



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



## **DISSERTAÇÃO**

**ÁREA CONCENTRAÇÃO:**

**ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE MÉIS DA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE - CE**

**KELLY DE FÁTIMA NOGUEIRA LIMA SILVA**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**AGOSTO – 2005**

**KELLY DE FÁTIMA NOGUEIRA LIMA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE MÊIS DA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE - CE**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.**

**Orientadores : Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA  
AGOSTO - 2005**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586 Silva, Kelly de Fátima Nogueira Lima  
2005 Caracterização de méis da região do baixo Jaguaribe – CE / Kelly de Fátima Nogueira Lima Silva. — Campina Grande, 2005.  
135f.: il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Alexandre José de Melo Queiroz/Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

1— *Apis mellifera* 2— Armazenamento 3— Viscosidade I— Título

CDU 638.162



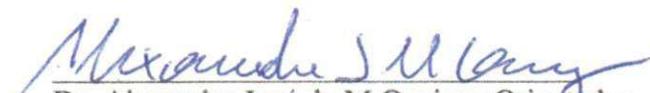
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

**KELLY DE FÁTIMA NOGUEIRA LIMA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE MÉIS DA REGIÃO DO BAIXO  
JAGUARIBE-CE**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

APROVADO

  
Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

Aprovado

  
Dra. Adriana Evangelista Rodrigues-Examinadora

Aprovado

  
Dra. Libia de Sousa C. Oliveira-Examinadora

APROVADO

AGOSTO - 2005

***“É justamente a possibilidade de realizar um  
sonho que torna a vida interessante”***

*Kelly de Fátima*

***“Podemos escolher o que semear, mas somos  
obrigados a colher aquilo que plantamos”***

*Provérbio Chinês*

***Eu amo Deus, Ele é a fonte de minha existência  
E meu Salvador. Ele me mantém todo e cada dia.  
Sem Ele eu não sou nada, mas com Ele eu posso  
Todas as coisas, através de Jesus Cristo, que me fortalece.***

*Filipenses 4:13*

**A sabedoria, árvore da vida.**

***“Feliz quem achou a sabedoria e alcançou o  
entendimento! Pois adquiri-la vale mais que ter  
prata e seu rendimento supera o ouro fino”.***

*Provérbios 3; 13-14*

# Dedicatória

## ***A minha Família***

*Que me incentivou, me apoiou e que pacientemente, suportou minha ausência durante todo o mestrado, dando forças para vencer esta batalha.*

## ***Aos meus Pais***

*Alirio Xavier de Lima e Raimunda Elita Nogueira Lima, pela lição de vida e ensinamentos, e de forma muito especial, pelo o amor, carinho, dedicação, incentivo, confiança e seus exemplos de Fé, perseverança, otimismo, responsabilidade, honestidade e justiça.*

## ***Aos meus Irmãos***

*Kylsson Nogueira Lima (in memoriam) que sempre esteve presente em minha vida, Kellma Nogueira Lima e Pedro Kelsson Nogueira Lima, pelo companheirismo, união e carinho recebidos.*

## ***A meu Esposo***

*Charles Teles, pelo amor, compreensão, dedicação, afeição, compromisso, incentivo, enfim, pelos esforços realizados para garantir-me esta conquista e por estar sempre ao meu lado, me apoiando e ajudando a superar os obstáculos em todos os momentos da vida. Charles, você é parte integrante desta conquista e do meu sucesso.*

## ***A meus Avós, Tios e Primos***

*Raimundo e Terezinha, Antonio (in memoriam) e Celsa, Amilton, Ari, Arilo, Arlindo, João, Jorge, José, Iraci, Irani, Terezinha, Mirtes, Marta, Maria, Juraci, Lúcia, Deltra, Elodia, Velma, Eleusa, Marilaque, Nenê, Lúcia, e Fátima pelo constante apoio e incentivo, além do carinho em todos os momentos e, in memoriam, aos meus tios Antonio e Terezinha que, mesmo não estando entre nós, sei que estarão torcendo por mim. A todos os meus primos, pela amizade e carinho.*

## ***A meu Sogro, Sogra e Cunhados***

*Alexandre César e Cláudia, Alexandre Filho, Cláudio Neto e Gabriel, pelo afeto, admiração, carinho, amizade e confiança em todas as ocasiões.*

## ***Aos Senhores,***

*Cláudio Teles e Zuila, pelo carinho, atenção e por terem mim acolhido em sua família de forma tão especial.*

## ***Ao professor,***

*Afonso Odério Nogueira Lima, pela total confiança, apoio, colaboração e orientação em prol desta pesquisa. Em especial ao Apiário Altamira e ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico - Centec.*

## Agradecimentos

*A Deus, por me encaminhar com sua sabedoria, nos momentos melancólicos e alegres da vida; pela saúde, alimento e integridade; enfim, a minha eterna gratidão por mais uma conquista.*

*Meus sinceros agradecimentos às pessoas e instituições que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Em especial:*

*À Universidade Federal de Campina Grande, através do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia pelo apoio necessário à realização do curso de pós-graduação, em particular às Secretárias **Rivanilda** e **Cida**, pelo competente trabalho que exercem, dando subsídios necessários para a conclusão do curso.*

*A todos os professores que fazem parte do corpo docente da área do curso de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, em especial aos professores **Alexandre José de Melo Queiroz** e **Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**, pela orientação, total confiança, amizade, paciência, e principalmente pelo apoio concedido em todos os momentos.*

*A CAPES, pelo incentivo a pesquisa e pela bolsa concedida.*

*As Prof<sup>as</sup>. Dra. **Adriana Evangelista Rodrigues** e a **Líbia de Sousa Conrado Oliveira** pela participação na banca examinadora e pela atenção, correções e sugestões.*

*Ao **Apiário Altamira** pelas amostras de méis fornecidas para a realização do trabalho e ao **Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC** de Limoeiro do Norte pelo suporte tecnológico, com o fornecimento de equipamentos e reagentes, tornando viável o desenvolvimento do trabalho, principalmente ao Laboratório de Bromatologia e Bioquímica, através do seu representante: **Diretor Regional Afonso Odério Nogueira Lima** que muito colaborou com sugestões valiosas despendidas a esta pesquisa.*

*Aos funcionários do CENTEC que de forma direta ou indireta colaboraram e apoiaram na condução da pesquisa. E em especial, as pessoas que trabalham no Apiário Altamira pela boa vontade e ensinamentos de campo transmitidos.*

*À todas às companheiras do Laboratório de Bromatologia e Bioquímica, principalmente a **Esiana Rodrigues, Germana Conrado, Lenira Mendes, Socorro Domingos** e as Professoras **Ângela Landim** e **Zilvanir** pela constante colaboração, incentivo e amizade.*

*Aos meus tios **Amilton, Iraci, Deltra e Teresinha** pela amizade, respeito, pela plena confiança e incentivo nesta longa trilha estudantil, que hoje é fundamental para qualquer ser humano.*

*A todos que moram no Residencial Flamingo, onde trocamos conhecimentos e culturas diversas, em especial aos amigos **Batista, Nildo, Andrey, Carlinhos, Valdemar, Luciano, Sandrinha, Clayton, Clécio, Vladenilson, Valnir** e família.*

*Aos colegas de curso, que tudo que aprendemos seja luz para o nosso caminho, o meu profundo afeto, em especial aos amigos de turma **Ivonete, Nicole, Fátinha, Marinalva, Scaime, Karina, Daniela, Marta, Cessa, Jedma, Manasses, Cledmário**, dentre outros.*

*Aos amigos **Luciana Marques, Ticiane Leite e Jardel Paixão** pela amizade, companheirismo, e principalmente pelo apoio concedido em todos os momentos.*

*Aos professores do Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC de Limoeiro do Norte, CE, por todo o apoio e amizade durante o curso.*

*Enfim a todos os amigos que fiz ao longo desta caminhada, e que de alguma forma contribuíram comigo.*

*Muito Obrigado!!!*

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTAS DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTAS DE TABELAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>APENDICE A.....</b>	<b>xix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxiv</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 – Objetivos.....	3
1.1.1 – Objetivos específicos.....	3
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1 – <i>Apis mellifera</i> L.....	4
2.2 – Produtos da <i>Apis mellifera</i> L.....	5
2.2.1 – Mel.....	9
2.2.1.1 – Maturação do Mel.....	10
2.2.1.2 – Cor, sabor e aroma do mel.....	10
2.3 – Métodos de avaliação e controle de qualidade.....	12
2.3.1 – Umidade.....	14
2.3.2 – Hidroximetilfurfural (HMF).....	15
2.3.3 – Açúcares redutores.....	18
2.3.4 – Sacarose aparente.....	19
2.3.5 – Minerais (cinzas).....	20
2.3.6 – Acidez livre.....	21

2.3.7 – Sólidos insolúveis em água.....	23
2.3.8 – Atividade Diastásica.....	23
2.3.9 – Potencial Hidrogeniônico.....	24
2.3.10 – °Brix.....	25
2.4 – Cristalização e granulação do mel.....	26
2.5 – Fermentação do mel.....	27
2.6 – Armazenamento do mel.....	28
2.7 – Embalagem.....	29
2.8 – Reologia.....	29
2.8.1 – Classificação do comportamento reológico.....	31
2.8.1.1 – Fluidos newtonianos.....	31
2.8.1.2 – Fluidos não-newtonianos.....	32
2.8.2 – Viscosidade.....	35
2.8.2.1 – Efeito da temperatura na viscosidade.....	36
<b>CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
3.1 – Caracterização da área experimental.....	38
3.2 – Obtenção dos méis.....	39
3.3 – Caracterização dos méis.....	41
3.3.1 – Caracterização físico-química.....	42
3.3.1.1 – Açúcares Redutores.....	42
3.3.1.2 – Sacarose aparente.....	42
3.3.1.3 – Hidroximetilfurfural (HMF).....	42
3.3.1.4 – Umidade.....	42
3.3.1.5 – Cinzas.....	42
3.3.1.6 – Acidez livre.....	43
3.3.1.7 – Sólidos insolúveis em água.....	43
3.3.1.8 – Atividade Diastásica.....	43
3.3.1.9 – °Brix.....	43
3.3.1.10 – pH.....	43
3.3.2 – Viscosidade.....	43
3.4 – Estudo do armazenamento do mel produzido em Limoeiro do Norte	45
3.5 – Análise dos dados.....	47

<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
4.1 – Caracterização dos méis.....	48
4.1.1 – Caracterização físico-química.....	48
4.1.1.1 – Açúcares redutores.....	48
4.1.1.2 – Sacarose aparente.....	49
4.1.1.3 – Hidroximetilfurfural (HMF).....	50
4.1.1.4 – Cinzas.....	51
4.1.1.5 – pH.....	52
4.1.1.6 – Sólidos insolúveis em água.....	53
4.1.1.7 – Atividade diastásica.....	54
4.1.1.8 – Acidez livre.....	55
4.1.1.9 – Umidade.....	56
4.1.1.10 - °Brix.....	57
4.1.2 – Viscosidades dos méis.....	58
4.1.2.1 – Limoeiro do Norte.....	58
4.1.2.2 – Tabuleiro do Norte.....	60
4.1.2.3 – Morada Nova.....	62
4.1.2.4 – São João do Jaguaribe.....	64
4.1.2.5 – Alto Santo.....	66
4.1.2.6 – Aracati.....	68
4.1.2.7 – Quixeré.....	70
4.1.2.8 – Comparação entre as viscosidades dos municípios....	72
4.1.2.8.1 – Tempo zero ( 0 dias).....	72
4.1.2.8.2 – Tempo um (45 dias).....	74
4.1.2.8.3 – Tempo dois (90 dias).....	75
4.1.2.9 – Equação de Arrhenius.....	77
4.1.2.9.1 – Tempo zero (0 dias).....	77
4.1.2.9.2 – Tempo um (45 dias).....	79
4.1.2.9.3 – Tempo dois (90 dias).....	80
4.2 – Estudo do armazenamento do mel produzido em Limoeiro do Norte	81
4.2.1 – Açúcares redutores.....	82
4.2.2 – Sacarose aparente.....	83

4.2.3 – Hidroximetilfurfural (HMF).....	85
4.2.4 – Umidade.....	86
4.2.5 – Cinzas.....	88
4.2.6 – pH.....	89
4.2.7 – °Brix.....	91
4.2.8 – Sólidos insolúveis em água.....	92
4.2.9 – Atividade diastásica (DN).....	93
4.1.10 – Acidez livre.....	95
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE A -.....</b>	<b>122</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1 -</b>	Esquema representativo da dança do requebrado.....	4
<b>Figura 2.2 -</b>	Tipos de danças das abelhas: 1 – Dança em círculo, 2 – Dança em foice, 3 – Dança do requebrado.....	5
<b>Figura 2.3 -</b>	Mel escorrendo de um quadro recém-desoperculado.....	9
<b>Figura 2.4 -</b>	Potes de mel de <i>Apis mellifera</i> , ilustrando a variedade de cores, em razão das diferentes fontes florais que o originaram.....	11
<b>Figura 2.5 -</b>	Reograma de um fluido Newtoniano.....	32
<b>Figura 3.1 -</b>	Mapa da região do Baixo Jaguaribe.....	38
<b>Figura 3.2 -</b>	Fluxograma das etapas do processamento do mel.....	39
<b>Figura 3.3 -</b>	Florada da vassourinha de botão.....	40
<b>Figura 3.4 -</b>	Colheita do mel em campo.....	40
<b>Figura 3.5 -</b>	Mesa desoperculadora.....	41
<b>Figura 3.6 -</b>	Viscosímetro da marca Brookfield, modelo RVT.....	44
<b>Figura 3.7 -</b>	Recipiente Plástico (Baldes).....	45
<b>Figura 3.8 -</b>	Recipiente Metálico (Latas).....	45
<b>Figura 3.9 -</b>	Coleta do mel para análises físico-químicas.....	46
<b>Figura 3.10 -</b>	Recipientes de vidro codificados.....	46
<b>Figura 4.1 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de Limoeiro do Norte produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	60
<b>Figura 4.2 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de Tabuleiro do Norte produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	62
<b>Figura 4.3 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de Morada Nova produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	64
<b>Figura 4.4 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de São João do Jaguaribe produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	66

<b>Figura 4.5 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de Alto produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	68
<b>Figura 4.6 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de Aracati produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	69
<b>Figura 4.7 -</b>	Viscosidades (Pa.s), do mel de Quixeré produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.....	71
<b>Figura 4.8 -</b>	Valores médios da viscosidade (Pa.s) dos méis dos diferentes municípios, no tempo zero do armazenamento.....	73
<b>Figura 4.9 -</b>	Valores médios da viscosidade (Pa.s) dos méis dos diferentes municípios, aos 45 dias de armazenamento.....	75
<b>Figura 4.10 -</b>	Valores médios da viscosidade (Pa.s) dos méis dos diferentes municípios, aos 90 dias de armazenamento.....	77
<b>Figura 4.11 -</b>	Viscosidades dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta, no tempo zero.....	78
<b>Figura 4.12 -</b>	Viscosidades dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta, após 45 dias de armazenamento.....	79
<b>Figura 4.13 -</b>	Viscosidades dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta, após 90 dias de armazenamento.....	80
<b>Figura 4.14 -</b>	Açúcares redutores (%) para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	83
<b>Figura 4.15 -</b>	Sacarose aparente (%) para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	85
<b>Figura 4.16 -</b>	Hidroximetilfurfural para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	86

<b>Figura 4.17 -</b>	Umidade (%) para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	88
<b>Figura 4.18 -</b>	Valores percentuais de cinzas para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	89
<b>Figura 4.19 -</b>	Valores de pH para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	90
<b>Figura 4.20 -</b>	Valores de °Brix para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	92
<b>Figura 4.21 -</b>	Valores de sólidos insolúveis em água para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	93
<b>Figura 4.22 -</b>	Valores de atividade diastásica para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	95
<b>Figura 4.23 -</b>	Valores de acidez livre para o mel produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.....	96

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4.1 -</b>	Valores médios dos açúcares redutores em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	48
<b>Tabela 4.2 -</b>	Valores médios de sacarose aparente em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	49
<b>Tabela 4.3 -</b>	Valores médios de hidroximetilfurfural (HMF), em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	51
<b>Tabela 4.4 -</b>	Valores médios do percentual de cinzas em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	52
<b>Tabela 4.5 -</b>	Valores médios do pH de méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios..	53
<b>Tabela 4.6 -</b>	Valores médios dos sólidos insolúveis em água em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	54
<b>Tabela 4.7 -</b>	Valores médios da atividade diastásica em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	55
<b>Tabela 4.8 -</b>	Valores médios da acidez livre em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	56
<b>Tabela 4.9 -</b>	Valores médios de umidade em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	57
<b>Tabela 4.10 -</b>	Valores médios do °Brix em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	58

<b>Tabela 4.11</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Limoeiro do Norte, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	59
<b>Tabela 4.12</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Tabuleiro do Norte, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	61
<b>Tabela 4.13</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Morada Nova, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	63
<b>Tabela 4.14</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de São João do Jaguaribe, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	65
<b>Tabela 4.15</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Alto Santo, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	67
<b>Tabela 4.16</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Aracati, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	69
<b>Tabela 4.17</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Quixeré, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.....	70
<b>Tabela 4.18</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios no tempo zero.....	73
<b>Tabela 4.19</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios aos 45 dias de armazenamento.....	74
<b>Tabela 4.20</b> -	Valores médios das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios aos 90 dias de armazenamento.....	76

<b>Tabela 4.21</b> -	Valores da energia de ativação e constante $\eta_0$ da equação de Arrhenius para os méis dos diferentes municípios, no tempo zero.....	78
<b>Tabela 4.22</b> -	Valores da energia de ativação e constante $\eta_0$ da equação de Arrhenius para os méis dos diferentes municípios, após 45 dias de armazenamento.....	80
<b>Tabela 4.23</b> -	Valores da energia de ativação e constante $\eta_0$ da equação de Arrhenius para os méis dos diferentes municípios, após 90 dias de armazenamento.....	81
<b>Tabela 4.24</b> -	Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	82
<b>Tabela 4.25</b> -	Valores médios de sacarose aparente (%) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	84
<b>Tabela 4.26</b> -	Valores médios de hidroximetilfurfural (mg HMF/kg) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	86
<b>Tabela 4.27</b> -	Valores médios de umidade (%) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	87
<b>Tabela 4.28</b> -	Valores médios de cinzas (%) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	89
<b>Tabela 4.29</b> -	Valores médios de pH para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	90
<b>Tabela 4.30</b> -	Valores médios de °Brix para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	91
<b>Tabela 4.31</b> -	Valores médios de sólidos insolúveis (%) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	93

<b>Tabela 4.32</b> - Valores médios de atividade diastásica (DN) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	94
<b>Tabela 4.33</b> - Valores médios de acidez livre (meq/kg) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.....	96

## LISTA DO APÊNDICE A

<b>Tabela A.1</b> -	Análise de variância dos açúcares redutores (%) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	123
<b>Tabela A.2</b> -	Análise de variância da sacarose aparente (%) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	123
<b>Tabela A.3</b> -	Análise de variância do hidroximetilfurfural (mg HMF/kg) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	123
<b>Tabela A.4</b> -	Análise de variância das cinzas em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	124
<b>Tabela A.5</b> -	Análise de variância do pH em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	124
<b>Tabela A.6</b> -	Análise de variância dos sólidos insolúveis em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	124
<b>Tabela A.7</b> -	Análise de variância da atividade diastásica (DN) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	125
<b>Tabela A.8</b> -	Análise de variância da acidez livre (meq/kg) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.....	125
<b>Tabela A.9</b> -	Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis, do município de Limoeiro do Norte, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	125

<b>Tabela A.10 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s), para méis do município de Tabuleiro, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	126
<b>Tabela A.11 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s), para méis do município de Morada Nova, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	126
<b>Tabela A.12 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s), para méis do município de São João do Jaguaribe, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	127
<b>Tabela A.13 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s), para méis do município de Alto Santo, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	127
<b>Tabela A.14 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s), para méis do município de Aracati, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	128
<b>Tabela A.15 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s), para méis do município de Quixeré, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.....	128
<b>Tabela A.16 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios submetido a cinco temperaturas no tempo zero.....	129
<b>Tabela A.17 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios submetido a cinco temperaturas aos 45 dias de armazenamento.....	129

<b>Tabela A.18 -</b>	Análise de variância das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes município submetido a cinco temperaturas aos 90 dias de armazenamento.....	130
<b>Tabela A.19 -</b>	Análise de variância dos açúcares redutores (%) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá – Limoeiro do Norte, CE.....	130
<b>Tabela A.20 -</b>	Análise de variância da sacarose aparente (%), para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá – Limoeiro do Norte, CE.....	131
<b>Tabela A.21 -</b>	Análise de variância do hidroximetilfurfural (mg HMF/kg), para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá – Limoeiro do Norte, CE.....	131
<b>Tabela A.22 -</b>	Análise de variância da umidade (%), para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.....	132
<b>Tabela A.23 -</b>	Análise de variância do percentual de cinzas, para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá – Limoeiro do Norte, CE.....	132
<b>Tabela A.24 -</b>	Análise de variância do pH, para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.....	133
<b>Tabela A.25 -</b>	Análise de variância do °Brix, para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.....	133

<b>Tabela A.26 -</b>	Análise de variância do percentual dos sólidos insolúveis em água, para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.....	134
<b>Tabela A.27 -</b>	Análise de variância da atividade diastásica (DN), para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.....	134
<b>Tabela A.28 -</b>	Análise de variância da acidez livre (meq/kg), para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.....	135



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



ÁREA DE CONCENTRAÇÃO  
Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de Mestrado: Caracterização de méis da Região do Baixo Jaguaribe - Ce

Autora: Kelly de Fátima Nogueira Lima Silva

Orientadores: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

## RESUMO

Foram caracterizados méis (*Apis mellifera*) em sete municípios da região do Baixo Jaguaribe – Ceará, determinando-se a umidade, hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores, sacarose aparente, cinzas, acidez livre, pH, sólidos insolúveis em água, atividade diastásica e a viscosidade em cinco temperaturas (20, 25, 30, 35 e 40°C). O mel oriundo do município de Limoeiro do Norte foi armazenado durante 180 dias em dois tipos de embalagem, plástica e metálica, e suas características foram acompanhadas ao longo do armazenamento por meio dos teores de umidade, HMF, açúcares redutores, sacarose aparente, cinzas, acidez livre, sólidos insolúveis em água, atividade diastásica, pH, °Brix. A umidade e a acidez livre foram determinadas pela metodologia recomendada pelo AOAC. O HMF, os açúcares redutores e a sacarose aparente foram determinados pela metodologia do LANARA. As cinzas, sólidos insolúveis em água e atividade diastásica foram determinadas de acordo com o CAC. As viscosidades foram determinadas utilizando-se um viscosímetro rotativo da marca Brookfield, modelo RVT. Os valores experimentais das viscosidades foram ajustados por equação do tipo Arrhenius, a qual representou adequadamente o efeito da temperatura na viscosidade dos méis, nos três tempos de armazenamento estudados. Observou-se que o tempo de armazenamento não produziu efeito de redução ou aumento sobre as viscosidades, ao contrário da temperatura, que provocou reduções de viscosidade em todos os casos. Os valores da energia de ativação ( $E_a$ ) dos méis para os diferentes municípios atingiram uma diferença de 33% entre os municípios de São João do Jaguaribe e Morada Nova. Os municípios que apresentaram, respectivamente, as maiores e as menores viscosidades médias foram Tabuleiro do Norte e Morada Nova, com diferenças que atingiram até 68,4%. As análises físico-químicas dos méis nos diferentes municípios apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação Nacional e do Mercosul, exceto para o HMF (em todos os municípios com exceção de Alto Santo); quanto à acidez livre, os municípios de Limoeiro do Norte, Aracati e Quixeré apresentaram valores fora dos padrões. Quanto à análise estatística destes parâmetros, os açúcares redutores e sacarose aparente não diferiram estatisticamente entre os municípios; porém o HMF, cinzas, pH, atividade diastásica e acidez livre diferiram estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade, enquanto os sólidos insolúveis em água diferiram ao nível de 5% de probabilidade. As análises das amostras armazenadas revelaram que as variáveis físico-químicas se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, com exceção do HMF, que aos 180 dias de armazenamento apresentou valores superiores aos exigidos pela legislação nos dois tipos de embalagem. O recipiente plástico proporcionou uma melhor conservação dos seguintes parâmetros: açúcares redutores, HMF, umidade, cinzas e acidez livre. O recipiente metálico preservou melhor a sacarose aparente, os sólidos insolúveis em água e a atividade diastásica.

---

**Palavras-chave:** *Apis mellifera*, armazenamento, viscosidade

## ABSTRACT

The honeys (*Apis mellifera*) produced in seven cities of the Low Jaguaribe Region – Ceará have been characterized by determining the moisture, hydroxymethylfurfural (HMF), reducing sugars, apparent sucrose, ash, free acidity, pH, insoluble solids in water, diastasic activity and viscosity under five temperatures (20, 25, 30, 35, 40°C). The honey produced in Limoeiro do Norte was stored during 180 days in two types of container, plastic and metallic, and its characteristics were monitored during the storage period by means of the moisture content, HMF, reducing sugars, apparent sucrose, ash, free acidity, insoluble solids in water, diastasic activity, pH, °Brix. Moisture and free acidity have been determined using the AOAC method. HMF, reducing sugars and apparent sucrose have been determined using the LANARA method. Ash, insoluble solids in water have been determined according to CAC. Viscosities have been determined using a Brookfield viscometer, model RVT. Experimental viscosities data were fitted by means of an Arrhenius equation, which represented properly the effect of temperature on the viscosity of the honeys, provided the three storage times observed. Storage time, as it has been observed, did not produced any reduction or increasing effects on the viscosities, unlike temperature, which was responsible for the reduction of viscosity in all cases studied. The activation energy ( $E_a$ ) data of the honeys produced in all cities reached a difference of 33% both in São João do Jaguaribe and Morada Nova. The Tabuleiro do Norte and Morada Nova cities were responsible for the biggest and the smallest average viscosity, with differences up to 68.4%. Physical-chemical analysis carried out with the honeys produced in the cities studied match the standards established by the national and Mercosul legislations, except for the HMF (in all cities except Alto Santo). As for free acidity, the honeys produced in Limoeiro do Norte, Aracati and Quixeré showed an out-of-standard result. As for the statistic analysis of these parameters, the reducing sugars and the apparent sucrose did not differ statistically among the cities. However, HMF, ash, pH, diastasic activity and free acidity differed statistically at the level of 5% of probability. The analysis of the stored samples lead to the conclusion that the physical-chemical variables have matched the standards established by the effective legislation, except for HMF, which after 180 days of storage revealed superior values for both types of containers. The plastic container offered a better conservation of the following parameters: reducing sugars, HMF, moisture, ash, and free acidity. The metallic container provided a better preservation to the apparent sucrose, as well as to insoluble solids in water and to the diastasic activity.

---

**Key words:** *Apis mellifera*, storage, viscosity

## 1 – INTRODUÇÃO

O mel é resultado da desidratação e transformação do néctar. A quantidade de mel que pode ser obtida de uma determinada planta varia com os fatores que influenciam a produção e a concentração de néctar e, ainda, com a concentração e proporções de seus carboidratos, com a quantidade de flores da área e com o número de dias em que as flores estão secretando néctar CRANE (1990).

O mel é composto principalmente de glicose (80%) e água (17%), além de outras substâncias (3%). O mel é, portanto, um alimento complexo do ponto de vista biológico e também analítico, pois sua composição varia muito em função de sua origem floral, geográfica e de safra para safra, envolvendo condições climáticas (BASTOS, 1995).

O Brasil possui potencial para a obtenção de grandes quantidades de produtos apícolas, devido às seguintes características: condições climáticas favoráveis na maior parte do território; extensas áreas ocupadas com cobertura vegetal natural diversificada ou substituída por várias culturas agrícolas, pomares comerciais e reflorestamentos que apresentam interesse apícola. Uma vantagem competitiva que a apicultura brasileira possui é o elevado grau de tolerância às pragas e doenças que as abelhas africanizadas apresentam e que tantos prejuízos têm causado em outras importantes regiões apícolas mundiais. Esses fatores anteriormente mencionados, além de diversos outros, propiciaram a posição de destaque que a crescente produção brasileira de mel atualmente adquiriu, impulsionada pelas exportações, tendo conquistado participação nos principais mercados consumidores internacionais (PEREZ et al., 2004).

De acordo com a FAO/ONU (2004) os maiores exportadores em 2003 foram Argentina, China, Alemanha, México, Hungria, Canadá e Brasil, o qual ocupou a sétima posição, com vendas de US\$ 45.545.000. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção brasileira foi de 30 mil toneladas em 2003 (IEA, 2005).

O potencial apícola brasileiro, ao contrário das grandes regiões produtoras do mundo, ainda é subaproveitado em função de sua diversidade de flora e clima.

Segundo o IBGE (2003), o Rio Grande do Sul é o maior produtor de mel do Brasil, com 6.777,9 toneladas. Conseqüentemente, a região Sul é a que mais se destaca nesta área, com 15.357,1 toneladas, seguida da região Nordeste com 7.967,7 toneladas; região Sudeste com 5.335,9 toneladas; região Centro-Oeste com 851,9 toneladas e região Norte com 509,9 toneladas.

O Estado do Ceará produziu 1.373.377 kg do produto em 2002, um crescimento de 163,54% com relação a 1999, quando o Estado produziu 521.119 kg. De toda a produção de mel do Ceará em 2002, a região do Baixo Jaguaribe respondeu com 627.429 kg, apresentando um aumento de 331,12% em relação a 1999, quando a região produziu 141.535 kg (PEREZ et al., 2004). De acordo com o Anuário Estatístico do Ceará, o município de Limoeiro do Norte em 2002 produziu 390.000 kg de mel, proporcionando um acréscimo de 550% com relação a 1999, quando o município produziu 60.000 kg (IPECE, 2002).

O semi-árido nordestino brasileiro se caracteriza por períodos de chuvas curtos e irregulares, grandes áreas com solos de baixa fertilidade e pouca profundidade, mas em sua maioria cobertos de matas silvestres caracterizadas pela intensidade de floradas naturais. Essa situação apresenta-se em mais de 50% do Nordeste, limitando a exploração agrícola. Mas a região mostra-se promissora para o desenvolvimento de projetos apícolas, pois possui segmentos contínuos de terras compostos em grande parte pelo ecossistema da caatinga, responsável por expressiva produção melífera, tornando a região um dos maiores produtores do país. Essas condições proporcionam um pasto apícola sem agrotóxicos, prestando-se à produção de um mel livre de contaminações químicas. O Piauí e o Ceará são os estados da região que, favorecidos por seus recursos naturais, se destacam na produção de mel (LEVY, 1998; RIBEIRO, 1998; ALCOFORADO FILHO & GONÇALVES, 2000; SOUZA, 2002).

Segundo ALCOFORADO FILHO & GONÇALVES (2000), a diversidade de floradas do sertão nordestino favorece a produção de méis com características diferentes quanto à sua cor e composição.

As características dos méis dependem de sua origem, sendo influenciadas pelas condições climáticas e pela matéria-prima utilizada pelas abelhas. Essa dependência se reflete na cor, no sabor, no odor, na viscosidade e nas características químicas e físico-químicas dos méis, cuja diversidade é tão ampla quanto as condições em que o mesmo é elaborado. Assim sendo, a caracterização de méis produzidos em determinadas condições locais definem a sua qualidade no mercado, estabelecendo as características peculiares inerentes à sua origem, possibilitando sua padronização, como também fornecendo informações para garantir controle de qualidade do produto, detectando eventuais alterações. Análises químicas, físico-químicas e viscométricas de méis permitem instrumentalizar os produtores e a indústria do mel com dados que permitam o suprimento do mercado com produtos que atendam a demandas específicas.

Reologia consiste no estudo físico da deformação dos materiais sob a ação de forças mecânicas (CHEFTEL et al., 1989; SGARBIERI, 1998). O parâmetro fundamental obtido no estudo do comportamento reológico de alimentos líquidos e semi-líquidos é a viscosidade (ALONSON et al., 1990), a qual é considerada fundamental para se caracterizar a textura do fluido. As propriedades reológicas podem influenciar no caráter sensorial de um alimento, especialmente a textura (BORDERÌAS et al., 1988), sendo as boas características sensoriais consideradas como fator crucial na aceitabilidade de novos produtos alimentícios pelos consumidores.

O conhecimento da viscosidade é um fator de fundamental importância para os cálculos de engenharia, que envolvem a seleção de equipamentos e o dimensionamento de bombas e tubulações, assim como para a implementação de um efetivo controle dos processos e garantia de qualidade do produto final (GRATÃO et al., 2004). No caso do mel, a viscosidade é identificada, pelo consumidor, como uma característica intrínseca, servindo como parâmetro de determinação de qualidade e de preferência. Uma caracterização rigorosa das faixas de viscosidade apresentadas pelos méis de uma determinada origem se constitui numa referência importante para a valorização do seu conjunto de atributos, justificando o seu estudo inclusive sob efeitos de aquecimento.

## 1.1 - Objetivo geral

Determinar as características físico-químicas e viscométricas de méis de abelha (*Apis Mellifera* L.) produzidos na região do Baixo Jaguaribe, no Ceará.

### 1.1.1 - Objetivos específicos

Caracterizar os méis coletados nos municípios de Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Aracati e Quixeré quanto aos parâmetros: umidade, hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores, sacarose aparente, minerais (cinzas), acidez livre, sólidos insolúveis em água, atividade diastásica e pH.

Estudar características viscosas dos méis nas temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40°C.

Avaliar o comportamento físico-químico do mel coletado no município de Limoeiro do Norte durante o armazenamento (180 dias) em dois tipos de embalagem.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – *Apis mellifera* L.

A apicultura brasileira, com mais de um século e meio de existência, vem passando por distintas e marcantes fases, desde sua implantação em 1839, com a introdução das abelhas européias *Apis mellifera* L., posteriormente com a introdução das abelhas africanas *Apis mellifera scutellata*, em 1956, até os dias atuais, tendo tido impactos tecnológicos, biológicos, econômicos e sociais, principalmente após a chegada das abelhas africanas, tanto para os apicultores como para os cidadãos em geral (VILCKAS, 2000).

As abelhas *Apis mellifera*, ou abelhas de mel, ou abelhas Europa, são dotadas de um sistema de comunicação dos mais complexos e precisos entre os animais. Em 1788 o reverendo Ernst Spitzner já havia relatado a existência de movimentos especiais (danças) de algumas abelhas no favo, porém desconhecia o significado dessas danças. A explicação do significado da dança das abelhas deu-se somente a partir de 1920, em Luz am See, na Áustria, por Karl von Frisch, que demonstrou, experimentalmente, que as abelhas campeiras, após localizarem uma fonte de alimento, retornam para casa (colméia) e informam às companheiras, com grande precisão, onde se encontra a fonte de alimento. Essas informações são transmitidas por intermédio de danças especiais (Figura 2.1) que indicam a direção e a distância onde se encontra a fonte de alimento (FRISCH, 1953). O desenho que se apresenta à esquerda da Figura 2.1 mostra o ângulo formado entre a colméia, o sol e a fonte de alimento (flor). À direita é visto um quadro no qual é mostrada a direção da dança executada pela abelha dançarina no favo, na posição vertical dentro da colméia (GONÇALVES, 1972).

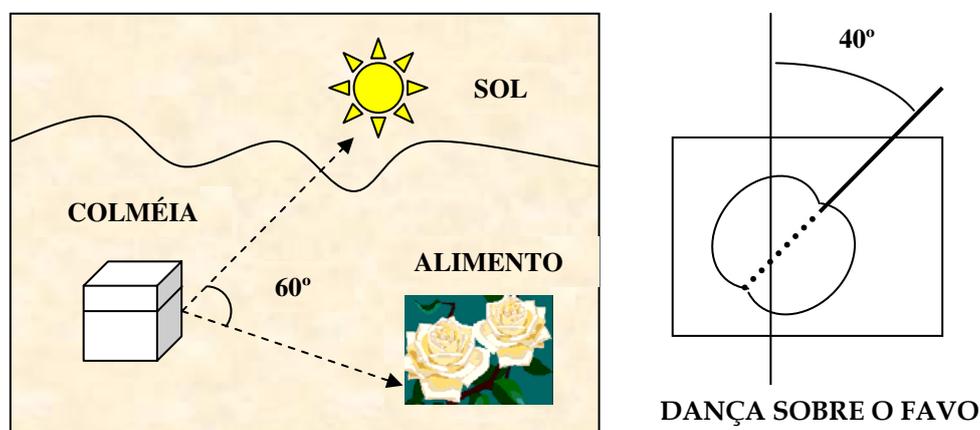
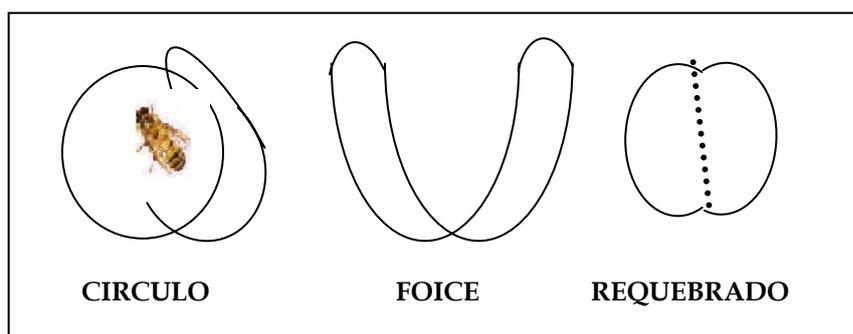


Figura 2.1 - Esquema representativo da dança do requadrado

Existem três tipos de danças: “dança em círculo”, “dança em foice” e “dança do requebrado” (Figura 2.2) (VON FRISCH & LINDAUER, 1956). Segundo esses mesmos autores, existem inclusive dialetos na comunicação das abelhas. Quando a fonte de alimento se encontra a pequenas distâncias da colméia é executada a dança em círculo; quando a fonte se encontra a grandes distâncias é executada a dança do requebrado, e a distâncias intermediárias é executada a dança em foice. A abelha utiliza o sol como sua bússola, sendo extremamente importante sua localização para que seja informado o local da fonte de alimento (árvore com flores). A abelha executa a dança sobre o favo após retornar da fonte de alimento (flor) (GONÇALVES, 1972).

GONÇALVES (1969) comprovou experimentalmente que as abelhas *Apis mellifera* usam tanto o feromônio (67%) como a dança (33%) para se comunicar. Portanto, graças ao complexo sistema de órgãos sensoriais (antenas, olhos) e das danças, as abelhas *Apis mellifera* apresentam um dos mais perfeitos sistemas de comunicação entre os animais.



**Figura 2.2** - Tipos de danças das abelhas: 1-dança em círculo, 2-dança em foice, 3-dança do requebrado.

## 2.2 – Produtos da *Apis mellifera* L.

O Brasil apresenta condições altamente favoráveis para o desenvolvimento da apicultura, devido à sua flora ser bastante diversificada, por sua extensão territorial e pela variabilidade climática existente, possibilitando assim produzir mel o ano todo, o que o diferencia dos demais países que, normalmente, colhem mel uma vez por ano (MARCHINI, 2001).

Os produtos da colméia sempre foram um alimento de alto valor nutritivo para o homem, no começo de sua história aventuravam-se na difícil captura e obtenção do mel

para saciar a fome e saborear o doce. Desconhecendo eles que nos favos, junto ao mel, também existia cera, geléia real, pólen, própolis e apitoxina (veneno), sendo que muitas vezes descartavam esses componentes, aproveitando apenas o mel.

A cera de abelha (*Apis mellifera* L.) é um importante produto da colméia, produzida a partir de glândulas cerígenas, usada na construção de favos que servirão como depósito de alimento e desenvolvimento da prole. Atualmente, a cera é amplamente utilizada na indústria, na farmácia, na medicina e na fabricação de diversos tipos de cosméticos, sendo, assim, importante o conhecimento exato de sua composição (TULLOCH, 1980).

No mercado mundial, esse produto apícola é de grande valor, mas, para que possa competir no mercado mundial, a cera deverá apresentar alta qualidade, fato que pode ser comprometido pela presença de produtos contaminantes ou aditivos, como a parafina, ou a cera de carnaúba (SILVA et al., 2000).

A geléia real, um produto das secreções das glândulas hipofaríngeas (de consistência aquosa) e mandibulares (de consistência leitosa), localizadas na cabeça das abelhas operárias (HAYDAK, 1970), é um dos mais valorizados produtos apícolas, sendo produzida por operárias de 5 a 12 dias de idade, denominadas nutrizes.

A geléia real, para as abelhas, tem três aplicações: alimentação das larvas das abelhas operárias de até 90 horas de vida larval; alimentação da rainha durante toda a sua vida (WANG, 1965); e alimentação das larvas de zangões durante toda a sua fase larvária (HAYDAK, 1970). Diversos fatores interferem na sua produção, incluindo-se fatores genéticos, condições internas da colméia, fluxo de alimento, postura da rainha e o meio ambiente externo (NOGUEIRA-COUTO, 1992, 1996; AZEVEDO-BENITEZ et al., 1998).

O pólen é o elemento masculino da flor e tem sido utilizado há muito tempo, principalmente entre adeptos da alimentação natural, como um suplemento da dieta humana (DADANT, 1966), provavelmente pela riqueza em relação a proteínas, lipídios, vitaminas e sais minerais (SCHAUSE, 1998, SILVEIRA, 1996).

O pólen e o néctar das flores constituem praticamente a única fonte de alimento das abelhas, desde a fase larval à adulta. O pólen fornece proteínas, graxas, vitaminas e sais minerais para as abelhas, além de ser a única fonte de alimento nitrogenado disponível para alimentação das larvas, portanto a ausência de pólen pode levar a colméia à extinção (FREITAS, 1991; BASTOS, 2002).

O estudo dos grãos de pólen de amostras de méis é de grande importância no controle de qualidade desse alimento, pois torna possível atestar sua procedência (botânica e geográfica) e detectar adulterações (SANTOS JUNIOR & SANTOS, 2002). O pólen, coletado involuntariamente pelas abelhas no momento da coleta do néctar, tornando-se presente no mel elaborado, constitui importante indicador de origem botânica, e principalmente, geográfica. A análise quantitativa de grãos de pólen permite estabelecer a proporção com que cada planta nectarífera contribui na constituição do mel (IWAMA & MELHEN, 1979; BARTH, 1989; BASTOS, 2002).

O pólen coletado pelas abelhas pode ser recolhido através de um sistema muito simples. Uma colônia de abelhas colhe de 100 a 200 g de pólen por dia, de 30 a 50 kg por ano. Naturalmente, apenas se poderá reter uma parte da colheita para não retardar muito o desenvolvimento da colônia. O pólen pode conter até 35% de proteínas. Pode ser consumido seco ou misturado com outro alimento. O pólen é muito utilizado na indústria dos perfumes e ainda, nos nossos dias, para o consumo (SEGEREN, 2004).

A própolis é uma substância resinosa coletada pelas abelhas de diversas partes da planta como broto, botões florais e exsudatos resinosos. Sua composição química é bastante complexa e variada, estando intimamente relacionada com a ecologia da flora de cada região visitada pelas abelhas. De modo geral contém de 50-60% de resinas e bálsamos, 30-40% de ceras, 5-10% de óleos essenciais, 5% de grãos de pólen, além de microelementos como alumínio, cálcio, estrôncio, ferro, cobre, manganês e pequenas quantidades de vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, C e E (GHISALBERTI, 1979).

A própolis é conhecida, principalmente, por suas propriedades antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatória, imunomodulatória, hipotensiva, cicatrizante, anestésica, anticâncer, anti-HIV e anticariogênica (GHISALBERTI, 1979; PARK et al., 1998; PARK et al., 2000). A própolis é coletada com diversos objetivos, dentre os quais podemos citar: material construtor, para fechar frestas na colméia; evitar a vibração dos favos; embalsamar cadáveres de inimigos mortos que não possam ser retirados da colméia; reduzir ao máximo as vias de acesso ao interior da colméia e revestir as células hexagonais antes da oviposição (VERÍSSIMO, 1991; SAMPAIO, 1991; BREYER, 1994; WEISE, 1995). Por ser uma mistura de resinas de plantas com substâncias mandibulares das abelhas, a qualidade e utilização da própolis está diretamente relacionada com a flora presente na região, apresentando dessa maneira variações consideráveis para cada local de produção (COUTO, 1996).

A polinização é a transferência do pólen (gameta masculino da flor) para o óvulo da mesma flor ou de outra flor da mesma espécie. Só após essa transferência é que ocorre a formação dos frutos. Muitas vezes, para que ocorra essa transferência é necessária a ajuda de um agente. Além da água e do vento, diversos animais podem servir de agentes polinizadores, como: insetos, pássaros, morcegos, ratos, macacos; entretanto, as abelhas são os agentes mais eficientes da maioria das espécies vegetais cultivadas. Em locais com alto índice de desmatamento e devastação ou com predominância da monocultura, os produtores ficam extremamente dependentes das abelhas para poderem produzir. Com isso, muitos apicultores alugam suas colméias durante o período da florada para serviços de polinização. Embora esse tipo de serviço não seja comum no Brasil, ocorrendo somente no sul do país e em regiões isoladas do Rio Grande do Norte, nos EUA metade das colméias são usadas desta forma, gerando um incremento na renda do produtor. Dependendo da cultura, local de produção, manejo utilizado e devastação da região, a polinização pode aumentar a produção entre 5 a 500%. Dessa forma, estima-se que por ano a polinização gere um benefício mundial acima de cem bilhões de dólares (DE JONG, 1994).

A apitoxina (veneno da abelha *Apis mellifera*) é uma mistura complexa de compostos orgânicos, incluindo enzimas, proteínas, peptídeos e aminoácidos isolados, que correspondem a mais de 90% do seu peso seco. A parte restante compõe-se de carboidratos e fosfolípidos, em geral ligados quimicamente aos compostos nitrogenados. Quando fresca, contém 80 a 85% de água (BLUM, 1981; SCHMIDT, 1986; SCHMIDT, 1989). Ao longo da segunda metade do século XX, estudos científicos comprovaram as propriedades terapêuticas da apitoxina (VICK & SHIPMAN, 1972; VICK et al., 1972; VICK & BROOKS, 1978).

De acordo com as observações de CRUZ-LANDIM et al. (1967) e ABREU et al. (2000), a glândula responsável pela produção do veneno em *A. mellifera* africanizada passa apenas por um ciclo secretor durante a vida das operárias adultas, que se inicia no final do estágio de pupa. O veneno produzido pela glândula de *A. mellifera* possui mais de 50 componentes diferentes identificados, sendo que muitos deles apresentam efeitos tóxicos sobre vários animais (BRIDGES & OWEN 1984). Segundo PALMA & BROCHETTO-BRAGA (1994), o veneno produzido pela glândula fica armazenado no reservatório sob a forma de precursores que seriam ativados posteriormente.

Através dos tempos, o mel sempre foi considerado um produto especial, utilizado pelo homem desde os tempos mais remotos. Evidências de seu uso pelo ser humano

aparecem desde a Pré-história, com inúmeras referências em pinturas rupestres e em manuscritos e pinturas do antigo Egito, Grécia e Roma. O mel é a substância viscosa, aromática e açucarada obtida a partir do néctar das flores e/ou exsudatos sacarínicos que as abelhas melíferas produzem. Seu aroma, paladar, coloração, viscosidade e propriedades medicinais estão diretamente relacionados com a fonte de néctar que o originou e também com a espécie de abelha que o produziu. O néctar é transportado para a colméia, onde irá sofrer mudanças em sua concentração e composição química, para então ser armazenado nos alvéolos. Entretanto, mesmo durante o seu transporte para a colméia, secreções de várias glândulas, principalmente das glândulas hipofaríngeas, são acrescentadas, introduzindo ao material original enzimas como a invertase ( $\alpha$ -glicosidase), diastase ( $\alpha$  e  $\beta$  amilase), glicose oxidase, catalase e fosfatase (PEREIRA, 2003).

### 2.2.1 – Mel

Entende-se por mel (Figura 2.3) o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas de plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas das mesmas de onde as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam maturar nos favos da colméia, (BRASIL, 2000).

Como o mel é resultado da desidratação e transformação do néctar, a quantidade de mel que pode ser obtida de uma determinada planta varia com os fatores que influenciam a produção e a concentração de néctar e, ainda, com a concentração e proporções de seus carboidratos, com a quantidade de flores da área e com o número de dias em que as flores estão secretando néctar (CRANE, 1975).



**Figura 2.3** - Mel escorrendo de um quadro recém-desoperculado

Os principais componentes do mel são os açúcares, sendo que os monossacarídeos frutose e glicose representam 80% da quantidade total (WHITE, 1975). Já os dissacarídeos sacarose e maltose somam 10%. WHITE & SICILIANO (1980) encontraram em alguns tipos de mel, açúcares incomuns como a isomaltose, nigerose, leucarose e turanose.

A alta concentração de diferentes tipos de açúcar é responsável pelas diversas propriedades físicas do mel, tais como: viscosidade, densidade, higroscopicidade, capacidade de granulação (cristalização) e valores calóricos (CAMPOS, 1987).

O grupo mais importante de constituintes do mel, depois dos monossacarídeos (glicose e frutose) e da sacarose, são os dissacarídeos redutores (maltose etc.). Como resultado da atividade enzimática, sua quantidade parece aumentar durante o armazenamento, dependendo das condições do estoque (CRANE, 1983).

A elaboração do mel resulta de duas modificações principais (reações) sofridas pelo néctar, uma física pela desidratação (eliminação da água), através da evaporação na colméia e absorção no papo, a outra reação química que atua sobre o néctar, transformando a sacarose, através da enzima invertase, em glicose e frutose; e outras duas reações em escala menor, que consiste em transformar o amido do néctar, através da enzima amilase em maltose e a enzima glicose-oxidase transforma a glicose em ácido glicônico e peróxido de hidrogênio, este último, conhecido como água oxigenada (LEGLER, 2000).

### 2.2.1.1 – Maturação do mel

O mel é classificado em duas categorias: **Mel verde** é o mel fluido demais, com excesso de água e que ainda não recebeu suficiente inversão dos açúcares por ação das enzimas. O **Mel maduro**, então, é o mel pronto, denso, assimilado, desidratado (WIESE, 1985). Segundo VIEIRA (1986), o mel verde não deve ser colhido porque fermenta com facilidade.

### 2.2.1.2 – Cor, sabor e aroma do mel

A cor do mel (Figura 2.4) está relacionada com sua origem floral, mas é influenciada pelos fatores climáticos durante o fluxo do néctar, pela temperatura durante o amadurecimento do mel na colméia e pelo o seu processamento. O tempo de estocagem, a luz, o calor e as possíveis reações enzimáticas podem também afetar essa propriedade física (SMITH, 1967; SEEMANN & NEIRA, 1988; CAMPOS, 1998).



**Figura 2.4** - Potes de mel de *Apis mellifera*, ilustrando a variedade de cores, em razão das diferentes fontes florais que o originaram.

Segundo BATH & SINGH (1999), a proporção de frutose, glicose, conteúdo de nitrogênio e aminoácidos livres, a reação de substâncias polifenólicas como sais de ferro, ao conteúdo de minerais e a instabilidade da frutose em solução ácida, são fatores que determinam a velocidade de escurecimento do mel. Também foi observado que a cor escura é um indicador da presença de alto conteúdo de minerais (SCHADE et al., 1958; CAMPOS, 1998).

A cor é uma das características do mel que mais influenciam na preferência do consumidor, que, na maioria das vezes, escolhe o produto apenas pela aparência. Tal é a relevância deste parâmetro que o International Trade Forum (1977) considerou a cor como uma das características do mel que tem particular importância no mercado internacional.

O sabor e o aroma do mel estão diretamente ligados à sua cor: quanto mais escuro for, mais rico em minerais e conseqüentemente um sabor e um aroma mais fortes. O mel claro normalmente apresenta baixa taxa de minerais com sabor e aroma mais leve. O aroma e o sabor do mel caracterizam a flor de origem, indo do doce suave ao doce forte podendo apresentar sabor ácido ou amargo. O sabor ácido do mel é devido aos ácidos presentes no mel (glucônico, cítrico, málico e porções menores do fórmico, acético, butírico, láctico, etc.) (LEGLER, 2000).

Mesmo a composição do mel dependendo, basicamente, da composição do néctar de cada espécie vegetal produtora, CAMPOS (1987) e SERRANO et al. (1994) descreveram que a composição depende também da natureza do solo, das raças das abelhas, do estado fisiológico da colônia, do estado de maturação do mel, das condições meteorológicas e do manejo do apicultor.

Segundo CAMPOS (1987), a composição média do mel, em termos esquemáticos, pode ser resumida em três componentes principais: açúcares, água e diversos.

Além dos açúcares em solução, o mel também contém ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, acetilcolina, flavonóides, minerais e uma extensa variedade de compostos orgânicos que contribuem para sua cor, odor e sabor, e que até agora ainda não são totalmente conhecidos. Todos esses compostos menores, somados, representam em massa, uma pequena parcela do mel (VILHENA & MURADIAN, 1999).

A composição química do mel possui cerca de 34% de glicose, 40,5% de levedura, 17,5% de água e 0,18% de minerais. A água e os açúcares são responsáveis, em grande parte, pela viscosidade, doçura, granulação, conservação, armazenamento, propriedades térmicas, higroscopicidade, valor energético, além das propriedades bacterianas dos méis (STONOGA & FREITAS, 1991). Dos açúcares presentes no mel, os monossacarídeos (frutose e glicose) perfazem cerca de 70% do total; os dissacarídeos (incluindo a sacarose) somam 10%, e a umidade na qual os açúcares estão dissolvidos, varia de 17% a 20% (CRANE, 1987).

Segundo COUTO (1996), dos açúcares simples presentes no mel, em média, 32% é de glicose e 38% de frutose, os quais são de rápida assimilação pelo aparelho digestivo, além de possuir pequenas quantidades de outros açúcares (sacarose, maltose, outros dissacarídeos e açúcares superiores), sais minerais (potássio, sódio, cloro, enxofre, cálcio, fósforo, silício, ferro e magnésio), aminoácidos e enzimas (invertase, diastase, glicose-oxidase, catalase e fosfatase), ácidos orgânicos, acetilcolina e flavonóides.

### **2.3 – Métodos de avaliação e controle de qualidade**

Embora seja um produto muito apreciado, o mel é de fácil adulteração com açúcares ou xaropes. Por isso é necessário que haja algumas análises para a determinação da sua qualidade para que seja comercializado.

A necessidade de estabelecer técnicas analíticas com a finalidade de conhecer a composição química do mel é de grande importância, principalmente para estabelecer parâmetros físico-químicos e biológicos para cada grupo de méis, além de contribuir para a identificação de fraudes e mudanças físico-químicas e microbianas que possam surgir. Todos os aspectos citados devem ser levados em consideração, de modo que o valor nutritivo do produto não seja alterado, devendo conservar as características físicas,

químicas, microbiológicas e sensoriais, após seu manuseio e armazenagem (MORAES, 1996).

Produtos armazenados em favos, quando as abelhas são alimentadas com açúcar ou xaropes, não são considerados méis. Alguns países permitem a venda de substitutos manufaturados como "mel artificial" ou "imitação de mel"; outros proíbem. Uma característica comum das regulamentações de alimentos em diversos países é a especificação de padrões que estabelecem valores mínimos e máximos de água, açúcares redutores, sacarose, minerais e hidroximetilfurfural no mel. Esses limites têm servido para excluir os méis que sofreram alguma prática de adulteração (VILHENA & ALMEIDA-MURADIAN, 1999).

As características físico-químicas e polínicas do mel ainda são pouco conhecidas, principalmente nas regiões tropicais onde existe elevada diversidade de flora apícola associada às taxas elevadas de umidade e temperatura (SODRÈ, 2000).

É de fundamental importância a caracterização dos méis visando à criação de padrões, segundo os fatores edafo-climáticos e florísticos das regiões, estabelecendo critérios comparativos nas análises e controlando possíveis fraudes desse produto (CRANE, 1990).

Dentre as metodologias reconhecidas têm-se as do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), AOAC (1997) e APHA (1992). O Ministério da Agricultura, através da Instituição Normativa nº 11 de 20 de outubro de 2000, indica as análises às quais o mel brasileiro deverá ser submetido (BRASIL, 2000), que são: teor de umidade, hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores, sacarose aparente, minerais (cinzas), acidez livre, sólidos insolúveis em água, atividade diastática, pH e °Brix.

Os países que fazem parte do MERCOSUL, através da Resolução MERCOSUL/GMC/RES nº 89/99, estabeleceram parâmetros para resolver as discrepâncias existentes na regulamentação de normas para produção e comercialização do mel, permitido assim a circulação entre estes.

Os trabalhos de análises físico-químicas de méis visam a comparar os resultados obtidos com padrões ditados por órgãos oficiais internacionais, ou com os estabelecidos pelo próprio país, deixando claro não só uma preocupação com a qualidade do mel produzido internamente, como também torna possível a fiscalização de méis importados com relação à sua alteração (MARCHINI, 2001).

### 2.3.1 – Umidade

A umidade é o segundo componente em quantidade na composição do mel (15 a 20%). Pode ser influenciada pela origem botânica da planta, por condições climáticas e geográficas ou pela colheita do mel antes da sua completa maturidade. A umidade é uma das características mais importantes, por influenciar na sua viscosidade, peso específico, maturidade, cristalização, sabor, conservação e palatabilidade do mel. Normalmente, quando o mel se encontra maduro tem menos de 18,5% de umidade (SEEMANN & NEIRA, 1988; CANO et al., 2001). E, segundo SCHWEITZER (2001), se for acima desse valor, maior será o risco de fermentação. A água presente no mel apresenta forte interação com as moléculas dos açúcares, deixando poucas moléculas de água disponíveis para os microrganismos (VERÍSSIMO, 1987).

Segundo GONNET (1982) e ROOT (1985), a umidade no mel é variável, assim como os demais constituintes, sendo influenciada pela umidade do néctar, pelas condições ambientais, pelo fluxo nectarífero quando abundante, o que dificultaria a retirada da água, ou ainda pelo manejo inadequado do apicultor por ocasião da extração, embalagem e armazenamento. Esses fatores isolados, ou em conjunto, contribuem para a elevação da umidade do mel (RUHLE, 2000).

O mel operculado nem sempre tem menos de 18,0% de umidade, pois se o apiário estiver implantado num setor onde, a umidade relativa é superior a 60%, as abelhas não poderão retirar a umidade do mel para baixo de 18,3%. Numa atmosfera úmida, apesar da ventilação das abelhas, o teor de água não poderá diminuir e, após uma luta cansativa, as abelhas acabam por opercular o mel com, às vezes, umidade superior a 18,0%. No momento da extração há uma fase crítica, pois a centrífuga pulveriza o mel em micro partículas expondo uma grande superfície em relação ao volume, e desse modo se impregnam de água em função da umidade relativa do local da extração (SCHWEITZER, 2001).

De acordo com a Legislação Brasileira o teor máximo de umidade nos méis não deve superar os 20% (BRASIL, 2000). Para a comunidade Européia admite-se um teor médio de 21%, enquanto que para a Farmacopéia Portuguesa pode-se atingir 22% (FELLER-DEMALSY et al., 1989).

Analisando méis da Chapada do Araripe no Estado do Ceará, ARRUDA (2003) encontrou um valor médio de 15,74%, variando de 14,97 a 17,23%. ALMEIDA (2002)

pesquisando méis produzidos em áreas de cerrado do município de Pirassununga, São Paulo, registrou uma variação de 16,6 a 20,8%, com média de 18,01%. Já RODRIGUES et al. (2002) e SILVA et al. (2002) obtiveram umidade de 18,76% em méis da região do Brejo Paraibano.

MARCHINI (2001) encontrou um valor médio de 19,1% para umidade em amostras de méis do Estado de São Paulo. Ainda em São Paulo, MARCHINI et al. (2002) observaram uma variação de 15,1 a 21,5% de umidade em méis de flores de laranja. Já em Mato Grosso do Sul MARCHINI et al. (2001a) detectaram 19,98% de umidade.

SOUZA (2004), analisando as características físico-químicas de 11 amostras de mel de abelha da espécie *Melipona asilvai*, provenientes da região semi-árida do Estado da Bahia, concluiu que o teor de umidade elevado merece maior cuidado na manipulação do mel durante a coleta, processamento e armazenamento, evitando a sua contaminação por microrganismos que causam a depreciação do produto.

### 2.3.2 – Hidroximetilfurfural (HMF)

O mel é um “produto vivo” que continua se modificando uma vez extraído, o seu envelhecimento tem conseqüências sobre o aroma, sabor, cor (torna-se mais escura) e modificações químicas. O mais comum é a avaliação do hidroximetilfurfural (HMF), que é um derivado químico dos açúcares, não nocivo ao homem. Quando se faz caramelo, um dos primeiros intermediários de desidratação é justamente o HMF, dessa forma o caramelo contém grandes quantidades desse componente. Essa substância natural é produzida espontaneamente no envelhecimento do mel, sendo sua reação acelerada pelo aquecimento e sua medida pode ser considerada como um índice de envelhecimento. Na União Européia, o teor máximo de HMF permitido em méis é de 40mg/kg. Acima disso, o mel não poderá ser comercializado a não ser como mel industrial. Os méis ácidos (pH de 3,5 a 4,0) são mais sensíveis à produção do HMF, aumentando rapidamente o teor; já os méis de melato (pinheiro, castanheiro) produzem com menor intensidade. O aquecimento do mel tem igualmente uma ação sobre as enzimas presentes nos méis, com sua atividade diminuindo com o aumento da temperatura. Assim quanto maior a temperatura, mais elas se degradam rapidamente (SCHWEITZER, 2001).

As adulterações no mel são feitas, geralmente, com emprego de xarope de milho, de beterraba e "xarope invertido". O xarope invertido é obtido por hidrólise ácida do

xarope de milho e contém teores altos de hidroximetilfurfural (HMF). O mel de abelha contém pequena quantidade de HMF, mas com o armazenamento prolongado em temperatura ambiente alta e/ou superaquecimento estes valores aumentam. Assim, a pesquisa desse composto é feita no mel para verificar a existência de adulteração com açúcar comercial, ou estocagem inadequada ou se o produto foi superaquecido. Caso isso ocorra, o mel terá seu valor nutricional alterado (VILHENA & ALMEIDA-MURADIAN, 1999).

O hidroximetilfurfural é um dos constituintes mais discutidos no mel. Esse composto resulta da quebra (desidratação) de açúcares hexoses, tais como glicose e frutose, na presença de um ácido. A quantidade de HMF certamente aumenta em méis submetidos a altas temperaturas. Cada 10°C extras aumentam a velocidade de produção de HMF em cerca de 4,5 vezes; por exemplo, um aumento que leva cem dias a 30°C leva cerca de 20 dias a 40°C, 4 dias a 50°C, 1 dia a 60°C e somente umas poucas horas a 70°C (CRANE, 1983).

O HMF serve como indicador da qualidade do mel, pois quando este fator está presente em concentrações elevadas, provavelmente, já poderá ter ocorrido perda de algumas enzimas, como por exemplo, a glicose-oxidase (VILHENA & ALMEIDA-MURADIAN, 1999).

A presença de hidroximetilfurfural (HMF) também está relacionada com a variação de temperatura no mel. O mel recém-extraído contém pouca quantidade de HMF. Porém se o mel é armazenado em temperaturas elevadas ou se for aquecido a diferentes temperaturas (superiores a 40 °C), os açúcares contidos no mel, especialmente a frutose, transformam-se em HMF por desidratação. A presença de HMF pode ser verificada no mel por meio de sua reação em meio ácido (BLANCHI, 1990), indicando se o mel alguma vez sofreu a elevação da temperatura acima de 40 °C, comprometendo suas propriedades químicas.

Na estocagem de mel deve-se observar a temperatura do local de armazenagem, pois em temperaturas acima de 30°C, por períodos superiores a 6 meses, ocorre o desdobramento da frutose do mel em 1 molécula de hidroximetilfurfural e 3 moléculas de água, ficando o mel com uma camada superficial líquida e escurecida. Em pesquisas realizadas na UFSM, esse líquido escurecido foi fornecido para as abelhas, provocando a morte de 100% dos enxames (LENGLER, 2000).

De acordo com DIAS CORREIA & DIAS CORREIA (1985), o hidroximetilfurfural (HMF) do mel resulta de uma reação de desidratação de hexoses, sendo a frutose particularmente susceptível a essa reação. O tratamento térmico e o armazenamento inadequados levam a níveis crescentes de HMF no mel de *Apis Mellifera*, bem como a acidez, pH, conteúdo de água e sais minerais.

VERÍSSIMO (1988) afirma que o HMF é o indicador de qualidade no mel, uma vez que, quando elevado, indica uma queda considerável no seu valor nutritivo, pela destruição, através do aquecimento, de algumas vitaminas e enzimas, que são termolábeis.

WHITE JÚNIOR (1992) constatou que os méis de países tropicais podem ter naturalmente um elevado conteúdo de HMF, sem que o mel tenha sofrido superaquecimento ou adulteração. Isso pode acontecer por influência da temperatura ambiente elevada.

A legislação vigente do Ministério da Agricultura e do Abastecimento estabelece um máximo de HMF de 60mg/kg de mel (BRASIL, 2000).

THRASYVOULOU (1986) registrou, em méis gregos recém-colhidos, uma média de HMF de 4,6 mg/kg com uma variação de 0,0 a 15,2 mg/kg.

Em méis espanhóis SANCHO et al. (1992) obtiveram média de HMF de 4,7 mg/kg, com uma variação de 0,0 a 24,1 mg/kg. GÓMEZ et al. (1993), avaliando méis de eucalipto comercializados na Espanha, detectaram um valor médio de 3,63 mg/kg de HMF.

Estudando amostras de méis brasileiros, DAYRELL & VITAL (1991) detectaram valores de HMF variando de 1,1 a 248,2 mg HMF/kg, justificando os altos valores de HMF como consequência das condições climáticas em países tropicais.

KOMATSU et al. (2001), analisando méis de diferentes municípios de São Paulo, registraram valores médios para HMF de 18,18 mg HMF/kg, 10,16 mg HMF/kg e 15,15 mg HMF/kg em méis silvestre, de eucalipto e de laranjeira, respectivamente. Na análise de amostras de méis do Mato Grosso do Sul, MARCHINI et al. (2001a) obtiveram HMF médio de 55,46 mg HMF/kg. Já em méis do Estado da Bahia, MARCHINI et al. (2001b) constataram valores para HMF que variaram de 0,449 a 268,36 mg HMF/kg e SODRÉ et al. (2002a) detectaram uma variação de 1,5 a 136 mg HMF/kg. Enquanto que nas regiões do Cariri e do Brejo Paraibano, SILVA et al. (2002) verificaram teores de HMF com médias de 23,9 mg HMF/kg e 20,7 mg HMF/kg, respectivamente.

### 2.3.3 – Açúcares redutores

Os carboidratos são os compostos biológicos mais abundantes em nosso planeta. Estima-se uma produção destes compostos através da fotossíntese em torno de  $10^9$  ton/ano. Mais de 200 monossacarídeos diferentes, estruturalmente relacionados com a glicose e a frutose já foram relatados. São importantes constituintes da dieta, sendo uma das principais fontes de calorias para o corpo humano (CARVALHO et al., 1990).

Na análise de alimentos, a identificação dos açúcares presentes numa amostra quase sempre depende da natureza dos produtos. Em muitos casos, uma simples medida físico-química é suficiente para sua determinação, em outros, torna-se necessário uma separação dos açúcares componentes. Os açúcares contidos nos alimentos podem ser vários, encontrando-se, além da sacarose, o açúcar invertido, a lactose, a maltose e, ocasionalmente, pentoses e outras hexoses (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

De acordo com MORETTO et al. (2002), os monossacarídeos são carboidratos encontrados na forma simples, não são hidrolisáveis e se encontram na natureza em pequenas quantidades, como açúcares livres ou, na maioria das vezes, como unidades dos polissacarídeos. Têm a propriedade de serem redutores, sendo a glicose e a frutose mais abundantes na natureza. A glicose (açúcar redutor) é amplamente distribuída nas frutas, nos vegetais e no mel. A frutose (açúcar redutor) é conhecida também como o açúcar das frutas; é a única cetose que ocorre em grande quantidade na natureza, principalmente em frutas e mel.

Segundo MOREIRA & De MARIA (2001), o mel é uma solução concentrada de dois monossacarídeos: D-frutose e D-glicose. Esses compostos são extremamente importantes para o estabelecimento de uma série de características do mel, sendo a glicose responsável pela granulação do mel.

O Ministério da Agricultura e do Abastecimento exige, pela legislação vigente, um teor mínimo de açúcares redutores de 65g/100g para mel floral (BRASIL, 2000).

Em análises feitas com méis de diferentes produtores e origens florais diversas, coletados no município de São Fidélis (RJ), AZEREDO et al. (1999) encontraram valores de açúcares redutores em média de 65% de glicose.

RODRIGUES et al. (1996) obtiveram a média de 77,86% em méis de eucalipto cristalizados. Em méis oriundos de Buenos Aires (Argentina), DOZO (1980) encontrou valores de açúcares redutores variando de 71,10% a 81,90%.

Em amostras de méis de flores de eucalipto, de laranjeira e de outras espécies melíferas de sete municípios paulistas, FLECHTMANN et al. (1963), obtiveram valores variando de 80,02 a 83,80% para conteúdo de açúcares redutores.

Segundo VILHENA & MURADIAN (1999), analisando 8 amostras de méis de mesa de florada silvestre adquiridas no mercado de São Paulo, foi encontrada uma média de 71,28% de açúcares redutores com uma variação de 67,84 a 73,19%.

SOUZA et al. (2004), analisando amostras de mel de *M. asilvai* obtiveram valores de açúcares redutores entre 66,00 e 76,20%, semelhantes aos encontrados nos méis de *Apis mellifera* e de outras espécies de meliponídeos.

SODRÉ et al. (2002a), pesquisando méis do litoral baiano, encontraram valor médio de açúcares redutores igual a 69,20%.

Alguns trabalhos tiveram uma maior variação de açúcares redutores: BALDI CORONEL et al. (1993) registraram valores de 55 a 85% em amostras de méis da Argentina, CAMPOS (1998) encontrou 55,73 a 77,10% nos méis de Minas Gerais e Santa Catarina e KOMATSU et al. (2002) detectaram, em amostras de méis silvestres do Estado de São Paulo, valores variando entre 53,2 a 80%.

#### 2.3.4 – Sacarose aparente

Açúcares são geralmente sólidos cristalinos, incolores e têm sabor doce. São os compostos naturais com sabor doce mais conhecido e, entre eles, a sacarose é um dos adoçantes mais antigos, uma vez que os primeiros documentos escritos encontrados já fazem referências a esse composto (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000), o percentual máximo de sacarose aparente permitido é de 6% para méis de flores e 15% para méis de melato. A proporção de sacarose representa, em média, de 2 a 3% dos carboidratos e quando superior a este valor, geralmente indica o mel verde ou adulterado. Pertence aos oligossacarídeos, e quando sofre a hidrólise, pela ação de ácidos diluídos ou enzimas (invertase), resulta em dois monossacarídeos: frutose e glicose (VIDAL & FREGOSI, 1984).

KOMATSU et al. (1996) encontraram em méis de flores silvestres produzidos por *Apis mellifera* no estado de São Paulo, teores de sacarose aparente variando entre 0,2 a 2,74%. Já BALDI CORONEL et al. (1993) e UÑATES et al. (1999), avaliando méis

argentinos, encontraram valores de 1 a 13% de sacarose aparente. FRIAS-TEJARA & TORRE (1991) encontraram, para conteúdo de sacarose, um valor bem alto 22,6%.

BASTOS et al. (1998) registraram altos valores de sacarose de 14 a 15% em méis produzidos nas proximidades de áreas urbanas do município de Matozinho (Minas Gerais).

SOUZA et al. (2004), pesquisando méis de abelha da espécie *Melipona asilvai*, provenientes da região semi-árida do Estado da Bahia, encontraram um valor médio de sacarose de 4,70% com uma variação de 1,13 a 8,35%.

### 2.3.5 – Minerais (cinzas)

Segundo OLIVEIRA (1997), a determinação de cinzas, considerada como medida geral de qualidade, é frequentemente utilizada como critério na identificação dos alimentos. O teor muito alto de cinzas indica a presença de adulterantes.

Cinzas, em alimentos, se referem ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, sem resíduo de carvão (ANGELUCCI et al., 1987). Frutas, vegetais e seus derivados, como qualquer outro alimento, contêm material orgânico que deve ser destruído antes da estimativa dos minerais. A escolha do procedimento usado para a destruição do material orgânico depende da sua natureza, dos constituintes inorgânicos presentes, do metal a ser determinado e sensibilidade do método (RANGANNA, 1977).

O teor de minerais no mel é descrito como cinzas ou resíduo mineral. É considerada uma análise importante na avaliação da qualidade e origem do produto, uma vez que mel floral apresenta menor quantidade de minerais que o mel de melato (GONNET, 1982; ROOT, 1985; WHITE Jr., 1989; HORN, 1996).

Os minerais estão presentes numa concentração que varia de 0,02% a valores próximos de 1%. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2000), o percentual de cinzas em méis não deverá exceder 0,6% para os de origem floral, e até 1,2% para os méis de melato e suas misturas. VERÍSSIMO (1985) caracteriza o mel como sendo de primeira qualidade quando o teor de cinzas é de no máximo 0,3%.

Os minerais influem diretamente na coloração do mel, estando presentes em maior concentração nos méis escuros, em comparação com os claros. Já foram identificados no mel inúmeros elementos químicos: K, Na, Ca, Mg, Mn, Ti, Co, Mo, Fe, Cu, Li, Ni, Pb, Sn, Zn, Os, Ba, Ga, Bi, Ag, Au, Ge, Sr, Be, Va, Zn (WHITE JÚNIOR, 1979). Os trabalhos

sobre minerais no mel demonstraram níveis bastante variáveis em função da origem botânica e solo (SODRÉ, 2000).

O potássio é o elemento que está em maior quantidade no mel, praticamente 1/3 das cinzas, e o sódio chega a 1/10 no máximo (SOMMER, 1998).

FELLER–DEMALSY et al. (1989), ao analisarem mel do Canadá, constataram que méis de cor clara apresentam menor quantidade de minerais. Os méis com coloração mais escura, variando do âmbar ao âmbar escuro, tendem a apresentar maiores quantidades de minerais segundo CRANE (1983).

BOGDANOV et al. (1999) mencionaram que o conteúdo de cinzas é influenciado pela origem botânica.

MORAES & MANTOVANI (1986) registraram médias de cinzas de 0,18% a 0,20% em méis de carqueja e assa-peixe, respectivamente. Em méis provenientes da Somália, PAPOFF et al. (1988), encontraram média de 0,19% de cinzas. PERSANO-ODDO et al. (1995), estudando méis de *Taraxacum*, oriundos da Itália, detectaram teor médio de cinzas de 0,19%, variando de 0,16% a 0,22%.

SODRÉ et al. (2002a) determinaram uma variação de cinzas de 0,094 a 0,0668% em méis do Estado da Bahia. CARNEIRO et al. (2002), analisando amostras de méis do Piauí, encontraram um intervalo de cinzas de 0,02 a 0,32%.

MARCHINI et al. (2001a) estudando méis do Mato Grosso do Sul, encontraram um valor médio de 0,194% de cinzas. Em méis do litoral norte da Bahia, SODRÉ (2000) encontrou valores que variam de 0,09 a 0,67% de teor de cinzas. ALMEIDA (2002), analisando méis produzidos em áreas de cerrado do município de Pirassununga, São Paulo encontrou uma variação de 0,02 a 0,77%, com média de 0,29%.

### 2.3.6 – Acidez livre

A acidez fornece um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício, pois num processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, a concentração dos íons de hidrogênio, apresenta-se quase sempre alterada, revelando assim, na medição dessa concentração, seu estado atual de conservação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Segundo CARVALHO et al. (1990), a acidez total (fixa e volátil) em alimentos é resultante dos ácidos orgânicos do próprio alimento, dos adicionados intencionalmente

durante o processamento e daqueles resultantes de alterações químicas do produto. Portanto, a determinação da acidez total pode fornecer dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação do alimento.

A acidez do mel pode atacar certos metais com produção de íons metálicos que serão encontrados no mel. Assim, certos méis importados contêm grandes quantidades de íons de ferro. Alguns méis são muito ácidos. A acidez no mel não difere muito de certos vinagres, sendo pouco percebida em razão da grande quantidade de açúcares. Existem casos em que certos méis pouco ácidos e estocados em ambiente fresco e ao abrigo da luz não apresentaram alterações durante 10 anos (SCHWEITZER, 2001).

Os ácidos presentes no mel podem indicar as condições de armazenamento e o processo de fermentação, pois estão dissolvidos em solução aquosa e produzem íons de hidrogênio que promovem sua acidez ativa (CORNEJO, 1988). A acidez é um importante componente do mel que contribui para sua estabilidade, frente ao desenvolvimento de microrganismo (MARCHINI, 2001).

Os ácidos contidos no mel contribuem para sua resistência a vários organismos (CRANE, 1983; ROOT, 1985) e apresentam-se em pequena quantidade (<0,5%), porém influem sobre o sabor do mel (ROOT, 1985).

PAMPLONA (1989) descreve que o ácido glucônico, formado através da glicose pela ação da enzima glicose-oxidase, tende sempre a aumentar durante o armazenamento do mel, pois essa enzima permanece em atividade no mel mesmo após o seu processamento. Dessa forma, a acidez do mel aumenta durante o armazenamento e, conseqüentemente, o pH diminui.

O Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000) determina como limite máximo de acidez 50 meq/kg de mel.

PFAU & RUHLE (1986), pesquisando méis comercializados no estado do Paraná, obtiveram um valor médio de acidez no mel de 14 meq/kg. No Estado da Bahia, SODRÉ et al. (2002a, b) obtiveram médias de acidez livre em mel de 29,10 meq/kg e 33,0 meq/kg. Em 15 municípios do Vale do Paraíba, BERDINI et al. (2002) encontraram méis com uma variação de 10,0 a 35,0 meq/kg de acidez livre no mel. MELO (2002), pesquisando méis da florada de baraúna, no Estado da Paraíba, encontrou valor médio de 20,63 meq/kg de mel.

ALMEIDA (2002), pesquisando méis produzidos em áreas de cerrado do município de Pirassununga, São Paulo, registrou uma variação de 6,0 a 46,0 meq/kg de mel.

CARNEIRO et al. (2002) verificaram 18,98 a 56,18 meq/kg em amostras de méis da região de Simpício Mendes (Piauí). Enquanto que em amostras do Estado de Mato Grosso do Sul MARCHINI et al. (2001a) detectaram valor de acidez livre no mel de 27,7 meq/kg.

### **2.3.7 – Sólidos insolúveis em água**

O teor de sólidos insolúveis em água em méis é considerado no controle de qualidade como um índice de pureza. De acordo com a legislação vigente estabelecida pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000), o teor máximo permitido de sólidos insolúveis em água no mel é de 0,1%, exceto em mel prensado, em que se tolera até 0,5%, unicamente em produtos acondicionados para sua venda direta ao consumidor.

MELO (2002), analisando méis de florada silvestre e de florada de baraúna, encontrou valores médios iniciais de sólidos insolúveis em água para os méis armazenados na Paraíba de 0,08% e 0,06%, respectivamente.

O percentual médio de sólidos insolúveis em água, nos méis do estado do Piauí, apresentou um valor médio de 0,08% para uma variação de 0,06 a 0,09% (SILVA, 2001).

### **2.3.8 – Atividade diastásica**

De acordo com SANTOS et al. (2003), padrões internacionais são utilizados para comparação, classificação e avaliação do mel, onde diferentes variáveis experimentais são consideradas; dentre elas a atividade diastásica é utilizada para determinação de sua qualidade. Entretanto, os resultados experimentais apresentam amplos desvios-padrão, de maneira geral não confiáveis analiticamente.

Acredita-se que a diastase seja proveniente do papo da abelha (AMMON, 1949; RINAUDO, 1973) e adicionada ao mel durante sua manipulação, quando a abelha concentra o néctar coletado, convertendo-o em mel. De acordo com WHITE (1994) alguns méis necessitam de um tempo maior de manipulação, tendo, por isso, quantidades variáveis da enzima nos diferentes tipos de mel, de acordo com o grau de hidratação do néctar.

A ocorrência de grandes diferenças quantitativas dessa enzima em méis de diferentes origens florais sugere possíveis efeitos qualitativos do mel na atividade desta

enzima, ou a presença de substâncias naturais no mel, que causam interferência na metodologia atualmente em uso. Diante da pressão econômica cada vez maior, os grupos técnicos dos blocos econômicos regionais, como o Mercosul, têm adotado um rigoroso padrão de controle de qualidade de produtos naturais como o mel. Esses padrões, em geral, são baseados em méis monoflorais produzidos e colhidos em regiões de clima frio, como Europa e EUA. Nessas condições, o Brasil – que possui uma enorme biodiversidade de plantas que produzem diferentes tipos de méis com características tropicais – pode ter seus produtos considerados “fora do padrão físico-químico” (SANTOS et al., 2003).

A diastase (amilase), enzima que ocorre no mel, é produzida pelas glândulas hipofaríngeas das abelhas e ocorre também em plantas. Ela quebra o amido, e pode estar envolvida na digestão de pólen. Sua relevância principal para o mel é que ela é mais sensível ao calor que a invertase, e essa propriedade levou a indústria de mel alemã a considerar um baixo nível de diastase no mel como uma indicação de que o mel foi superaquecido (CRANE, 1983).

De acordo com a legislação vigente estabelecida pelo o Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000) o valor mínimo da atividade diastásica no mel é de 8 na escala de Göthe e os méis com baixo conteúdo enzimático deverão ter no mínimo uma atividade diastásica correspondente a 3 da escala de Göthe, sempre que o conteúdo de hidroximetilfurfural não exceda a 15mg/kg.

BIANCHI (1989), estudando méis silvestres, encontrou um valor médio da atividade diastásica de 17,65 DN. Já MELO (2002), analisando méis da florada de baraúna, encontrou 13,27 DN.

### **2.3.9 – Potencial hidrogeniônico**

Segundo CHAVES (1992), a determinação do pH de um alimento torna-se importante devido a vários fatores, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, escolha da temperatura de esterilização, escolha da embalagem que será utilizada para o alimento, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria, escolha de aditivos e vários outros.

O pH do mel é em função da quantidade de ácidos ionizáveis que ele contém, bem como da sua composição mineral (GONNET, 1982). A variação observada no pH dos méis

é provável que se deva à particularidades da composição florística nas áreas de coleta, uma vez que o pH do mel poderá ser influenciado pelo pH no néctar (CRANE, 1983).

A maior parte dos néctares são ácidos ou neutros (pH 3,7 a 6,4), mas alguns são alcalinos (pH 9,1), o que pode influenciar o pH do mel (CRANE, 1983). Quando a taxa de minerais é elevada, o pH do mel tende à neutralidade (GONNET, 1982).

A legislação brasileira em 1985 (BRASIL, 1985) definia como padrão de qualidade para o mel de abelhas melíferas valores de pH variando entre 3,3 a 4,6, mas de acordo com a legislação atual (BRASIL, 2000) não consta a determinação do pH.

O pH determinado no mel refere-se aos íons de hidrogênio presente numa solução e pode influenciar na formação de outros componentes, como na velocidade de produção do hidroximetilfurfural (HMF) (VIDAL & FREGOSI, 1984).

Todos os méis são ácidos e o pH é influenciado pela sua origem botânica, como também pela concentração de diferentes ácidos e minerais, tais como cálcio, sódio, potássio, além de outros constituintes das cinzas (SEEMANN & NEIRA, 1988; FRIAS & HARDISSON, 1992).

Os méis portugueses estudados por ANDRADE et al. (1999) apresentaram pH variando de 3,60 a 4,46, em méis brasileiros PAMPLONA (1989) obteve variação de 3,1 a 5,3 unidades de pH, coincidindo com a faixa determinada por BALDI CORONEL et al. (1993) em méis provenientes de Entre Rios (Argentina).

FLECHTMANN et al. (1963) e KOMATSU (1996) pesquisando méis de São Paulo, encontraram valores de pH bem baixos, de cerca de 2,3 unidades.

MARCHINI & MORETI (2001) observaram pH médios de 3,92 e 4,54 em méis de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophilla*, respectivamente. MARCHINI et al. (2001a), analisando méis provenientes de Mato Grosso do Sul, registraram média de pH de 4,13. SOUZA (2004), pesquisando méis de abelha da espécie *Melipona asilvai*, provenientes da região semi-árida do Estado da Bahia, encontrou um valor médio de pH de 3,27.

SILVA et al. (2002) analisando méis da região do brejo paraibano encontraram um valor médio de pH de 4,61.

### 2.3.10 – °Brix

Os sólidos solúveis totais são comumente designados como °Brix e apresentam tendência de aumento com a maturação, enquanto os sólidos solúveis podem ser medidos

no campo ou na indústria, com o auxílio de refratômetro. O °Brix indica a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos na água existente em um alimento. A análise do °Brix tem grande importância para a agroindústria, em controle de qualidade do produto final, controle de processos, controle de ingredientes e outros utilizados em indústrias, tais como: melado, álcool, açúcar, licores e bebidas em geral etc. (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

De acordo com a Legislação vigente tanto no Brasil, bem como no exterior, já não se exige essa determinação no controle de qualidade de méis de mesa, sejam méis de flores ou méis de melado.

SILVA (2001) encontrou um valor médio de 78,70°Brix, estudando méis piauiense. MELO (2002), observou valores médios de °Brix igual a 81,63 para méis de florada de baráúna.

#### **2.4 – Cristalização e granulação do mel**

A cristalização do mel consiste na separação da sua glicose, menos solúvel que a levulose, e conseqüente formação de hidratos de glicose (forma sólida). Geralmente, no mel, o conteúdo de levulose é mais alto do que o de glicose. Por essa razão, a maioria dos méis é mais resistente à cristalização, podendo até não cristalizar durante alguns anos. A temperatura mais favorável para a cristalização da maioria dos méis está dentro do intervalo de 23° a 25°C (WIESE, 1983).

Grosseiramente o mel é um composto de 17% de água e 80% de açúcares dos quais os dois principais são a glicose e a frutose. Uma solução de frutose (açúcar de frutas) é mais estável do que uma solução de glicose. Não terá tendência a se cristalizar. O mel da Acácia mantém-se líquido porque tem muita frutose; inversamente uma solução de glicose é instável. A glicose se associa à água e a cristalização se produz. O mel de colza, muito rico em glicose, cristaliza rapidamente. Certos méis, não muito ricos em glicose nem em frutose, cristalizam lentamente com cristais grandes. Segundo o caso, (análises podem ser úteis) poderá se ter interesse em conservá-los líquidos por um aquecimento moderado ou desmanchá-los em cristais finos para controlar a cristalização (SCHWEITZER, 2001).

O mel muito comumente se solidifica em parte, isto é, cristaliza-se. A parte sólida (cristais), sendo mais densa, forma depósito no fundo do vasilhame, quase de cor branca ou creme, que escurece um pouco com o tempo (BARROS, 1965). Somente o mel

perfeitamente puro tem condições de cristalizar (MUXFELDT, 1970). WIESE (1985) concluiu que a cristalização é, assim, uma prova da alta qualidade do produto, ocorrendo mais constantemente em temperaturas de 23 a 25°C.

A cristalização provoca a mudança da coloração do mel, tornando-o opaco (GONNET, 1982; CAMPOS, 1987). HOOPER (1983) alerta que méis claros tendem a perder o paladar quando cristalizam, ao contrário daqueles escuros que, devido ao teor mais elevado de minerais e proteínas, conservam o sabor original.

A granulação do mel (cristais grosseiros) é favorecida nas temperaturas que variam entre 12° e 15°C. Já nas temperaturas entre 20° e 25°C há uma tendência de o mel cristalizar (cristais mais finos). Sempre que o mel apresentar sinais de granulação ou cristalização, pode-se submeter a processo de batidura, tornando-o cremoso e com cor mais clara (LEGLER, 2000). Em temperaturas abaixo de 23°C e acima de 25°C há menos granulações para a maioria dos méis. Acima de 48°C não há praticamente nenhuma granulação. À temperatura constante, muito fria ou baixa, a granulação é impedida por causa da alta viscosidade que impede o caminamento das moléculas e sua aglomeração em cristais. Segundo WIESE (1983), bolhas de ar muito pequenas, incorporadas ao mel, aceleram o começo da cristalização.

Ao granular, o mel poderá atingir variados aspectos ou texturas, em função da origem floral e manipulação sofrida. Têm-se assim méis com textura cremosa, pastosa, de granulação fina ou grosseira. A cristalização é uma característica do mel puro, voltando ao estado líquido quando aquecido em banho-maria a 50-60°C, com tampa aberta (NORONHA, 1997). Já de acordo com WIESE (1993), para descristalizar o mel, deve-se ter o cuidado de não aquecê-lo acima de 45–50°C e apenas pelo tempo necessário para se tornar líquido, pois o superaquecimento dá gosto de queimado ao mel, destruindo grande parte do seu valor nutritivo.

É importante ressaltar o número de vezes que o mel pode ser reaquecido, pois esse problema tem relação direta com o nível de hidroximetilfurfural contido no mel, já que o mel recém-coletado possui esses níveis muito baixos e o reaquecimento compromete a qualidade do mel (MELO, 2002).

## **2.5 – Fermentação do mel**

A umidade e as leveduras são as causas da fermentação do mel. A pasteurização destrói as leveduras, mas com o aquecimento o mel poderá ter conseqüências muito

nefastas. Certos méis, como o de colza, na Europa, cristalizam tão rapidamente que por um lado armazenam impurezas e por outro lado deixam de ser homogêneos na escala molecular, o que explica a quebra da sua estrutura após alguns meses (tornam-se macios). Mesmo se o seu teor médio de umidade seja de 18%, na escala molecular, podem existir desigualdades com as micros amostras difusas na fermentação (a umidade é mal distribuída na massa). No início essas anormalidades passam muitas vezes despercebidas. Um degustador atento nota logo essas pequeninas fermentações, geralmente aceitas como normais pelos neófitos. Nesse estado, a análise põe logo em evidência um teor em glicerol acima do normal (SCHWEITZER, 2001).

Os principais fatores que podem fermentar o mel são temperatura alta de armazenamento, alta umidade do mel e grau de contaminação por esporos de leveduras (LEGLER, 2000).

## 2.6 – Armazenamento do mel

É importante armazenar o mel sob condições adequadas. Se o mel for mantido em um recipiente hermético, pode deteriorar-se através da fermentação; se for armazenado a altas temperaturas – especialmente em contato com metais ferrosos, por exemplo, cuja cobertura, de estanho ou galvanizada, esteja danificada – pode deteriorar através de reações químicas anormais (CRANE, 1983).

Cuidados especiais devem ser tomados em relação ao armazenamento, tanto do mel a granel (baldes plásticos e tambores) como do fracionado (embalagens para o consumo final), em relação à higiene do ambiente e, principalmente, em relação ao controle da temperatura. Altas temperaturas durante todo o processamento e estocagem são prejudiciais à qualidade do produto final, uma vez que o efeito nocivo causado ao mel é acumulativo e irreversível. Essas embalagens devem ser colocadas sobre estrados de madeira ou outro material, impedindo o contato direto com o piso e facilitando seu deslocamento no caso da utilização de empilhadeiras (PEREIRA, 2003).

A armazenagem do mel a 0°C é muito cara na maior parte das áreas produtoras de mel, mas cinco semanas a 0°C podem prevenir uma granulação subsequente. Qualquer temperatura abaixo de 10°C retarda grandemente a granulação, e qualquer temperatura até 11°C também desencoraja a fermentação. De 11 a 21°C é a faixa mais provável de induzir fermentação, e de 10 a 18°C a faixa mais favorável à granulação, especialmente 14°C.

Temperaturas de 21 a 27°C são menos prováveis de induzir tanto à fermentação como à granulação, mas enzimas são destruídas e o HMF é produzido rapidamente, tornando-se o mel mais escuro. Acima de 27°C não há fermentação, mas o dano é ainda mais rápido. Em média, o mel deve então ser estocado a temperaturas as mais baixas possíveis, a 11°C ou menos (CRANE, 1983).

A conservação dos méis é muito importante, uma vez que as alterações podem ocorrer devido ao mau uso de latas, potes de plásticos ou vidros, além do armazenamento em locais totalmente inadequados e, o mais grave, em temperaturas elevadas, um fator limitante para a deterioração rápida, comprometendo a qualidade do mel. É, portanto, de fundamental importância armazenar o mel sob condições adequadas (MELO, 2002).

## **2.7 – Embalagem**

Para o mel, devem-se utilizar apenas embalagens próprias para o acondicionamento de produtos alimentícios e preferencialmente novas, pois não se recomenda a reciclagem de embalagens de outros produtos alimentícios (margarina, óleo, etc.). Atualmente, no mercado, existem embalagens específicas para mel, com várias capacidades e formatos (PEREIRA, 2003).

Em embalagens a granel (25 kg), os baldes de plástico têm relação custo-benefício superior ao da lata de metal, além de proporcionarem facilidade no transporte (presença de alças). Já para capacidades superiores (300 kg), destinadas à exportação, a embalagem usada é o tambor de metal (com revestimento interno de verniz especial). Quanto às embalagens para o varejo, tanto o plástico, específico para alimentos, como o vidro são recomendáveis, embora o vidro seja o material ideal para o acondicionamento do mel, inclusive como único material aceito para a exportação (mel fracionado) e para a certificação orgânica (PEREIRA, 2003).

De acordo com ASSIL et al. (1991), méis armazenados em recipientes plásticos perdem 1% de água durante um ano de armazenamento, isto é, a cristalização pode ser acelerada.

## **2.8 – Reologia**

O termo reologia é definido como a ciência que estuda a resposta de um material à aplicação de uma tensão ou deformação (TOLEDO, 1991). Para a indústria de alimentos, o

estudo do comportamento reológico é de grande utilidade para os cálculos em processos de engenharia, tais como: cálculo de vazões, seleção de bombas, determinação de perda de carga em tubulações, em operações unitárias como evaporação e esterilização, entre outros; determinar a funcionalidade de um ingrediente no desenvolvimento de um produto; teste de vida de prateleira; avaliar a textura do alimento e correlacioná-la à análise sensorial (HOLDSWORTH, 1993).

O estudo das propriedades reológicas dos alimentos tem um papel importante na ciência e tecnologia desses produtos. As propriedades reológicas estão intimamente relacionadas com a composição e estrutura dos alimentos, tendo em vista que a viscosidade de cada produto está diretamente relacionada com a qualidade de alimentos que se apresentam na forma de fluidos, influenciando diretamente na textura, e portanto, na qualidade sensorial destes (DURAN, 1991).

Por outro lado, é de grande interesse industrial o conhecimento do comportamento reológico dos alimentos durante o processo de elaboração (concentração, mistura, pasteurização e outras operações unitárias), tanto para as condições de processamento como para o projeto e seleção de equipamentos (DURAN, 1991).

Segundo BOBBIO et al. (1995), muitos alimentos têm consistência que somente lhes permite fluir ou escorrer com dificuldade do recipiente que os contém, isto é, esses alimentos comportam-se como líquidos de baixa fluidez, tal como a maionese. Outros têm alta fluidez e escorrem facilmente como sucos naturais não concentrados.

Reologia consiste no estudo físico da deformação dos materiais sob a ação de forças mecânicas (CHEFTEL et al., 1989; SGARBIERI, 1998). O parâmetro fundamental obtido no estudo do comportamento reológico de alimentos líquidos e semi-líquidos é a viscosidade, a qual é considerada o meio de fundamento para se caracterizar a textura do fluido (ALONSO et al., 1990). As propriedades reológicas podem influenciar no caráter sensorial de um alimento, especialmente a textura, sendo as boas características sensoriais consideradas como fator crucial na aceitabilidade de novos produtos alimentícios pelos consumidores (BORDERIAS & MONTERO, 1988).

Vale ressaltar que o conhecimento do comportamento reológico de produtos alimentícios é importante em várias outras aplicações, entre as quais no controle de qualidade, na correlação com a avaliação sensorial do produto, visando à aceitabilidade pelo consumidor, na compreensão de estrutura de polímeros e na correlação da viscosidade com outras propriedades físicas, cujas determinações sejam mais simples (SARAVACOS,

1970; HOLDSWORTH, 1971; BOGER & TIU, 1974; RAO, 1986; ALVARADO & ROMERO, 1989).

Os fluidos reais deformam-se irreversivelmente, ou seja, quando tensões são aplicadas sobre esses materiais, eles escoam. A energia de deformação é dissipada dentro dos fluidos em forma de calor e não pode ser recuperada se a tensão aplicada for cessada (BEZERRA, 2000).

### **2.8.1 – Classificação do comportamento reológico**

Os líquidos em geral são classificados em função do seu comportamento reológico. Este envolve a determinação e análise da relação entre a tensão cisalhante e o gradiente de velocidade, também chamada de grau de deformação ou taxa de cisalhamento, para uma determinada condição de temperatura e pressão. Assim sendo, a viscosidade de um fluido alimentar depende da sua temperatura, composição e pode também depender da taxa de deformação aplicada, da duração da aplicação da taxa de deformação, bem como do histórico anterior de cisalhamento (HOLDSWORTH, 1971; RAO, 1977a, 1977b; RAO, 1986).

De uma maneira bem abrangente os fluidos podem ser classificados reologicamente como newtonianos e não-newtonianos.

#### **2.8.1.1 – Fluidos newtonianos**

Os fluidos são newtonianos quando a viscosidade só é influenciada pela temperatura e pressão. Portanto, no escoamento de um fluido newtoniano, em regime laminar, existe uma relação linear entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento. Uma única determinação experimental é suficiente para definir o único parâmetro reológico do fluido newtoniano, a sua viscosidade absoluta, pois a razão entre a tensão cisalhante e taxa de cisalhamento é constante. Entre os alimentos que exibem comportamento newtoniano estão as bebidas carbonatadas, os extratos de carne e água.

Alguns produtos alimentícios que apresentam esse tipo de comportamento são: leite, café, cerveja, bebidas alcoólicas, refrigerantes, vinho, óleo, mel, sucos clarificados de

maçã e uva (RAO,1986), desde que submetidos a situações de taxa de deformação moderada.

A equação matemática que descreve seu comportamento é dada por:

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (2.1)$$

em que:

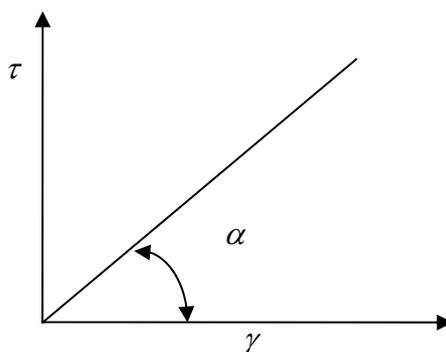
$\tau$  - tensão de cisalhamento ( $\text{N m}^{-2} = \text{Pa}$ )

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação ( $\text{s}^{-1}$ )

$\eta$  - viscosidade absoluta ( $\text{Pa s}$ )

A representação gráfica do comportamento de escoamento de qualquer fluido é denominada de curva de escoamento (reograma). Os fluidos newtonianos apresentam um reograma linear passando pela origem (Figura 2.5) dado pela Equação 2.2.

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \text{tg } \alpha \quad (2.2)$$



**Figura 2.5** - Reograma de um fluido newtoniano.

### 2.8.1.2 – Fluidos não-newtonianos

Quando a relação entre tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não é constante, dependendo ainda do tempo de observação ou de forças de recuperação elástica,

os fluidos são chamados de não-newtonianos. A maioria dos alimentos fluidos, tais como sucos e purês de frutas, pastas e emulsões, não apresentam viscosidade constante (RAO, 1986; SARAVACOS, 1970; VAN WAZER et al., 1963).

Para fluidos não-newtonianos o termo de viscosidade é substituído por  $\eta_a$ , que é a viscosidade aparente, onde esta é dada em função do gradiente de velocidade. A viscosidade varia com a magnitude da taxa de deformação.

Qualquer fluido não-newtoniano pode ser definido pela Equação 2.3:

$$\eta_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (2.3)$$

Todos os fluidos que não exibem o comportamento da Equação 3.1 podem ser chamados não-newtonianos e classificados como independentes ou dependentes do tempo. Para os fluidos não-newtonianos independentes do tempo à temperatura e composição constante, a viscosidade aparente depende da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento (HOLDSWORTH, 1971; RAO, 1977; RAO, 1986).

Fluidos não-newtonianos com propriedades reológicas independentes do tempo, são divididas nas categorias: pseudoplásticos, dilatantes e Bingham, conforme a viscosidade aparente decresça ou aumente, respectivamente, com a taxa de deformação.

Em relação à mudança da viscosidade com o tempo, existem dois tipos de fluidos, o tixotrópico e o reopético. Os fluidos tixotrópicos apresentam uma diminuição da viscosidade com o tempo, quando submetidos a uma taxa de cisalhamento constante. Já os fluidos considerados reopéticos apresentam um aumento da viscosidade com o tempo. No processamento mineral, esse tipo de comportamento, nas suspensões, é bastante inconveniente, devido às constantes mudanças na viscosidade, FERREIRA et al. (2005).

Nos fluidos pseudoplásticos, a taxa de acréscimo na tensão de cisalhamento diminui com o aumento da taxa de deformação (BEZERRA, 2000). Essa classe é representada por produtos como polpas e sucos concentrados de frutas, caldos de fermentação, melão de cana (CHARM, 1960; HOLDSWORTH, 1971). Para o índice de comportamento de fluxo nos fluidos pseudoplásticos, é menor que a unidade, e quanto menor seu valor, mais intenso é o comportamento pseudoplástico (ADORNO, 1997).

Os fluidos dilatantes são independentes do tempo, sem tensão inicial, e começam a escoar sob ação de tensões de cisalhamento infinitesimais. Para os fluidos dilatantes a taxa de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação. Incluídos nesse grupo estão as suspensões de amido, soluções de farinha de trigo, soluções concentradas de goma e de açúcares (ONOFRE, 1995). É caracterizado pelo aumento da viscosidade aparente com a taxa de deformação, ou seja, a tangente em cada ponto da curva de escoamento (viscosidade aparente) aumenta com o aumento da taxa de deformação (HOLDSWORTH, 1971; RAO, 1977a, 1977b; RAO, 1986, SILVA, 1999).

Os fluidos de Bingham são independentes do tempo, apresentando tensão inicial a partir da qual o fluido apresenta um comportamento linear na relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. São geralmente soluções e/ou concentrações de polímeros, como são os casos de amido e proteínas, conforme VAN WAZER et al. (1963) e MENJIVAR & RHA (1980).

Os fluidos tixotrópicos apresentam um comportamento reológico dependente do tempo. A tensão de cisalhamento decresce reversivelmente com o tempo, fixadas a temperatura e taxa de deformação, ou seja, o processo de rompimento das estruturas dos fluidos tixotrópicos dependente do tempo, além de depender da taxa de deformação (SKELLAND, 1967). Produtos alimentícios considerados tixotrópicos são suco de maçã com polpa (SARAVACOS, 1970), suco concentrado de maracujá (VITALI et al., 1974), alguns méis de abelha, leite condensado açucarado, clara de ovo e maionese (RAO, 1977).

Os fluidos denominados reopéticos também são conhecidos como fluidos de tixotropia negativa (GOVIER, 1972), ou anti-tixotrópicos (SKELLAND, 1967). Apresentam acréscimo reversível na tensão de cisalhamento com o tempo, para uma dada temperatura e taxa de deformação. Segundo SILVA (1999), fluidos desse grupo apresentam comportamento reológico semelhante ao comportamento dilatante, onde a viscosidade aparente aumenta com a taxa de deformação. Diferencia-se, entretanto, porque esse aumento não está relacionado somente com a taxa de deformação, mas também depende do tempo, ou seja, a viscosidade aparente e a tensão de cisalhamento crescem reversivelmente com o tempo de aplicação da taxa de deformação, quando a temperatura, a composição e a taxa de deformação são mantidas constantes.

### 2.8.2 – Viscosidade

Segundo KRAMER (1966), viscosidade pode ser definida como a fricção de um fluido, isto é, a resistência encontrada pelas moléculas em se mover no interior do fluido devido ao movimento Browniano e as forças intermoleculares. O termo viscosidade é aplicado apenas quando se trata de fluidos quimicamente puros e fisicamente homogêneos (fluidos newtonianos) enquanto o termo consistência é comumente aplicado a produtos alimentícios, os quais não são quimicamente puros nem fisicamente homogêneos (fluidos não-newtonianos).

A viscosidade é uma importante propriedade do mel e, segundo WHITE (1978), suas propriedades de escoamento são influenciadas por vários fatores, tais como composição, temperatura, quantidade e tamanho dos cristais presentes.

O mel pode ser líquido, líquido-cristalizado, líquido-granulado, cristalizado, granulado e cremoso. No mercado brasileiro a maior tendência de consumo é de mel líquido; já na Europa o mel mais procurado é o mel cremoso, existindo equipamentos para bater o mel para deixá-lo cremoso e conseqüentemente de cor clara (LEGLER, 2000). Segundo o mesmo autor, quando se misturam méis de apiários e floradas diferentes pode acontecer que o mel fique separado em camadas diferentes. Certamente ocorrerá cristalização defeituosa (separação em camadas) o que afetará a comercialização. Para que isso não aconteça, o apicultor poderá misturar méis de apiários e floradas diferentes observando que, durante esse processamento, a temperatura seja igual e a densidade dos méis seja idêntica. Para tal, deve-se utilizar um homogeneizador.

A viscosidade de um mel depende grandemente do seu conteúdo de água e está assim ligado à sua densidade relativa; quanto menos água, mais alta é densidade e a viscosidade. A velocidade de fluxo, e por isso a viscosidade, é de importância primordial no desenho de operação de sistemas de canalização de mel, por exemplo, nas plantas de processamento e engarrafamento. É fácil se perceber que pode haver uma tentação a superaquecer o mel, a fim de movê-lo rapidamente através de um sistema. Um método muito melhor é aumentar, em vez disso, a capacidade da bomba e os diâmetros dos tubos (CRANE, 1983).

Alguns méis apresentam particularidades ou anomalias em relação à sua viscosidade. Assim, é possível encontrar méis com a consistência gelatinosa ou de viscosidade muito elevada (CRANE, 1983; CAMPOS, 1987). No Piauí é freqüente os méis

produzidos no primeiro semestre apresentarem-se mais fluidos que aqueles coletados no segundo semestre, particularmente em anos de chuvas abundantes. A umidade do ar, bem como a precipitação pluviométrica, ou ainda particularidades de cada florada, são provavelmente as responsáveis por essas características (FREITAS, 1994).

Quando um líquido newtoniano normal está fluindo, está sujeito à fricção interna, caracterizada pela viscosidade do líquido. Méis com uma viscosidade alta fluem vagarosamente, ou seja, são descritos como sendo “densamente encorpados”, ou ainda têm uma “boa densidade”, embora a densidade seja uma característica diferente. Méis com baixa densidade são “tênuos” ou “tenuamente encorpados”, não são convenientes para serem usados como méis comestíveis (CRANE, 1983).

BHANDARI et al. (1999) determinaram o comportamento reológico de méis de abelha comercializados na Austrália, utilizando um viscosímetro Brookfield DV II+, nas temperaturas variando de 4°C a 30°C. Na análise dos dados experimentais, utilizaram a equação de Arrhenius para descrever o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente. Os méis estudados por esses pesquisadores apresentaram comportamento de fluido newtoniano. O mesmo comportamento foi determinado por KULMYRZAEV & JULIAN (2000), JUNZHENG & CHANGYING (1998) e SOLORZA-FERIA (2001), estudando a reologia de mel de abelha (*Apis mellifera*) comercializados no México.

### 2.8.2.1 – Efeito da temperatura na viscosidade

O efeito da temperatura sobre a viscosidade de um fluido pode ser expresso pela Equação de Arrhenius (2.4) a uma taxa de deformação específica.

$$\eta = \eta_0 \exp(E_a / RT) \quad (2.4)$$

Em que:

$\eta$  - viscosidade aparente (Pa s)

$\eta_0$  - constante (Pa s)

$E_a$  - energia de ativação (kcal/g mol)

R - constante universal dos gases perfeitos (8,314J/g mol.K)

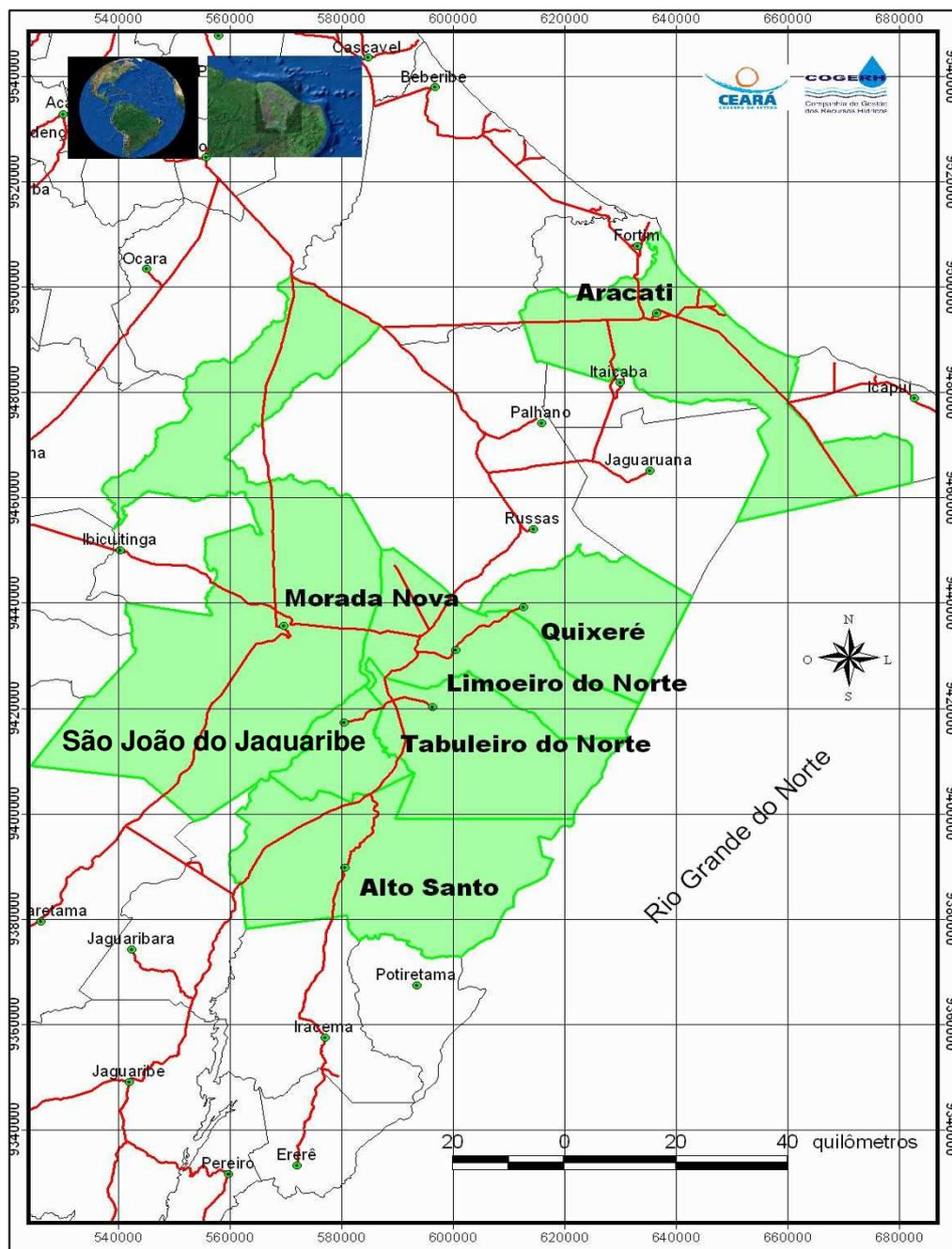
T - temperatura absoluta (K)

VIEIRA (1996) afirmou que a equação de Arrhenius também se aplica para representar o efeito da temperatura sobre o índice de consistência (K) da Lei da Potência. Ainda VIEIRA (1996) ressalta que uma combinação entre os modelos reológicos e a Equação de Arrhenius são úteis na aplicação em cálculos de operações que envolvem transferência de calor. Para HOLDSWORTH (1971) e RAO (1986), a equação indica a tendência geral observada de uma diminuição da viscosidade aparente com o aumento da temperatura e, geralmente, quanto maior for a energia de ativação, maior será o efeito da temperatura sobre a viscosidade do fluido.

### 3 – MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Caracterização da área experimental

Para atender aos objetivos propostos deste trabalho, utilizou-se como área experimental o Estado do Ceará, especificamente a região do Baixo Jaguaribe (Figura 3.1).



Fonte: Governo do Estado do Ceará - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH (2005)

**Figura 3.1 - Mapa da região do Baixo Jaguaribe**

### 3.2 - Obtenção dos méis

Os méis utilizados neste trabalho foram processados de acordo com as etapas constantes na Figura 3.2.

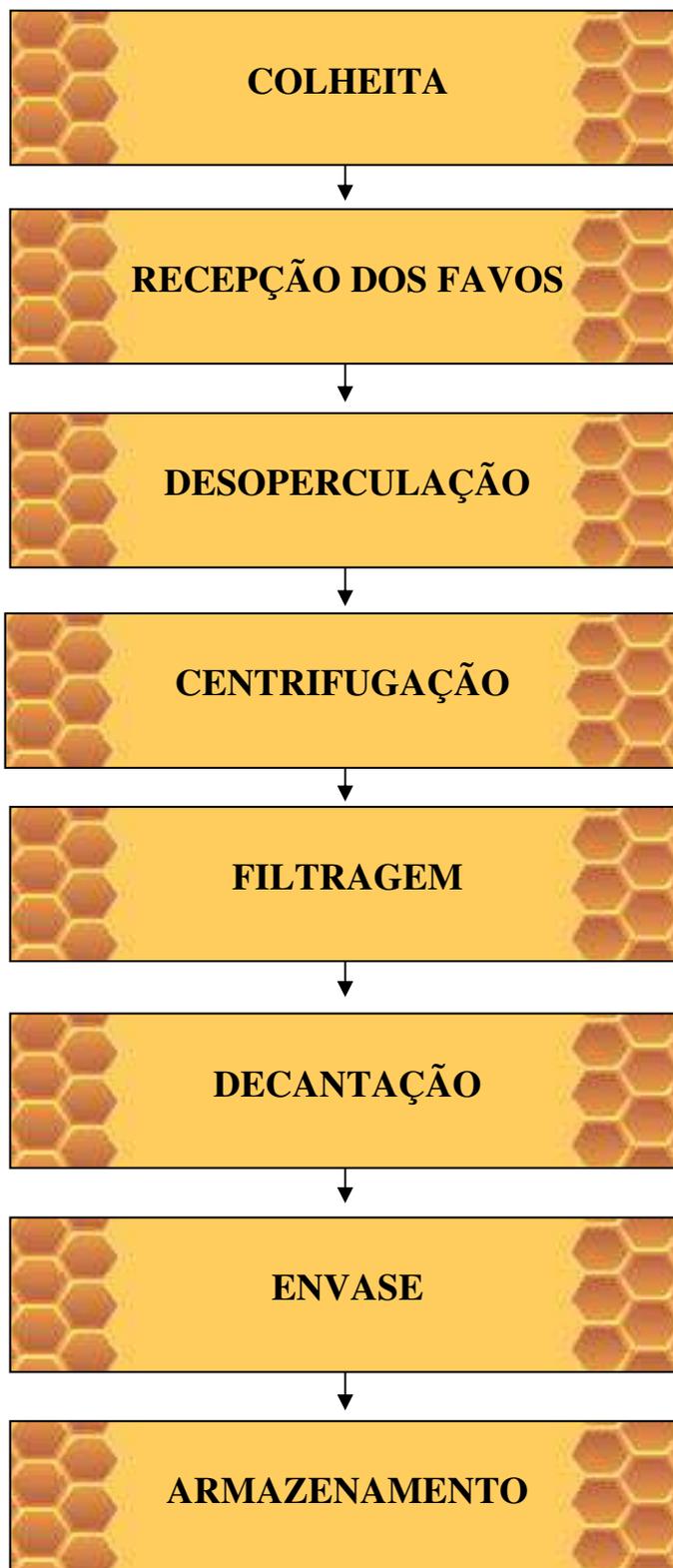


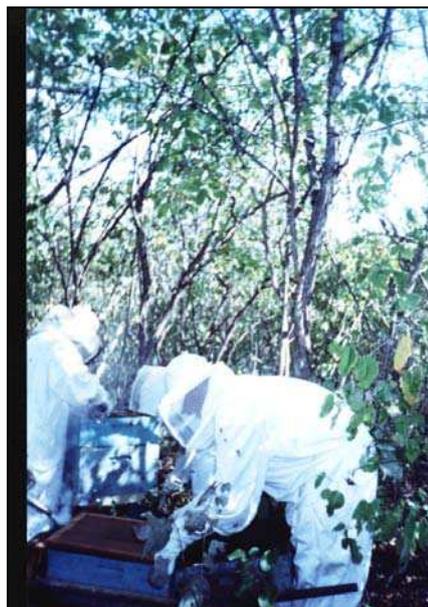
Figura 3.2. Fluxograma das etapas do processamento do mel

Os méis produzidos por *Apis mellífera* L., com predominância da florada de vassourinha de botão (Figura 3.3), foram obtidos no mês de junho de 2004, a partir de coletas realizadas pelos apicultores nos municípios de Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Aracati e Quixeré, localizados na região do Baixo Jaguaribe - Ce.

Os procedimentos da colheita em campo dos méis foram realizados de maneira que mantivessem a qualidade e as características intrínsecas do produto (Figura 3.4). As melgueiras, ao chegarem à casa de mel, foram colocadas sobre bandejas de aço inoxidável e levadas para a sala de recepção dos favos; em seguida foram depositadas em área isolada do recinto, onde ocorreu a extração do mel e as outras etapas do processamento. Essas melgueiras provenientes do campo não tiveram acesso à área de manipulação; assim, apenas os quadros foram transportados para a sala de processamento.



**Figura 3.3.** Florada da vassourinha de botão



**Figura 3.4.** Colheita do mel em campo

As etapas de desoperculação dos quadros, centrifugação, filtragem e decantação do mel foram executadas de acordo com as normas higiênico-sanitárias indicadas pelas Boas Práticas de Fabricação (BPF). Para tal, teve-se os cuidados especiais em relação às vestimentas e higiene do pessoal envolvido e aos procedimentos de manipulação. Após a desoperculação dos favos (Figura 3.5), os quadros foram encaminhados para a centrífuga, onde se iniciou lentamente o processo, aumentando-se a sua velocidade progressivamente

para não quebrar os quadros que estão cheios de mel. Uma vez extraído, o mel foi retirado da centrífuga por um sistema de bombeamento, escoando-o diretamente para o decantador e iniciando-se assim o processo de filtração. Após a filtração, o mel foi encaminhado para o decantador, onde "descansou" por 48 horas, a fim de que as eventuais partículas que não foram retiradas pela filtração e as bolhas criadas durante o processo se desloquem para a porção superior do decantador, sendo retiradas posteriormente durante o procedimento de envase.



**Figura 3.5.** Mesa desoperculadora

### 3.3 – Caracterização dos méis

Os méis dos municípios Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Aracati e Quixeré foram acondicionados em recipientes de vidro e envoltos em papel alumínio, e conduzidos ao Laboratório de Bromatologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC - CE, onde foram realizados os ensaios para a determinação da caracterização físico-química. Quanto às determinações das viscosidades, esses méis foram encaminhados ao Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, PB, onde foram realizados os ensaios para a determinação das viscosidades.

### **3.3.1 – Caracterização físico-química**

#### **3.3.1.1 - Açúcares redutores**

Os açúcares redutores foram determinados de acordo com a metodologia do LANARA (1981). Esse método, conhecido como Lane e Eynon, baseia-se na redução de um volume conhecido do reagente de cobre alcalino (Fehling) a óxido cuproso. O ponto final é indicado pelo azul de metileno, que é reduzido a sua forma leuco por um pequeno excesso do açúcar redutor.

#### **3.3.1.2 - Sacarose aparente**

Como os grupos redutores aldeído e cetona não se encontram livres na sacarose, efetuou-se uma hidrólise ácida, tendo como resultado duas moléculas de açúcares redutores, uma de glicose e uma de frutose, que foram determinadas quantitativamente pelo método Lane-Eynon, descrito em LANARA (1981).

#### **3.3.1.3 - Hidroximetilfurfural (HMF)**

A determinação do hidroximetilfurfural utilizada foi a quantitativa, na qual o princípio da análise se baseia que em meio ácido o ácido barbitúrico condensa-se com o hidroximetilfurfural formando um composto de coloração vermelha (LANARA, 1981).

#### **3.3.1.4 - Umidade**

A umidade do mel foi determinada de acordo com a metodologia da AOAC (1998). O princípio desse método consiste na determinação do índice de refração do mel a 20°C, que é convertido para umidade através da tabela de referência de Chataway.

#### **3.3.1.5 - Cinzas**

A quantidade de cinzas nos méis foi determinada através da incineração das amostras em mufla aquecida a 600°C (CAC, 1990).

### **3.3.1.6 - Acidez livre**

A metodologia utilizada baseou-se numa titulação simples do mel com solução de NaOH a 0,05N até atingir pH de 8,5 (AOAC, 1998).

### **3.3.1.7 - Sólidos insolúveis em água**

O teor de sólidos insolúveis em água do mel foi determinado por gravimetria, segundo o método CAC (1990).

### **3.3.1.8 - Atividade diastásica**

Foi determinada pelo método da CAC (1990). Baseia-se no método de Schade modificado por White e Hadorn, no qual uma solução tamponada de amido de mel é incubada e o tempo necessário para o ponto final específico é determinado por método espectrofotométrico. O resultado é expresso como ml de solução de amido a 1% hidrolisado pela enzima em 1g de mel em 1 hora.

### **3.3.1.9 - °Brix**

Foi determinado por leitura direta da amostra em refratômetro de bancada do tipo Abbe.

### **3.3.1.10 - pH**

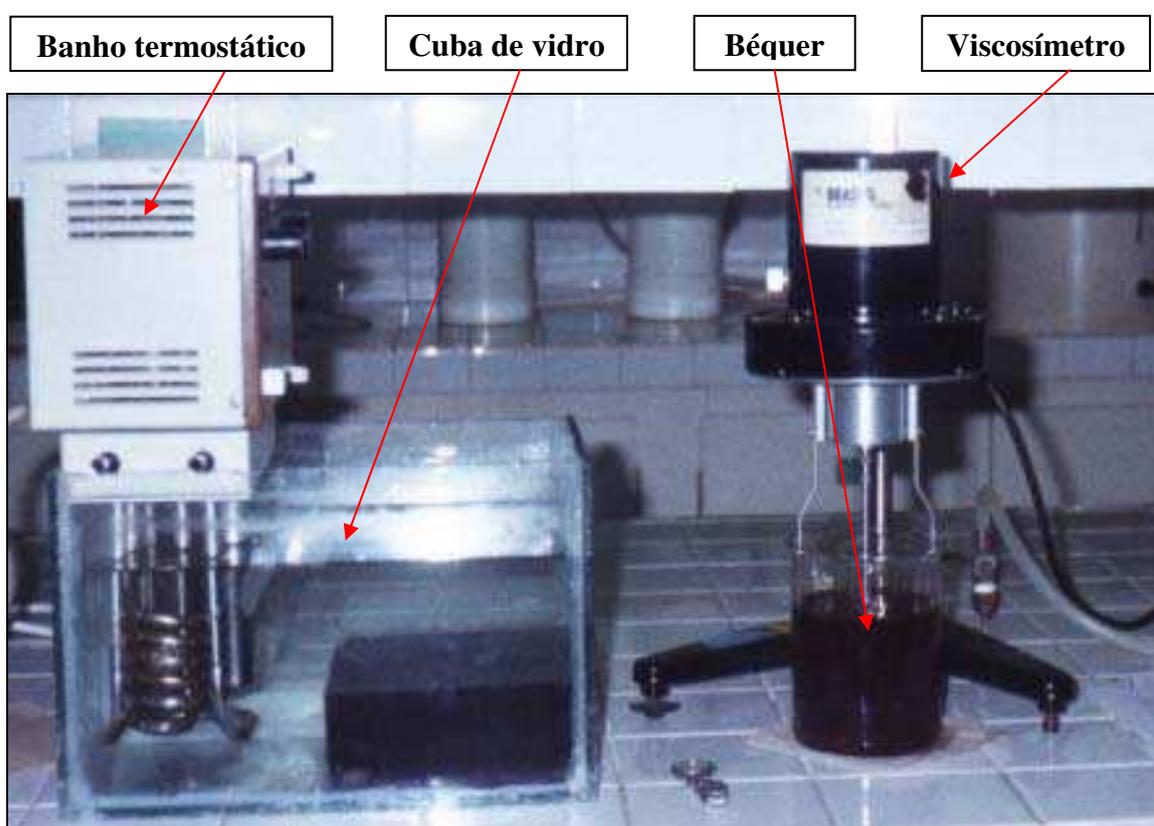
Foi determinado segundo o método eletrométrico. O potenciômetro utilizado foi de marca WTW, modelo pH Meter 340 calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0.

## **3.3.2 – Viscosidade**

Para a determinação das viscosidades dos méis dos municípios de Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Aracati e Quixeré, foi utilizado um viscosímetro da marca Brookfield, modelo RVT (Figura 3.6),

fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, E.U.A. Foram realizadas leituras de torque nas velocidades de rotação de 50 rpm, nas temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40°C. Para neutralizar a influência de possíveis efeitos de tempo nas medições, as leituras de torque foram efetuadas após 30 segundos de rotação do spindle imerso nas amostras.

Para cada ensaio foram utilizados 500g de mel, os quais foram colocados em béqueres de 600ml e mergulhados em banho termostático até atingirem a temperatura de equilíbrio, e a seguir tinham início as leituras no viscosímetro, realizadas em sextuplicata. As viscosidades dos méis, armazenados em recipientes de vidro e envoltos em papel alumínio, foram determinadas logo após o processamento (início), aos 45 e 90 dias.



**Figura 3.6.** Viscosímetro da marca Brookfield, modelo RVT

Para avaliar o efeito da temperatura sobre as viscosidades dos méis, foram feitas regressões polinomiais dos dados utilizando-se o software Origin, versão 7.5. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi utilizado como medida da adequação do ajuste das equações às medidas experimentais.

Também foi utilizada a equação clássica de Arrhenius (Eq. 3.1) para avaliar o efeito da temperatura sobre as viscosidades.

$$\eta = \eta_0 \exp(E_a / RT) \quad (3.1)$$

Em que:

$\eta$  = viscosidade (Pa.s)

$\eta_0$  = constante (Pa.s)

$E_a$  = energia de ativação (kcal/g mol)

R = constante universal dos gases perfeitos (8,314 J/g mol.K)

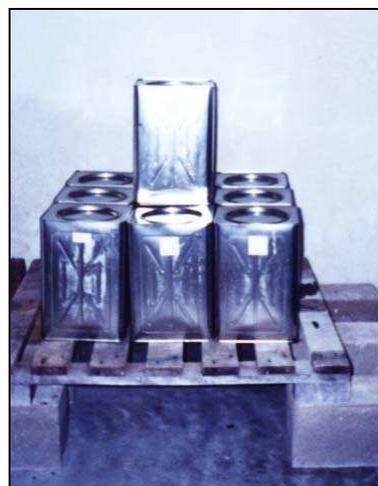
T = temperatura absoluta (K)

### 3.4 – Estudo do armazenamento do mel produzido em Limoeiro do Norte

Dentre os municípios supracitados, foi selecionado o mel coletado no município de Limoeiro do Norte – Ce, o qual passou pelas mesmas etapas de processamento descritas anteriormente, para avaliar o seu comportamento físico-químico durante o armazenamento. Esse mel, após o processamento, foi acondicionado em dois tipos de embalagens a granel, recipiente plástico, do tipo balde (Figura 3.7) e recipiente metálico, do tipo lata (Figura 3.8), com 25kg cada. Em seguida, as amostras assim acondicionadas foram colocadas sobre estrados de madeira e armazenadas durante seis meses (junho a dezembro de 2004) à temperatura ambiente (média de 30°C), no Apiário Altamira, situado no distrito de Bixopá, município de Limoeiro do Norte – Ce.



**Figura 3.7.** Recipiente Plástico (Baldes)



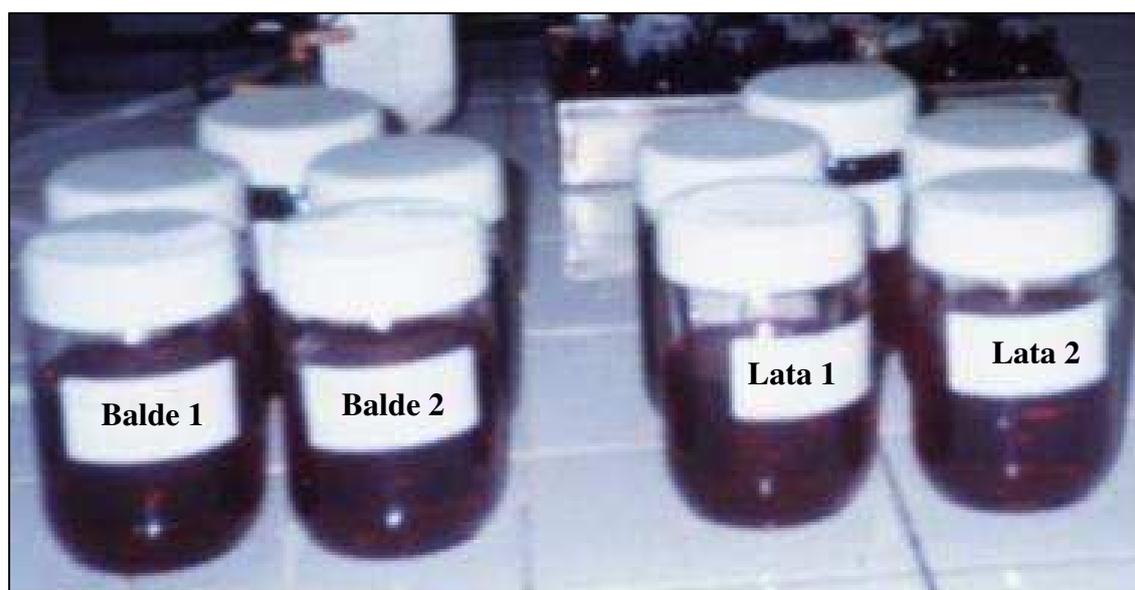
**Figura 3.8.** Recipiente Metálico (Latas)

Mensalmente foram realizadas coletas das amostras de méis dos dois tipos de embalagens para realização das análises físico-químicas (açúcares redutores, sacarose aparente, hidroximetilfurfural, umidade, cinzas, acidez livre, sólidos insolúveis em água, atividade diastásica, °Brix e pH), descritas nos itens 3.3.1.1 a 3.3.1.10.

Para coletar as amostras para as análises as embalagens eram abertas rapidamente, no máximo por 1 minuto, e retiradas alíquotas, com uma concha de aço inoxidável, em três profundidades: superfície, meio e fundo das embalagens (Figura 3.9). As amostras assim coletadas eram colocadas em recipientes de vidro codificados (Figura 3.10), com capacidade para 700g, de acordo com tipo de embalagem: balde (B1, B2, B3, B4 e B5) e lata (L1, L2, L3, L4 e L5).



**Figura 3.9.** Coleta do mel para análises físico-químicas



**Figura 3.10.** Recipientes de vidro codificados

### 3.5 - Análise dos dados

Na análise dos dados da caracterização físico-química dos méis, foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto pelas 7 amostras (municípios) e 3 repetições de cada parâmetro avaliado. Os resultados foram analisados objetivando identificar diferenças no que se refere às características físico-químicas de méis coletados na região do Baixo Jaguaribe no estado do Ceará.

Para os dados de viscosidade dos méis de cada município, foi aplicado o fatorial composto por 3 tempos de armazenamento (0, 45 e 90 dias), 5 temperaturas (20, 25, 30, 35 e 40°C) e 6 repetições. Foram ainda realizadas regressões polinomiais da viscosidade em função da temperatura, para cada tempo de armazenamento e município separadamente. Também foi aplicado para os dados de viscosidade o fatorial 7 amostras (municípios) x 5 temperaturas para cada tempo separado.

Na avaliação do comportamento do mel coletado no município de Limoeiro do Norte, durante o armazenamento, foi utilizado o esquema fatorial 2 x 7 (fatores: embalagens e tempo). O fator embalagem com dois níveis (balde e lata) e o fator tempo, com 7 níveis (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180).

A comparação entre as médias dos dados experimentais foi feita pelo teste de Tukey utilizando o programa computacional ASSISTAT - versão 7,2 beta (SILVA, 2004).

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Caracterização dos méis

#### 4.1.1 – Caracterização físico-química

##### 4.1.1.1 - Açúcares redutores

A análise de variância para o percentual de açúcares redutores dos méis coletados nos diferentes municípios encontra-se na Tabela A.1 (Apêndice A), onde se observa, através do teste F, que não existe diferença significativa entre as amostras dos diferentes municípios.

Na Tabela 4.1, tem-se os valores médios dos açúcares redutores de méis coletados em diferentes municípios da região do Baixo Jaguaribe – CE. Constata-se que não existe diferença significativa entre os valores ao nível de 5% de probabilidade. A média geral dos açúcares redutores foi de 68,44%, com o valor máximo de 68,64% para o município de Quixeré e o menor valor de 67,76% para o município de Morada Nova. De acordo com o regulamento de identidade e a qualidade para o mel floral (BRASIL, 2000), todas as amostras estão dentro do padrão, o qual preconiza um teor mínimo de 65% para açúcares redutores.

**Tabela 4.1** - Valores médios dos açúcares redutores em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios

Município	Açúcares redutores (% glicose)
Limoeiro do Norte	68,62 a
Tabuleiro do Norte	68,63 a
Morada Nova	67,76 a
São João do Jaguaribe	68,63 a
Alto Santo	68,62 a
Aracati	68,18 a
Quixeré	68,64 a

DMS = 2,43; MG = 68,44% glicose; CV = 1,27%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para os açúcares redutores foram superiores aos encontrados por AZEREDO et al. (1999), pesquisando méis do Estado do Rio de Janeiro, os quais apresentaram um valor médio de 65,6%. Já KOMATSU et al. (2002), ao analisarem méis de diferentes floradas no Estado de São Paulo, encontraram valores superiores ao do presente trabalho para os méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranjeira, com cerca de 72,6, 72,3 e 74,6%, respectivamente. CAMPOS (1998), estudando méis de origem floral, oriundos de Minas Gerais, observaram variações de 60,41 a 77,10% no teor de açúcares redutores. MORAES & MANTOVANI (1986) obtiveram, para amostras de méis de flores de laranjeira 75,9% e de flores silvestres 75,7%, valores superiores à média encontrada no presente trabalho em cerca de 11%.

#### 4.1.1.2 - Sacarose aparente

Na Tabela A.2 (Apêndice A), é apresentada a análise de variância para o percentual de sacarose aparente dos méis coletados nos diferentes municípios, onde se observa, através do teste F, que não existe diferença significativa entre amostras dos diferentes municípios.

O percentual médio de sacarose aparente encontrado no experimento foi de 4,24% para um intervalo de variação de 3,98% (município de Aracati) a 5,33% (município de Morada Nova), Tabela 4.2.

**Tabela 4.2** - Valores médios de sacarose aparente em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios

Município	Sacarose aparente (%)
Limoeiro do Norte	4,05 a
Tabuleiro do Norte	4,02 a
Morada Nova	5,33 a
São João do Jaguaribe	4,27 a
Alto Santo	4,04 a
Aracati	3,98 a
Quixeré	4,01 a

DMS = 3,21; MG = 4,24%; CV = 27,15%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Assim como observado para os açúcares redutores, não existe diferença significativa entre os valores médios da sacarose aparente dos diferentes municípios. De acordo com os dados obtidos, constata-se que as amostras analisadas encontram-se dentro dos padrões técnicos de identidade e qualidade de mel, estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000), onde se tem que o percentual máximo permitido é de 6% para méis de flores e 15% para méis de melato.

DOZO (1980), estudando méis de Buenos Aires (Argentina), obteve uma variação no teor de sacarose aparente de 0,47% a 8,50%. VIT et al. (1994), pesquisando méis da Venezuela, constataram desde ausência de sacarose aparente até valores de 4,73% e SPORNS et al. (1992), ao analisarem méis do Canadá, também verificaram ausência de sacarose até valores de 6,5%.

Os valores médios de sacarose aparente, obtidos no presente trabalho, são superiores aos encontrados por MARTINEZ et al. (1992) nos méis produzidos em cinco regiões do Paraguai, onde a menor média foi de 2,65% e a maior foi 3,84%. CANO (2002) e ALMEIDA (2002), analisando amostras de méis do Estado de São Paulo, determinaram valores médios de sacarose aparente de cerca de 3,3% em méis de laranjeira e 4,5% em amostras de méis poliflorais, respectivamente.

#### **4.1.1.3 - Hidroximetilfurfural (HMF)**

A Tabela A.3 (Apêndice A) exhibe os resultados da análise de variância para o hidroximetilfurfural (HMF), onde se observa diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os valores médios dos méis nos diversos municípios.

São apresentados na Tabela 4.3, os valores médios de hidroximetilfurfural (HMF) dos méis, constatando-se que existe diferença significativa entre amostras, exceto entre os municípios de Aracati e Quixeré e entre Limoeiro do Norte e Aracati. A média geral de HMF obtida no experimento foi de 99,87 mg/kg de mel para uma faixa de variação de 57,19 mg/kg de mel (município de Alto Santo) a 150,16 mg/kg, (município de Tabuleiro do Norte). De acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000), a qual estabelece um valor máximo de HMF de 60 mg/kg de mel, apenas a amostra proveniente do município de Alto Santo está dentro do padrão de qualidade exigido.

**Tabela 4.3** - Valores médios de hidroximetilfurfural (HMF), em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios

Município	HMF (mg/kg)
Limoeiro do Norte	109,44 c
Tabuleiro do Norte	150,16 a
Morada Nova	67,39 e
São João do Jaguaribe	78,28 d
Alto Santo	57,19 f
Aracati	116,85 bc
Quixeré	119,83 b

DMS = 9,65; MG = 99,87 mg/kg; CV = 3,46%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

SERRA-BONVEHI & GRANADOS-TORRÉS (1993) ao pesquisarem méis comercializados na Espanha, obtiveram uma média de HMF de 8,70 mg/kg, com valores variando de 4,79 a 12,30 mg/kg. PERSANO-ODDO et al. (1995) ao analisarem méis uniflorais italianos encontraram um valor médio de HMF ainda menor, de 4,59 mg/kg, apresentando uma variação de 2,0 a 11,6 mg/kg. SOUZA et al. (2004) ao estudarem as características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona asilvai*, provenientes da região semi-árida do estado da Bahia, encontraram valores médios de HMF de 2,44 mg/kg com uma variação de 0,52 a 7,93 mg/kg.

#### 4.1.1.4 – Cinzas

Constata-se, na Tabela A.4 (Apêndice A), de acordo com a análise de variância, diferença significativa entre os percentuais de cinzas dos méis, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com os dados expostos na Tabela 4.4, o percentual médio dos minerais (cinzas) encontrados no experimento foi de 0,2310% para um intervalo de variação de 0,0506% (Morada Nova) a 0,3703% (Tabuleiro do Norte). Observa-se que as amostras encontram-se dentro dos padrões técnicos de identidade e qualidade de mel, estabelecidos

pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000), onde se estabelece que o percentual máximo de cinzas é de 0,6% para méis de origem floral e 1,2% para méis de melato. Por meio da determinação das cinzas é possível avaliar algumas irregularidades no mel, como a falta de higiene e a não decantação e/ou filtração no final do processo de retirada do mel pelo apicultor (VILHENA et al., 1999), de onde se conclui que as amostras estudadas não sofreram tais problemas.

O conteúdo de cinzas, como outras características, é influenciado pela origem botânica do mel (BOGDANOV et al., 1999). Diversos pesquisadores, ao determinar teores de cinzas em méis, obtiveram valores variados, como MARCHINI (2001) que estudando o teor de cinzas em méis de diferentes municípios de São Paulo encontrou valores de 0,24 e 0,16% para méis de flores de eucalipto e silvestre, respectivamente. SODRÉ (2000) estudando méis do litoral norte da Bahia obteve teores de cinzas variando entre 0,09 a 0,67%.

**Tabela 4.4** - Valores médios do percentual de cinzas em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios

Município	Cinzas (%)
Limoeiro do Norte	0,2936 ab
Tabuleiro do Norte	0,3703 a
Morada Nova	0,0506 c
São João do Jaguaribe	0,1944 b
Alto Santo	0,2865 ab
Aracati	0,2291 b
Quixeré	0,1925 b

DMS = 0,1279; MG = 0,2310 %; CV = 19,86%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.1.1.5 – pH

Da análise de variância dos dados do pH do mel nos diferentes municípios observa-se, na Tabela A.5 (Apêndice A) que o valor de F é significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.5 têm-se os valores médios do pH dos méis dos diferentes municípios, os quais apresentaram uma média geral de 3,58 unidades de pH, para um intervalo de variação de 3,53 (Limoeiro do Norte, Aracati e Quixeré) a 3,72 (Tabuleiro do Norte).

O pH do mel de abelhas indica o estado de conservação deste. O mel é naturalmente ácido, estando o seu pH compreendido entre 3,3 e 4,6 (em média). Valores alterados de pH podem indicar fermentação ou adulteração do mel.

**Tabela 4.5** – Valores médios do pH de méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios

Município	pH
Limoeiro do Norte	3,53 d
Tabuleiro do Norte	3,72 a
Morada Nova	3,60 c
São João do Jaguaribe	3,54 d
Alto Santo	3,66 b
Aracati	3,53 d
Quixeré	3,53 d

DMS = 0,02; MG = 3,58; CV = 0,201%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os valores apresentados neste estudo são ligeiramente inferiores ao obtido por PFAU & RUHLE (1986) ao pesquisarem méis do Estado do Paraná, os quais registraram um valor médio de pH de 3,88. RENDÓN (1996) ao pesquisar méis espanhóis, encontrou um valor médio de pH de 3,67, estando na mesma faixa de valores determinado nos méis da região do Baixo Jaguaribe. MOHAMED et al. (1982) observaram valores extremamente altos de pH, em amostras de méis da Líbia e Egito, com uma variação de 5,3 a 6,5 unidades de pH.

#### 4.1.1.6 - Sólidos insolúveis em água

Na Tabela A.6 (Apêndice A), apresenta-se a análise de variância para o percentual de sólidos insolúveis em água, onde se observa através do teste F, que houve significância ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.6 têm-se os valores médios dos sólidos insolúveis em água dos méis coletados nos diversos municípios. Observa-se não haver diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Isso ocorre quando o F é significativo, porém muito próximo da não-significância, sendo este fato limitação da aplicação conjunta dos testes F e de Tukey, de acordo com GOMES (1996). O percentual médio de sólidos insolúveis em água, obtidos no experimento, foi de 0,0487% para um intervalo de variação de 0,0345 a 0,0622%. De acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000), um dos parâmetros de avaliação do grau de pureza do mel é o teor de sólidos insolúveis em água, a qual estabelece um teor máximo de 0,1% para sólidos insolúveis em água, tanto para o mel de flores como para mel de melato, estando todas as amostras dentro do padrão de qualidade.

Os resultados obtidos de sólidos insolúveis em água estão na mesma faixa de valores determinado por VILHENA et al. (1999) para méis da florada silvestre no Estado de São Paulo, que foi de 0,041%.

**Tabela 4.6** - Valores médios dos sólidos insolúveis em água em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão nos diferentes municípios

<b>Município</b>	<b>Sólidos insolúveis (%)</b>
Limoeiro do Norte	0,0345 a
Tabuleiro do Norte	0,0361 a
Morada Nova	0,0568 a
São João do Jaguaribe	0,0353 a
Alto Santo	0,0622 a
Aracati	0,0563 a
Quixeré	0,0604 a

DMS = 0,0332; MG = 0,0487%; CV = 24,42%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.1.1.7 - Atividade diastásica

Na Tabela A.7 (Apêndice A) têm-se os resultados da análise de variância dos valores da atividade diastásica, onde se observa, através do teste F, que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

São apresentados na Tabela 4.7 os valores médios da atividade diastásica das diferentes amostras, constatando-se que não existe diferença significativa entre as amostras dos municípios de Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte. A média geral da atividade diastásica dos méis foi de 29,46 DN para um intervalo de variação de 25,86 (Quixeré) a 33,89 DN (Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte). A legislação brasileira (BRASIL, 2000) estabelece um valor mínimo de atividade diastásica de 8 DN. Baseados nesse critério, os resultados obtidos para as amostras de méis mostraram, em princípio, que se trata de méis de boa qualidade, ou seja, não sofreram fermentação.

Os valores apresentados neste estudo foram superiores ao obtido por (SILVA, 2001) ao avaliar as características físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí de diferentes floradas, o qual obteve como valor máximo de atividade diastásica 20,83 DN. VILHENA et al. (1999) relataram um valor de 24,26 DN para mel da florada silvestre, estando próximo ao valor obtido para as amostras do município de Aracati.

**Tabela 4.7** - Valores médios da atividade diastásica em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios

<b>Município</b>	<b>Atividade diastásica (DN)</b>
Limoeiro do Norte	33,89 a
Tabuleiro do Norte	33,89 a
São João do Jaguaribe	27,90 c
Alto Santo	28,03 b
Aracati	27,19 d
Quixeré	25,86 e

DMS = 0,00; MG = 29,46 DN; CV = 0,00%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.1.1.8 - Acidez livre

A Tabela A.8 (Apêndice A) exhibe os resultados da análise de variância para a acidez livre, onde se observa, através do teste F, que existe diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

De conformidade com a Tabela 4.8, que apresenta os valores médios da acidez livre das diversas amostras, tem-se como média geral o valor de 45,37 meq/kg para uma variação de 32,82 meq/kg (Morada Nova) a 54,57 meq/kg (Limoeiro do Norte). A acidez livre das amostras dos municípios de Limoeiro do Norte, Aracati e Quixeré estão acima do valor máximo permitido pela legislação (BRASIL, 2000) que é de 50 meq/kg.

Os resultados da acidez livre determinadas foram superiores aos encontrados por CARVALHO et al. (1998), ao estudarem méis provenientes de municípios baianos, os quais obtiveram um valor médio de 16,36 meq/kg. No Estado de São Paulo, KOMATSU (1996) obteve valores médios de acidez livre em méis variando de 12,5 meq/kg a 75,5 meq/kg.

**Tabela 4.8** - Valores médios da acidez livre em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios

Municípios	Acidez livre (meq/kg)
Limoeiro do Norte	54,57 a
Tabuleiro do Norte	45,18 b
Morada Nova	32,82 d
São João do Jaguaribe	39,42 c
Alto Santo	40,24 c
Aracati	53,42 a
Quixeré	51,94 a

DMS = 3,67; MG = 45,37 meq/kg; CV = 2,90%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

#### 4.1.1.9 – Umidade

A Tabela 4.9 apresenta os valores médios da umidade (%) das diversas amostras, tendo uma variação de 17,40% (Alto Santo) a 21% (Morada Nova). A umidade das amostras dos municípios de Limoeiro do Norte, Morada Nova, Aracati e Quixeré estão acima do valor máximo permitido pela legislação (BRASIL, 2000), que é de 20%. Quanto à análise estatística, não foi possível aplicar o teste de Tukey, pois os valores das três repetições são muito próximos e programa computacional Assistat aborta a análise.

BARTH et al. (2005), determinando os parâmetros físico-químicos e a origem botânica de méis indicados monoflorais do Sudeste do Brasil, obtiveram uma variação entre 15 e 20%. TERRAB et al. (2002), determinando o conteúdo de água em méis uniflorais, obtiveram valores de 16,8 a 17,3%. Os méis multiflorais apresentaram valores que variaram de 17,59 a 20,3%.

O teor de umidade é o principal fator determinante da viscosidade e fluidez do mel, além de ser um indicativo importante da tendência à fermentação (MORAES et al., 1998).

**Tabela 4.9** - Valores médios de umidade em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

<b>Município</b>	<b>Umidade (%)</b>
Limoeiro do Norte	20,20
Tabuleiro do Norte	18,20
Morada Nova	21,00
São João do Jaguaribe	19,20
Alto Santo	17,40
Aracati	20,20
Quixeré	20,20

Média geral = 19,48%.

#### 4.1.1.10 - °Brix

O programa computacional Assistat apresenta uma limitação quando os valores obtidos das três repetições são muito próximos ou iguais, implicando no não-processamento dos dados.

Na Tabela 4.10 têm-se os valores médios do °Brix dos méis dos diferentes municípios, os quais apresentaram um intervalo de variação de 77,5 (Limoeiro do Norte, Aracati e Quixeré) a 79,25°Brix (Tabuleiro do Norte). SILVA et al. (2003), comparando métodos para a determinação de açúcares redutores e totais, registraram °Brix médio de 81,04, variando de 78,3 a 85,0°Brix, sendo superiores aos valores obtidos nesta pesquisa.

**Tabela 4.10** - Valores médios do °Brix em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Município	°Brix
Limoeiro do Norte	77,5
Tabuleiro do Norte	79,25
Morada Nova	76,5
São João do Jaguaribe	78,5
Alto Santo	79,0
Aracati	77,5
Quixeré	77,5

Média geral = 77,96°Brix

#### 4.1.2 – Viscosidade dos méis

As propriedades do mel são influenciadas por vários fatores, tais como a composição, a temperatura, além da quantidade e do tamanho dos cristais. A viscosidade é um parâmetro extremamente importante para caracterizar um determinado tipo de mel. Essa propriedade é particularmente crítica durante o armazenamento, manuseio e processamento (ASSIL et al., 1991 e LARA et al., 1976).

Nas tabelas de 4.11 a 4.17 têm-se os valores médios de viscosidade dos méis elaborados com predominância da florada de vassourinha de botão (*Borreria* sp.), coletados nos municípios da região do Baixo Jaguaribe. Os méis foram armazenados por um período de 90 dias, e a cada 45 dias foi realizada uma análise viscométrica para determinação de viscosidade em temperaturas 20, 25, 30, 35 e 40°C.

##### 4.1.2.1 – Limoeiro do Norte

Apresenta-se na Tabela A.9 (Apêndice A) a análise de variância para a viscosidade do mel de Limoeiro do Norte, onde se observa, através do teste F, efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para o fator tempo, temperatura e interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.11 são apresentadas as viscosidades do mel de Limoeiro do Norte armazenado por 90 dias entre 20 e 40°C. O valor médio da viscosidade do mel obtido nas determinações foi de 1,975 Pa.s para um intervalo de variação de 0,40 Pa.s a 6,20 Pa.s. O coeficiente de variação foi de 0,086%, sendo considerado de boa precisão experimental (FERREIRA, 2000).

Constata-se que existe diferença significativa entre os valores médios, entre os tempos de armazenamento em cada temperatura, encontrando-se as maiores viscosidades distribuídas em dois tempos: tempo zero nas temperaturas de 25 a 40°C e tempo de 90 dias para temperatura de 20°C.

Com relação à influência da temperatura, verificou-se diferença significativa entre todas as viscosidades cujos valores foram reduzidos com o aquecimento.

SILVA (2001) estudando o mel da florada de camaratuba do Estado do Piauí, encontrou valores de viscosidade aparente variando entre 6,5295 (20°C) a 1,0414 Pa.s (40°C), essas variações, calculadas entre essas temperaturas foi de 84%. A variação encontrada por SILVA (2001) foi igual à obtida nesta pesquisa no tempo zero de armazenamento e inferior nos tempos de 45 (92%) e 90 (93%) dias de armazenamento. No trabalho realizado por CAMPOS (1998) em méis de Minas Gerais e Santa Catarina, os valores de viscosidade variaram de 4,7 a 51,7 Pa.s (20°C).

**Tabela 4.11** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Limoeiro do Norte, com florada da vassourinha de botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	4,0817 cA	2,4000 aB	1,3100 aC	0,8800 aD	0,6500 aE
45	5,5000 bA	2,1100 bB	0,9000 cC	0,7400 bD	0,4400 bE
90	6,2000 aA	2,0033 cB	1,1300 bC	0,8800 aD	0,4000 cE

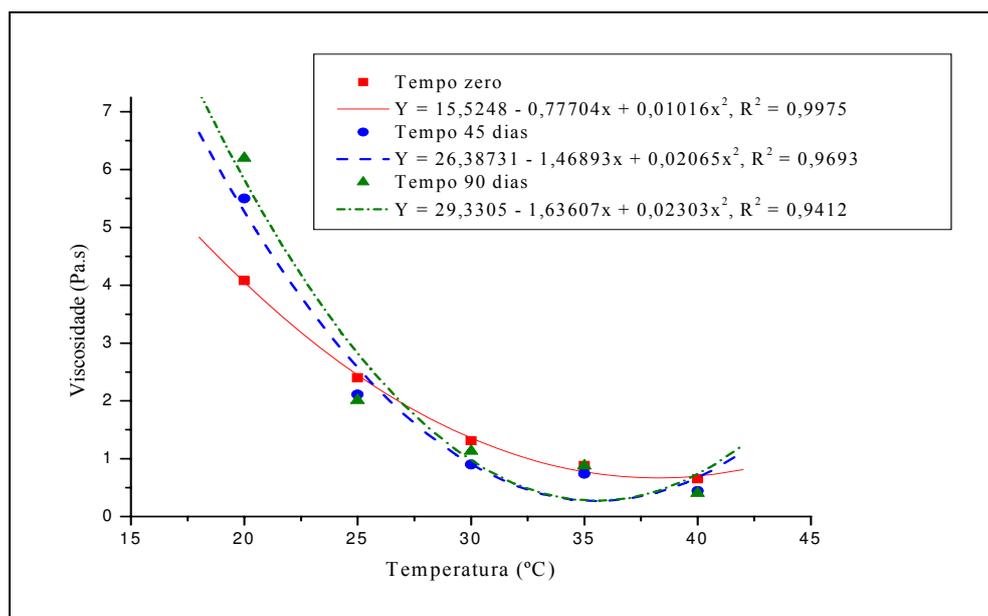
DMS p/ colunas = 0,0023; DMS p/ linhas = 0,0027; MG = 1,9750 Pa.s; CV = 0,086%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tem-se, na Figura 4.1, a representação gráfica das viscosidades determinadas experimentalmente durante o armazenamento, ajustadas por equação quadrática. Observa-

se que aos 25°C e 40°C o mel dos tempos 45 e 90 dias apresenta valor aproximado de viscosidade, ao contrário do mel do tempo zero, cuja viscosidade se confundiu com as demais apenas a 35°C. Além disso, observa-se um cruzamento da curva referente ao tempo zero sobre as outras. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9412 para o tempo 90 dias a 0,9975 para zero dia de armazenamento, indicando um bom ajuste da equação aos dados de viscosidade determinados em função da temperatura.



**Figura 4.1** – Viscosidades (Pa.s) do mel de Limoeiro do Norte, produzido a partir da florada de vassourinha de botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento

#### 4.1.2.2 – Tabuleiro do Norte

A análise de variância para os valores das viscosidades do mel de Tabuleiro do Norte encontra-se na Tabela A.10 (Apêndice A), onde se observa, através do teste F, que existe diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade nos fatores tempo, temperatura e na interação dos fatores.

Na Tabela 4.12 são apresentadas as viscosidades do mel de Tabuleiro do Norte armazenado por 90 dias entre 20 e 40°C. O valor médio da viscosidade obtido nos ensaios foi de 4,276 Pa.s para um intervalo de variação de 14,0 Pa.s a 0,78 Pa.s.

Verifica-se que o decorrer do armazenamento não provocou aumentos ou reduções conseqüentes de viscosidade. Percebe-se que as maiores viscosidades se encontram em dois tempos, tempo zero nas temperaturas de 25, 35 e 40°C e tempo de 90 dias para as temperaturas de 20 e 30°C. O aumento de temperatura resultou em diminuições de viscosidade, com diferenças significativas entre todas as amostras.

O mel de Tabuleiro do Norte apresentou uma variação na viscosidade de 89%, 91% e 94% nos tempos de zero, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente, entre as temperaturas de 20 a 40°C. Essas variações foram próximas às encontradas por SILVA (2001), que, analisando a viscosidade do mel da florada silvestre do Estado do Piauí, obteve uma variação de 92%. SODRÉ et al. (2002) encontraram uma média de 1,607 Pa.s para viscosidade nos méis provenientes dos Estados do Ceará, Piauí e Pernambuco.

**Tabela 4.12** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Tabuleiro do Norte, com florada da vassourinha de botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	10,2000 cA	4,9000 aB	2,5200 bC	1,7200 aD	1,1500 aE
45	11,2000 bA	4,5300 cB	1,7600 cC	1,5700 bD	0,9500 bE
90	14,0000 aA	4,5600 bB	2,7600 aC	1,5400 cD	0,7800 cE

DMS p/ colunas = 0,0000; DMS p/ linhas = 0,0000; MG = 4,2760 Pa.S; CV = 0,00%.

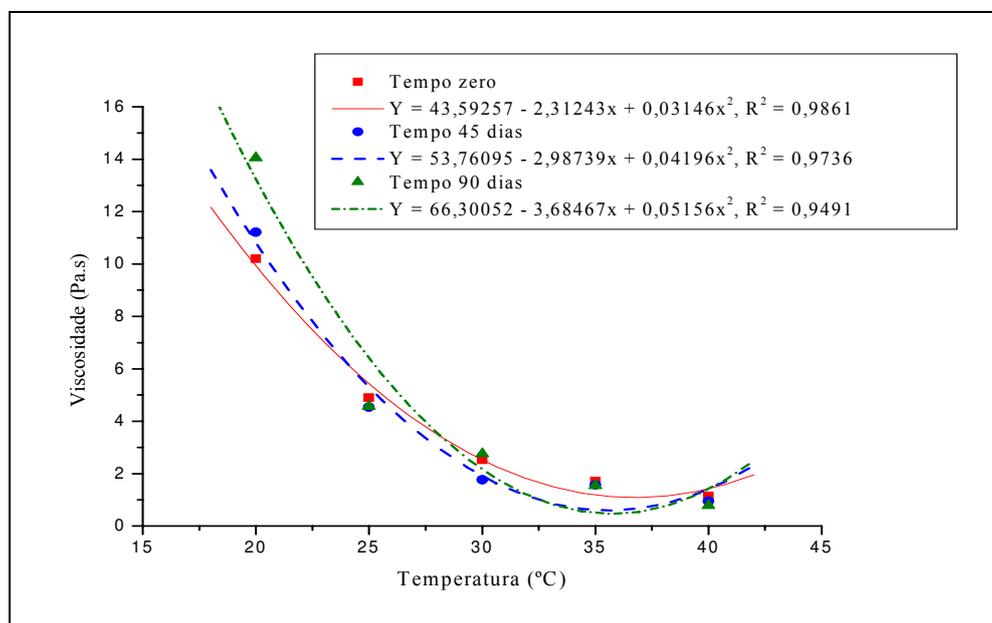
DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apresenta-se, na Figura 4.2, o gráfico do comportamento das viscosidades do mel do município de Tabuleiro do Norte durante o armazenamento. Observa-se que nas temperaturas de 25, 35 e 40°C os pontos se confundem; na temperatura de 20°C estes se apresentam dispersos e na temperatura de 30°C os valores nos tempos 0 e 90 dias se aproximam, o que não ocorre com o tempo de 45 dias que se afasta dos demais. Este comportamento irregular refletiu a ausência de efeito do tempo de armazenamento sobre as viscosidades.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9491 para o tempo 90 dias e 0,9861 para o tempo de zero dia de armazenamento, configurando um bom ajuste aos

dados de viscosidade calculados, podendo as equações quadráticas ser utilizadas para estimar a viscosidade em função da temperatura.



**Figura 4.2** – Viscosidades aparentes (Pa.s), do mel de Tabuleiro do Norte produzido a partir da florada de vassourinha de botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.

#### 4.1.2.3 – Morada Nova

Na Tabela A.11 (Apêndice A), apresenta-se a análise de variância para a viscosidade do mel de Morada Nova, onde se observa, através do teste F, que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade dos fatores tempo, temperatura e da interação dos fatores.

A média geral da viscosidade do mel do município de Morada Nova, obtido na análise, foi de 1,4921 Pa.s para um intervalo de variação de 3,60 a 0,34 Pa.s. O coeficiente de variação foi de 0,13%, considerado de boa precisão experimental.

Na Tabela 4.13 averiguou-se que o período de armazenamento não interferiu entre as amostras. As maiores viscosidades encontram-se distribuídas entre os três tempos estudados. No que diz respeito à temperatura, estas diferiram estatisticamente em todas as viscosidades, apresentando um decréscimo com o aumento da temperatura.

Analisando o mel da florada de Jitirana do Estado do Piauí, SILVA (2001) encontrou uma variação na viscosidade aparente de 3,7555 a 0,4634 Pa.s, para as temperaturas de 20 e 40°C, respectivamente. A variação entre essas temperaturas foi de 88%, sendo inferior ao obtido nesta pesquisa nos tempos de 45 (90%) e 90 dias de armazenamento (89%) e superior ao do tempo zero, que foi de 84%. Em amostras de méis de laranjeira provenientes do Estado de São Paulo, MARCHINI et al. (2002) observaram a viscosidade variando de 0,098 a 5,090 Pa.s, com uma média de 1,3627 Pa.s.

**Tabela 4.13** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Morada Nova, com florada da vassourinha de botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	3,5500 bA	1,5000 cB	0,8900 aC	0,7400 aD	0,5500 aE
45	3,4800 cA	2,5800 aB	0,7000 cC	0,6000 bD	0,3400 cE
90	3,6050 aA	2,0200 bB	0,8767 bC	0,5500 cD	0,4000 bE

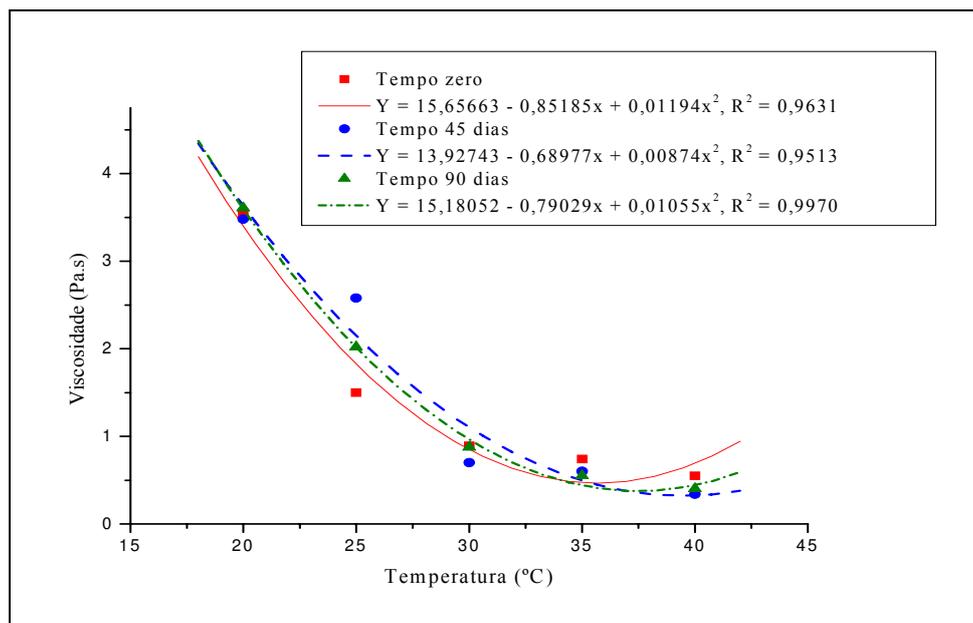
DMS p/ colunas = 0,0027; DMS p/ linhas = 0,0031; MG = 1,4921 Pa.s; CV = 0,13%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4.3 é apresentado o comportamento das viscosidades durante o armazenamento, ajustadas por equação quadrática. Constata-se que nas temperaturas de 20, 30, 35 e 40°C, as viscosidades se apresentam muito próximas, e em alguns pontos as curvas se cruzam. Para a temperatura de 25°C, visualiza-se que os pontos apresentam-se bem dispersos, sendo possível identificar cada um dos tempos. Essas variações e sobreposições de valores demonstram que não houve influência do tempo sobre as viscosidades.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9513 para 0,9970, nos tempos de 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente, representando um ótimo ajuste da equação aos dados experimentais de viscosidade em função da temperatura.



**Figura 4.3** – Viscosidades (Pa.s) do mel de Morada Nova, produzido a partir da florada de vassourinha de botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.

#### 4.1.2.4 – São João do Jaguaribe

Encontra-se na Tabela A.12 (Apêndice A), a análise de variância para os valores das viscosidades do mel de São João do Jaguaribe, onde se verifica, através do teste F, que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade nos fatores tempo, temperatura e na interação dos fatores.

Na Tabela 4.14 encontra-se as viscosidades do mel de São João do Jaguaribe armazenado por 90 dias entre as temperaturas de 20 a 40°C. A média geral da viscosidade obtida na análise foi de 2,7313 Pa.s para uma intermitência de variação de 7,00 Pa.s a 0,62 Pa.s. O coeficiente de variação foi de 0,15%, considerado de boa precisão experimental. Observa-se que existe diferença significativa entre as viscosidades durante o período de armazenamento, mas sem um comportamento padrão, apenas nas temperaturas de 25, 30 e 35°C tem-se uma diminuição da viscosidade com o tempo; entretanto os valores são muito próximos. Constata-se que os maiores valores estão distribuídos em dois tempos, zero nas temperaturas de 20 a 35°C e em 45 dias para a temperatura de 40°C. Com relação à temperatura, estas diferiram estatisticamente em todas as viscosidades, cujos valores foram reduzidos com o aquecimento.

Em um estudo realizado por SILVA (2001), o mel da florada de marmeleiro do Estado do Piauí apresentou uma variação de 86% na viscosidade aparente que oscilou entre 1,4272 (20°C) a 0,1890 Pa.s (40°C). Essa variação em percentual foi igual ao obtido neste trabalho no tempo de 45 dias de armazenamento e inferior nos tempos de zero e 90 dias armazenamento, que foram de 91 e 90%, respectivamente. MARCHINI et al. (2004), estudando a composição físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. do Estado de Tocantins – Brasil, encontraram valores de viscosidade nas amostras de méis analisadas, que variaram de 0,52 a 2,772 Pa.s com valor médio de 1,096 Pa.s.

**Tabela 4.14** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de São João do Jaguaribe, com florada da vassourinha de botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	7,0067 aA	3,7400 aB	1,9300 aC	1,3283 aD	0,6200 cE
45	6,2017 cA	3,5000 bB	1,5500 bC	1,0600 bD	0,8200 aE
90	6,9133 bA	3,1400 cB	1,5200 cC	0,9400 cD	0,7000 bE

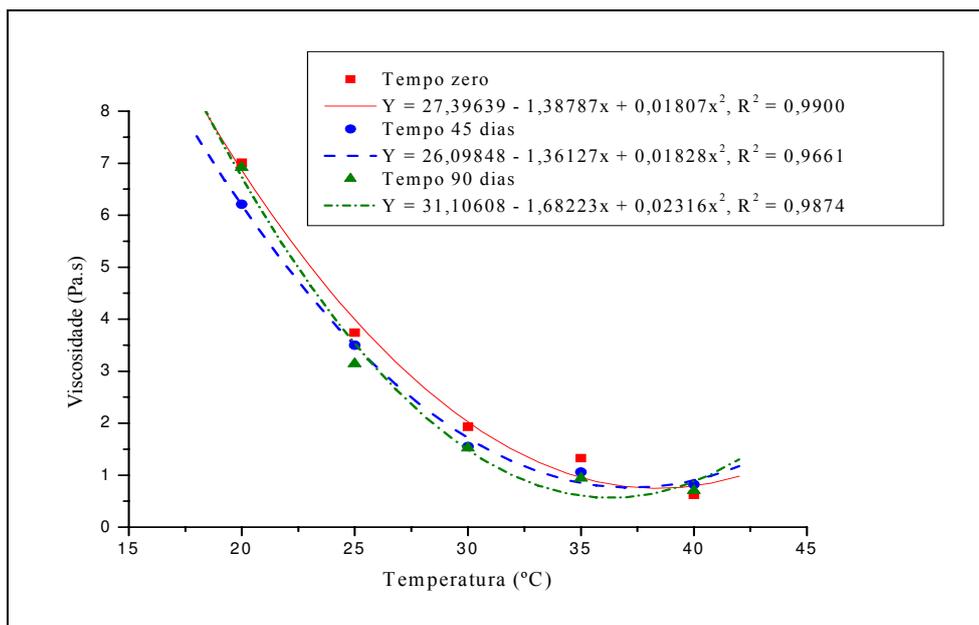
DMS p/ colunas = 0,0056; DMS p/ linhas = 0,0065; MG = 2,73133 Pa.S; CV = 0,15%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 4.4, a representação gráfica do comportamento das viscosidades durante o armazenamento, ajustadas por equação quadrática. Verifica-se que as temperaturas de 20 a 40°C, apresentam valores muito próximos de viscosidade, com exceção dos valores do tempo zero, que se sobressaem na maioria das temperaturas. Além disso, percebeu-se um cruzamento da curva referente ao tempo 90 dias sobre as outras. Essas alternâncias e coincidências de valores evidenciam que não houve influência do tempo sobre as viscosidades.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9661 para 0,9900, nos tempos de 45 dias e zero dia de armazenamento, respectivamente, significando um ótimo ajuste da equação aos dados experimentais de viscosidade em função da temperatura.



**Figura 4.4** – Viscosidades (Pa.s), do mel de São João do Jaguaribe produzido a partir da florada de vassourinha de botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.

#### 4.1.2.5 – Alto Santo

Apresenta-se na Tabela A.13 (Apêndice A) a análise de variância para a viscosidade do mel de Alto Santo, onde se observa, através do teste F, efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para o fator tempo, temperatura e interação entre os dois fatores.

Na Tabela 4.15, são expostas as viscosidades do mel de Alto Santo, armazenado por 90 dias entre 20 e 40°C. A média geral da viscosidade do mel obtida no experimento foi de 3,2029 Pa.s para um intervalo de variação de 8,9067 Pa.s a 0,7300 Pa.s. O coeficiente de variação foi de 0,09%, sendo considerado de boa precisão experimental (FERREIRA, 2000).

Constata-se, observando os valores das viscosidades com o tempo de armazenamento, que não houve um comportamento único de aumento ou diminuição com o tempo nas diferentes temperaturas. Apesar de existir diferença significativa entre os valores, têm-se os maiores valores distribuídos em todos os tempos estudados. Com relação às temperaturas, verificou-se que houve diferença significativa no comportamento das viscosidades, cujos valores diminuíram com o acréscimo da temperatura.

Em uma pesquisa realizada no Estado do Piauí com o mel da florada angico bezerro, SILVA (2001) obteve valores de viscosidade aparente variando de 4,4105 (20°C) a 0,4373 Pa.s (40°C). O percentual de variação entre estas temperaturas foi de 90%, sendo superior ao encontrado nesta pesquisa nos tempos zero (88%) e 45 dias de armazenamento (89%) e inferior ao tempo de 90 dias de armazenamento.

**Tabela 4.15** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Alto Santo, com florada da vassourinha-de-botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

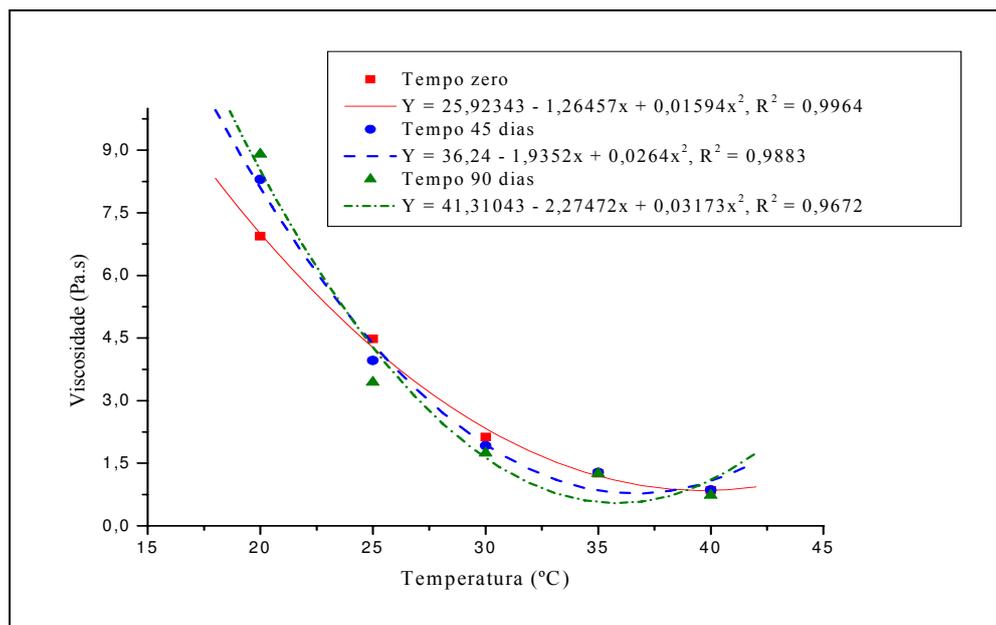
Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	6,9400 cA	4,4800 aB	2,1300 aC	1,2600 bD	0,8500 bE
45	8,3000 bA	3,9600 bB	1,9200 bC	1,2800 aD	0,8600 aE
90	8,9067 aA	3,4400 cB	1,7400 cC	1,2467 cD	0,7300 cE

DMS p/ colunas = 0,0041; DMS p/ linhas = 0,0048; MG = 3,2029 Pa.S; CV = 0,09%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tem-se, na Figura 4.5, a representação gráfica do comportamento das viscosidades durante o armazenamento, ajustadas por equação quadrática. Pode-se observar que a partir dos 30 a 40°C os pontos de viscosidade se confundem, pois os valores apresentam-se muito próximos. Para as temperaturas de 20 e 25°C, os pontos se apresentam dispersos e o comportamento dos tempos está inverso, ou seja, no primeiro ocorreu um aumento e no segundo houve um decréscimo durante o período de armazenamento. Essas alternâncias e coincidências evidenciam que não houve interferência do tempo sobre as viscosidades. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9672 para o tempo de 90 e 0,9964 para zero dia de armazenamento, obtendo um ótimo ajuste da equação aos dados experimentais da viscosidade.



**Figura 4.5** – Viscosidades (Pa.s) do mel de Alto Santo produzido a partir da florada de vassourinha-de-botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.

#### 4.1.2.6 – Aracati

A análise de variância para os valores das viscosidades do mel de Aracati encontra-se na Tabela A.14 (Apêndice A), onde se observa, através do teste F, que existe efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade dos fatores tempo, temperatura e da interação dos fatores.

A Tabela 4.16 exibe as viscosidades do mel de Aracati, armazenado por 90 dias entre as temperaturas de 20 a 40°C. A média geral da viscosidade obtida nos ensaios foi de 1,780 Pa.s para um intervalo de variação de 4,4933 Pa.s a 0,50 Pa.s. O coeficiente de variação foi de 0,17%, configurando boa precisão experimental. Verifica-se que, apesar das diferenças significativas entre as viscosidades com o tempo de armazenamento, não se pode afirmar que houve aumento ou redução com o tempo, pois com o tempo as viscosidades variaram muito pouco em valores absolutos. Constata-se que as maiores viscosidades estão disseminadas em dois tempos, zero nas temperaturas de 30 a 40°C e 90 dias para as temperaturas de 20 e 25°C. Para o fator temperatura, constatou-se que houve diferença significativa em todas as amostras, cujos valores foram reduzidos com o aumento da temperatura.

MARCHINI et al. (2003) desenvolveram uma pesquisa com amostra de mel de *Apis mellifera*, produzida da florada de *Eucalyptos grandis*, obtendo uma viscosidade de 0,0179 Pa.s a uma temperatura 25 °C.

**Tabela 4.16** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Aracati, com florada da vassourinha de botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

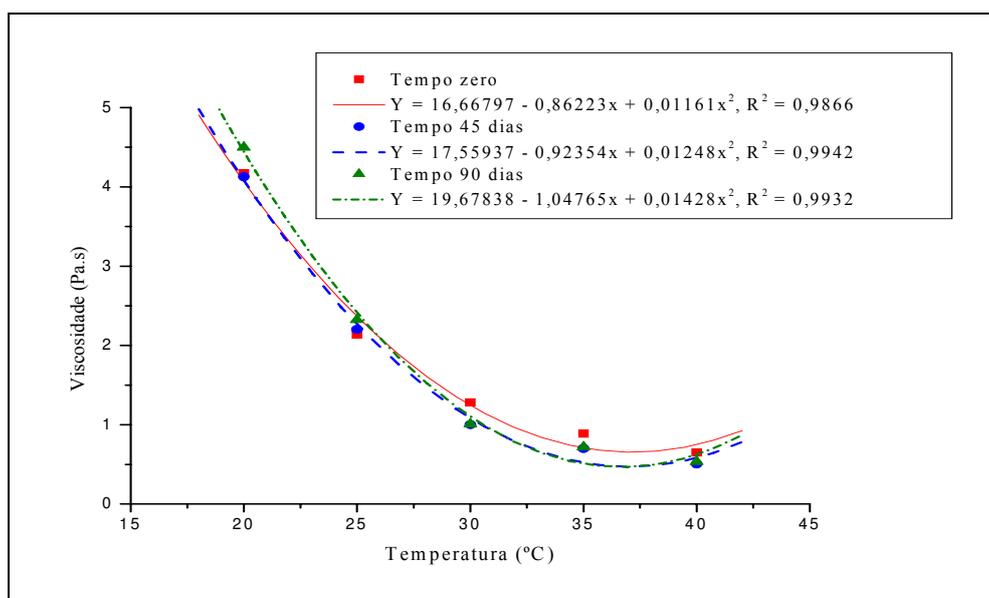
Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	4,1683 bA	2,1283 cB	1,2800 aC	0,8800 aD	0,6500 aE
45	4,1200 cA	2,2000 bB	1,0000 cC	0,7000 cD	0,5000 cE
90	4,4933 aA	2,3200 aB	1,0100 bC	0,7200 bD	0,5300 bE

DMS p/ colunas = 0,0042; DMS p/ linhas = 0,0049; MG = 1,7800 Pa.s; CV = 0,17%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A Figura 4.6 apresenta o comportamento das viscosidades durante o armazenamento, ajustadas por uma equação quadrática. Observa-se que aos 25 e 40°C os valores da viscosidade nos três tempos se confundem. Além disso, nota-se um cruzamento da curva referente ao tempo 90 dias sobre as demais. Essas alternâncias e coincidências de valores evidenciam que não houve intervenção do tempo sobre as viscosidades.



**Figura 4.6** – Viscosidades (Pa.s), do mel de Aracati produzido a partir da florada de vassourinha de botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9866 para 0,9942, nos tempos de zero e 45 dias de armazenamento, respectivamente, significando um bom ajuste das equações aos dados experimentais da viscosidade em função da temperatura.

#### 4.1.2.7 – Quixeré

Encontra-se na Tabela A.15 (Apêndice A) a análise de variância para os valores das viscosidades do mel de Quixeré, onde se verifica, através do teste F, que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade dos fatores tempo, temperatura e da interação dos fatores.

Apresenta-se na Tabela 4.17 as viscosidades do mel de Quixeré, armazenado por 90 dias entre 20 e 40°C. A média geral da viscosidade obtida na análise foi de 1,8247 Pa.s para uma intermitência de variação de 4,66 Pa.s a 0,39 Pa.s.

Observa-se que as variações nos valores das viscosidades com o tempo de armazenamento foram muito pequenas, apesar de existirem diferenças significativas entre as médias, não se podendo sugerir que houve um comportamento padrão. Com relação à temperatura, estas diferiram estatisticamente em todas as viscosidades, ocorrendo uma redução nos valores de viscosidades com o aquecimento.

Em uma pesquisa realizada com amostras de mel de *Apis mellifera* produzida a partir da florada de *Eucalyptos camaldulensis* MARCHINI et al. (2001) encontraram uma viscosidade de 0,0192 Pa.s a uma temperatura de 25°C.

**Tabela 4.17** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Quixeré, com florada da vassourinha de botão. Interação tempo de armazenamento x temperatura.

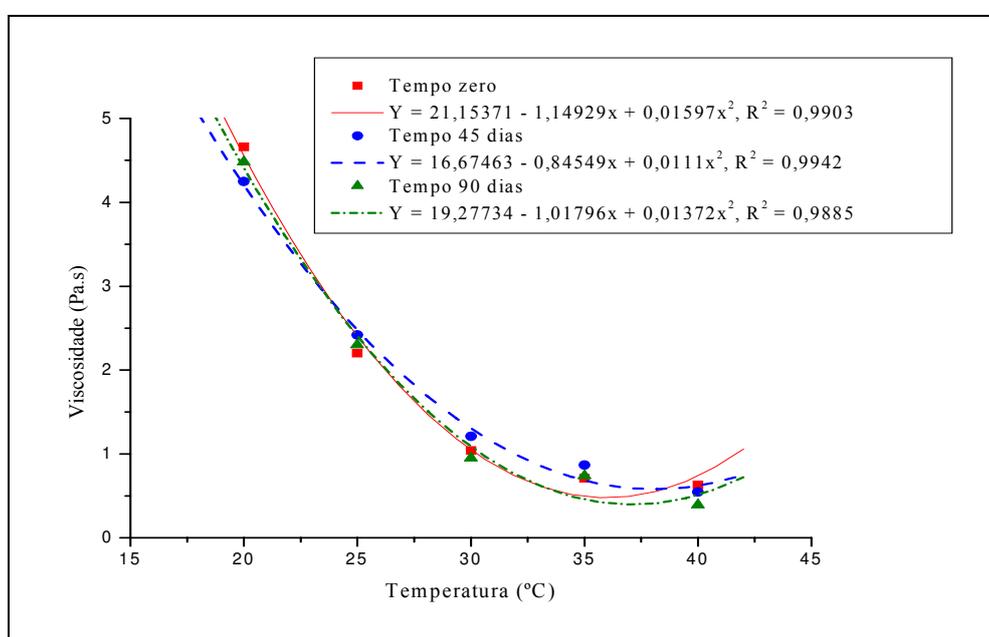
Tempo de armazenamento (dia)	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
0	4,6600 aA	2,2000 cB	1,0400 bC	0,7100 cD	0,6300 aE
45	4,2500 cA	2,4200 aB	1,2000 aC	0,8600 aD	0,5400 bE
90	4,4800 bA	2,3000 bB	0,9500 cC	0,7400 bC	0,3900 cE

DMS p/ colunas = 0,0000; DMS p/ linhas = 0,0000; MG = 1,8247 Pa.s; CV = 0,00%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tem-se, na Figura 4.7, a representação gráfica do comportamento das viscosidades durante o período de armazenamento, ajustadas por equação quadrática. Pode-se observar que a partir dos 25 a 40°C os pontos de viscosidade se confundem. Além disso, percebe-se uma intersecção da curva referente ao tempo de 45 dias sobre as outras. Para a temperatura de 20°C, os pontos se apresentam um pouco dispersos, tendo um decréscimo no tempo de 45 dias, seguido de um acréscimo no tempo de 90 dias de armazenamento. Essas alternâncias e coincidências de valores confirmam que não houve interferência do tempo sobre as viscosidades. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9942 para o tempo 45 dias e 0,9903 para tempo zero, obtendo um ótimo ajuste da equação aos dados de viscosidade em função da temperatura.



**Figura 4.7** – Viscosidades (Pa.s) do mel de Quixeré produzido a partir da florada de vassourinha de botão, em função da temperatura nos diferentes tempos de armazenamento.

De acordo com os dados expostos nas Tabelas 4.11 a 4.17, observa-se que ocorreram reduções consistentes e estatisticamente significativas das viscosidades com os aumentos das temperaturas. Além disso, verifica-se também que o tempo de armazenamento não produziu um efeito padrão de redução ou aumento nas viscosidades.

Nas representações gráficas, Figuras 4.1 a 4.7, tem-se o comportamento das viscosidades nas temperaturas de 20 a 40°C dos méis de Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Aracati e Quixeré, onde são apresentados os pontos experimentais obtidos no tempo zero (zero dia), tempo 1 (45 dias) e

tempo 2 (90 dias). As curvas referentes aos três conjuntos de pontos foram obtidas por ajustes com equação quadrática, que resultou em bons coeficientes de determinação. Em todos os casos as viscosidades apresentaram reduções mais acentuadas com o início do aquecimento, entre 20 e 30°C, explicando a boa interpretação da relação pelo tipo de ajuste utilizado. Na maioria dos casos a alternância de posição entre as curvas demonstra que o tempo de armazenamento não influenciou as viscosidades das amostras estudadas.

A redução da viscosidade com o aumento da temperatura, apresentada nos méis dos diferentes municípios, é um comportamento comum com os fluidos alimentícios, também observado por SILVA (2001) em méis de abelha (*Apis mellifera* L.) produzidos no Estado do Piauí, e por JUNZHENG & CHANGYING (1998) em vários méis da China.

YANNIOTIS et al. (2004), estudando o efeito da umidade na viscosidade do mel de várias floradas em diferentes temperaturas, constataram que a viscosidade do mel varia com a temperatura, umidade e sua origem botânica.

#### **4.1.2.8 – Comparação entre as viscosidades dos municípios**

##### **4.1.2.8.1 – Tempo zero (0 dia)**

A análise de variância para os valores das viscosidades dos méis dos sete municípios no tempo zero encontra-se na Tabela A.16 (Apêndice A), onde se observa, através do teste F, que existe efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade dos fatores municípios, temperatura e da interação dos fatores.

São apresentados, na Tabela 4.18, os valores médios da viscosidade dos méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão (*Borreria* sp.), constatando-se que existe diferença significativa entre os municípios, exceto entre Limoeiro do Norte e Aracati, na temperatura de 35 e 40°C. A média geral da viscosidade obtida no experimento foi de 2,4427 Pa.s, para uma faixa de variação de 10,02 Pa.s (município de Tabuleiro do Norte), na temperatura de 20°C e 0,55 Pa.s, (município de Morada Nova), na temperatura de 40°C.

Comparando as viscosidades dos diferentes municípios, observam-se oscilações. Fazendo-se a média das viscosidades nas cinco temperaturas para os municípios que apresentaram maiores diferenças (Tabuleiro do Norte e Morada Nova) e comparando a soma das viscosidades médias de cada um desses municípios, tem-se uma diferença de 64,4% entre o valor da viscosidade do mel de Tabuleiro do Norte e o mel de Morada Nova.

**Tabela 4.18** – Valores médios das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios no tempo zero.

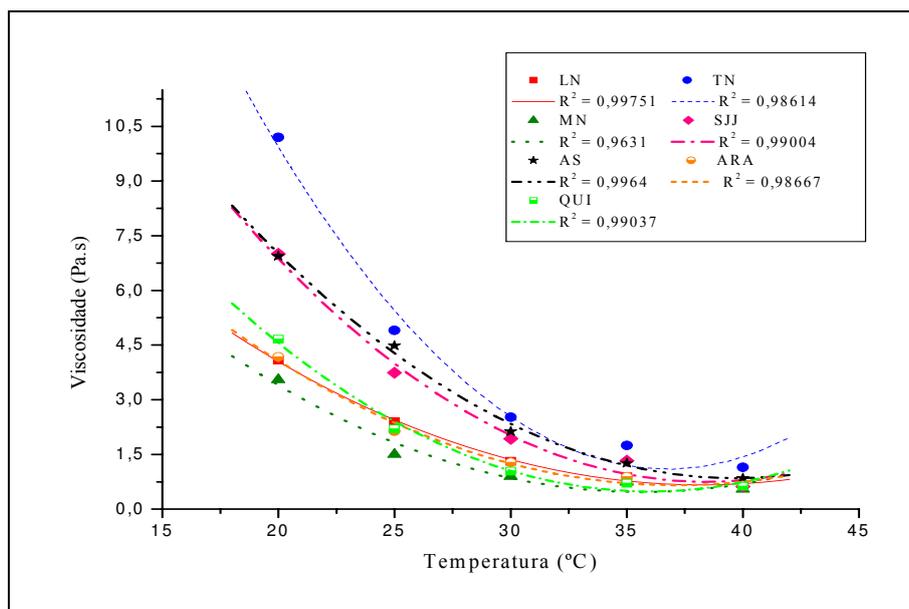
Municípios	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
Limoeiro do Norte	4,0817 fA	2,4000 dB	1,3100 dC	0,8800 dD	0,6500 cE
Tabuleiro do Norte	10,0200 aA	4,9000 aB	2,5200 aC	1,7200 aD	1,1500 aE
Morada Nova	3,5500 gA	1,5000 gB	0,8900 gC	0,7400 eD	0,5500 fE
S. João do Jaguaribe	7,0067 bA	3,7400 cB	1,9300 cC	1,3283 bD	0,6200 eE
Alto Santo	6,9400 cA	4,4800 bB	2,1300 bC	1,2600 cD	0,8500 bE
Aracati	4,1683 eA	2,1283 fB	1,2800 eC	0,8800 dD	0,6500 cE
Quixeré	4,6600 dA	2,2000 eB	1,0400 fC	0,7100 fD	0,6300 dE

DMS - colunas = 0,0038; DMS - linhas = 0,0035; MG = 2,4427 Pa.s; CV = 0,09%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4.8, verifica-se a representação gráfica do comportamento das viscosidades entre os municípios, ajustadas por equação quadrática. Pode-se averiguar que em todos os municípios ocorreu uma redução acentuada nas viscosidades, com o início do aquecimento entre 20 e 30°C, justificando a boa interpretação da relação pelo tipo de ajuste empregado, cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9975 para o município de Limoeiro do Norte a 0,9631 para o município de Morada Nova.



**Figura 4.8** – Valores médios das viscosidades (Pa.s) em função da temperatura dos méis dos diferentes municípios, no tempo zero do armazenamento

#### 4.1.2.8.2 – Tempo um (45 dias)

Pode-se observar na Tabela A.17 (Apêndice A) a análise de variância das viscosidades de méis dos sete municípios no tempo um, onde se constata que através do teste F houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade dos fatores municípios, temperatura e da interação dos fatores.

Na Tabela 4.19, encontram-se os valores médios das viscosidades dos méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão (*Borreria sp.*), verificando-se que existe diferença significativa entre os municípios. A média geral da viscosidade obtida no experimento foi de 2,4183 Pa.s, para um intervalo máximo de 11,20 Pa.s (município de Tabuleiro do Norte), na temperatura de 20°C a 0,34 Pa.s, (município de Morada Nova), na temperatura de 40°C.

Aplicando-se a média das viscosidades nas cinco temperaturas, para os municípios que apresentaram maiores diferenças (Tabuleiro do Norte e Morada Nova) e comparando-se a soma das viscosidades médias de cada um desses municípios, tem-se uma diferença de 61,5% entre a soma das viscosidades médias em todas as temperaturas do mel de Tabuleiro do Norte e do mel de Morada Nova.

**Tabela 4.19** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios aos 45 dias de armazenamento.

Município	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
Limoeiro do Norte	5,5000 dA	2,1100 gB	0,9000 fC	0,7400 eD	0,4400 fE
Tabuleiro do Norte	11,2000 aA	4,5300 aB	1,7600 bC	1,5700 aD	0,9500 aE
Morada Nova	3,4800 gA	2,5800 dB	0,7000 gC	0,6000 gD	0,3400 gE
S. João do Jaguaribe	6,2017 cA	3,5000 cB	1,5500 cC	1,0600 cD	0,8200 cE
Alto Santo	8,3000 bA	3,9600 bB	1,9200 aC	1,2800 bD	0,8600 bE
Aracati	4,1200 fA	2,2000 fB	1,0000 eC	0,7000 fD	0,5000 eE
Quixeré	4,2500 eA	2,4200 eB	1,2000 dC	0,8600 dD	0,5400 dE

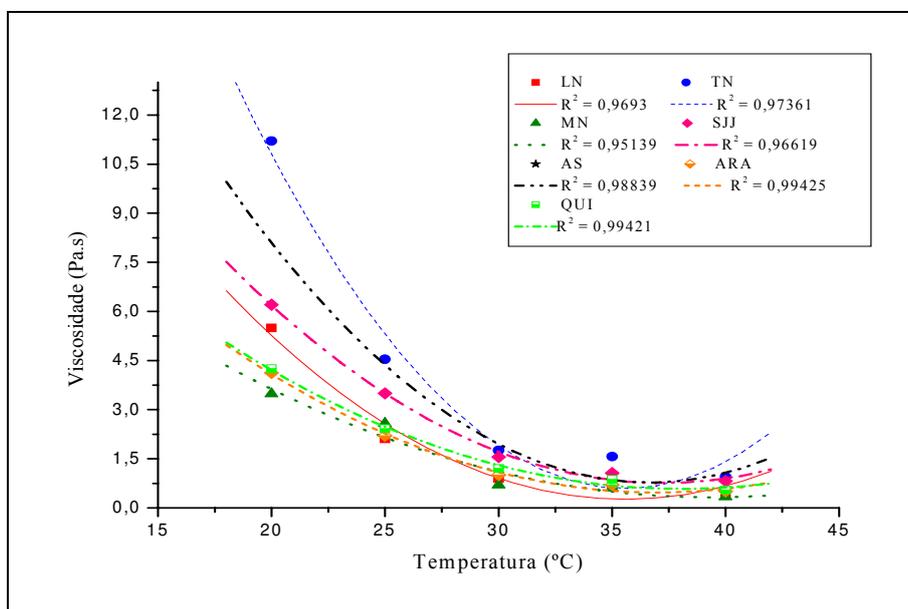
DMS - colunas = 0,0012; DMS - linhas = 0,0011; MG = 2,4183 Pa.s; CV = 0,03%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A Figura 4.9 apresenta as curvas do comportamento das viscosidades em função da temperatura dos diferentes municípios, ajustadas por equações quadráticas. Pode-se constatar que, a partir dos 30 a 40°C, os pontos de viscosidade se confundem. Além disso, percebe-se uma diminuição acentuada nas viscosidades em todos os municípios, quando ocorria o aumento das temperaturas de 20 a 30°C, revelando uma boa interpretação por meio do ajuste utilizado.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9943 para o município de Aracati, a 0,9514, para o município de Morada Nova, conseguindo-se um bom ajuste das equações aos dados de viscosidade avaliados.



**Figura 4.9** – Valores médios da viscosidade (Pa.s) em função da temperatura dos méis dos diferentes municípios, aos 45 dias de armazenamento.

#### 4.1.2.8.3 – Tempo dois (90 dias)

De acordo com a análise de variância para os valores das viscosidades dos méis dos sete municípios no tempo dois, verifica-se na Tabela A.18 (Apêndice A), através do teste F, que existe efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade dos fatores municípios, temperatura e da interação dos fatores.

A Tabela 4.20 mostra a diferença significativa entre os municípios, exceto entre Limoeiro do Norte e Morada Nova, na temperatura de 40°C. A média geral da viscosidade

foi de 2,5404 Pa.s, para uma faixa de variação de 14,00 Pa.s (município de Tabuleiro do Norte), na temperatura de 20°C e 0,39 Pa.s, (município de Quixeré), na temperatura de 40°C.

Fazendo-se a média das viscosidades nas cinco temperaturas para os municípios que apresentaram maiores diferenças (Tabuleiro do Norte e Morada Nova) e comparando a soma das viscosidades médias de cada um desses municípios, tem-se uma diferença de 68,4% entre o valor da viscosidade do mel de Tabuleiro do Norte e o mel de Morada Nova.

**Tabela 4.20** - Valores médios das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada de vassourinha de botão, nos diferentes municípios aos 90 dias de armazenamento.

Município	Temperatura (°C)				
	20	25	30	35	40
Limoeiro do Norte	6,2000 dA	2,0033 gB	1,1300 dC	0,8800 dD	0,4000 eE
Tabuleiro do Norte	14,0000 aA	4,5600 aB	2,7600 aC	1,5400 aD	0,7800 aE
Morada Nova	3,6050 gA	2,0200 fB	0,8767 gC	0,5500 gD	0,4000 eE
S. João do Jaguaribe	6,9133 cA	3,1400 cB	1,5200 cC	0,9400 cD	0,7000 cE
Alto Santo	8,9067 bA	3,4400 bB	1,7400 bC	1,2467 bD	0,7300 bE
Aracati	4,4933 eA	2,3200 dB	1,0100 eC	0,7200 fD	0,5300 dE
Quixeré	4,4800 fA	2,3000 eB	0,9500 fC	0,7400 eD	0,3900 fE

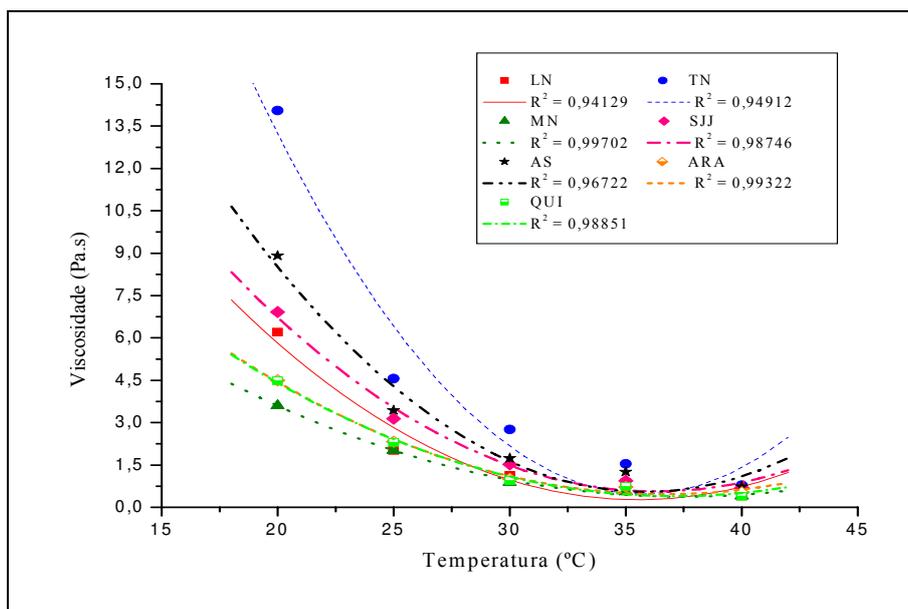
DMS - colunas = 0,0060; DMS - linhas = 0,0056; MG = 2,5404 Pa.s; CV = 0,14%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se, na Figura 4.10, o comportamento das viscosidades em função da temperatura para os diferentes municípios, com ajuste por equação quadrática. Observa-se um decréscimo acentuado das viscosidades em todos os municípios, no momento em que a temperatura se elevava entre 20 e 30°C, justificando a boa interpretação da relação pelo tipo de ajuste empregado. Os valores das viscosidades se confundem nas temperaturas de 30 a 40°C, exceto para o município de Tabuleiro do Norte que se mostra superior ao longo da curva.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9970 a 0,9413, indicando um bom ajuste da equação aos dados de viscosidade em função da temperatura.



**Figura 4.10** – Valores médios das viscosidades (Pa.s) em função da temperatura dos méis dos diferentes municípios, aos 90 dias de armazenamento

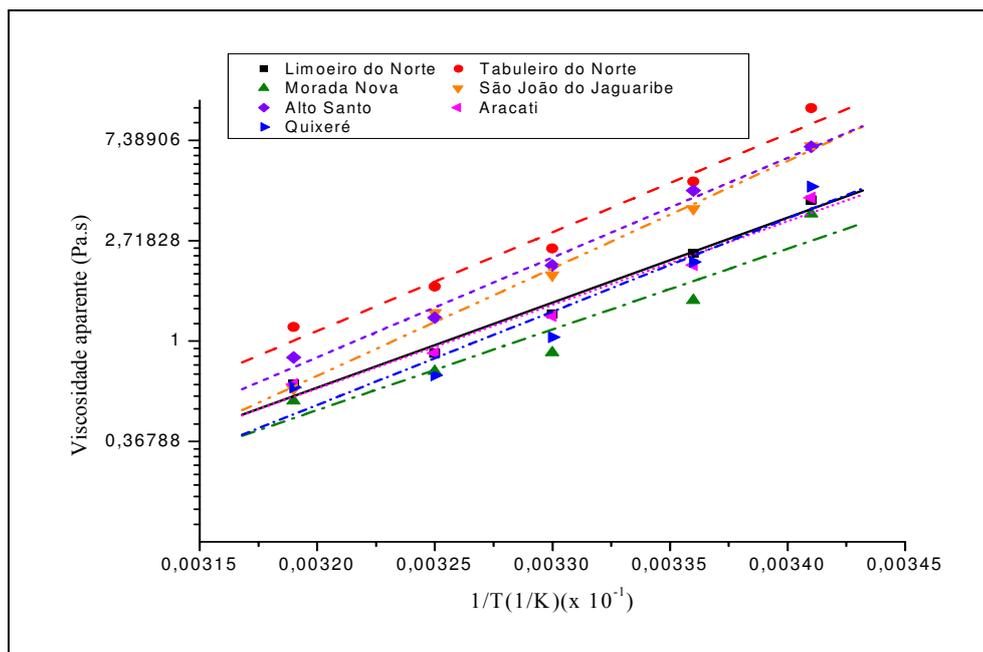
#### 4.1.2.9 – Equação de Arrhenius

O efeito da temperatura sobre a viscosidade de produtos alimentícios geralmente pode, também, ser representado por uma equação do tipo Arrhenius. Tal viscosidade ( $\ln \eta$ ) foi graficada em função do inverso da temperatura absoluta ( $1/T$ ).

##### 4.1.2.9.1 – Tempo zero (0 dia)

Os valores da viscosidade, no tempo zero, dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta foram ajustados por uma equação do tipo Arrhenius (Figura 4.11), cujos valores dos parâmetros estatísticos do ajuste são apresentados na Tabela 4.21.

Observa-se na Figura 4.11 que existe uma tendência em todas as curvas de aumento da viscosidade com inverso da temperatura.



**Figura 4.11** – Viscosidades dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta no tempo zero.

Da Tabela 4.21 verifica-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variou de 0,9109 a 0,9947, constatando-se que a equação se ajustou bem aos dados experimentais da viscosidade, sendo adequada para descrever o efeito da temperatura.

Mediante o ajuste dos dados de viscosidade à equação de Arrhenius, foram obtidos os valores da energia de ativação dos méis dos diferentes municípios (Tabela 4.21). A energia da ativação ( $E_a$ ) indica a sensibilidade da viscosidade à mudança de temperatura (BHANDARI et al., 1999).

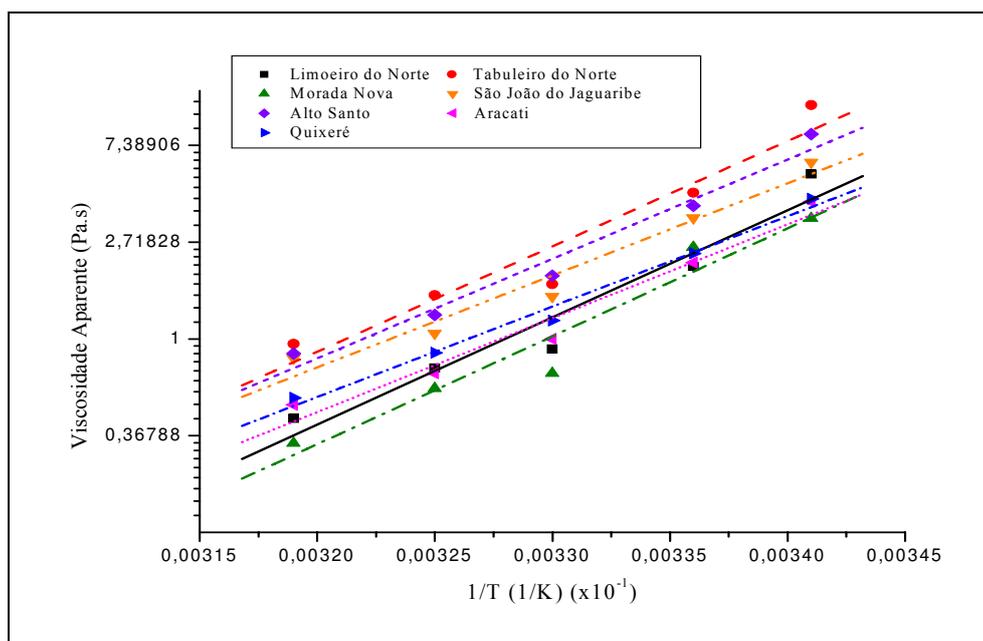
**Tabela 4.21** - Valores da energia de ativação e constante  $\eta_0$  da equação de Arrhenius para os méis dos diferentes municípios, no tempo zero.

Município	$\eta_0$ (Pa.s)	$E_a$ (kJ g <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )	$R^2$
Limoeiro do Norte	$1,0730 \times 10^{-12}$	70,63	0,9808
Tabuleiro do Norte	$2,5106 \times 10^{-14}$	81,89	0,9737
Morada Nova	$3,4439 \times 10^{-12}$	67,00	0,9109
São João do Jaguaribe	$9,3035 \times 10^{-16}$	89,31	0,9947
Alto Santo	$1,3205 \times 10^{-14}$	82,88	0,9895
Aracati	$1,6472 \times 10^{-12}$	69,48	0,9696
Quixeré	$6,4220 \times 10^{-14}$	77,52	0,9227

A  $E_a$  dos méis variou entre os valores extremos de 67 kJ/g mol, para o município de Morada Nova, a 89,31 kJ/g mol para o município de São João do Jaguaribe, diferença superior a 33%. Esses valores se aproximam do determinado por ALVARADO (2001), que encontrou um valor de  $E_a$  para mel de 84,39 kJ/mol para a faixa de temperatura entre 30 e 70°C, sendo considerado um valor alto, o que indica que a viscosidade do mel é altamente dependente da temperatura.

#### 4.1.2.9.2 – Tempo um (45 dias)

Os valores de viscosidade dos méis dos diferentes municípios, após 45 dias, em função do inverso da temperatura absoluta ajustados por uma equação do tipo Arrhenius, estão representados graficamente na Figura 4.12, cujos valores dos parâmetros estatísticos do ajuste são apresentados na Tabela 4.22.



**Figura 4.12** – Viscosidades dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta, após 45 dias de armazenamento.

Analisando-se os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) na Tabela 4.22, constatam-se valores entre 0,9303 e 0,9866, revelando um bom ajuste da equação de Arrhenius aos dados de viscosidade. Com os parâmetros de ajustes da equação de Arrhenius foram obtidos os valores da energia de ativação dos méis para os diferentes municípios estudados, cujos valores variaram de 77,90 kJ/g mol (Quixeré) a 93,03 kJ/g mol (Morada Nova). Observa-se que esses valores de  $E_a$  foram superiores aos do tempo zero (Tabela 4.21), exceto para o município de São João do Jaguaribe, indicando que para realizar o

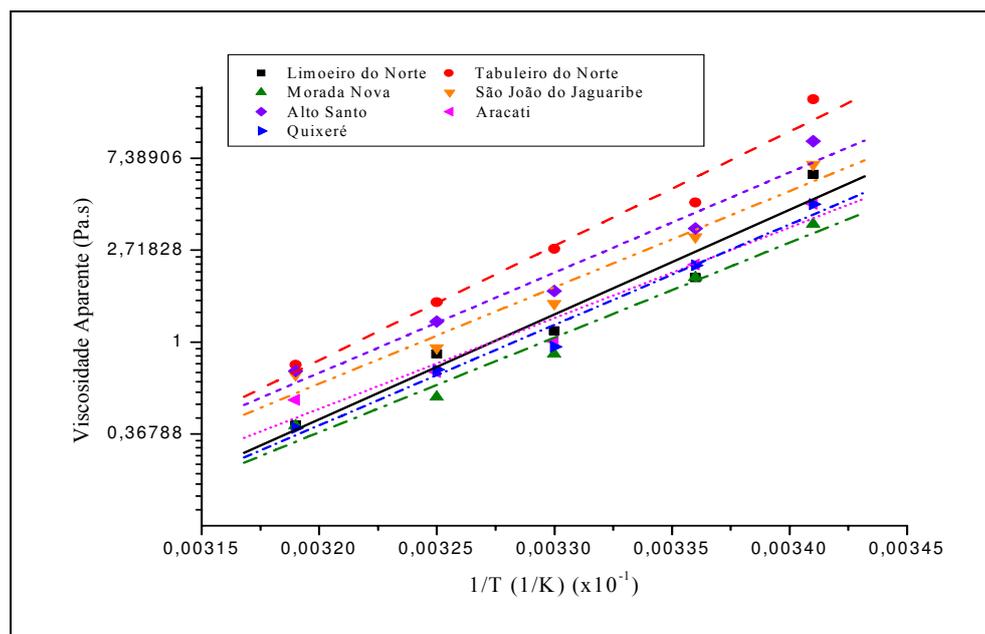
escoamento (transporte) dos méis após 45 dias é necessário uma quantidade maior de energia. YANNIOTIS et al. (2005) determinaram valores de  $E_a$  na mesma faixa variando entre 70,8 kJ/mol e 96,3 kJ/mol em méis, para temperaturas entre 25 e 45°C.

**Tabela 4.22** - Valores da energia de ativação e constante  $\eta_0$  da equação de Arrhenius para os méis dos diferentes municípios, após 45 dias de armazenamento

Município	$\eta_0$ (Pa.s)	$E_a$ (kJ g <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
Limoeiro do Norte	1,6869 x 10 <sup>-16</sup>	92,36	0,9421
Tabuleiro do Norte	6,3693 x 10 <sup>-16</sup>	90,85	0,9303
Morada Nova	1,0611 x 10 <sup>-16</sup>	93,03	0,9435
São João do Jaguaribe	4,4122 x 10 <sup>-14</sup>	79,38	0,9597
Alto Santo	4,3004 x 10 <sup>-15</sup>	85,70	0,9732
Aracati	1,5429 x 10 <sup>-14</sup>	80,92	0,9657
Quixeré	5,7482 x 10 <sup>-14</sup>	77,90	0,9866

**4.1.2.9.3 – Tempo dois (90dias)**

Os resultados da viscosidade, após 90 dias de armazenamento, em função do inverso da temperatura absoluta ajustados por uma equação do tipo Arrhenius, estão representados na Figura 4.13, cujos valores dos parâmetros estatísticos do ajuste são apresentados na Tabela 4.23.



**Figura 4.13** – Viscosidades dos méis dos diferentes municípios em função do inverso da temperatura absoluta, após 90 dias de armazenamento.

Observa-se na Tabela 4.23 que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variaram entre 0,9495 e 0,9787, revelando que a equação de Arrhenius se ajustou bem aos dados experimentais podendo ser utilizada para representar o efeito da temperatura sobre a viscosidade. Por meio dos ajustes dos dados de viscosidade à equação de Arrhenius, foram obtidos os valores da energia de ativação dos méis para os diferentes municípios estudados, que variaram entre 82,33 kJ/g mol, para o município de Aracati, a 103,77 kJ/g mol, para o município de Tabuleiro do Norte. Os valores de  $E_a$  para os méis, após 90 dias de armazenamento, são superiores aos dos tempos anteriores, exceto para os municípios de Morada Nova e São João do Jaguaribe. De uma forma geral, pode-se dizer que quanto maior for a energia de ativação, maior será a dependência da viscosidade ( $\eta_a$ ) com a temperatura; ou seja, maior será a variação da  $\eta_a$  com a temperatura. Uma energia de ativação mais elevada significa que a viscosidade do mel é relativamente mais sensível à mudança de temperatura.

**Tabela 4.23** - Valores da energia de ativação e constante  $\eta_0$  da equação de Arrhenius para os méis dos diferentes municípios, após 90 dias de armazenamento.

Município	$\eta_0$ (Pa.s)	$E_a$ (kJ g <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )	$R^2$
Limoeiro do Norte	$6,1225 \times 10^{-17}$	95,11	0,9495
Tabuleiro do Norte	$4,2050 \times 10^{-18}$	103,77	0,9721
Morada Nova	$1,6944 \times 10^{-15}$	86,08	0,9724
São João do Jaguaribe	$1,7005 \times 10^{-15}$	87,46	0,9624
Alto Santo	$4,9318 \times 10^{-16}$	90,99	0,9621
Aracati	$9,2466 \times 10^{-15}$	82,33	0,9562
Quixeré	$2,6138 \times 10^{-16}$	91,16	0,9787

#### 4.2 – Estudo do armazenamento do mel produzido em Limoeiro do Norte

Nas Tabelas 4.24 a 4.33, têm-se os valores médios dos parâmetros físico-químicos dos méis elaborados com predominância da florada de vassourinha de botão coletado no município de Limoeiro do Norte (CE) e armazenado durante seis meses em dois tipos de embalagens.

### 4.2.1 - Açúcares redutores

Na Tabela A.19 (Apêndice A), encontra-se a análise de variância dos percentuais de açúcares redutores, onde se observa, através do teste F, diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para os fatores embalagens, tempo e para a interação entre esses dois fatores.

Vêm-se, na Tabela 4.24, os valores médios dos açúcares redutores do mel produzido com predominância da florada de vassourinha de botão. O percentual médio de açúcares redutores determinados nas amostras foi de 69,20% para um intervalo de variação de 68,14% a 70,44%. De acordo com a norma vigente (BRASIL, 2000) o valor mínimo para os açúcares redutores é de 65%, estando, portanto, os valores médios dentro do padrão estabelecido pelo regulamento. Constata-se, durante o armazenamento nas duas embalagens, que houve diferença significativa entre as amostras apenas nos tempos 90, 120 e 150 dias, apresentando os maiores valores no recipiente plástico. Com relação ao comportamento dos açúcares redutores com o tempo de armazenamento, verificam-se aumentos nas duas embalagens, entre o início e o fim do armazenamento, 3,26% e de 3,25% para recipiente plástico (do tipo balde) e recipiente metálico (do tipo lata), respectivamente.

**Tabela 4.24** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	68,14 aF	68,61 aE	68,64 aE	69,36 aD	69,79 aC	69,98 aB	70,44 aA
Lata	68,15 aE	68,60 aD	68,64 aD	69,08 bC	69,51 bB	69,51 bB	70,44 aA

DMS para colunas = 0,11; DMS para linhas = 0,17; MG = 69,20% glicose; CV = 0,125%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

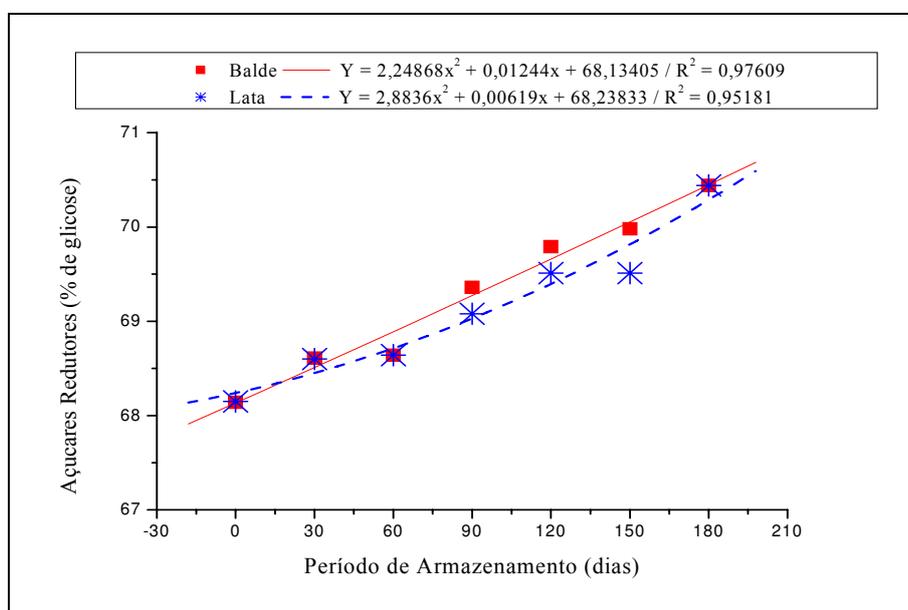
Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

MARCHINI et al. (2005), avaliando a análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo, observaram uma variação de 53,2 a 80% de açúcares redutores para

méis silvestres e 67,7 a 77,1% para méis de eucalipto, apresentando médias de 72,6 e 72,3%, respectivamente, sendo esses valores superiores ao encontrado nesta pesquisa.

KOMATSU (1996), estudando a caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae) de diferentes municípios do Estado de São Paulo, obteve valores de açúcares redutores na ordem de 53,2%.

Tem-se, na Figura 4.14, a representação gráfica do comportamento dos açúcares redutores durante o armazenamento. Percebe-se que o fator tempo contribuiu para um acréscimo nos açúcares redutores. Nota-se uma semelhança nos valores dos açúcares redutores nas duas embalagens, com uma pequena diferença nos valores experimentais para os tempos entre 90 e 150 dias.



**Figura 4.14** – Açúcares redutores (%) para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.

#### 4.2.2 - Sacarose aparente

Os resultados na Tabela A.20 (Apêndice A) apresentam a análise de variância para o percentual de sacarose aparente, onde se observa, através do teste F, efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os fatores embalagens, tempo e para a interação entre os dois fatores.

O percentual médio de sacarose aparente encontrado no experimento foi de 2,57% para um intervalo de variação de 1,36 a 3,54% (Tabela 4.25). O coeficiente de variação foi de 0,48%, considerado como indicador de ótima precisão experimental. Observa-se que as amostras analisadas encontraram-se dentro dos padrões técnicos de identidade e qualidade de mel, estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000), onde se estabelece que o percentual máximo permitido é de 6% para méis de flores.

O armazenamento influenciou significativamente na sacarose aparente nos períodos de 90, 120 e 150 dias, quando os mesmos foram submetidos a diferentes embalagens. Entretanto, ao final do armazenamento os teores se igualaram. Os teores de sacarose aparente foram reduzidos ao longo do tempo, embora as amostras em latas não apresentem diferença entre os períodos de 120 e 150 dias.

Os valores apresentados neste estudo estão próximos aos obtidos por SILVA (2001), que encontrou 1,57 a 3,07% para sacarose aparente (média 2,5%) em méis oriundos do Estado do Piauí de diferentes floradas. MELO (2002), analisando méis das floradas silvestre e baraúna, encontrou, respectivamente, valores médios de 2,27% e 2,89% de sacarose aparente. RENDÓN (1996) observou uma variação de 0,5 a 4,02% de sacarose em méis comercializados na Espanha; UÑATES et al. (1999) encontraram valores de 1,31 a 7,5% para este dissacarídeo em méis da Argentina.

**Tabela 4.25** - Valores médios de sacarose aparente (%) para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

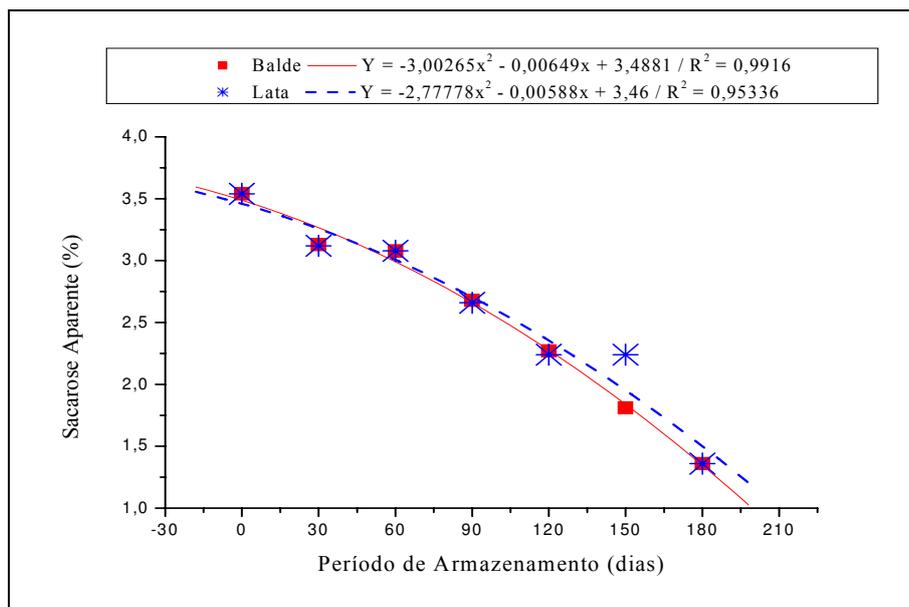
Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	3,54 aA	3,13 aB	3,08 aC	2,68 aD	2,27 aE	1,81 bF	1,36 aG
Lata	3,54 aA	3,12 aB	3,08 aC	2,66 bD	2,24 bE	2,24 aE	1,36 aF

DMS p/ colunas = 0.0156; DMS p/ linhas = 0.0239; MG = 2,57%; CV = 0,48%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 4.15, percebe-se que o fator tempo contribuiu para o decréscimo nos valores de sacarose aparente, comportamento inverso ao dos açúcares redutores.



**Figura 4.15** – Sacarose aparente (%) para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens

#### 4.2.3 - Hidroximetilfurfural (HMF)

A Tabela A.21 (Apêndice A) exibe os resultados da análise de variância para o percentual de HMF, onde se observa, através do teste F, efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os fatores embalagem, tempo e para a interação entre os dois fatores.

O valor médio de hidroximetilfurfural (Tabela 4.26) obtido no experimento foi de 31,29 mg/kg para uma variação de 5,28 a 72,21 mg/kg. O teor de HMF nas amostras armazenadas foi influenciado pelo tempo, aumentando nas duas embalagens. O tempo de armazenamento influenciou o HMF com diferente intensidade nos períodos de 60, 90, 120, 150 e 180 dias, conforme o tipo de embalagem, com os níveis na embalagem lata sempre superior. A norma vigente (BRASIL, 2000) estabelece um máximo de 60 mg/kg para o hidroximetilfurfural. Sendo assim, os méis nas duas embalagens, aos 180 dias de armazenamento, estavam fora do padrão de qualidade com relação a esse parâmetro.

Os resultados obtidos no presente trabalho foram superiores aos obtidos por ALMEIDA (2002), que, estudando méis poliflorais do cerrado paulista, encontrou uma variação de 0,0 a 11,45 mg HMF/kg e com um valor médio de 3,70 mg HMF/kg. ARRUDA (2003), pesquisando méis cearenses da Chapada do Araripe, constatou valor médio de 4,12 mg HMF/kg, com variação entre 1,5 e 8,08 mg HMF/kg.

**Tabela 4.26** - Valores médios de hidroximetilfurfural (mg HMF/kg) para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

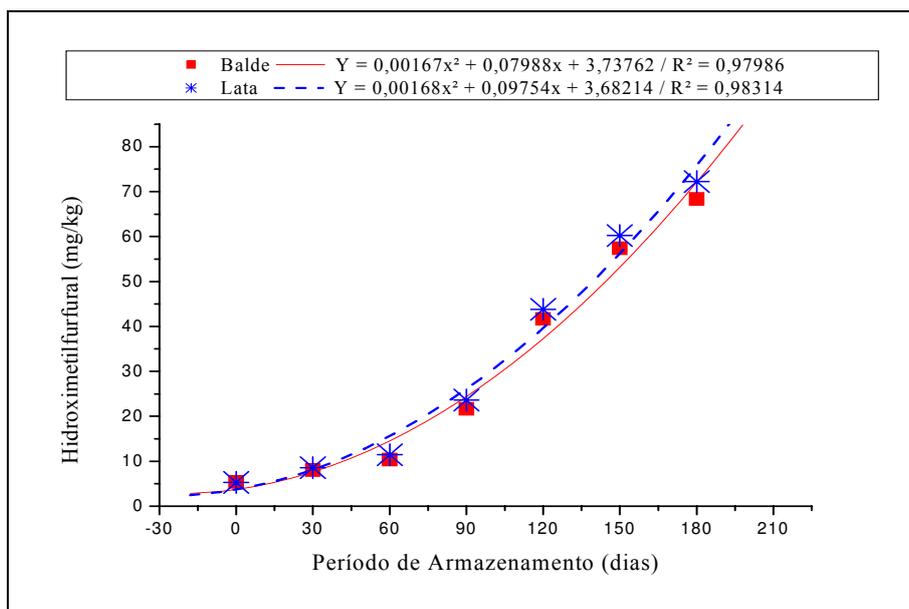
Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	5,40 aG	8,02 aF	10,37 bE	21,66 bD	41,70 bC	57,38 bB	68,35 bA
Lata	5,28 aG	8,55 aF	11,44 aE	23,61 aD	43,80 aC	60,23 aB	72,21 aA

DMS p/ colunas = 0,97; DMS p/ linhas = 1,48; MG = 31,28 mg/kg; CV = 2,45%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4.16 têm-se os valores médios do HMF do mel em função do tempo de armazenamento. Observa-se o aumento nos resultados de HMF com o fator tempo, atingindo-se valores progressivamente mais altos com o decorrer do armazenamento, com os valores experimentais das amostras acondicionadas em lata superando, os das amostras em balde.



**Figura 4.16** – Hidroximetilfurfural para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.

#### 4.2.4 - Umidade

Apresenta-se, na Tabela A.22 (Apêndice A), a análise de variância para o percentual de umidade, onde se observa, através do teste F, efeito significativo ao nível de

5% de probabilidade para o fator embalagem e ao nível de 1% para o fator tempo e para a interação entre os dois fatores.

O percentual médio de umidade do mel obtido no experimento foi de 18,67% para um intervalo de variação de 18,48% a 19,10% (Tabela 4.27). A norma vigente (BRASIL, 2000) estabelece um máximo de 20% para umidade.

Como se vê na Tabela 4.27, o teor de umidade sob diferentes embalagens não sofreu influência progressiva com o tempo de armazenamento, apesar das variações detectadas nos tempos intermediários.

Os resultados da umidade obtidos estão na mesma faixa de valores avaliados por SODRÉ et al. (2002c) em méis provenientes dos Estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, os quais registraram uma média de 18,7% de umidade. CARNEIRO et al. (2002) verificaram valores de umidade semelhantes (19,3%) ou inferiores (14,6%) em amostras de méis da região de Simplício Mendes (Piauí). COSTA et al. (1999) observaram valores altos de umidade, de 21 a 23%, em amostras de méis do Estado da Paraíba, níveis considerados fora dos padrões de qualidade.

**Tabela 4.27** - Valores médios de umidade (%) para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

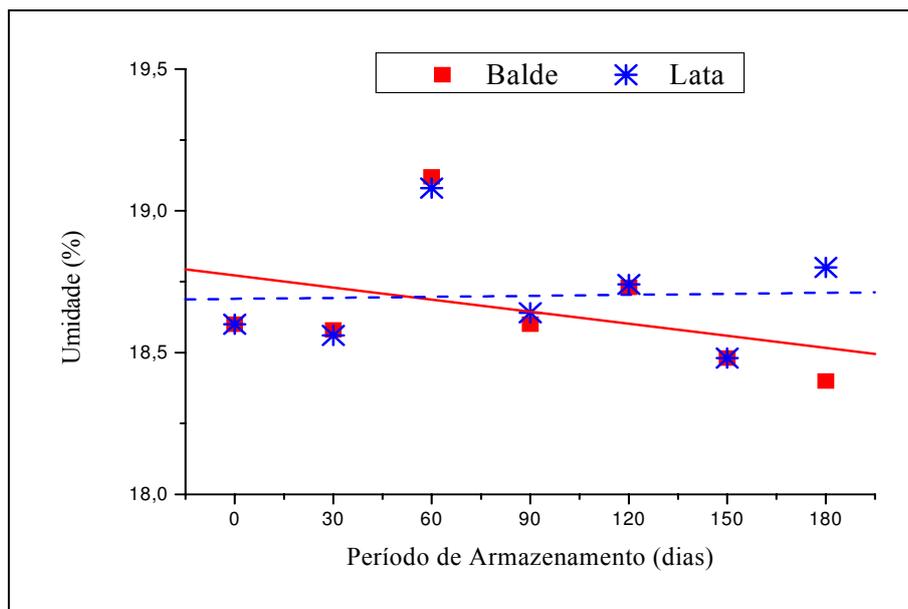
Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	18,60 aBC	18,56 aBCD	19,12 aA	18,60 aBC	18,73 aB	18,48 aCD	18,40 bD
Lata	18,60 aCD	18,56 aCD	19,08 aA	18,64 aBCD	18,74 aBC	18,48 aD	18,80 aB

DMS p/ colunas = 0,12; DMS p/ linhas = 0,19; MG = 18,67%; CV = 0,52%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os dados médios da umidade do mel, nas duas embalagens, em função do tempo de armazenamento, são mostrados na Figura 4.17. Pode-se constatar que, apesar das oscilações ao longo do armazenamento, os teores de umidade não obedecem a um comportamento claramente dependente do tempo.



**Figura 4.17** – Umidade (%) para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens

#### 4.2.5 - Cinzas

A Tabela A.23 (Apêndice A) apresenta os resultados da análise de variância para o percentual de cinzas, onde se observa através do teste F, que não houve diferença significativa para o fator embalagem. Para o fator tempo o teste F foi significativo a 5% de probabilidade. Entretanto, para a interação entre os dois fatores, houve diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F.

O percentual médio de cinzas determinado nos ensaios foi de 0,140% para um intervalo de variação de 0,1261 a 0,1497% (Tabela 4.28). Observa-se que as amostras analisadas encontraram-se dentro dos padrões técnicos de identidade e qualidade de mel, estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000), onde se estabelece que o percentual de cinzas máximo permitido é de 0,6% para méis de origem floral e 1,2% para méis de melato.

O armazenamento não influenciou o teor de cinzas ao longo do tempo, nos dois tipos de embalagem, acompanhando os resultados constatados para os teores de umidade.

Os valores das cinzas apresentados neste estudo estão na mesma faixa de valores determinado por ALMEIDA-MURADIAN et al. (2002) ao pesquisarem méis comercializados no Estado de São Paulo, os quais registraram para cinzas o valor médio de 0,14%. ARRUDA (2003), pesquisando méis cearenses da Chapada do Araripe, que

registrou um valor médio de cinzas de 0,185%, com uma variação de 0,127 a 0,243%. SODRÉ et al (2002b) e CARVALHO et al. (2001), estudando amostras de méis provenientes de diferentes regiões baianas, obtiveram respectivamente teores médios de 0,19% e 0,1989% para cinzas.

**Tabela 4.28** - Valores médios de cinzas (%) para méis de florada de vassourinha-de-botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

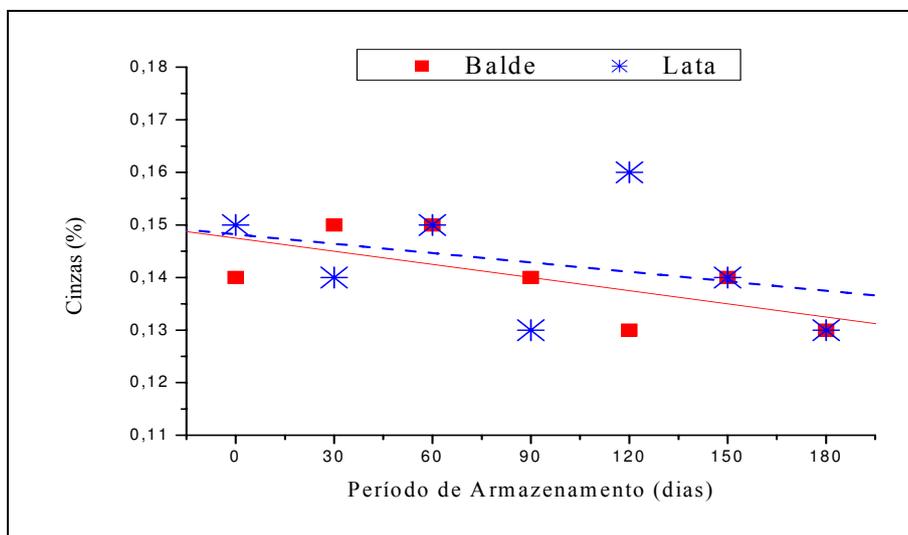
Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	0,1408 aA	0,1450 aA	0,1457 aA	0,1440 aA	0,1261 bA	0,1438 aA	0,1265 aA
Lata	0,1497 aAB	0,1409 aAB	0,1531 aA	0,1279 bB	0,1559 aA	0,1360 aAB	0,1345 aAB

DMS p/ colunas = 0,0153; DMS p/ linhas = 0,0234 MG = 0,140%; CV = 8,59%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Observando a Figura 4.18, nota-se como o teor de cinzas oscila em torno de uma faixa de valores entre 0,14 e 0,15%, sem evidenciar uma tendência de aumento ou diminuição ao longo do armazenamento.



**Figura 4.18** – Valores percentuais de cinzas para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens

#### 4.2.6 - pH

Os resultados na Tabela A.24 (Apêndice A), apresenta a análise de variância para o valor do pH, onde se observa através do teste F, diferença significativa ao nível de 1% de

probabilidade para os fatores embalagem e tempo. Porém, para a interação entre os dois fatores, não houve efeito significativo.

O valor médio do pH obtido nesta pesquisa foi de 3,56 para um intervalo de variação de 3,45 a 3,62 (Tabela 4.29). A legislação brasileira (BRASIL, 2000) não estabelece padrões para esse parâmetro.

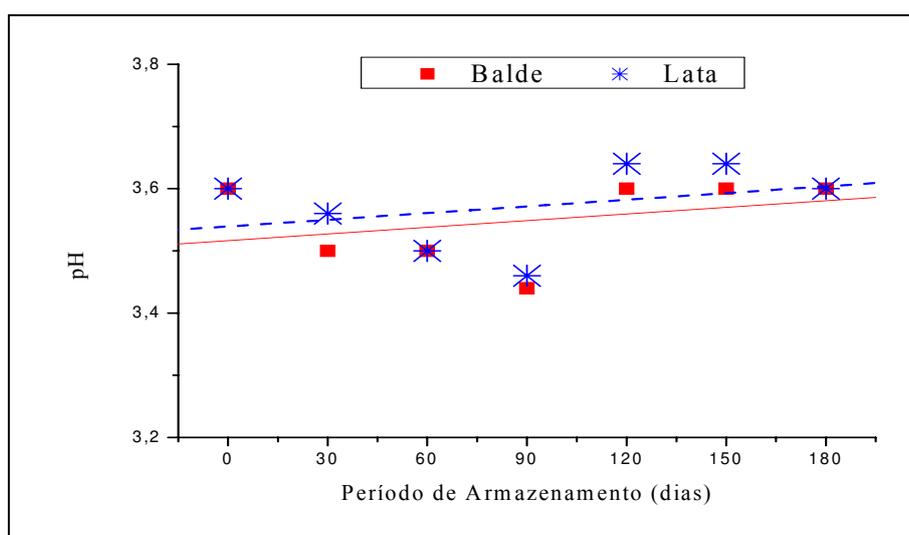
Os valores de pH apresentados neste estudo estão na mesma faixa do valor obtido por MARCHINI (2001), ao estudar méis de eucaliptos do Estado de São Paulo, que foi de 3,6 unidades de pH. RODRIGO et al. (2002), pesquisando méis paraibanos (região do cariri), encontraram pH de 3,8, sendo ligeiramente superiores. BENDINI et al. (2002) verificaram uma variação de pH de 3,49 a 4,46 em amostras de méis do vale do Paraíba.

**Tabela 4.29** - Valores médios de pH para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	3,60	3,50	3,50	3,44	3,60	3,60	3,60
Lata	3,60	3,56	3,50	3,46	3,64	3,64	3,60

Obs.: Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de interação não foi significativo.

Observando a Figura 4.19 verifica-se a oscilação dos valores de pH em torno de um valor próximo a 3,50, com variações semelhantes para os dois tipos de embalagem.



**Figura 4.19** – Valores de pH para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.

#### 4.2.7 - °Brix

Na Tabela A.25 (Apêndice A), estão expostos os valores encontrados da análise de variância para o °Brix, onde se observa através do teste F, efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os fatores embalagem, tempo e para a interação entre os dois fatores.

O valor médio de °Brix obtido nos ensaios foi de 78,87°Brix para um intervalo de variação de 78,52 a 79,00°Brix (Tabela 4.30). Não constam na legislação brasileira valores estabelecidos para este parâmetro.

O tipo de embalagem não influenciou significativamente o °Brix até 150 dias de armazenamento. Aos 180 dias as amostras em lata apresentaram um decréscimo, o qual não pode ser interpretado como tendência por se tratar de um ponto isolado.

**Tabela 4.30** - Valores médios de °Brix para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	79,00 aA	78,90 aA	78,55 aB	79,00 aA	79,00 aA	79,00 aA	79,00 aA
Lata	79,00 aA	78,90 aA	78,50 aB	78,90 aA	79,00 aA	79,00 aA	78,50 bB

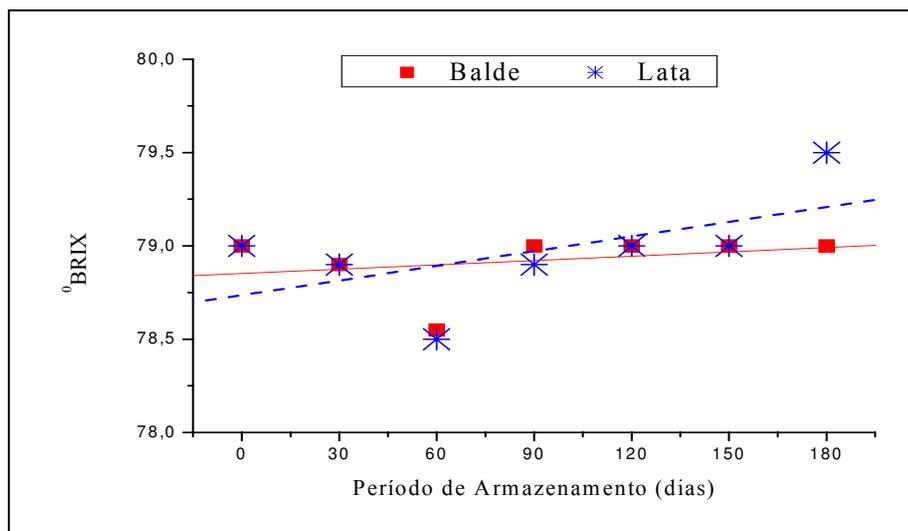
DMS p/ colunas = 0,14; DMS p/ linhas = 0,21; MG = 78,87°Brix; CV = 0,137%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os valores encontrados no presente estudo foram próximos aos obtidos por SILVA (2001), que, estudando os méis do Piauí em diferentes floradas, obteve um valor médio de 78,70°Brix, variando de 76,07 a 80,80°Brix. MELO (2002), pesquisando méis de diferentes floradas (silvestre e baraúna) no Estado da Paraíba, encontrou valores médios de 78,10 e 81,63°Brix, respectivamente.

Observando a Figura 4.20, onde é apresentado o °Brix das amostras em função do tempo de armazenamento, nota-se o comportamento idêntico dos méis armazenados nas duas embalagens, mantendo-se em torno de 79°Brix e divergindo apenas no ponto referente a 180 dias.



**Figura 4.20** – Valores de °Brix para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.

#### 4.2.8 - Sólidos insolúveis em água

Na Tabela A.26 (Apêndice A), apresenta-se a análise de variância para o percentual de sólidos insolúveis em água, onde se observa, através do teste F, que não houve efeito significativo para o fator embalagem e para a interação entre os dois fatores. Já o fator tempo foi significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.31, encontram-se os valores médios dos sólidos insolúveis em água para as amostras durante o período de armazenamento nas duas embalagens, com todos os valores em níveis semelhantes, sendo considerados estatisticamente iguais. O percentual médio de sólidos insolúveis em água, obtidos no experimento, foi de 0,088%. Durante todo o período de armazenamento, o teor de sólidos insolúveis em água manteve-se dentro do padrão de qualidade estabelecido em norma vigente (BRASIL, 2000), a qual estabelece um teor máximo de 0,1% para os sólidos insolúveis em água, tanto para o mel de flores como para mel de melato.

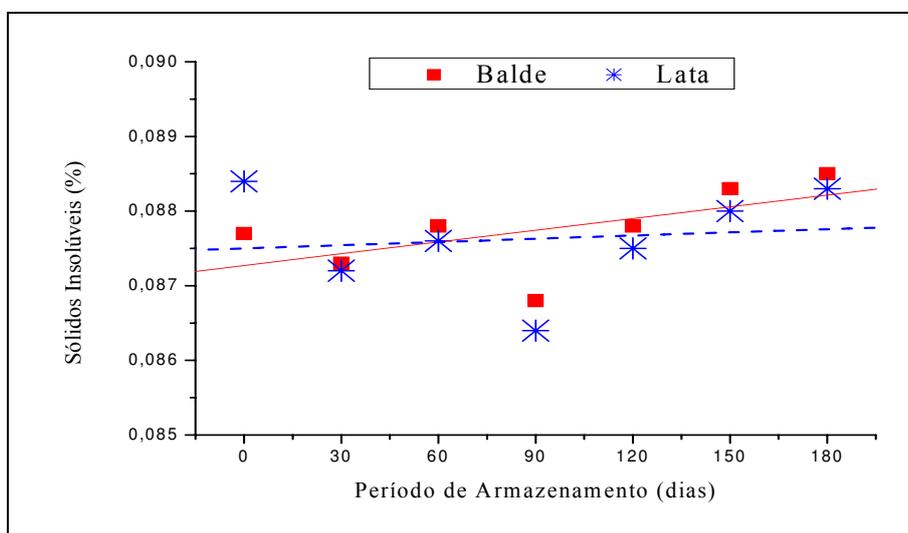
Os resultados obtidos para os sólidos insolúveis em água foram próximos aos encontrados por MELO (2002) trabalhando com méis das floradas silvestre e baraúna no Estado da Paraíba, alcançando um valor médio de 0,08% e 0,06%, respectivamente. SILVA (2001), estudando os méis do Piauí de diferentes floradas, obteve um valor médio de sólidos insolúveis de 0,08%, variando de 0,06 a 0,09%.

**Tabela 4.31** - Valores médios de sólidos insolúveis (%) para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

Embalagem	Tempo						
	0	30	60	90	120	150	180
<b>Balde</b>	0,0877	0,0873	0,0878	0,0868	0,0878	0,0883	0,0885
<b>Lata</b>	0,0884	0,0872	0,0876	0,0864	0,0875	0,0880	0,0883

Obs.: Não houve significância a 5% de probabilidade na interação entre os dois fatores.

Na Figura 4.21 têm-se os teores de sólidos insolúveis em função do tempo, onde se vê a manutenção dos valores nas duas embalagens ao longo tempo, com variações mínimas, aceitáveis na metodologia utilizada.



**Figura 4.21** – Valores de sólidos insolúveis em água para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.

#### 4.2.9 - Atividade diastásica (DN)

Os resultados na Tabela A.27 (Apêndice A) apresentam a análise de variância para o valor da atividade diastásica, onde se observa, através do teste F, que não houve efeito significativo para o fator embalagem e para interação entre os dois fatores (embalagem x tempo). Porém, para o fator tempo, houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.32, encontram-se os resultados médios da atividade diastásica do mel durante o armazenamento nas duas embalagens. O teste de comparação de médias (teste de Tukey) não foi aplicado, uma vez que o teste F da análise de variância para a interação (embalagem x tempo) não foi significativo. A média geral dos valores da atividade diastásica encontrada foi de 29,06 DN para um intervalo de variação de 23,42 a 32,12 DN. A legislação brasileira (BRASIL, 2000) estabelece um valor mínimo de atividade diastásica de 8 DN. Baseados nesse critério, os resultados obtidos para as amostras de méis confirmaram, em princípio, que se trata de méis de boa qualidade.

Os valores da atividade diastásica apresentados neste estudo foram superiores aos obtidos por AZEREDO et al. (1999) ao estudarem as características físico-químicas dos méis do município de São Fidelis-RJ, que encontraram valores médios da atividade diastásica quando acondicionados em embalagem de vidro de 12,60 DN, em polipropileno sob temperatura e luz ambiente de 14,20 DN e em polipropileno sob abrigo da luz de 12,86 DN, após 180 dias de armazenamento. MELO (2002), pesquisando méis das floradas silvestre e baraúna, obteve valores médios da atividade diastásica de 18,72 DN e 13,27 DN, respectivamente.

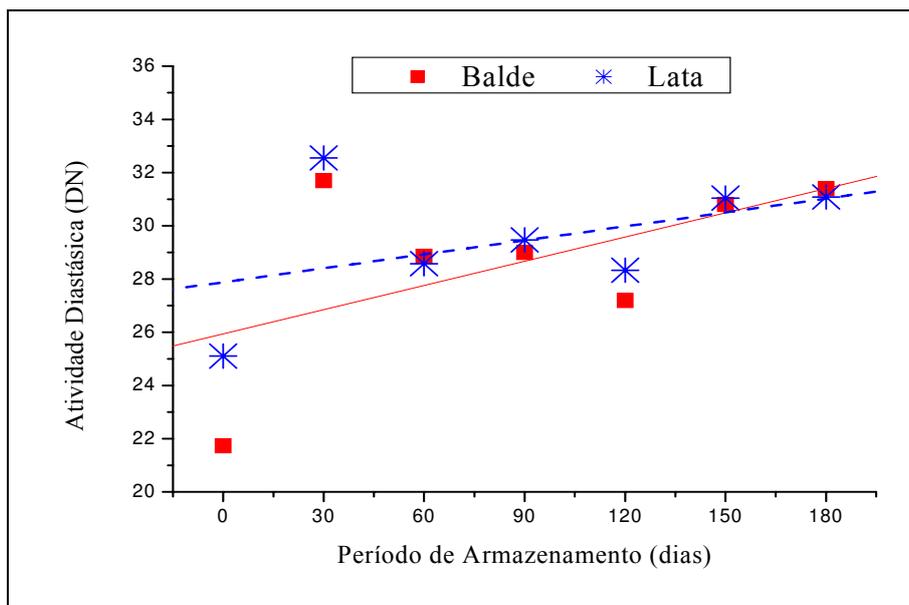
SILVA (2001), analisando méis piauienses de diferentes floradas, relata um valor médio da atividade diastásica de 15,9 DN para um intervalo de 10,08 a 20,83 DN.

**Tabela 4.32** - Valores médios de atividade diastásica (DN) para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	21,74	31,70	28,85	29,00	27,19	30,80	31,39
Lata	25,10	32,55	28,58	29,47	28,33	31,04	31,08

Obs.: Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de interação não foi significativo.

Observa-se, na Figura 4.22, que houve um aumento do índice de diástase no período de 30 dias de armazenamento. Após esse período, manteve-se estável entre valores de 27,19 e 32,55 DN. Esse comportamento foi observado em ambas as embalagens, porém a lata atingiu níveis um pouco superior aos do balde na maioria dos pontos experimentais.



**Figura 4.22** – Valores de atividade diastásica para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens.

#### 4.2.10 - Acidez livre

A Tabela A.28 (Apêndice A) exibe os resultados da análise de variância para a acidez livre, onde se observa, através do teste F, que não houve efeito significativo para o fator embalagem. Porém, para o fator tempo e para a interação entre os dois fatores (embalagem x tempo), ocorreu significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A média geral da acidez livre obtida no experimento foi de 42,84 meq/kg para uma variação de 41,04 a 44,05 meq/kg (Tabela 4.33). A norma vigente (BRASIL, 2000) estabelece um máximo de 50 meq/kg para a acidez livre.

O armazenamento influenciou significativamente na acidez livre, observando-se redução entre os tempos iniciais e finais do armazenamento. Os resultados da acidez livre obtidos foram superiores aos encontrados por CARVALHO et al. (2000) em méis provenientes do recôncavo baiano, que foi de 3,52 meq/kg. RODRIGUES et al. (2002) registraram valores de acidez próximos aos do presente estudo para méis da região do Brejo Paraibano (41,6 meq/kg).

**Tabela 4.33** - Valores médios de acidez livre (meq/kg) para méis de florada de vassourinha de botão. Interação embalagem x tempo de armazenamento.

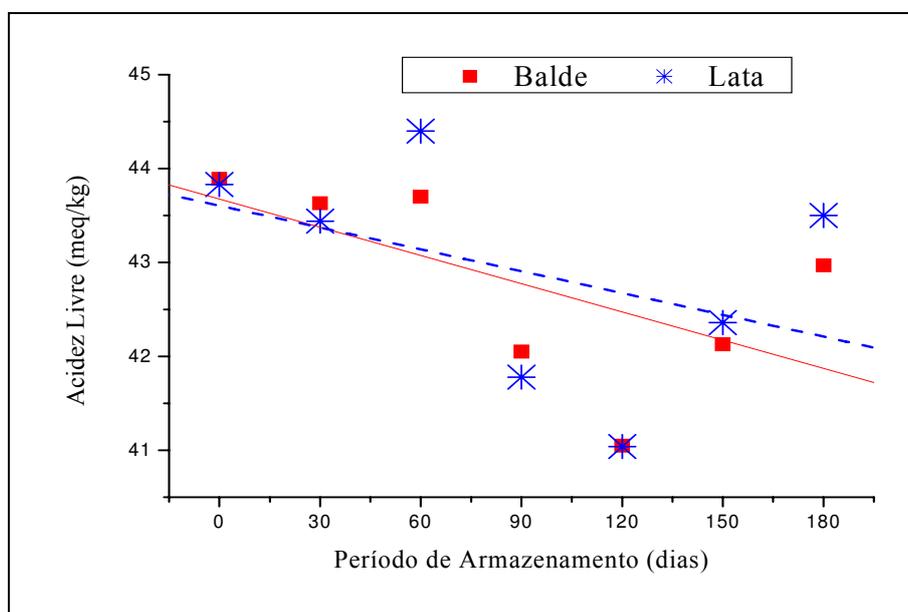
Embalagem	Tempo (dia)						
	0	30	60	90	120	150	180
Balde	43,89 aA	43,63 aA	43,70 bA	42,05 aC	41,05 aD	42,13 aC	42,97 bB
Lata	43,83 aAB	43,44 aB	44,40 aA	41,78 aC	41,04 aD	42,36 aC	43,50 aB

DMS p/ colunas = 0,38; DMS p/ linhas = 0,58; MG = 42,84 meq/kg; CV = 0,71%.

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral e CV: Coeficiente de variação

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 4.23, estão apresentados os valores médios de acidez livre, ao longo do período de armazenamento, onde se verifica um comportamento semelhante para ambas as embalagens. Percebe-se que os resultados apontam uma diminuição ao longo do armazenamento, com os resultados para os três primeiros tempos superiores aos dos quatro últimos.



**Figura 4.23** – Valores de acidez livre para o mel produzido a partir da florada de vassourinha de botão durante o armazenamento nas diferentes embalagens

## 5 – CONCLUSÕES

- ↪ Dos parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação brasileira e do Mercosul, os méis dos diferentes municípios da região do Baixo Jaguaribe – Ceará apresentam-se dentro dos padrões estabelecidos, exceto o hidroximetilfurfural – HMF (municípios de Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Aracati e Quixeré) e acidez livre (municípios de Limoeiro do Norte, Aracati e Quixeré), que apresentam valores que não se enquadram dentro desses padrões.
  
- ↪ Com o aumento da temperatura, ocorreu uma redução na viscosidade dos méis, sendo mais acentuada com o início do aquecimento, entre 20 e 30°C, para os diferentes municípios estudados.
  
- ↪ A equação de Arrhenius representou adequadamente o efeito da temperatura na viscosidade do mel, nos três tempos de armazenamento estudados.
  
- ↪ As características físico-químicas no mel de Limoeiro do Norte submetido ao armazenamento enquadraram-se nos padrões estabelecidos pela legislação vigente durante o armazenamento, exceto para o hidroximetilfurfural, que aos 180 dias apresentou valores superiores aos permitidos pela legislação, nos dois tipos de embalagens.
  
- ↪ Dentre as duas embalagens utilizadas no armazenamento, o recipiente plástico apresentou melhor resultado na manutenção dos níveis de açúcares redutores, hidroximetilfurfural, umidade, cinzas e acidez livre.
  
- ↪ O recipiente metálico apresentou melhor desempenho na conservação dos teores de sacarose aparente, sólidos insolúveis e atividade diastásica.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R.M.M., R.L.M.S. de MORAES & O. MALASPINA. 2000. **Histological aspects and protein content of the venom gland of *Apis mellifera* L. Workers: Effect of electrical shocks in summer and winter.** J. Venom. Anim. Toxins 6: 87-98.

ADORNO, R. A. C. **Reologia de sucos de frutas tropicais: manga, maracujá, mamão e goiaba.** 1997. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ALCOFORADO FILHO, F. G.; GONÇALVES, I. C. Flora apícola e mel orgânico. In: VILELA, S. L. O. **Cadeia produtiva do mel no Estado do Piauí.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. cap. 3, p. 48-59.

ALMEIDA, D. de. **Espécies de abelhas (*Hymenoptera, Apoidea*) e tipificação dos méis por elas produzidos em área de cerrado do município de Pirassununga, Estado de São Paulo.** 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; PAMPLONA, L.; BERA, A.; VILHENA, F. Composição nutricional de méis comercializados no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 2002, Campo Grande. Anais. Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p. 81-81.

ALONSO, M. L.; GARZÓN, E.; MELCÓN, B.; ZAPICO, J. Diseño experimental en reologia de alimentos líquidos e semilíquidos: I. comportamiento de flujo inicial de alimentos infantiles preparados. **Alimentaria**, Madrid, v. 27, n. 213, p. 53-57, 1990.

ALVARADO, J.D.; ROMERO, C.H. Physical properties of fruits - 1-11: Density and viscosity of juices as functions of soluble solids and content and temperature. **Latin American Applied Research**, Bahía Blanca, v.19, n.24, p.15-21, 1989.

AMMON, R. - Der Ursprung der Diastase des Bienenhonigs, in **Biochem. Zeitschr.**, 319, pp.295-99, 1949.

ANDRADE, P. B.; AMARAL, M. T.; ISABEL, P. Carvalho J.C.M.F.; Seabra R.M.; Proença da Cunha A. Physicochemical attributes and pollen spectrum of Portuguese heather honeys. *Food Chemistry*, v. 66, n. 4, p. 503-510, 1999.

ANGELUCCI, E; CARVALHO, C.R.; CARVALHO, P.R.N.; FIGUEIREDO, I.B.; MANTOVANI, D.M.B.; MORAES, R.M. de 1987. **Análise química de alimentos - Manual técnico**. Campinas, ITAL. 123 p.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Maryland: AOAC, 1997. 1141p.

APHA. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington: American Public Health Association, 1992. 378 p.

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. 86 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ASSIL, H. I.; STERLING, R.; SPORNS, P. Crystal control in Processed Liquid Honey. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 56, n. 4, p. 1034-1037, 1991.

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**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 3–7, 1999.

AZEVEDO-BENITEZ, A.L.G.; PEREIRA, F. M.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. **Seleção bidirecional para a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera***. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3., 1998, Ribeirão Preto. Anais... Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 1998. p.271.

BALDI-CORONEL, B.; DALL’OGLLIO, A. M.; LEZCANO, S. Caracterización físico-químico de las mieles de la Provincia de Entre Rios. *Aliment. Latinoam.*, Zaragoza, n. 39, p. 39-44, 1993.

BARROS, Manoel Bernardo de., Apicultura Ministério da Agricultura. Serviço de Informação Agrícola, Rio de Janeiro, 1965. 251 p. (Série Didática, 20)

BARTH, O. M. **O pólen no mel brasileiro**. Rio de Janeiro: Gráfica Luxor, 1989. 152 p.

BARTH, Monika O.; MAIORINO, Camila; BENATTI, Ana P.T; BASTOS, Deborah H.M. **Determinação de parâmetros físico-químicos e da origem botânica de méis indicados monoflorais do Sudeste do Brasil**. Ciências Tecnologia de Alimentos , Campinas, 25(2): 229-233, abr.-jun. 2005.

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

BASTOS, E. M. A. F.; MONTEIRO, E. P.; SOARES, A. E. E. **Indicadores de qualidade de produtos apícolas produzidos próximos à áreas urbanas em Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998. p. 209 - 210.

BASTOS, E. M. A. F. Origem botânica do mel e da própolis produzidos por abelhas, determinados por observações em campo, métodos microscópicos e RAPD. In: CONGRESSO BAIANO DE APICULTURA, 1., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Editora UESC, 2002. p. 32–33.

BASTOS, E.M. Espectro polínico do mel produzido em algumas áreas antrópicas de Minas Gerais. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, v.55, n.4, p.789-799, 1995.

BERDINI, J. N.; FARIA JÚNIOR, L. R. R.; BARRETO, L. M. R. C. Análise físico-química dos méis produzidos em 15 municípios do Vale do Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p. 63.

BEZERRA, J. R. M. V. **Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L. Keitt)**. 2000. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; CHOW, S. Rheology of selected Australian honeys, **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 41, n. 1, p. 65-68, 1999.

BIANCHI, E. M. **Determinacion de HMF en la miel**. Argentina: Centro de Investigaciones Apícolas/ Facultad de Agronomía y Agroindustrias/Univ. Nacional de Santiago Del Estero, 1989. 81 p.

BLANCHI, E.M. **Control de calidad de la miel y la cera**. Roma: FAO, 1990. 69 p.

BLUM, M. S. Chemical defenses in arthropods. New York, Academic Press, 1981.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 306 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 126 p.

BOGDANOV, S. LULLMANN, 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.; TSIGURI, A.; KERKVLIT, J.; ORTIZ, A.; IVANOV, T.; DARCY, 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.

BOGER, D. V. y TIU, C. Rheological properties of food products and their use in the design of flow systems. **Food Technol. in Australia**, v. 26, n. 8, p. 325-332, 1974.

BORDERÍAS, A. J.; MONTERO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 28, n. 2, p. 159-169, 1988.

BRASIL, Portaria Nº 006 de 25 de julho de 1985. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Secretaria de Inspeção de Produto Animal. Normas Higiênico-Sanitárias e Tecnológicas para Mel, Cera de Abelhas e Derivados. Brasília: SIPA, 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Estabelece o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 out. 2000. Seção 1, p. 16-17.

BREYER, H.F.E. Produção, coleta, limpeza, acondicionamento e comercialização de própolis bruta de abelha *Apis mellifera*. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 10. **Anais...**, Goiás: 1994. 108 – 112 p.

BRIDGES, A.R. & M.D. OWEN. 1984. **The morphology of the honeybee (*Apis mellifera* L) venom gland and reservoir**. J. Morph. 181: 69-86.

CAC - Codex Alimentarius Commission. Official methods of analysis. v.3, Supl.2, 1990. p.15-39.

CAMPOS, G. Melato no mel e sua determinação através de diferentes metodologias: (Tese de Doutorado em Ciência Animal), Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte 1998, 178 p.

CAMPOS, M. da G. R. Contribuição para o estudo do mel, pólen, geléia real e própolis. **Boletim da Faculdade de Farmácia de Coimbra**, Coimbra, v. 11, n. 2, p. 17-47, 1987.

CANO, C. B.; FELSNER, M. L.; MATOS, J. R.; BRUNS, R. E.; WHATANABE, H. M.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. Comparison of Methods for Determining Moisture Content of Citrus and Eucalyptus Brazilian Honeys by Refractometry. **Journal of Food Composition and Analysis**. Roma, V. 14, nº 1, February 2001, pp. 101-109.

CANO, C. B. **Caracterização dos méis monoflorais de eucalipto e laranja do Estado de São Paulo pela análise polínica e físico-química**. 2002. 211 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARNEIRO, J. G. M.; SOUZA, D. C.; MURATORI, M. C. S.; MOURA, S. G.; MELO, R. S.; SILVA, E. P.; RÊGO, J. G. S. Características físico-químicas de 132 amostras de mel de abelha da microrregião de Simplício Mendes, PI. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002, p. 76.

CARVALHO, R. L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. **Análises químicas de alimentos.** Campinas: ITAL, 1990. 121 p.

CARVALHO, C. A. L. de; MARCHINI, L. C.; TEIXEIRA, G. M.; OLIVEIRA, P. C. F. de; RUBIA, V. R. Características físico-químicas de amostras de méis da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., Salvador, 1998. **Anais...** Salvador: CBA, 1998. p.200

CARVALHO, C. A. L. de; MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; ALVES, R. M. de O. Análises de amostras de méis provenientes do recôncavo da Bahia. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4., Ribeirão Preto, 2000. **Anais...** Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2000. p. 352.

CARVALHO, C. A. L. de; MARCHINI, Luís Carlos; SODRÉ, G. S.; ALVES, R. M. O. Características físico-químicas de amostras de méis da Bahia: 1. Porcentagem de cinzas. In: I Congresso Baiano de Apicultura, 2001, Ilhéus-BA. **Anais do I Congresso Baiano de Apicultura.** Ilhéus-BA: Editora UESC, 2000. v. 1. p. 105-105.

CHARM, S. E Viscometry of on-newtonian food materiais. **Food Research**, Chicago, n.25, p. 351-362, 1960.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1992. 31 p.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias.** Zaragoza: Acribia, 1989. 346 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 302 p.

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 2005. **Mapa da região do Baixo Jaguaribe**. Governo do Estado do Ceará.

CORNEJO, L. G. Tecnologia de miel. In: SEEMANN, P.; NEIRA, M. **Tecnología de la producción apícola**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de ciencias agrárias, 1988. p. 145-171.

COSTA, L. S. M.; ALBUQUERQUE, M. L. S.; TRUGO, L. C.; QUINTEIRO, L. M. C.; BARTH, O. M.; RIBEIRO, M.; de MARIA, C. A. B. Determination of non-volatile compounds of different botanical origin Brazilian honeys. **Food Chemistry**, Inglaterra, v. 65, n. 3, p. 347-352, 1999.

COUTO, R. H. N. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 154 p.

CRANE, E. Honey: a comprehensive survey. London: Heinemann, 1975. 608 p.

CRANE, E. **O Livro do mel**. São Paulo: Nobel, 1983. 226 p.

CRANE, E. **O Livro do mel**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 230 p.

CRANE, E. **Bees and beekeeping-science, practice and world resources**. London: Neinemann Newnes, 1990. 614 p.

CRUZ-LANDIM, C., S. BALDISSERA & D. BEIG. 1967. **Degeneração da glândula de veneno de Apis durante o verão e inverno**. Revista Brasileira Biologia. 27: 355-361.

DADANT, L. 1966. **La Abeja y la colmeia**. 4ª edição, Guli, 936p.

DAYRELL, I. O.; VITAL, N. C. Comparação entre dois métodos oficiais para determinação de hidroximetilfurfural (HMF) em mel brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 137-141, 1991.

DE JONG, D. O comportamento das abelhas africanizadas nas Américas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1., 1994, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 1994. p. 80-87.

DIAS CORREIA, A. A.; DIAS CORREIA, J. H. R. **Bioquímica Animal**. 2ª edição, Lisboa: Calouste Gulbenkian, p. 1175 – 1176. 1985

DOZO, A. M. M. de. Determinacion de azucares em mieles producidas em la província de Buenos Aires – Republica Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 5., 1980, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. p. 312-316.

DURAN, L. Controle de qualidade de alimentos. In: Seminário de Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos: Resumos, Campinas, ITAL, 1991,p.1.

FAO/ONU. Estatísticas de produção da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2004. <http://www/fao.org>

FELLER-DEMALSY, M. J.; VICENTE, B.; BEAULIEU, F. Teneur en mineraux et origine geographique des miels du Canada. **Apidology**, Paris, v. 20, n. 1, p. 77-91, 1989.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada a agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.

FERREIRA, Eliomar Evaristo; BRANDAO, Paulo Roberto Gomes; KLEIN, Bernhard; PERES, Antônio Eduardo Clark. **Reologia de suspensões minerais: uma revisão**. Rem: Revista Escolar de Minas, Ouro Preto – Minas Gerais, Jan./Mar. 2005, vol.58, nº.1, p.83-87. ISSN 0370-4467.

FLECHTMANN, C. H. W.; CALDAS FILHO, C. F.; AMARAL, E.; ARZOLA, J. D. P. Análise de méis do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v. 21, p. 65-73, 1963.

FREITAS, B. M. **Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola**. 140 f. 1991. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FREITAS, B.M. Beekeeping and cashew in north-eastern Brazil: the balance of honey and nut production. **Bee World**, Cardiff, v. 75, n. 4, p. 168-177, 1994.

FRIAS, I.; HARDISSON, A. Estudio de los parámetros analíticos de interés en la miel: II - azúcares, cenizas y contenido mineral y color. **Alimentaria**, v. 28, n. 235, p. 41-43, 1992.

FRIAS TEJERA, I.; TORRE, A.H. de la. Physico-chemical parameters of honey produced in the province of Santa Cruz de Tenerife. 4. Directly reducing sugars and sucrose. *Canarias Apícola*, n. 24, p. 4-6, 1991./Resumo em CAB, v. 3A, 1990/1991.

FRISCH, K. V. **The dancing bees**. London: Methuen, 1953. 183 p.

FRISCH, K. V.; LINDAUER, M. The language and orientation of the honey bee. **Annual Review of Entomology**, v. 1, p. 45-58. 1956.

GHISALBERTI, E. L. Propolis: a review. **Bee World**, Cardiff, v. 60, n. 2, p. 59-84, 1979.

GOMEZ, M. E. M.; HERNANDEZ, E.G.; GOMEZ, J. Y. M.; MARIN, J. L. M. Physicochemical analysis of Spanish commercial Eucalyptus honeys. **Journal of Apicultural Research**, Bucharest, v. 32, n. 3/4, p. 121-126, 1993.

GONÇALVES, L. S. A Study Of Orientation Information Given By One Trained Bee By Dancing. *Journal of Apicultural Research*. England, v. 8, n. 3, p. 113-132, 1969.

GONÇALVES, L. S. Comunicação em *Apis*. In: CAMARGO, J. M. F. **Manual de apicultura**. Piracicaba: Ceres, 1972. cap. 2, p. 32-57.

GONNET, M. **Le miel: composition, propriétés, conservation**. 2. ed. Montfavet: OPIDA, 1982. 109p.

GOVIER, G. W e AZIZ, A. **The flow of complex mixtures in pipes**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1972.

GRATÃO, A. C. A.; BERTO, M. I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar invertido: influencia da temperatura na viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 652-656, 2004.

HAYDAK, M.H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v.15, p.143-156, 1970.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, Dordrecht, v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971.

HOLDSWORTH, S. D. Rheological Models used for the Prediction of the Flow Properties of Food Products: a Literature Review. *Trans I ChemE*, v. 71, Part C, p. 139-179, Sept. 1993.

HOOPER, T. Características físico-químicas de amostras de méis provenientes dos municípios de Aratiba e Erechim no estado do Rio Grande do Sul. In. SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5., 1983, São Borja. **Anais...** São Borja: RS, 1983. p. 115-127.

HORN, H. Intensive practical courses on honey analysis. São Paulo: FFCLRP/USP, 1996. 43p. Dissertação (Mestrado em Entomologia).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo: O Instituto, 1985. v.1, 533p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção de mel no Brasil, 2003**.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – Mercado. **Mel: Exportações fazem produção aumentar de Norte a Sul**. Data de Publicação: 12/04/2005. Autor (es): Luis Henrique Perez ([lhpez@iea.sp.gov.br](mailto:lhpez@iea.sp.gov.br)); José Venâncio de Resende ([venancio@iea.sp.gov.br](mailto:venancio@iea.sp.gov.br)); Benedito Barbosa de Freitas ([bfreitas@iea.sp.gov.br](mailto:bfreitas@iea.sp.gov.br)).

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Um Quadro Panorâmico da Produção de Mel de Abelha no Ceará**. Publicações: Nota Técnica Nº 6. Anuário Estatístico do Ceará, 2002.

IWAMA, S.; MELHEM, T. S. The pollen spectrum of the of *Tetragonisca angustula angustula* Latreille (Apidae, Meliponinae). **Apidologie**, Paris, v. 10, n. 3, p. 275–295, 1979.

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

KOMATSU, S. S. Caracterização físico-química de méis de *Apis Mellífera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) de diferentes municípios do Estado de São Paulo. 1996. 90 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KOMATSU, S. S.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C.C. Análises físico-químicas de amostras de méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranjeira, produzidos por *Apis mellifera* no Estado de São Paulo: I. Índice de diastase e hidroximetilfurfural. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 3, p. 381-392, 2001.

KOMATSU, S. S.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C. Análises físico-químicas de amostras de méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranjeira, produzidos por *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) no Estado de São Paulo: 2. conteúdo de açúcares e de proteínas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 143–146, 2002.

KOMATSU, S. S.; MARCHINI, L. C. Teores de açúcares redutores e sacarose de amostras de méis de flores silvestres produzidos por *Apis mellifera* no Estado de São Paulo. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1996, Teresina-PI. CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. Teresina, Piauí, 1996. v. 1. p. 344-344.

KRAMER, A.; TWIGG, B. A. **Fundamentals of quality control for the food industry**. 2ª ed. Westport: AVI, 1966. 541 p.

KULMYRZAEV, A.; McCLEMENTS, D. J. High frequency dynamic shear rheology of honeys. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 45, n. 4, p. 219-224, 2000.

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

LARA, A.B.W.H.; NAZÁRIO G.; ALMEIDA M.E.W.; PREGNOLATTO, W. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 2.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976. v.1, 371 p.

LEGLER, S. **Inspecção e controle da qualidade do mel**. In: SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5.; ENCONTRO DE APICULTORES DO MERCOSUL, 1.,2000, São Borja, RS.

LEVI, P. S. O desenvolvimento apícola no semi-árido do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998. p. 169-170.

MARCHINI, L. C. ; MORETI, A. C. de 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*, Campinas, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. **Composição físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. do Estado de Tocantins, Brasil**. B. Indústr.anim., Nova Odessa, São Paulo, v.61, n.2, p.101-114, 2004.

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. de C. C.; SILVEIRA, SINVAL NETO. **Características físico-químicas de amostras de mel e desenvolvimento de enxames de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae), em cinco diferentes espécies de Eucaliptos**. B.CEPPA, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 193-206, jan./jun. 2003

MARCHINI, L. C. Caracterização de amostras de méis de *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera-Apidae) do Estado de São Paulo, baseada em aspectos físico-químicos e biológicos. Livre Docência, Piracicaba – SP, 2001, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C. Características de cinco diferentes espécies de eucaliptos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4., 2001, Campinas. **Resumos...** Campinas: SBCTA, 2001. p. 42.

MARCHINI, L. C. ; SODRÉ, G. da S. ; CARVALHO, C. A. L. de . Hidroximetilfurfural de amostras de méis de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) provenientes do Estado da Bahia. In: 4º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTO, 2001, Campinas. SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTO, 2001. p. 64-64.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. da S.; RODRIGUES, S. R. Características físico-químicas de amostras de méis de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) provenientes do Mato Grosso do Sul. In: 4º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTO, 2001, Campinas. SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTO, 2001. p. 60-60.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; MORETI, A. C. C. C. Condutividade elétrica, teor de proteína, viscosidade e teor de água de amostras de méis de flores de laranjeira produzido por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 10., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2002. CD.

MARTÍNEZ, C. A. E.; MEZA, G. G. G.; MENDOZA, M. R. Q. **Mieles de abejas de flora paraguaya:** composición, tipificación y normalización. San Lorenzo: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad Nacional de Asunción, Asociación Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 1992. 31 p.

MELO, Z. F. N. **Características físico-química de méis de abelha (*Apis mellifera* L.) em diferentes condições de armazenamento.** 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MENJIVAR, J. A.; RHA, C. K. **Viscoelastic effects in concentrated protein dispersions.** **Rheologica Acta**, Darmstadt, v. 19, n. 2, p. 212-219, 1980.

MOHAMED, M. A.; AHMED, A. A.; MAZID, M. M. Studies on Libyan honeys. **Journal of Food Quality**, v. 4, p. 185-201, 1982.

MORAES, R.M. Da flor ao consumidor: o controle de qualidade que valoriza o produto. Discussões abertas, CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, 1996, Teresina – PI, **Anais...**, p. 215.

MORAES, R. M; TEIXEIRA, E. W. **Análises de mel (manual técnico)**. Pindamonhagaba: SAA/AMA. 1998.

MORAES, R. M.; MANTOVANI, D. M. B. Composição química de méis de diferentes fontes florais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 7., 1986, Salvador. **Resumos...** Salvador: CBA, 1986. p. 58.

MOREIRA, R. F. A. & DE MARIA, C. A. B. **Glicídios no Mel**. Química Nova, Vol. 24, N° 4, 516-525, 2001.

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L.V: KUSKOSKI, E.M. **Introdução à ciência de alimentos**. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 255p. 2002

MUXFELD, H., **Apicultura para todos**. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 1970. 303 p.

NOCELLI, R.C.F. 2002. **Glândula de veneno**, p.151-163. In C. Cruz-Landim & F.C. Abdalla (eds.), **Glândulas exócrinas das abelhas**, FUNPEC-RP, Ribeirão Preto, 181p.

NOGUEIRA-COUTO, R.H. **Alguns fatores que afetam a produção de geléia real em colméias de Apis mellifera**. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE BIOLOGIA DE ABELHAS E OUTROS INSETOS SOCIAIS, 1992, São Paulo. Anais... Universidade Estadual Paulista, 1992. p. 90-96.

NORONHA, P. R. G. **Caracterização de méis cearenses produzidos por abelhas africanizadas: parâmetros químicos, composição botânica e colorimetria**. 1997. 147 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, R. P. S. **Determinação das propriedades físicas e de transporte de suco de acerola**. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- ONOFRE, P.M. **Redução da viscosidade em suco de laranja concentrado com tratamento enzimático**. Campinas, 1995. 71p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas
- PALMA, M.S. & M.R. BROCHETTO-BRAGA. 1994. **Veneno de Hymenoptera sociais: Coleta, composição, bioquímica e mecanismos de ação**, p.251-258. In B. Barravieira (org.), Venenos animais, Publicações Científicas, Rio de Janeiro, 387p.
- PAMPLONA, B. C. Exame dos elementos químicos inorgânicos encontrados em méis brasileiros de *Apis mellifera* e suas relações físico-biológicas. 1989. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- PAPOFF, C. M.; CAMPUS, R. L.; CICU, M. F. I.; FARRIS, G. A.; FLORIS, I.; D'ALBORE, R. G. Physical, chemical, microbiological and palinological characteristics of Somalian honey. **Apicultura**, n. 4, p.147-172, 1988.
- PARK, Y. K.; IKEGAKI, M.; ALENCAR, S. M.; MOURA, F. F. Evaluation of brazilian propolis by both physicochemical methods and biological activity. **Honeybee Science**, Japão, v. 21, n. 2, p. 85-90, 2000.
- PARK, Y. K.; KOO, M. H.; ABREU, J. S. A.; IKEGAKI, M.; CURY, J. A.; ROSALEN, P. L. Antimicrobial activity of propolis on oral microorganism. **Current Microbiology**, Estados Unidos, v. 36, n. 1, p. 24-28, 1998.
- PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. do R.; CAMARGO, R. C. R. de.; VILELA, S. L. de O. **Produção de mel**. Sistema de produção 3 (Versão eletrônica). Embrapa Meio-Norte, 2003.
- PEREZ, LUÍS HENRIQUE; RESENDE, JOSÉ VENÂNCIO de; FREITAS, BENEDITO BARBOSA de. **Exportações Brasileiras de Mel Natural no período 2001-2003**. Informações Econômicas, SP, v.34, n.6, p. 28-37, 30/jun. 2004.
- PERSANO-ODDO, L.; PIAZZA, M. G.; SABATINI, A. G.; ACCORTI, M. Characterization of unifloral honeys. **Apidologie**, Paris, v. 26, n. 6, p. 453-465, 1995.

PFAU, L. A.; RUHLE, E. R. Concurso de mel: método de avaliar a qualidade do mel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 7., 1986, Salvador. **Resumos...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1986. p. 58-59.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. Mysore: Tata McGraw-Hill, 1977. 634 p.

RAO, M. A. Rheology of fluid foods: a review. **Journal of Texture Studies**, New York, v. 8, n. 2, p. 135-168, 1977a.

RAO, M.A. Measurement of flow properties of fluid foods: developments, limitations, and interpretation of phenomena. **Journal of Texture Studies**, New York, v. 8, n. 3, p. 257-282, 1977b.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H.; **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, 1986. cap. 5, p. 1-47.

RENDÓN, S. R. Estudio de la composición físicoquímica de las mieles extremenas y extranjeras. In: V Congresso Ibero-Latinoamericano de Apicultura, Montevideu, Uruguai, 1996, p. 174-183.

RIBEIRO, M. B. D. Potencialidade de apicultura no Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998, p. 38-43.

RINAUDO, M.T.; PONZETTO, C.; VIDANO, C.; MARLETTO, F. The origin of honey amylase. **Comparative Biochemistry and Physiology B.**, New York, v. 46, n. 2, p. 253-256, 1973.

ROOT, A. I. **ABC y xyz de la apicultura: encyclopedia de la cria cientifica y práctica de las abejas**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 1985. 723 p.

RODRIGUES, A. C. L.; MARCHINI, L. C.; HADDAO, M. L. Características qualitativas da parte cristalizada e do sobrenadante de diferentes méis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. p. 349.

RODRIGUES, A. E.; SILVA, E. M. S. da; BESERRA, E. M. F. **Análise físico-química dos méis de abelha *Apis mellífera* e *melípona scutellaris***. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., Campo Grande, 2002. **Anais**. Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p.62.

RODRIGUES, A. E.; CUNHA FILHO, P. M. C. **Análise comparativa da qualidade da própolis coletada através de calços de madeira e tela plástica na região do brejo paraibano**. Mensagem Doce; 01/06/01; 2001; 20; 22; Português; São Paulo; BRASIL

RODRIGUES, A. E.; SILVA, E. M. S.; BESERRA, E. M. F.; RODRIGUES, M.L. **Análise físico-química dos méis de abelha *Apis Mellifera* e *Melipona scutellaris***. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p. 62.

RUHLE, E.R. **Controle de qualidade dos produtos apícolas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ???, 2000. CD.

SAMPAIO, Evildia Aparecida Bassi. **Caracterização do pólen apícola processado, comercial e armazenado na colméia-pão de abelha de algumas localidades do Paraná**. 1991. Of. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Orientador*: Renato João Sossela de Freitas.

SANCHO, M. T.; MUNIATEGUI, S.; HUIDOBRO, J. F. et al. Aging of honey. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washinton, v. 40, n. 4, p. 134-138, 1992.

SANTOS, KEITY SOUZA.; MALASPINA, OSMAR.; PALMAS, MÁRIO SERGIO. **Cinética da diástase em méis de diferentes origens florais um novo protocolo experimental**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

SANTOS JÚNIOR, M. C.; SANTOS, F. A. R. Identificação botânica de méis da Bahia: estudo palinológico. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53., 2002, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 2002. p. 191.

SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. **Journal of Food Science**, New York, v. 35, n. 2, p. 122-125, 1970.

SCHADE, J. W.; MARSA, G.; LECKERT, J. E. Diastase activity and hydroxymethylfurfural in honey and their influence in detecting heat alteration. **Food Research**, v. 23, p. 446-463, 1958.

SCHAUSE, L.P. 1998. **Aspectos práticos da produção de veneno, pólen e cera-controle de qualidade do pólen.** In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 12: 1998. Salvador. Anais...Salvador, Confederação Brasileira de Apicultura, p. 119-122.

SCHMIDT, J. O. In: PIEK, T. Ed. **Venoms of the hymenoptera.** London. Academic Press, 1986. p. 425-508.

SCHMIDT, P. J. et al. **The detoxification of ant (Pogonomyrmex) venom by a blood factor in horned lizards (Phrynosoma).** *Copeia* 19: 603-7. 1989.

SCHWEITZER, Monsenhor Paul. **Qualidade do mel.** *Revista Abeille de France*, 866, janeiro 2001. Sombernon, França. Mensagem Doce, n. 61, maio de 2001.

SEEMANN, P.; NEIRA, M. **Tecnología de la producción apícola.** Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1988. 202 p.

SEGEREN, P. **A apicultura nas regiões tropicais.** 2. edição. *Agrodok* 32. Fundação Agromisa, Wageningen, 2004. Brasil. 95 p.

SERRA BONVEHÍ J., GRANADOS TARRÉS E. Physicochemical properties, composition and pollen spectrum of ling heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) honey produced in Spain, *Apidologie*, v.24, p. 586–596, 1993.

SERRANO, R. B.; VILLANUEVA, M. T. O.; MARQUINA, A. D. **La miel: edulcorante natural por excelencia II : Composición, producción y legislación. Alimentaria:** Revista de tecnología e higiene de los alimentos. Universidad de La Rioja – Espanha, v. 29, n. 253, p. 29-38, 1994.

SGARBIERI, V. C. Propriedades funcionais de proteínas em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 105-126, 1998.

SILVA, E. M. S. da; RODRIGUES, A. E.; FREITAS, B. M. Análises físico-químicos dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melípona scutellaris*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE APICULTURA, 2002. p. 61.

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

SILVA, C. F. **Reologia do suco de acerola: efeito da concentração e temperatura.** 1999. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, MAURIZETE da CRUZ; AQUINO, ITALO de SOUZA; ABRAMSON, CHARLES IRA; SANTOS, JOSÉ WELLINGTON DOS. **Uso de zangões (*Apis mellifera* L.) na detecção de cera de abelha adulterada.** Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. vol. 37, n° 6, São Paulo, Dec. 2000.

SILVA, F. de A. S. Programa Computacional - ASSISTAT, versão 7.2 beta, 2004. Departamento de Engenharia Agrícola do CCT – UFCG, Campina Grande – PB – Brasil.

SILVA, R. N.; MONTEIRO, V. N.; ALCANFOR, J. D. X.; ASSIS, E. M.; ASQUIERI, E. R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 337-341, 2003.

SILVEIRA, F.A. 1996. **A importância da palinologia nos estudos apícolas**. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 11. 1996. Teresina. Anais... Teresina, Confederação Brasileira de Apicultura, p. 266-273.

SKELLAND, A. H. P. **Non-newtonian flow and heat transfer**. New York: Jonh Willey & Sons, 1967. 469 p.

SMITH, F. G. Deterioration of the colour of honey. *Journal of Apicultural Research*. V. 6, N° 2, p. 95-98. 1967.

SODRÉ, G. da S. Características físico-químicas e análises polínicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae) da região litoral norte do Estado da Bahia. 2000. 83f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SODRÉ, G. da S.; MARCHINI, L. C.; ARRUDA, C. M. F.; LEVY, P. S. Viscosidade e umidade de amostras de méis de *Apis mellifera* de estados da região Nordeste do Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 10., Piracicaba, 2002. **Anais...** Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2002a. CD.

SODRÉ, G. da S. MARCHINI, L. C.; CARVALHO, C. A. L.; ARRUDA, C. M. F. de; ALMEIDA, D. de. Características físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* provenientes de diferentes municípios da Bahia. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 5., 2002, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2002b. p. 286.

SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; CARVALHO, C. A. L. de. Características físico-químicas de amostras de méis de abelha *Apis Mellifera* da região litoral norte do Estado da Bahia. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 2, p. 243-256, 2002c.

SOLORZA-FERIA, J. Propriedades reológicas do mel de Abelha (*Apis mellifera*). 03/2001, CIENTIFICO INTERNACIONAL, III Congresso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos, Valencia. **Anais...** Valencia: Espanha, 2001. CD.

SOMMER, P. G. O desenvolvimento da apicultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998. p. 173.

SOUZA, B. A.; CARVALHO, C. A. L.; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; Características físico-químicas de amostras de mel de *Melípona asilvai* (Hymenoptera: Apidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1623 – 1624, 2004.

SOUZA, D. C. Apicultura orgânica: alternativa para exploração da região do semi-árido nordestino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, 2002. p. 133-135.

SPORNS, P.; PLHAK, L.; FRIEDRICH, I. Alberta honey composition. **Food Research International**, v. 25, n. 2, p. 93-100, 1992.

STONOGA, V. I.; FREITAS, R. J. S. Conteúdo de água e açúcares em mel de abelhas. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos - **CEPPA**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 9–16, 1991.

TERRAB, A., DIEZ, M. J., & HEREDIA, F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79, 373–379.

THRASYVOULOV, A. The use of HMF and diastase as criteria of quality of Greek honey. **Journal of Apicultural Research**, Cardiff, v. 25, n. 3, p. 186-195, 1986.

TOLEDO, R. T. *Fundamentals of Food Process Engineering*. New York: Chapman & Hall, 1991. 602p.

TULLOCH, A.P. Beeswax — Composition and analysis. **Bee-World**, v.61, n.2, p.47-62, 1980.

UNÂTES, M. A.; AGUILAR, A. B.; PIOLA, H. D. et al. Estudio físico-químico de mieles de la provincia de San Luis – República Argentina. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Guatemala, v. 49, n. 2, p. 193-196, 1999.

VAN WAZER, J. R.; LYONS, J. W.; KIM, K. Y.; COLWELL, R. E. **Viscosity and flow measurement: a laboratory handbook of rheology**. New York: Interscience Publishers, 1963, 406 p.

VERÍSSIMO, M. T. da L **Mel, própolis e geléia real: características e utilidades**. Apicultura no Brasil, São Paulo, v. 2, n. 9, 1985, 58 p.

VERÍSSIMO, M. T. da L. **Análise dos méis de Santa Catarina**. Apicultura no Brasil, São Paulo, v.4, n.9, 1987, 39 p.

VERÍSSIMO, M. T. da L **Saiba o que é HMF**. Apicultura no Brasil, São Paulo, v. 4, n. 24, 1988, 31 p.

VERÍSSIMO, M. T da L. **Curso sobre tecnologia, industrialização e análises de própolis**. Florianópolis: Secretaria de agricultura e do abastecimento. Florianópolis, 1991. 40 p.

VICK, J.A. & SHIPMAN,W. H. Effects of whole bee venom and its fractions apamin and melittin) on plasma cortisol levels in the dog. *Toxicon*, 10: 377-80. 1972.

VICK, J. A.; MEHLMAN; BROOKS; PHILLIPS and SHIPMAN. **Effect of Bee Venom and Melittin on Plasma Cortisol in the Unanesthetized Monkey**. *Toxicon*, 1972 Vol. 10, pp. 581-586.

VICK, J.A. & BROOKS R. B. JR. Pharmacological studies of the major fractions of bee venom. *American Bee J.*: 288-9. 1978.

VIDAL, R.; FREGOSI, E. V. **Mel: características de análises físico-químicas, adulterações e transformações**. Barreto: Instituto Tecnológico Científico “Roberto Rios”, 1984. 95 p.

VIEIRA, J. A. G. **Propriedades termofísicas e convecção no escoamento laminar de suco de laranja em tubos**. 1996. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VIEIRA, Marcio Infante. **Apicultura atual: abelhas africanas – melhor adaptação ecológica, maior produtividade, maiores lucros.** São Paulo. Nobel. 1986. 136p.

VILCKAS, M. **Estudo sobre o perfil do consumidor de mel da região de Ribeirão Preto como subsídio para a exploração da apicultura.** 2000. 105 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Administração de Empresas - Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

VILHENA, F.; ALMEIDA–MURADIAN, L. D. **Manual de análise físico-química de mel.** São Paulo: APACAME, 1999, 16 p.

VILHENA, F.; ALMEIDA–MURADIAN, L. D. **Análise físico-química dos méis de São Paulo.** Revista Mensagem Doce, n. 53, p. 17–22, set. 1999.

VIT, P.; MARTORELLI, I. G. de; LÓPEZ-PALACIOS, S. Clasificación de mieles comerciales Venezolanas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Revista del MUNAPIH, Mérida - Venezuela, v. 44, n. 1, p. 47-56, 1994.

VITALI, A. A.; ROIG, S. M. & RAO, M. A. **Viscosity behaviour of concentrated passion fruit juice.** Confructa, Frankfurt, v. 19, n. 05, p. 201 – 206, 1974.

WANG, D. **Growth rates of young queen and worker-honeybee larvae.** Journal of Apicultural Research, v.4, p.3-5, 1965.

WIESE, H. **Nova Apicultura.** 4<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Agropecuária, 1983, 482 p.

WIESE, Helmuth. **Nova apicultura.** 6<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Agropecuária, 1985. 493 p.

WIESE, H. **Aprenda a criar abelhas.** Nova Apicultura, Guaíba: Agropecuária, 1993. 493p.

WIESE, H. **Novo manual da apicultura.** Guaíba: Agropecuária, 1995. 291 p

WHITE, J. W. Physical characteristics of honey. In: CRANE, E. **Honey a comprehensive survey.** London: Heinemann, 1975. cap. 6, p.207-39.

WHITE JÚNIOR, J. W. La miel. In: Dadant, H. La colmena y la abeja melifera. Montevideo: Hemisfério Sul, 1989. cap.1, p.21-35.

WHITE JÚNIOR, J. W. Quality evaluation of honey: role of HMF and diastase assays. In: SEMINAR ON HONEY STANDARDS, TESTING PROCEDURES, AND QUALITY CONTROL, Riyadh, Saudi Arabia, 1991. **Trabalos apresentados**. Riyadh, 1992. p.25-50.

WHITE, J. W. The role of HMF and diastase assays in honey quality evaluation. **Bee World**, v. 75, n. 3, p. 104-117, 1994.

WHITE, J. W.; SICILIANO, J. Hydroximetilfurfural and honey adulteration. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Philadelphia, v. 63, n. 1, p. 7-10, 1980.

WHITE JÚNIOR, J. W. Methods for determining carbohydrates, hydroxymetilhyfurfural and proline in honey; Collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 62, n. 3, p.515-526, 1979.

WHITE, J.W. Honey. *Advances in Food Research*, San Diego, v. 24. p.287-374, 1978.

YANNIOTIS. S.; SKALTSI, S.; KARABURNIOTI, S.. **Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures**. Journal of Food Engineering. Food Science and Technology Department, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, Athens 11855, Greece, 21 December 2004. p. 1 – 6.

## **APÊNDICE - A**

**Tabela A.1** – Análise de variância dos açúcares redutores (%) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	2,10743	0,35214	0,4608 ns
Resíduo	14	10,67167	0,76226	
Total	20	12,77910		

ns - não significativo

**Tabela A.2** – Análise de variância da sacarose aparente (%) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	4,29478	0,71580	0,5389 ns
Resíduo	14	18,59713	1,32837	
Total	20	22,89191		

ns - não significativo

**Tabela A.3** – Análise de variância do hidroximetilfurfural (mg HMF/kg) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	19,95141107	3325,23518	277,4451 **
Resíduo	14	167,79280	11,98520	
Total	20	20119,20387		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.4** – Análise de variância das cinzas em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	0,18541	0,03090	14,6809 **
Resíduo	14	0,02947	0,00210	
Total	20	0,21488		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.5** – Análise de variância do pH em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	0,09992	0,01665	317,9394 **
Resíduo	14	0,00073	0,00005	
Total	20	0,10066		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.6** – Análise de variância dos sólidos insolúveis em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	0,00295	0,00049	3,4594 *
Resíduo	14	0,00199	0,00014	
Total	20	0,00493		

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela A.7** – Análise de variância da atividade diastásica (DN) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	185,52360	37,10472	244782426512237 **
Resíduo	14	0,00000	0,00000	
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>185,52360</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.8** – Análise de variância da acidez livre (meq/kg) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios.

Fonte de variação	Análise de Variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	6	1236,54163	206,09027	118,9816 **
Resíduo	14	24,24967	1,73212	
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>1260,79130</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.9** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis, do município de Limoeiro do Norte, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	1,06265	0,53132	183919,62 **
Temperatura	4	271,16418	67,79104	00023466131 **
Tempo X Temp.	8	14,22261	1,77783	615401,35 **
Resíduo	75	0,00022	0,00000	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>286,44965</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.10** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Tabuleiro, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	9,33192	4,66596	769541591210663 **
Temperatura	4	1414,55416	353,63854	5,83244530139592 **
Tempo X Temp.	8	41,52848	5,19106	856144624572403 **
Resíduo	75	0,00000	0,00000	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>1465,41456</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.11** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Morada Nova, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	0,13268	0,06634	17560,8823 **
Temperatura	4	122,89214	30,72303	8132567,93 **
Tempo X Temp.	8	3,80700	0,47587	125966,76 **
Resíduo	75	0,00028	0,00000	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>126,83210</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.12** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis do município de São João do Jaguaribe, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	1,69181	0,84590	51440,0675 **
Temperatura	4	435,15018	108,78755	6615458,88 **
Tempo X Temp.	8	2,95182	0,36898	22437,7872 **
Resíduo	75	0,00123	0,00002	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>439,79504</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.13** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Alto Santo, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	0,26566	0,13283	14943,5000 **
Temperatura	4	632,76016	158,19004	00017769380 **
Tempo X Temp.	8	15,67336	1,95917	220406,63 **
Resíduo	75	0,00067	0,00001	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>648,69985</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.14** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Aracati, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	0,26059	0,13029	13960,0000 **
Temperatura	4	167,85968	41,96492	4496241,37 **
Tempo X Temp.	8	0,84184	0,10523	11274,5833 **
Resíduo	75	0,00070	0,00001	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>168,96280</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.15** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) para méis do município de Quixeré, com florada da vassourinha de botão, submetido a três meses de armazenamento em diferentes temperaturas.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Tempo	2	0,12536	0,06268	27566955531600 **
Temperatura	4	190,60184	47,65046	2,09568939355501 **
Tempo X Temp.	8	0,97144	0,12143	53405478784334,4 **
Resíduo	75	0,00000	0,00000	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>191,69864</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.16** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios submetido a cinco temperaturas no tempo zero.

<b>Análise de variância</b>				
<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L</b>	<b>S.Q</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>
Municípios	6	161,92691	26,98782	5449463,42 **
Temperatura	4	714,84861	178,71215	00036086107 **
Tempo X Temp.	24	115,33492	4,80562	970365,91 **
Resíduo	175	0,00087	0,00000	
<b>Total</b>	<b>209</b>	<b>992,11131</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.17** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios submetido a cinco temperaturas aos 45 dias de armazenamento.

<b>Análise de variância</b>				
<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L</b>	<b>S.Q</b>	<b>Q.M</b>	<b>F</b>
Municípios	6	152,92050	25,48675	00053522177 **
Temperatura	4	876,01128	219,00282	00459905935 **
Tempo X Temp.	24	166,32526	6,93022	00014553460 **
Resíduo	175	0,00008	0,00000	
<b>Total</b>	<b>209</b>	<b>1195,25712</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.18** – Análise de variância das viscosidades (Pa.s) em méis produzidos com predominância da florada da vassourinha de botão, nos diferentes municípios submetido a cinco temperaturas aos 90 dias de armazenamento

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Municípios	6	229,26790	38,21132	3110223,42 **
Temperatura	4	1140,82416	285,20604	00023214445 **
Tempo X Temp.	24	288,60985	12,02541	978812,47 **
Resíduo	175	0,00215	0,00001	
<b>Total</b>	<b>209</b>	<b>1658,70406</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.19** – Análise de variância dos açúcares redutores (%) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,36875	0,36875	49,3134 **
Tempo	6	38,36875	6,39479	855,1841 **
Emb. X Tempo	6	0,53125	0,08854	11,8408 **
Resíduo	56	0,41875	0,00748	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>39,68750</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.20** – Análise de variância da sacarose aparente (%) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,05282	0,05282	346,6317 **
Tempo	6	33,89952	5,64992	37080,2305 **
Emb. x Tempo	6	0,42072	0,07012	460,1929 **
Resíduo	56	0,00853	0,00015	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>34,38159</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.21** – Análise de variância do hidroximetilfurfural (mg HMF/kg) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	53,37991	53,37991	90,6656 **
Tempo)	6	41016,80469	6836,13428	11611,1582 **
Emb. x Tempo	6	28,05603	4,67600	7,9422 **
Resíduo	56	32,97031	0,58876	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>41131,21094</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.22** – Análise de variância da umidade (%) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,06217	0,06217	6,6757 *
Tempo	6	2,49453	0,41576	44,6462 **
Emb. x Tempo	6	0,34565	0,05761	6,1863 **
Resíduo	56	0,52148	0,00931	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>3,42383</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela A.23** – Análise de variância do percentual de cinzas para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,00024	0,00024	1,6699 ns
Tempo	6	0,00229	0,00038	2,6093 *
Emb. x Tempo	6	0,00332	0,00055	3,7833 **
Resíduo	56	0,00818	0,00015	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>0,01403</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

**Tabela A.24** – Análise de variância do pH para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,00842	0,00842	7,8488 **
Tempo	6	0,26957	0,04493	41,8749 **
Emb. x Tempo	6	0,00965	0,00161	1,4983 ns
Resíduo	56	0,06008	0,00107	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>0,34772</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

**Tabela A.25** – Análise de variância do °Brix para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,14911	0,14911	12,6038 **
Tempo	6	1,90625	0,31771	26,8553 **
Emb. x Tempo	6	0,50089	0,08348	7,0566 **
Resíduo	56	0,66250	0,01183	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>3,21875</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela A.26** – Análise de variância do percentual dos sólidos insolúveis em água para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de Variação	Análise de Variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,00000	0,00000	0,7419 ns
Tempo	6	0,00002	0,00000	6,9323 **
Emb. x Tempo	6	0,00000	0,00000	0,5839 ns
Resíduo	56	0,00003	0,00000	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>0,00005</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

**Tabela A.27**– Análise de variância da atividade diastásica (DN) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	10,74864	10,74864	1,9180 ns
Tempo	6	511,62416	85,27069	15,2155 **
Emb. X Tempo	6	23,65461	3,94243	0,7035 ns
Resíduo	56	313,83588	5,60421	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>859,86329</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

**Tabela A.28** – Análise de variância da acidez livre (meq/kg) para méis de florada de vassourinha de botão, nos diferentes tipos de embalagens e submetido a seis meses de armazenamento. Apiário Altamira, Bixopá - Limoeiro do Norte, CE.

Fonte de variação	Análise de variância			
	G.L	S.Q	Q.M	F
Embalagem	1	0,29705	0,29705	3,2451 ns
Tempo	6	75,71796	12,61966	137,8623 **
Emb. x Tempo	6	1,99867	0,33311	3,6391 **
Resíduo	56	5,12612	0,09154	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>83,13980</b>		

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo