in food research**. Academic Press, 1978. p. 287-374. doi:10.1016/S0065-2628(08)60160-3

WHITE-JR.W. Physical characteristics of honey. In: CRANE, E. **Honey a comprehensive survey**. London: Heinemann, 1975. Cap.6, p.207-239.

WHITE-JR, 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.

CAPÍTULO 1

QUALIDADE DO MEL DE ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS INSTALADAS EM CAIXAS MODELO LANGSTROTH DE ISOPOR® E DE MADEIRA

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E PRODUTIVIDADE DE MEL DE ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS ALOJADAS EM CAIXAS MODELO LANGSTROTH FEITAS COM ISOPOR® OU COM MADEIRA

RESUMO

Alguns pesquisadores vêm estudando materiais alternativos para a fabricação desta caixa, a fim de encontrar alternativas mais acessíveis e capazes de gerar boa produção, qualidade do mel, estabilidade térmica e um manejo favorável ao apicultor. Uma alternativa promissora são as caixas padrão Langstroth de isopor®. Este estudo propõe a análise da qualidade físico-química e da produtividade do mel de abelhas *Apis mellifera* africanizadas criadas em caixas do referido modelo construído em isopor® em comparação às caixas de madeira. Seis caixas do modelo Langstroth, três feitas de isopor® e três de madeira, foram utilizadas neste estudo. A produtividade de mel foi medida nas coletas de outubro e dezembro. Ao todo, foram analisadas 18 amostras em triplicatas. Os parâmetros físico-químicos analisados foram os seguintes: acidez, pH, umidade, cinzas, condutividade elétrica, hidroximetilfurfural, açúcares, proteína e índice de formol. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram diferenças significantes ($P \leq 0,05$) entre as caixas de isopor® e as de madeira nos parâmetros pH, acidez, proteína, açúcar total, açúcar redutor e HMF. Os resultados em ambas as caixas encontram-se adequados aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. Não houve diferença significativa entre a produção de mel nas caixas de isopor® em relação às de madeira. Concluiu-se que as caixas fabricadas com isopor® podem ser utilizadas na apicultura, constituindo-se em material alternativo para o exercício apicultura.

Palavra-Chave: apicultura, colmeias; poliestireno; análise.

**PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND PRODUCTIVITY OF HONEY OF
AFRICANIZED *Apis mellifera* BEES, HOUSED IN LANGSTROTH BOXES MADE
OF STYROFOAM OR WOOD**

ABSTRACT

Some researchers have been studying alternative materials for the manufacture of this box, in order to find alternatives that are more accessible and capable of generating good production, quality of honey, thermal stability and favorable handling for the beekeeper. A promising alternative is Langstroth styrofoam boxes. This study proposes the analysis of the physical-chemical quality and productivity of honey from Africanized *Apis mellifera* bees created in boxes made of Styrofoam compared to wooden boxes. Six boxes of the Langstroth model, three made of styrofoam® and three wooden ones, were used in this study. Honey productivity was measured in the October and December collections. In all, 18 samples were analyzed in triplicates. The physical-chemical parameters analyzed were as follows: acidity, pH, humidity, ash, electrical conductivity, hydroxymethylfurfural, sugars, protein and formaldehyde index. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the comparison of means was done by the Tukey test at 5% probability. The results showed significant differences ($P < 0.05$) between styrofoam and wooden boxes in the parameters pH, acidity, protein, total sugar, reducing sugar and HMF. The results in both boxes are in line with the quality standards established by Brazilian legislation. There was no significant difference between the production of honey in styrofoam boxes compared to wooden boxes. It was concluded that the boxes made with polystyrene® can be used in beekeeping, constituting an alternative material for the beekeeping exercise.

Keywords: Beekeep; beehives; polystyrene; analyze.

1 INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade que pode ser desenvolvida por pequenos produtores com retorno significativo e baixo impacto ao meio ambiente, possibilitando a utilização permanente dos recursos naturais e a não destruição do meio rural onde é instalada (SCHOWALTER, 2000). Também é considerada uma atividade socioeconômica que contribui para a conservação da flora nativas, sendo uma das poucas atividades consideradas sustentáveis: economicamente, é geradora de renda para os produtores; socialmente, é ocupadora de mão-de-obra familiar no campo, favorecendo a diminuição do êxodo rural; por fim, no aspecto ecológico, a apicultura dispensa o desmatamento e as abelhas são essenciais para a polinização (ALCOFORADO FILHO, 1997).

Lorenzo Lorraine Langstroth foi responsável por criar a caixa para abelhas melíferas que recebe seu sobrenome. Assim, o objetivo do design da caixa Langstroth foi possibilitar a abertura de sua tampa sem perturbar indevidamente as abelhas, de modo que o apicultor pudesse averiguar seu estado, remover quadros individuais, retirar o mel sem perturbar o ninho e implementar medidas corretivas quando necessário (CELESTINO, 2014). De forma geral, as caixas modelos Langstroth são fabricadas em madeira: os fatores durabilidade, valor e peso variam de acordo com o tipo de madeira utilizado. Alguns pesquisadores vêm estudando materiais alternativos para a fabricação desta caixa. Muitos buscam encontrar alternativas mais acessíveis, capazes de oferecer bons índices de produtividade, qualidade do mel, estabilidade térmica e manejo favorável ao apicultor.

Uma alternativa promissora para manter a homeostase das colônias, até então utilizada em países europeus, é a confecção de caixas padrão Langstroth de isopor®. Esta confere às abelhas a estabilidade de um material com isolamento térmico, leve e resistente. Existem poucos estudos sobre a boa adequação desta caixa à apicultura se comparados à literatura encontrada referente a caixas do modelo Langstroth feitas com madeira.

A fim de comparar a eficiência das caixas de isopor® em relação às de madeira, este estudo propõe a análise da qualidade físico-química e da produtividade do mel de abelhas *Apis mellifera* africanizadas alojadas em caixas do modelo Langstroth nos dois materiais citados. Busca-se, também, verificar se os méis produzidos nas caixas de isopor® estão adequados aos padrões exigidos pela legislação brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Apiário e caixas utilizadas

O apiário foi montado em uma área arejada, sujeito diretamente às variações climáticas, sombreado, sem luz direta do sol, entre árvores nativas e eucaliptos no local chamado de “apiário da clareira”, na Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá, localizada no distrito de Iguatemi, município de Maringá - PR.

Foram implantadas, seguindo o padrão Langstroth, três caixas de isopor® e três caixas de madeira (Figura 1), estas fabricadas em eucalipto e certificadas pelo FSC (*Forest Stewardship Council*). Tais caixas foram dispostas em formato de “U”, enumeradas sequencialmente e alternadas conforme seus materiais, como ilustrado na Figura 2. Em cada caixa, foram utilizados favos feitos com cera alveolada do próprio laboratório da fazenda. Os enxames foram coletados na região de Maringá e, para a padronização do material genético, foram feitas rainhas no laboratório de apicultura da Universidade Estadual do Paraná.

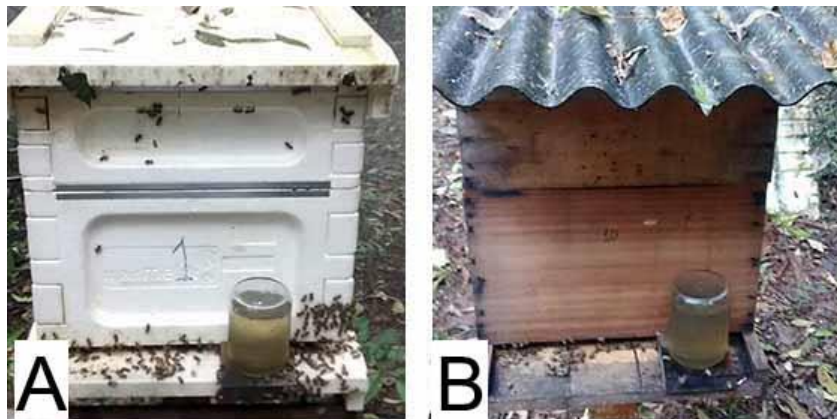


Figura 2. Colmeias de *Apis mellifera* africanizadas. A) Caixa de isopor®; B) Caixa de madeira.

Fonte: A autora

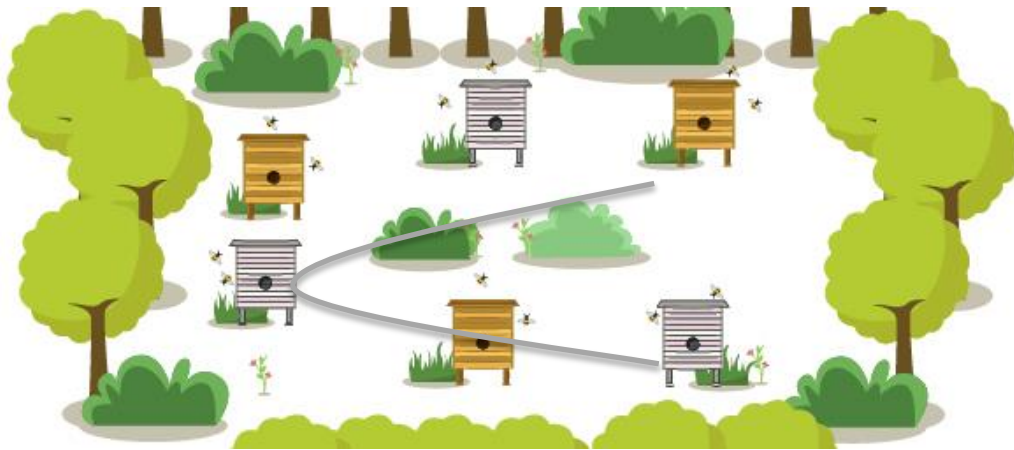


Figura 3. Disposição das caixas em formato de U no apiário.
Fonte: Agatha Botelho.

As abelhas foram alimentadas uma vez por semana com xarope de açúcar na proporção 1:1, por um período de dois meses (EMBRAPA, 2007).

2.2 Coleta e processamento do mel

As melgueiras coletadas foram levadas ao laboratório de Apicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM), onde as amostras foram separadas em potes de vidro, devidamente identificados e esterilizados.

O mel utilizado foi coletado de 6 colmeias: 3 das caixas de isopor® (ICx) e 3 das caixas de madeira (MCx) de *Apis mellifera* africanizadas. No total, foram analisadas 18 amostras, divididas igualmente entre os meses de junho, outubro e dezembro. Assim, as análises ocorreram com seis amostras em cada um dos meses citados, utilizando-se sempre uma amostra por caixa.

Após armazenadas, as amostras foram enviadas para análise no Laboratório de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR do campus de Campo Mourão. Todas as amostras foram analisadas em triplicata no sentido de buscar maior confiabilidade nos resultados.

Durante as coletas de outubro e dezembro, a quantidade total de mel envasado a partir dos dois tipos de caixa – isopor® e madeira – foram pesados separadamente, visando fornecer dados de produtividade.

2.3 Análise físico-química do mel

2.3.1 Umidade (%)

A umidade foi determinada conforme o método refratométrico, descrito por Atago Co. (1988). O método baseia-se na relação entre a velocidade da luz no vácuo e uma substância que um raio de luz incidente sofre ao incidir na solução de mel, que contém sólidos solúveis (ATAGO CO, 1988; MARCHINI et al., 2004). O referido aparelho foi adaptado do refratômetro Abbé e dispõe de uma escala com valores expressos em brix, a partir do qual se calculou o valor da umidade.

2.3.2 pH

O pH foi determinado seguindo o método descrito por Moraes & Teixeira (1998). Para tal, utilizou-se um medidor de pH modelo MB10 Marte.

2.3.3 Acidez (meq.kg-1)

A acidez foi determinada de acordo com o método descrito por Moraes & Teixeira (1998). Utilizou-se um medidor de pH modelo MB10 Marte.

2.3.4 Índice de Formol (mL.kg-1)

O índice de formol foi determinado a partir do método descrito por Moraes (1994). Utilizou-se um medidor de pH modelo MB10 Marte.

2.3.5 Cinzas (%)

Para o cálculo de percentual de cinzas, utilizou-se o método proposto por Marchini et al. (2004), que se fundamenta na perda de peso que ocorre quando o produto é incinerado até 550°C, com destruição da matéria orgânica, sem decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização (MARCHINI et al., 2004).

2.3.6 Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm-1}$)

A condutividade elétrica fundamenta-se no fato de que soluções de sais conduzem a corrente elétrica entre dois eletrodos e foi determinada de acordo com o método descrito por B.O.E. (1986). Para a realização desta análise, utilizou-se o condutivímetro modelo HydroSan Hy 150.

2.3.7 *Hidroximetilfurfural (mg.kg-1)*

O hidroximetilfurfural (HMF) foi determinado conforme o método da A.O.A.C. (1990), baseando-se na leitura da absorbância em espectrofotômetro modelo UV-Vis (Red Tide ocean optics USB 650 UV) nos comprimentos de onda de 284 nm e 336 nm.

2.3.8 *Proteína (%)*

A determinação de proteínas no mel seguiu o método descrito por Silva e Queiroz (2002), sendo fundamentado na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio em bloco digestor modelo Tecnal TE 007MP, fixado em solução ácida e titulado. Assim, determinou-se o nitrogênio e, por meio de um fator de conversão, transformou-se o resultado em proteína bruta, processo fundamentado nos métodos de Kjeldahl e de Silva e Queiroz (2002).

2.3.9 *Açúcares redutores, açúcares redutores totais e sacarose (%)*

Para a quantificação de açúcares, seguiu-se o método descrito por Bogdanov, Martin e Lüllmann (1997), o mesmo descrito pela European Honey Commission com algumas modificações. Este método baseia-se na capacidade de os açúcares redutores (glicose e frutose) reduzirem o cobre presente na solução cupro alcalina (licor de Fehling), caracterizada pela redução de íons cúpricos em cuprosos, sendo que os açúcares são oxidados em ácidos orgânicos (MARCHINI et al., 2004).

2.4 Análise estatística

Foram realizadas análises de estatística descritiva em relação aos valores das replicatas de cada caixa, separados conforme suas respectivas coletas. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software STATISTICA 8.0 (Statsoft, Oklahoma 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão as médias obtidas a partir das análises físico-químicas das amostras de méis de abelhas africanizadas coletadas nos meses de junho, outubro e dezembro. Os valores expostos representam as médias das replicatas de cada caixa, acompanhadas dos respectivos desvios padrão.

Tabela 2. Composição físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* africanizadas alojadas em caixas de isopor® e/ou madeira.

Parâmetros	ISOPOR®			MADEIRA		
	Jun	Out	Dez	Jun	Out	Dez
<i>pH</i>	3,76 ± 0,51	3,87 ± 0,58	3,74 ± 0,56	4,30 ± 0,31	4,11 ± 0,06	4,33 ± 0,20
<i>Acidez</i> (<i>meq.kg</i> ⁻¹)	28,74 ± 2,03	24,43 ± 7,75	15,65 ± 7,06	12,64 ± 9,24	14,93 ± 6,63	10,89 ± 4,86
<i>Umidade</i> (%)	19,51 ± 0,07	17,78 ± 1,026	17,24 ± 0,86	19,24 ± 0,97	18,06 ± 1,21	17,35 ± 1,26
<i>Proteína</i> (%)	0,25 ± 0,00	0,23 ± 0,00	0,24 ± 0,01	0,56 ± 0,07	0,53 ± 0,00	0,40 ± 0,10
<i>Cinzas</i> (%)	0,23 ± 0,18	0,35 ± 0,14	0,27 ± 0,17	0,25 ± 0,15	0,14 ± 0,09	0,50 ± 0,29
<i>C.E</i>	211,87 ± 13,75	400,39 ± 136,35	496,25 ± 112,75	522,23 ± 244,59	508,88 ± 337,66	440,23 ± 315,40
<i>AT</i> (%)	70,50 ± 3,13	70,80 ± 2,41	70,68 ± 1,64	74,45 ± 3,38	76,10 ± 1,88	80,09 ± 7,597
<i>AR</i> (%)	66,86 ± 1,47	68,510 ± 2,87	68,13 ± 1,13	72,170 ± 3,66	73,86 ± 2,25	75,36 ± 3,32
<i>Sacarose</i> (%)	3,46 ± 1,65	2,17 ± 1,30	2,42 ± 1,18	2,17 ± 0,89	2,13 ± 0,43	4,49 ± 4,45
<i>IF</i> (<i>ml/Kg</i>)	3,09 ± 0,57	3,96 ± 0,85	4,21 ± 1,59	4,47 ± 1,98	3,17 ± 0,81	2,67 ± 0,46
<i>SS</i> (%)	80,48 ± 0,06	82,22 ± 1,02	82,75 ± 0,85	80,75 ± 0,97	81,93 ± 1,22	82,64 ± 1,25
<i>HMF</i> (<i>meq/Kg</i>)	3,11 ± 2,12	1,30 ± 0,84	2,16 ± 1,52	24,56 ± 13,62	27,51 ± 15,46	16,96 ± 9,67

Jun- junho; Out- outubro; Dez- dezembro; CE- Condutividade elétrica; AT- Açúcar total; AR- Açúcar redutor; IF- Índice de formol; SS- Sólidos solúveis; HMF – Hidroximetilfurfural.

Média ± desvio-padrão seguida de letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os valores ($p \leq 0,05$).

Fonte: A autora

A Tabela 3 mostra a comparação dos resultados das análises físicas-químicas. Estão apresentados com a média e desvio padrão em comparação aos valores sugeridos pela Instrução Normativa nº 11 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento conforme (BRASIL, 2000).

Tabela 23. Comparação das médias gerais dos parâmetros físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* africanizadas alojadas em caixas de isopor® e/ou madeira.

PARAMETROS	Legislação*	I.GERAL	M.GERAL
pH	-	3,793 ±0,48 a	4,251 ±0,21 b
Acidez (mEq.kg-1)	Menor que 50	22,944 ±7,86 a	12,822 ±6,43 b
Umidade (%)	Menor que 20	18,176 ± 1,22 a	18,221 ±1,29 a
Proteína (%)	-	0,242 ±0,01 a	0,500 ±0,09 b
Cinzas (%)	Menor que 0,60	0,286 ±0,15 a	0,301 ±0,23 a
Condutividade Elétrica	-	369,507 ±153,53 a	490,450 ±264,16 a
Açúcar Total (%)	-	70,661 ±2,14 a	76,883 ±4,94 b
Açúcar Redutor (%)	Maior que 65	67,834 ±1,86 a	73,797 ±3,04 b
Sacarose (%)	Menor que 6	2,686 ±1,34 a	2,932 ±2,56 a
Índice Formol (ml/Kg)	-	3,756 ±1,07 a	3,440 ±1,36 a
Sólidos Solúveis (%)	-	81,820 ±1,22 a	81,773 ±1,29 a
HMF (meq/Kg)	Menor que 60	2,194 ±1,58 a	23,011 ±12,32 b

I.GERAL– Média geral das caixas de isopor®; M.GERAL– Média geral das caixas de madeira; Jun-junho; Out-outubro; Dez-dezembro; HMF - Hidroximetilfurfural; *(Brasil, 2000).

Média±desvio-padrão seguida de letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os valores ($p \leq 0,05$).

Fonte: A autora

Valores de pH não são exigidos pela legislação brasileira. Segundo Terrab et al (2002), no mel o pH varia entre 2,25 e 4,71, constituindo aspecto imprescindível de medição devido a sua influência na textura, estabilidade e resistência. A Tabela 2 mostra valores estáveis de pH, sendo em média 3,79 ±0,48 nas amostras ICx e 4,25 ±0,21 nas amostras MCx. Os resultados em ambas as caixas estão dentro da faixa de pH obtida por Welke et al. (2008), o qual constatou variação de pH de 3,3 a 4,4 ao analisar méis de *Apis mellifera* produzidos por dois anos consecutivos no Rio Grande do Sul.

Os resultados de pH obtidos nas caixas de madeira assemelham-se aos obtidos por Ito (2018). Este analisou o pH de amostras de mel de *Apis mellifera* originários de diferentes origens florais, encontrando o valor médio de 4,10 ±0,4 para mel de florada silvestre, 3,90 ±0,02 para méis de eucalipto e 4,17 ±0,3 para o de laranja.

Os valores de pH nas ICx foram menores em relação aos encontrados nas MCx, havendo diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as caixas, como mostra a Tabela 2. Segundo Acquarone et al. (2007), o mel mostra diferentes valores de pH de acordo com as propriedades do solo de sua região geográfica. As seis colmeias estavam posicionadas no mesmo local, com a mesma disponibilidade de recursos, e os valores de pH do mel ICx mantiveram-se constantemente mais baixo (3,43 a 3,87) durante todo o período, assim como em relação ao MCx (4,11 a 4,33), conforme a Tabela 1.

Também é possível observar essa diferença de pH na acidez total do mel: há um teor mais alto de acidez nas ICx, que apresentou média de 22,94 meq.kg-1, do que o encontrado nas

MCx, cuja média de 12,82meq.kg-1. No caso do pH relativamente baixo, a acidez livre é alta (NOGUEIRA NETO, 1997). Todas as amostras enquadram-se nas normas da legislação brasileira de 50 meq.kg-1, não se caracterizando, portanto, o processo fermentativo (BRASIL, 2000).

Os dados levantados também estão de acordo com os resultados encontrados por Braghini et al. (2017), que, ao avaliar amostras de mel de abelhas africanizadas do estado do Paraná, encontrou valores de acidez que variaram de 36,67 a 38,11 meq/kg. Do mesmo modo, os referidos dados enquadram-se nos resultados apontados por Marchini et al. (2005), que analisou 121 amostras de mel de *Apis mellifera* coletadas diretamente dos produtores de 84 municípios do Estado de São Paulo. Estes autores obtiveram valores médios para acidez de 33,80meq/kg (12,50 a 55,00meq/kg) para méis de eucaliptos e 30,10meq/kg (14,00 a 75,50meq/kg) para méis silvestres.

A média geral de umidade encontrada foi de 18,17% nas amostras ICx e 18,22% nas amostras MCx, sem diferença estatística entre as caixas. Todas as amostras analisadas estão dentro do proposto pela IN11/2000, que adota 20% como valor máximo para umidade. Altos teores desse fator aumentam a predisposição ao desenvolvimento de fungos, leveduras e bactérias tolerantes ao açúcar, podendo provocar fermentação no mel quando a umidade do produto estiver muito elevada (MARCHINI, et al. 2004; PICANÇO et al., 2018). Dessa forma, não há indícios de processos fermentativos nas amostras analisadas. Resultados similares foram encontrados por Bertoldi et al. (2007), cujas amostras de mel de *Apis mellifera* africanizadas indicaram teor de umidade de 16,80% a 19,87%, com valor médio de 18,92%.

O valor médio para a análise de cinzas (Tabela 2) nas amostras de mel foi de 0,28 \pm 0,15% nas caixas de isopor® e 0,30 \pm 0,23% nas caixas de madeira, encontrando-se ambos de acordo com o valor estabelecido pela legislação vigente para tal característica no mel (limite de 0,6%). Os valores obtidos estão próximos aos encontrados pela maioria dos pesquisadores da literatura consultada (EVANGELISTA RODRIGUES, 2005; SODRÉ, 2007; ALVES ET AL., 2011; MORAES ET AL. 2014; BRAGHINI ET AL., 2017). As cinzas expressam o conteúdo de minerais presente no mel (MARCHINI et al, 2005) e, normalmente, seus teores para os méis compostos a partir de néctar encontram-se entre 0,1 e 0,3% (FELSNER et al., 2004). Teores muito elevados, cerca de 1,0%, são encontrados apenas em mel de melato, por isso o teor de cinzas pode ser usado para identificar esse tipo de mel (CRANE, 1983; FELSNER et al., 2004).

Atualmente a legislação brasileira não exige valores mínimo e máximo para a condutividade elétrica. As médias gerais referentes a esse fator foram 369,50 μ S.cm-1 e 490,45 μ S.cm-1 para as amostras ICx e MCx, respectivamente. Os resultados obtidos estão

próximos dos encontrados por Alves et al. (2011), que registrou média de $581,06 \pm 0,08 \mu\text{S}$ para mel orgânico produzido em ilhas do Rio Paraná, no estado do Paraná. Assim como Moraes et al. (2014), no estado do Pará, os referidos autores mostraram valores médios de condutividade elétrica de $371,22 \pm 131,3 \mu\text{S.cm}^{-1}$ no município de Terra Roxa e $391,83 \pm 50,5 \mu\text{S.cm}^{-1}$ em Santa Helena. Como mostra a Tabela 1, a variação da condutividade elétrica em nossas amostras foi de $211,87 \mu\text{S.cm}^{-1}$ a $496,25 \mu\text{S.cm}^{-1}$ nas ICx e de $440,23 \mu\text{S.cm}^{-1}$ a $522,23 \mu\text{S.cm}^{-1}$ nas MCx. É visível uma leve diferença entre a condutividade elétrica registrada nas caixas dos diferentes materiais. Essa situação pode ocorrer em função dos hábitos forrageiros das colônias, pois Souza et al. (2009) mencionam que, apesar de origens geográficas e condições climáticas diferentes, méis de mesma origem floral apresentam condutividade elétrica muito semelhante. Segundo Alves (2011), a condutividade elétrica é um parâmetro usado como método adicional para determinar a origem botânica do mel e também está sendo usado como critério para a comercialização de mel na Alemanha. Neste país, os preços pagos pelo mel aumentam conforme os índices de condutividade. Mesmo que nossas amostras mostrem uma variação maior nas caixas de isopor® em relação às de madeira, não houve diferença significativa entre as médias de cada caixa, como mostra a Tabela 2.

O valor das proteínas das amostras da caixa de isopor® foi menor, $0,24 \pm 0,01\%$, do que o obtido nas caixas de madeira, $0,50 \pm 0,09\%$. Os resultados nas caixas de madeira estão próximos ao encontrado por Almeida-Muradian et al. (2013), que obtiveram $0,49 \pm 0,01\%$ em mel de *Apis mellifera*. Entretanto, segundo Machado De-Melo et al. (2017), o total de proteínas do mel pode variar de 0,1 a 0,5%. Não existe nenhum regulamento ou legislação que imponha limites para as proteínas mel, entretanto a alta presença de proteínas pode ser indesejável. Segundo Machado De-Melo et al. (2018), proteínas influenciam na viscosidade: quanto maior o seu nível, menor a tensão superficial do mel, produzindo uma tendência a formar espuma, resultando na incorporação de bolhas de ar.

Os resultados também apontaram uma diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as caixas para a variável açúcar redutor. Nesse sentido, observou-se que as amostras MCx apresentaram elevação no açúcar redutor de acordo com o período de coleta, iniciando com percentuais de 72,17% em junho e atingindo 75,36% no mês de dezembro (Tabela 1). A variação na porcentagem de açúcares redutores pode ocorrer por diversos fatores, entre eles as diferentes origens florais do néctar coletado pelas abelhas ou a colheita de um mel que não estava totalmente maduro (GOMES et al, 2017).

A legislação brasileira estabelece um mínimo de 65% de açúcares redutores. Nesse sentido, todos os dados obtidos nos dois tipos de caixa enquadraram-se nestas especificações,

com média de 67,83% e 73,79% (Tabela 2), para isopor® e madeira respectivamente. Estes dados estão de acordo com o encontrado por Abadio-Finco (2010), que analisou 24 amostras de origens florais diversas entre os meses de abril e outubro, apresentando índices de açúcar redutor com variação de 62,70% a 76,20%. Em outro estudo conduzido por Silva et al (2004), a variação deste índice foi ainda maior, de 68,92 a 85,49%.

Para os valores de açúcares totais não existe um padrão estabelecido pela legislação brasileira e internacional. Nesse aspecto, os resultados obtidos para caixas de isopor® e de madeira foram $70,66 \pm 2,14\%$ e $76,88 \pm 4,94\%$, enquadrando-se nos valores encontrados por Marchini et al. (2004), com variações de 67,80 a 88,30% para mel de eucalipto e de 68,20 a 82,00% e para mel silvestre.

Na Tabela 1 é possível ver que a variação da sacarose entre as diferentes caixas foi bem baixa, entretanto, as caixas de madeira (2,13% a 4,49%) apresentaram valores sutilmente mais elevados do que os obtidos nas caixas de isopor® (2,17% a 3,46%). Essa diferença pode explicar o aumento dos açúcares redutores ao longo das coletas. Sabe-se que altos teores de sacarose podem significar uma colheita precoce do mel, ou seja, um produto no qual a sacarose não foi totalmente transformada em glicose e frutose pela ação da invertase (AZEREDO et al. 2003). O importante é que a sacarose não exceda o nível de 8%, pois, quando ultrapassa esses valores, o mel pode não ser considerado autêntico (AZEREDO et al., 2003). Os resultados obtidos nessa pesquisa estão de acordo com o limite de 6% estabelecido pela legislação (BRASIL, 2000).

Para as análises de HMF, a Tabela 2 aponta que houve diferença significativa entre as médias ($p \leq 0,05$). As amostras provenientes das ICx ($2,194 \text{ meq/Kg} \pm 1,58$) mostraram-se muito menores do que as encontradas nas MCx ($23,011 \text{ meq/Kg} \pm 12,32$), o que pode ser melhor constatado na Tabela 1, na qual são detalhados os resultados dos períodos. Segundo a literatura, um dos motivos para a referida diferença entre os níveis pode ser as distintas preferências das abelhas quanto à forragem.

Ajlouni & Sujirapinyokul (2010) mostram, em seu estudo, que o aquecimento não é o único fator que influencia na formação de HMF no mel. Após analisar quatro méis processados e três não processados, os autores em questão constataram níveis bastante reduzidos de HMF em dois méis processados ($2,22 \text{ meq/Kg} \pm 0,65$; $17,7 \text{ meq/Kg} \pm 0,99$) e um valor elevado de HMF $34,0 \text{ meq/Kg} \pm 0,31$ em uma amostra de mel fresco, não processado (AJLOUNI & SUJIRAPINYOKUL, 2010). Assim, méis que não passaram por aquecimento também podem apresentar o HMF um pouco elevado. Ajlouni & Sujirapinyokul (2010) afirmam que o valor do pH, o conteúdo mineral e a fonte floral também podem afetar os valores do HMF no mel. Não

foi possível, nessa pesquisa, afirmar até que ponto o material utilizado na fabricação da caixa pode ter influenciado nos valores de HMF, mas se constatou uma diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre o pH das amostras ICx e MCx. Dessa forma, associado ao aferido por Ajlouni & Sujirapinyokul (2010), é possível deduzir o pH pode ter conexão com a diferença significativa ($P \geq 0,05$) encontrada nos valores de HMF. Apesar desta variação, as amostras estudadas encontram-se dentro dos padrões de diversos estudos (TERRAB, 2003; AZEREDO, 2003; EVANGELISTA-RODRIGUES et al, 2005; MARCHINI et al, 2005; BRAGHINI et al, 2017) e do permitido pela legislação vigente (60 meq/Kg).

As variáveis pH, Acidez, Proteína, Açúcar Total, Açúcar Redutor e HMF mostraram diferenças ($p \leq 0,05$) entre as ICx e MCx. Variações destes tipos eram esperadas, visto que os materiais de fabricação das caixas são muito distintos. Porém, mesmo com essa disparidade, todas as amostras estão dentro dos padrões brasileiros de qualidade do mel.

Com relação à produção total de mel das caixas, as análises estatísticas mostraram que não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre a produção de mel obtida nas ICx em relação ao obtido nas MCx. O total produzido foi 85,65 kg (42.82 ± 9.86) na ICx e 87,79 kg (43.89 ± 6.92) pelas colônias instaladas nas MCx (Figura3). Observou-se, assim, que a caixa de isopor® é uma alternativa positiva na apicultura, pois manteve o padrão de produção semelhante ao encontrado nas caixas de madeira.

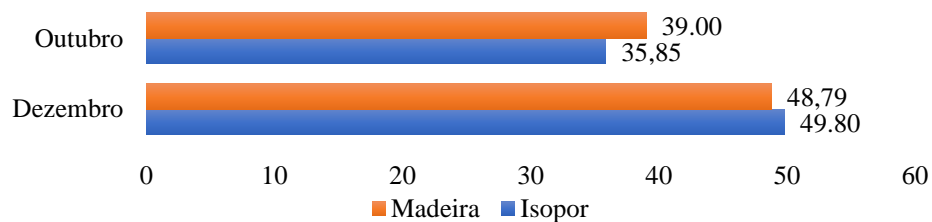


Figura 4. Produção total de mel obtido, em quilograma, nas caixas de isopor® e nas caixas de madeira, de acordo com o mês da coleta.

Fonte: A autora

O presente estudo mostra, assim, que as caixas de isopor® são uma alternativa para o produtor, pois garantem um mel de qualidade.

CONCLUSÕES

Mesmo que alguns parâmetros físico-químicos tenham apresentado diferença significativa entre os diferentes tipos de material, todas as amostras encontram-se dentro dos padrões de qualidade. As caixas de isopor® mantiveram-se totalmente dentro dos critérios estabelecidos pela legislação brasileira quanto à qualidade de mel. As caixas nesse material também mostraram produtividade de mel equivalente à da caixa de madeira.

Concluiu-se, dessa forma, que as caixas fabricadas com isopor® podem ser utilizadas na apicultura, sendo uma alternativa para a apicultura.

REFERÊNCIAS

- A.O.A.C, Association Of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. (15ed). Arlington, Virginia: Kenneth Helrich. 1990.
- 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, n. 3, p. 706-712, 2010.
- ABRAPEX. **Associação Brasileira Poliestireno Expandido**. 2016. Disponível em: <http://www.abrapex.com.br/>. Acesso em 22/06/2019.
- ACQUARONE, C; BUERA, P; ELIZALDE, B. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. **Food Chemistry**, v. 101, n. 2, p. 695-703, 2007.
- ALCOFORADO FILHO, G. **Flora da caatinga**: conservação por meio da apicultura. Congresso Nacional de Botânica. Crato, CE. Resumos. Fortaleza: BNB, p.362.1997.
- ALMEIDA-MURADIAN, L B. STRAMM, K. M., HORITA, A., BARTH, O. M., DA SILVA DE FREITAS, A., & ESTEVINHO, L. M. Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 8, p. 1698-1706, 2013.
- ALVES, E. M., SEREIA, M. J., TOLEDO, V. D. A. A. D., MARCHINI, L. C., NEVES, C. A., TOLEDO, T. C. S. D. O., & ALMEIDA-ANACLETO, D. 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.
- AJLOUNI, S., & SUJIRAPINYOKUL, P. Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1000-1005, 2010.

ATAGO Co. Refratômetro para mel. **Abelhas**, v. 31, n. 362/363, p.9, 11- 12, 41, 44, 1988.

AZEREDO, L. C. AZEREDO, M. A. A., DE SOUZA, S. R., & DUTRA, V. M. L. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. **Food chemistry**, 2003.

BERTOLDI, F. C.; REIS, V. D. A., GONZAGA, L. V., & CONGRO, C. R.. Caracterização físico-química e sensorial de amostras de mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidas no pantanal. **Evidência-Ciência e Biotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 63-74, 2007.

B.O.E., BOLETIN OFICIAL ESPAÑOL. Orden de 12 de junio de 1986, de la Presidencia del Gobierno por la que se aprueban los métodos oficiales de analisis para la miel. **B.O.E.**, Madrid, 18 junio de 1986, n. 145, s.n.p

BOGDANOV, S; MARTIN, P; LÜLLMANN, C. Harmonised methods of the European honey commission. **Apidologie (France)**, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Defesa Animal. Legislações. Legislação por Assunto. Legislação de Produtos Apícolas e Derivados. **Instrução Normativa n. 11**, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in_11_2000.htm>. Acesso em: 16 julho.2019.

BRAGHINI, F. CHIAPETTI, E., JÚNIOR, J. F. S., MILESKI, J. P., OLIVEIRA, D. F. D., MORÉS, S., TONIAL, I. B., COELHO A. R & TONIAL I. B. Qualidade dos méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) e jataí (*Tetragonisca angustula*) comercializado na microrregião de Francisco Beltrão: PR. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 279-289, 2017.

CELESTINO, V. Q.; MARACAJÁ, P.B.; SILVEIRA, D.C.; FARIAS, C.A.S.; SILVA, R.A.; OLINTO, F.A.; SOUZA, J.F. Aceitação e avaliação da defensividade de abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas, associada ao tipo de material na fabricação da colmeia. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 3, p. 18-25, 2014.

CRANE, E. Constituintes e característica do mel. **In: CRANE, E. O livro do mel**. Trad. Astrid Kleinert Giovane. São Paulo: Nobel, 1983.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Criação de abelhas: apicultura**. Embrapa Meio Norte. 113p. Brasília, DF. 2007.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A. DA 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, p. 1166-1171, 2005.

FELSNER, M. L., CANO, C. B., MATOS, J. R., ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D., & BRUNS, R. E. Optimization of thermogravimetric analysis of ash content in honey. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 6, p. 797-802, 2004.

GIL-JASSO, N. D., SEGURA-GONZÁLEZ, M. A., SORIANO-GILES, G., NERI-HIPOLITO, J., LÓPEZ, N., MAS-HERNÁNDEZ, E., & BALLESTEROS-RIVAS, M. F. Dissolution and

recovery of waste expanded polystyrene using alternative essential oils. **Fuel**, v. 239, p. 611-616, 2019.

GOMES, V. V., DOURADO, G. S., COSTA, S. C., LIMA, A. K. O., SILVA, D. S., BANDEIRA, A. M. P., VASCONCELOS, A. A. & TAUBE, P. S. Avaliação da qualidade do mel comercializado no oeste do Pará, Brasil. **Rev. Virtual Quim**, v. 9, n. 2, 2017.

ITO, E. H. ARAÚJO, W. L. P., SHINOHARA, A. J., BARROS, D. C. B., CAMILLI, M. P., & ORSI, R. O. Características físico-químicas dos méis de abelhas *Apis mellifera* produzidos na região do Pólo Cuesta, São Paulo, Brasil. **Boletim De Indústria Animal**, v. 75, 2018.

MACHADO DE-MELO, A. A., ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D., SANCHO, M. T., & PASCUAL-MATÉ, A. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 1, p. 5-37, 2018.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. da S.; MORETI, A. C. de C. C. **Mel brasileiro: composição e normas**. Ribeirão Preto: Ed. A. S. Pinto, 2004. 111p.

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.

MONDAL, M. K.; BOSE, B. P.; BANSAL, P. Recycling waste thermoplastic for energy efficient construction materials: An experimental investigation. **Journal of Environmental Management**, v. 240, p. 119-125, 2019.

MORAES, R. M. **Análise de mel**. Pindamonhangaba: Centro de Apicultura Tropical, IZ/ SAA, snp. 1994. (Manual técnico).

MORAES, R. M. & TEIXEIRA, E. W. **Análise de mel**. Pindamonhangaba: [s.n.], 1998. 41 p. (Manual Técnico).

MORAES, F. J. GARCIA, R. C., VASCONCELOS, E., CAMARGO, S. C., PIRES, B. G., HARTLEBEN, A. M., ... & GREMASCHI, J. R.. Caracterização físico-química de amostras de mel de abelha africanizada dos municípios de Santa Helena e Terra Roxa (PR). **Arq. bras. med. vet. zootec**, v. 66, n. 4, p. 1269-1275, 2014.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão** – São Paulo: Nougearapis, 1997. 446p.

PICANÇO, Y. S. OLIVEIRA, S. S., ALMEIDA, M., OTANI, F. S., PEREIRA, E. J., & DOS SANTOS, G. C.. Análise de atividade de água e umidade na qualidade do mel produzido em comunidades da reserva extrativista Tapajós-Arapiuns, Santarém, Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 1-10, 2018.

TERRAB, A; DÍEZ, M. J.; HEREDIA, F. J. Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. **Food Chemistry**, v. 79, n. 3, p. 373-379, 2002.

SCHOWALTER, T.D. 2000 Pollination, seed predation, and seeddispesal. In: SCHOWALTER, T.D. 2000. **Insect Ecology: an ecosystem approach**. San Diego: Academic Press. 483p.

SERRANO, S., VILLAREJO, M., ESPEJO, R., & JODRAL, M.. Chemical and physical parameters of Andalusian honey: classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminant analysis. **Food Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 619-625, 2004.

SILVA, D. J. & QUEIROZ, AC de. Determinação do nitrogênio total e da proteína bruta. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**, v. 3, p. 57-75, 2002.

SILVA, C.L.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.260-265, 2004.

SODRE, G. S. MARCHINI L.C., CARMELO, A. C.C.M., OTSUK I. P., & DE CARVALHO I, A. A. L.. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceara. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, 2007.

SOUZA, B.; CARVALHO, C. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona Illiger*, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Quim. Nova**, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2009.

WELKE, J. E., REGINATTO, S., FERREIRA, D., VICENZI, R., & SOARES, J. M.. Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L. da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1737-1741, 2008.