

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO
MEL *Apis mellifera* DA REGIÃO DE RIO DO OESTE/SC

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof^o Dr. José Antonio Ribeiro de Souza

ANTONIO CÉSAR PADILHA
Eng^o Agrônomo

FLORIANÓPOLIS

2006

“Estudo do comportamento reológico do mel *Apis mellifera* da região de Rio do Oeste/SC”


Por

Antonio César Padilha

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.



Prof. Dr. José Antonio Ribeiro de Souza
Orientador



Prof. Dr. José Carlos Cunha Petrus
Coordenador do CPGEA

Banca Examinadora:



Prof. Dr. José Antonio Ribeiro de Souza



Prof. Dr. Ayres Ferreira Morgado



Prof.ª Dr.ª Renata Dias de Mello Castanho Amboni

Florianópolis, 09 de junho de 2006.

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador de todo universo, detentor de todas as respostas, a que eu dou glória e graças por toda a sabedoria que me proporcionou neste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. José Antonio Ribeiro de Souza, por acreditar na minha capacidade, pela orientação ao longo destes anos, pela ajuda e carinho dispensados, e por estar sempre disponível.

Ao ex-Prefeito do município de Rio do Oeste/SC Sr. Valcir Leopoldo Nardelli, pelo apoio e confiança dado ao longo de sua administração.

Ao ex-Secretário de Agricultura Valírio Haverrtoh, pela amizade e confiança.

Ao Secretário de Agricultura Dirceu Nones, pelo apoio a este projeto.

Ao Prefeito Municipal Odenir Felizari.

A Chyntia Morais Gomes, pela disponibilidade, apoio, amizade e profissionalismo no auxílio das análises do comportamento reológico do mel.

A todos os apicultores do município de Rio do Oeste/SC, em especial ao Sr Fausto Natal Nardelli *in memoriam* pela colaboração e o apoio dado ao longo desta dissertação.

Aos meus pais Ivone Maria Salomão Padilha e Pedro de Oliveira Padilha.

A minha sogra Maria Till Dalmônico e ao meu sogro Avelino Dalmônico.

Aos meus irmãos, minhas cunhadas, meu cunhado, meu sobrinho, minhas sobrinhas e minhas afilhadas.

Em especial a Alci Léia Dalmônico Padilha, minha esposa, companheira e minha vida, por sempre estar comigo em todos os momentos mais difíceis e compartilhar os momentos de alegria.

A todas as pessoas de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento reológico a partir da coleta do mel de abelha *Apis mellifera* na região de Rio do Oeste/SC e região de Rio do Campo/SC. Inicialmente houve um levantamento das famílias e espécies com importância apícola e, observou-se que a região de Rio do Oeste/SC possui variedade representativa de famílias apícolas, onde os dados levantados, foram agrupados em planilha que define o calendário floral para cada região, desenvolvido pela EPAGRI. O estudo reológico dos méis de abelha *Apis mellifera* foram obtidos no Laboratório Interdisciplinar de Materiais – LABMAT no centro tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, utilizando um viscosímetro digital, nas temperaturas 20°C, 30°C, 40°C e 50°C. Os valores da tensão de cisalhamento e taxa de deformação foram obtidos em função da rotação, que variou em 13 a 70 rpm a partir de um volume de 50 ml, retiradas de 4 amostras de méis de abelha *Apis mellifera*. O mel de abelha *Apis mellifera* apresentou um comportamento newtoniano para as temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C e pseudoplástico para a temperatura de 50°C. A equação de Arrhenius representou adequadamente o efeito da temperatura na viscosidade aparente do mel. Os valores da energia de ativação mostraram que as amostras de méis coletados na região de Rio do Oeste/SC são mais sensíveis a temperatura que a amostra coletada na região de Rio do Campo/SC.

Palavras-chave: mel, viscosidade e reologia

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the rheological behavior from the collection of the honey of *Apis mellifera* bee in the region of Rio do Oeste/SC and region of the Rio do Campo/SC. Initially it had a survey of the families and species with apicultural importance and, was observed that the region of Rio do Oeste/SC possess representative variety of apicultural families, where the raised data, had been grouped in spread sheet that defines the floral calendar for each region, developed for the EPAGRI. The rheological study of the honeys of *Apis mellifera* bee they had been gotten in the Interdisciplinary Laboratory of the Materials - LABMAT in the technological center of the Federal University of Santa Catarina, using a digital viscometer, in the temperatures 20°C, 30°C, 40°C and 50°C. The values of the shear stress and shear rate had been gotten in function of the rotation, that varied in 13 the 70 rpm from a 50 ml, removed of 4 samples of honeys of *Apis mellifera* bee. The honey of *Apis mellifera* bee presented a Newtonian behavior for the temperatures of 20°C, 30°C and 40°C and pseudoplastic for the temperature of 50°C. The equation of Arrhenius adequately represented the effect of the temperature in the apparent viscosity of the honey. The values of the activation energy had shown that the samples of honeys collected in the region of the Rio do Oeste/SC are more sensible than the temperature which the sample collected in the region of Rio do Campo/SC.

Key words: honey, viscosity and rheology

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 – O município de Rio do Oeste/SC.....	4
2.2 – Definição e Origem de Comunidade de Abelhas.....	6
2.3 – Composição do Mel.....	8
2.4 – Fatores que Influenciam a Estabilidade e a Qualidade do Mel.....	10
2.4.1 – Açúcares.....	10
2.4.2 – Umidade.....	11
2.4.3 – Hidrometilfurfural.....	12
2.4.4 – Proteínas.....	13
2.4.5 – Cinzas.....	14
2.4.6 – pH.....	15
2.4.7 – Ácidos.....	15
2.4.8 – Enzimas.....	16
2.4.9 – Índice Formol.....	18
2.4.10 – Condutividade Elétrica.....	19
2.4.11 – Cor.....	19
2.4.12 – Minerais e Vitaminas.....	20
2.4.13 – Outros.....	21
2.5 – Extração e Processamento do Mel.....	21
2.5.1 – Casa do Mel.....	22

2.5.2 – Projeto Arquitetônico.....	23
2.5.3 – Características Gerais da Construção.....	23
2.5.4 – Equipamentos e Utensílios.....	25
2.5.5 – Higienização.....	29
2.5.6 – Processamento.....	31
2.5.7 – Armazenamento.....	33
2.5.8 – Embalagem.....	34
2.6 - Reologia.....	36
2.7 – Classificação Reológica dos Flúidos.....	37
2.7.1 – Flúidos Newtonianos.....	37
2.7.2 – Flúidos Não-Newtonianos.....	38
2.7.2.1 – Independente do Tempo.....	38
2.7.2.2 – Dependente do Tempo.....	40
2.8 – Reologia do Mel.....	41
2.9 – Efeitos da Temperatura nos Parâmetros Reológicos.....	42
3 – Material e Métodos.....	44
3.1 – Área Estudada.....	45
3.2 – Amostragem de Plantas.....	46
3.3 – Coleta e Preparo das Amostras para Análise.....	47
3.4 – Análise do Comportamento Reológico do Mel.....	48
3.5 – Efeitos da Temperatura nos Parâmetros Reológicos.....	50
4 – Resultado e Discussão.....	52
4.1 – Composição Floral da Região de Rio do Oeste/SC.....	52
4.2 – Reologia do Mel.....	54

4.2.1 – Reogramas dos Méis de Abelha <i>Apis mellifera</i> nas Temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.....	54
4.2.2 – Reogramas dos Méis de Abelha <i>Apis mellifera</i> em Diferentes Pontos de Amostragens.....	59
4.3 – Viscosidade	62
4.4 – Energia de Ativação.....	64
5 – Conclusões.....	72
6 – Sugestões para Trabalhos Futuros.....	74
7 – Referências Bibliográficas.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Garfo Desoperculador.....	26
Figura 2 – Centrífuga.....	27
Figura 3 – Tanque Decantador.....	28
Figura 4 – Tanque Homogenizador.....	28
Figura 5 – Mesa Coletora de Mel e Bomba de Mel.....	29
Figura 6 – Variedades de Embalagens de Plástico para Mel.....	35
Figura 7 – Força de cisalhamento aplicada sobre um fluido.....	37
Figura 8 – Tipos de comportamento reológico.....	40
Figura 9 – Calendário Floral.....	47
Figura 10 – Fluxograma do Mel.....	48
Figura 11 – Reômetro digital com banho termostático e sistema de aquisição de dados.....	50
Figura 12 – Relação de espécies de plantas apícolas indicadas pelos apicultores como aquelas que mais contribuem para a produção de mel no município de Rio do Oeste/SC.....	53
Figura 13 – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas entre 20°C a 50°C.....	54

- Figura 14** – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas entre 20°C a 50°C.....55
- Figura 15** – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado na região de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 nas temperaturas entre 20°C a 50°C.....55
- Figura 16** – Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado na região de Rio do Campo/SC – safra 04/05 nas temperaturas entre 20°C a 50°C.....56
- Figura 17** – Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 20°C.....59
- Figura 18** – Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 30°C.....60
- Figura 19** – Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 40°C.....60

Figura 20 – Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 50°C.....	61
Figura 21 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.....	64
Figura 22 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.....	65
Figura 23 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.....	65
Figura 24 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.....	66
Figura 25 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> para os dados retirados de STEFFE, 1996, nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.....	66
Figura 26 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.....	67
Figura 27 – Ajuste linear para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.....	67

- Figura 28** – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.....68
- Figura 29** – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.....68
- Figura 30** – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* para os dados retirados de STEFFE, 1996, nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.....69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição básica do mel.....	9
Tabela 2 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.....	56
Tabela 3 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.....	57
Tabela 4 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.....	57
Tabela 5 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.....	58
Tabela 6 – Relação entre a viscosidade newtoniana e a viscosidade aparente do mel abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação.....	62

Tabela 7 – Relação entre a viscosidade newtoniana e a viscosidade aparente do mel abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação.....	62
Tabela 8 – Relação entre a viscosidade newtoniana e a viscosidade aparente do mel abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05.....	63
Tabela 9 – Relação entre a viscosidade newtoniana e a viscosidade aparente do mel abelha <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05.....	63
Tabela 10 – Valor de <i>Ea</i> e <i>A</i> em 3 temperaturas (20°C, 30°C e 40°C) no mel <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05.....	69
Tabela 11 – Valor de <i>Ea</i> e <i>A</i> em 4 temperaturas (20°C, 30°C, 40°C e 50°C) no mel <i>Apis mellifera</i> coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05.....	70

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O mel, sendo composto de carboidratos, é considerado um alimento de alto valor energético para o organismo humano. Possui vários minerais, proteínas, ácidos orgânicos, vitaminas, hormônios, enzimas e pigmentos vegetais (CRANE, 1987).

Do ponto de vista biológico e também analítico, o mel é um alimento complexo, pois sua composição varia muito em função de sua origem floral geográfica e de safra para safra, envolvendo condições climáticas (BASTOS, 1995).

Sendo o mel usado como alimento pelo homem desde a pré-história, por vários séculos foi retirado dos enxames de forma extrativista e predatória, muitas vezes causando danos ao meio ambiente, matando as abelhas. Entretanto, com o tempo, o homem foi aprendendo a proteger seus enxames, instalando-os em colméias racionais e manejando-os de forma que houvesse maior produção de mel sem causar prejuízo para as abelhas, nascendo assim, a apicultura.

Essa atividade atravessou o tempo, ganhou o mundo e se tornou uma importante fonte de renda para várias famílias. Hoje, além do mel, é possível explorar, com a criação racional das abelhas, produtos como: pólen apícola, geléia real, rainhas, polinização, apitoxina e cera.

A criação racional de abelhas, constitui-se em uma atividade em que se consegue obter bons resultados econômicos, ecológicos e sociais. Essa atividade, desenvolvida ao longo do tempo por pequenos e médios produtores, vem despertando o interesse de muitos criadores e instituições do Brasil.

A produção depende da abundância e da qualidade das flores existentes no raio de ação das abelhas. Desta forma, deve-se fazer um levantamento do potencial melífero existente na área.

Hoje, na criação de abelhas, existem duas grandes linhas de estudo: a Apicultura e a Meliponicultura. Dentro da Apicultura, o conhecimento sobre o mel, já vem sendo estudado em várias regiões do Brasil, no entanto na Meliponicultura, esses estudos são mais recentes, sendo desenvolvidos com as abelhas regionais.

O Brasil possui reservas florais que podem proporcionar milhares de toneladas de saboroso mel, de primeira qualidade, aceito pelo mercado mais exigente do mundo (WIESE,2000).

Segundo White (1978) citado por Bhandari et al. (1999), a viscosidade é uma importante propriedade do mel e suas propriedades de escoamento são influenciadas por vários fatores tais como composição, temperatura, quantidade e tamanho dos cristais presentes.

Rao (1977), estudando a reologia de alimentos líquidos, afirma que alguns méis apresentam comportamento de um fluido newtoniano, enquanto Sherman (1999) diz que méis são considerados tixotrópicos. Dada a grande diversidade da flora apícola e levando em consideração que o mel de abelha tem suas características dependentes da florada de origem, explicam-se os diferentes comportamentos reológicos descritos por tais autores (SILVA, 2001)

No ano de 2001, a Prefeitura Municipal de Rio do Oeste através da Secretaria de Agricultura, realizou um levantamento nas propriedades rurais do município e constatou que cerca de 70% das 900 propriedades eram produtoras de mel. Através deste levantamento a Secretaria de Agricultura juntamente com seus parceiros, Epagri e Senar, iniciaram um trabalho de profissionalização da apicultura no município.

Esta profissionalização tem como objetivos gerais a implantação do programa de geração de renda através da produção de mel no município de Rio do Oeste/SC; aumentar a produção de mel; diminuir custos; produzir um mel de qualidade atendendo os padrões internacionais; conhecer as espécies de plantas com importância apícolas; estudar o comportamento reológico do mel de abelha *Apis mellifera* produzido na região de Rio do Oeste/SC.

A partir deste estudo, pretende-se sensibilizar pesquisadores e indústrias para incentivar o interesse à pesquisas e um futuro mapeamento do comportamento reológico do mel de abelha *Apis mellifera* em outras regiões de Santa Catarina.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo foi dividido em tópicos. No primeiro tópico apresenta-se uma descrição sobre o município estudado. O segundo tópico apresenta uma breve revisão a origem de comunidades de abelhas. O terceiro tópico é apresentada a composição média do mel de abelha *Apis mellifera*. O quarto tópico aborda os fatores que influenciam na estabilidade e a qualidade do mel. O quinto tópico apresenta uma revisão sobre a reologia dos fluidos. O sexto tópico aborda o efeito da temperatura no parâmetros reológicos e finaliza este capítulo.

2.1 – O MUNICÍPIO DE RIO DO OESTE/SC

O município de Rio do Oeste localiza-se na região do Alto Vale do Itajaí, limitando-se com as seguintes cidades: Laurentino, Trombudo Central, Pouso Redondo, Taió, Presidente Getúlio e Dona Emma. A cidade é banhada pelo rio Itajaí Oeste, sendo este de grande importância para as atividades agrícolas, principalmente a cultura de arroz irrigado.

A economia de Rio do Oeste está baseada no setor primário; aproximadamente 70% vivem no meio rural, onde as atividades principais se encontram na agropecuária e extrativismo da madeira. O fumo, arroz irrigado, milho, feijão, mandioca, produção de mudas ornamentais e cítricas, cebola, criação de suínos, bovinos de leite e, em menor escala, a bovinocultura de corte, são as principais atividades econômicas desenvolvidas pelas famílias rurais.

Informações gerais sobre a cidade de Rio do Oeste

- População: 6.964 habitantes, sendo que aproximadamente 5.029 residem no meio rural;
- Clima: Mesotérmico úmido, com verão quente – cfa, segundo a classificação de Koeppen.
- Solos: Cambisolos com horizonte B incipiente – 70%, e solos com horizonte Gley. Aproximadamente 80% dos solos situam na faixa de declividades entre 8 a 45%.

A estrutura fundiária é caracterizada por minifúndios, onde a maioria das propriedades (84,5%) têm de 10 a 30 hectares. A divisão das propriedades tem aumentado nos últimos anos, principalmente em função da divisão entre famílias (IBGE, 1995/1996).

As principais Culturas do município são:

- Arroz Irrigado: 1.500 ha, com 160 produtores.
- Fumo: 1.000 ha, com 620 produtores
- Milho: 2.000 ha, com 639 produtores.
- Mudas Ornamentais, 54 produtores,
- Mudas Frutíferas, 54 produtores

Em relação aos aspectos ambientais, a falta de adoção de práticas de manejo e conservação adequadas, fazem com que hoje existam cenários acentuados de degradação ambiental. O uso inadequado de equipamentos de preparo de solo, a poluição ambiental devido ao manejo inadequado de dejetos humanos e animais, agrotóxicos e lixo doméstico estão acarretando no assoreamento e incrementando a população de borrachudos e contaminação de mananciais¹.

2.2 – DEFINIÇÃO E ORIGEM DE COMUNIDADES DE ABELHAS

Entende-se por mel, o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam maturar nos favos da colméia (CRANE, 1975).

Pelas pesquisas arqueológicas, sabe-se que as abelhas existem há pelo menos 42 milhões de anos. Quanto à apicultura, de acordo com documentos de vários historiadores, remonta ao ano de 2.400 a.C, no antigo Egito, entretanto, arqueólogos italianos localizaram colméias de barro na ilha de Creta com idade aproximada de 3.400 a.C (EMBRAPA, 2003).

As maiores descobertas para o desenvolvimento da apicultura surgiram a partir de Aristóteles, mas só a partir do século XVII houve um considerável avanço no desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas de manejo. Foi com o

¹ Plano Integrado de Desenvolvimento Municipal de Rio do Oeste, 1998.

surgimento do microscópio que Swammerdam (1637 – 1680) desvendou o sexo da rainha (até então supunha-se ser um rei) pela dissecação. Janscha descobriu em 1771 que a fecundação da rainha ocorre ao ar livre. Schirach também em 1771 provou que a rainha originava-se do mesmo ovo que pode originar uma abelha operária. Francisco Huber demonstrou que as rainhas acasalam-se mais de uma vez. Johanes Dzierzon confirmou em 1845 a partenogênese em abelhas cruzando rainhas italianas com zangões cárnicos. Johanes Mehring produziu a primeira cera alveolada em 1857; Franz Von Hruschka inventou a máquina centrífuga para tirar o mel sem danificar os favos em 1865. Lorenzo Lorais Langstroth descobriu o “espaço abelha”, que nada mais é do que o vão entre um favo e outro; este espaço deve variar entre 6 e 9 mm, a partir daí criou o quadro móvel, o qual fica suspenso dentro da colméia pelas duas extremidades; todas estas descobertas levaram a criação da colméia Langstroth em 1851(CONAPIS, 2005).

Existem divergências entre autores sobre o introdutor das abelhas (*Apis mellifera*) no Brasil. De qualquer forma, cabe a honra do pioneirismo aos padres. Segundo o decreto lei de nº 72, datado de 12 de julho de 1839, Dom Pedro II, Imperador do Brasil, concedia ao Padre Antonio Pinto Carneiro o direito exclusivo de importar abelhas da Europa e Costa da África por dez anos. Segundo outros autores as primeiras abelhas teriam vindo com os padres jesuítas para as missões das margens do Rio Uruguai. Trazidas da Península Ibérica para o Paraguai e de Assunção foram levadas para os "Setes Povos das Missões" por volta do século 17, no Rio Grande do Sul (BREYER, 2005).

2.3- COMPOSIÇÃO DO MEL

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

A composição do mel depende, basicamente, da composição do néctar de cada espécie vegetal produtora (Tabela 1), conferindo-lhe características específicas, já as condições climáticas e o manejo do apicultor têm influência menor (WHITE JÚNIOR, 1978).

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 (SODRÉ, 2000).

Tabela 1: Composição básica do mel.

Componentes	Média	Desvio padrão	Variação
Água (%)	17,2	1,46	13,4 - 22,9
Frutose (%)	38,19	2,07	27,25 - 44,26
Glicose (%)	31,28	3,03	22,03 - 40,75
Sacarose (%)	1,31	0,95	0,25 - 7,57
Maltose (%)	7,31	2,09	2,74 - 15,98
Açúcares totais (%)	1,50	1,03	0,13 - 8,49
Outros (%)	3,1	1,97	0,0 - 13,2
pH	3,91	-	3,42 - 6,10
Acidez livre (meq/kg)	22,03	8,22	6,75 - 47,19
Lactose (meq/kg)	7,11	3,52	0,00 - 18,76
Acidez total (meq/kg)	29,12	10,33	8,68 - 59,49
Lactose/Acidez livre	0,335	0,135	0,00 - 0,950
Cinzas (%)	0,169	0,15	0,020 - 1,028
Nitrogênio (%)	0,041	0,026	0,00 - 0,133
Diastase	20,8	9,76	2,1 - 61,2

Fonte: EMBRAPA, 2002.

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

Os trabalhos de análises físico-químicas de méis visam comparar os resultados obtidos com padrões ditados por órgãos 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 a sua alteração (MARCHINI, 2001).

Apesar de o mel ser basicamente uma solução saturada de açúcares e água, seus outros componentes, aliados às características da fonte floral que o originou, conferem-lhe um alto grau de complexidade.

Segundo Campos (1987), a composição média do mel, em termos esquemáticos, pode ser resumida em três componentes principais: açúcares, água e diversos. Por detrás dessa aparente simplicidade, esconde-se um dos produtos biológicos mais complexos.

2.4.- FATORES QUE INFLUENCIAM A ESTABILIDADE E A QUALIDADE DO MEL

2.4.1 – AÇÚCARES

Os principais componentes do mel são os açúcares, sendo que os monossacarídeos frutose e glicose representam 80% da quantidade total. Já os dissacarídeos sacarose e maltose somam 10%.(WHITE, 1975)

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).

Além dos açúcares, a água presente no mel tem papel importante na sua qualidade e características.

2.4.2 – UMIDADE

O conteúdo de água no mel é uma das características mais importantes, influenciando diretamente na sua viscosidade, peso específico, maturidade, cristalização, sabor, conservação e palatabilidade. A água presente no mel apresenta forte interação com as moléculas dos açúcares, deixando poucas moléculas de água disponíveis para os microorganismos (VERÍSSIMO, 1987).

O conteúdo de água do mel pode variar de 15% a 21%, sendo normalmente encontrados níveis de 17% (Mendes & Coelho, 1983). Apesar de a legislação brasileira permitir um valor máximo de 20%, valores acima de 18% já podem comprometer sua qualidade final. Entretanto, níveis bem acima desses valores já foram encontrados por diversos pesquisadores em diferentes tipos de mel (CORTOPASSI-LAURINO e GELLI, 1991; COSTA et al., 1989; AZEREDO e AZEREDO, 1999; SODRÉ, 2000; MARCHINI, 2001).

Em condições especiais de níveis elevados de umidade, o mel pode fermentar pela ação de leveduras osmofílicas (tolerantes ao açúcar) presentes também em sua composição.

Segundo Crane (1987), a maior possibilidade de fermentação do mel está ligada ao maior teor de umidade e leveduras.

O processo de fermentação pode ocorrer mais facilmente naqueles méis chamados "verdes", ou seja, méis que são colhidos de favos que não tiveram seus alvéolos devidamente operculados pelas abelhas; nessa situação, o mel apresenta teor elevado de água. Entretanto, mesmo o mel operculado pode ter níveis acima de 18% de água, caso o apiário esteja localizado em região com umidade relativa do ar superior a 60%. Outros fatores associados ao processo de fermentação estão relacionados com a má assepsia durante a extração, manipulação, envase e acondicionamento em local não-apropriado (FARIA, 1983).

A própria centrifugação pode contribuir negativamente na qualidade do mel, pulverizando o mel em micropartículas, favorecendo a absorção de água pela formação de uma grande superfície em relação ao volume. Se esse processo ocorrer em local com umidade relativa alta, o mel pode ter seu teor de água aumentado. O ideal seria que o local fosse equipado com desumidificador.

2.4.3 – HIDROXIMETILFURFURAL

O hidroximetilfurfural (HMF) é formado pela reação de certos açúcares em presença de ácidos. O seu conteúdo pode aumentar com a elevação da

temperatura, com armazenamento do mel, adição de açúcar invertido, podendo ser afetado pela acidez, pH, água e minerais (WHITE JÚNIOR, 1976; SEEMANN e NEIRA, 1988; SALINAS et al., 1991).

Conforme Veríssimo (1998) o HMF é um indicador de qualidade no mel, visto que, quando elevado indica uma queda no seu valor nutritivo, pela destruição, por meio de aquecimento, de algumas vitaminas que são termolábeis. Os valores de HMF encontrados por (COSTA et al, 1999; SODRÉ, 2000 e MARCHINI 2001) estão numa faixa de variação de 0,5 a 241 mg/kg de mel.

2.4.4 – PROTEÍNAS

Em concentrações bem menores, encontram-se as proteínas ocorrendo apenas em traços. Sua origem vegetal advém do néctar e do pólen; já sua origem animal é proveniente da própria abelha (WHITE et al, 1978). No segundo caso, trata-se de constituintes das secreções das glândulas salivares, juntamente com produtos recolhidos no decurso da colheita do néctar ou da maturação do mel (CAMPOS, 1987).

Wootton et al. (1976) constataram em seis amostras de mel australianas os seguintes aminoácidos livres: leucina, isoleucina, histidina, metionina, alanina, fenilalanina, glicina, ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutâmico, prolina, valina, cisteína, tirosina, lisina e arginina.

Dentre esses aminoácidos, a prolina, proveniente das secreções salivares das abelhas, é o que apresenta os maiores valores, variando entre 0,2% e 2,8; juntamente com o conteúdo de água, sua concentração é usada como um parâmetro de identificação da "maturidade" do mel (COSTA et al., 1999).

2.4.5 – CINZAS

O teor de cinzas expressa a riqueza do mel em minerais e constitui-se num parâmetro bastante utilizado nas determinações que visam sua qualidade. Os sais minerais encontrados no mel podem ser modificados por fatores relativos às abelhas, ao apicultor, clima, solo e flora (LASCEVE e GONNET, 1974).

Segundo Bogdanov (1999) o conteúdo de cinzas no mel é um critério de qualidade e está relacionado com a sua origem botânica. Assim o mel de origem floral tem menos cinzas que o mel de *honeydew*.

Vermeulen & Pelerents (1965) relataram a possibilidade de modificação do espectro mineral do mel devido a uma quantidade maior do pólen, mel prensado ou colhido de favo com pólen.

Para Ortiz (1988) o conteúdo de cinzas está relacionado com a cor do mel, pois quanto mais escuro é o mel mais cinzas ele contém.

Em trabalhos para determinar o teor de cinzas, autores como AL-KHALIFA e AL-ARIFY 1999; SODRÉ 2000 e MARCHINI 2001 observaram valores que estão numa faixa de variação de 0,02 a 0,9% para méis de diferentes origens.

2.4.6 – pH

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

Todos os méis são ácidos e o pH é influenciado pela origem botânica, pela concentração de diferentes ácidos e pelo cálcio, sódio, potássio e outros constituintes das cinzas (SEEMAN e NEIRA, 1988; FRIAS e HARDISSON, 1992).

Em trabalhos para se determinar o pH de diferentes tipos de méis, REDÓN 1996; ANDRADE et al, 1996; SODRÉ, 2000 e MARCHINI 2001 obtiveram valores que estão compreendidos entre 2,3 e 6,7.

2.4.7 – ÁCIDOS

Os ácidos orgânicos do mel representam menos que 0,5% dos sólidos, tendo um pronunciado efeito no sabor, podendo ser responsáveis, em parte, pela excelente estabilidade do mel em frente a microorganismos. Na literatura, pelo menos 18 ácidos orgânicos do mel já foram citados. Sabe-se que o ácido glucônico está presente em maior quantidade, cuja presença relaciona-se com as reações enzimáticas que ocorrem durante o processo de amadurecimento. Já em menor quantidade, podem-se encontrar outros ácidos como: acético, butírico, láctico,

oxálico, fórmico, málico, succínico, pirúvico, glicólico, cítrico, butiricolático, tartárico, maléico, piroglutâmico, alfa-cetoglutárico, 2- ou 3-fosfoglicérico, alfa- ou beta-glicerofosfato e vínico (STINSON et al, 1960; WHITE, 1975; MENDES e COELHO, 1983).

Tan et al. (1988) constataram alguns ácidos aromáticos no mel unifloral de manuka (*Leptospermum scoparium*) que não estavam presentes no néctar de suas flores.

Os méis de manuka e de viperina (*Echium vulgare*), apresentam alta atividade antimicrobiana, podendo essa atividade estar relacionada com a presença de alguns tipos de ácidos (WILKINS et al., 1993).

2.4.8– ENZIMAS

Segundo Crane (1987), a adição de enzimas pelas abelhas ao néctar irá causar mudanças químicas, que irão aumentar a quantidade de açúcar, o que não seria possível sem essa ação enzimática. A enzima invertase adicionada pelas abelhas transforma 3/4 da sacarose inicial do néctar coletado nos açúcares invertidos glicose e frutose, ao mesmo tempo, que açúcares superiores são sintetizados, não sendo presentes no material vegetal original. Sua ação é contínua até que o "amadurecimento" total do mel ocorra. Dessa forma, pode-se definir o amadurecimento do mel como a inversão da sacarose do néctar pela enzima invertase e sua simultânea mudança de concentração. A enzima invertase irá permanecer no mel conservando sua atividade por algum tempo, a menos que seja

inativada pelo aquecimento; mesmo assim, o conteúdo da sacarose do mel nunca chega a zero. Essa inversão de sacarose em glicose e frutose produz uma solução mais concentrada de açúcares, aumentando a resistência desse material à deterioração por fermentação e promovendo assim o armazenamento de um alimento altamente energético.

Outras diversas enzimas, como a diastase, catalase, alfa-glicosidase, peroxidase, lipase, amilase, fosfatase ácida e inulase, já foram detectadas no mel por diferentes autores (SCHEPARTZ e SUBERS, 1966; WHITE e KUSHINIR, 1967; HUIDOBRO et al, 1995). A diastase quebra o amido, sendo sua função na fisiologia da abelha ainda não claramente compreendida, podendo estar envolvida com a digestão do pólen. Como a diastase apresenta alto grau de instabilidade em frente às temperaturas elevadas, sua presença ou não se faz importante na tentativa de detectar possíveis aquecimentos do mel comercialmente vendido, apesar de que também em temperaturas ambientes ela pode vir a deteriorar-se quando o armazenamento for prolongado.

A catalase e a fosfatase são enzimas que facilitam a associação açúcar-álcool, sendo um dos fatores que auxiliam na desintoxicação alcoólica pelo mel (SERRANO et al., 1994).

Segundo Weston (2000), a catalase presente no mel se origina do pólen da flor e sua quantidade no mel depende da fonte floral e da quantidade de pólen coletado pelas abelhas.

A glicose-oxidase, que em soluções diluídas é mais ativa (WHITE, 1975), reage com a glicose formando ácido glucônico (principal composto ácido do mel) e peróxido de hidrogênio, esse último capaz de proteger o mel contra a decomposição

bacteriana até que seu conteúdo de açúcares esteja alto o suficiente para fazê-lo (SCHEPARTZ et al., 1966; MENDES e COELHO, 1983).

Segundo White et al. (1963), a principal substância antibacteriana do mel é o peróxido de hidrogênio, cuja quantidade presente no mel é dependente tanto dos níveis de glicose-oxidase, quanto de catalase, uma vez que a catalase destrói o peróxido de hidrogênio (WESTON et al., 2000).

2.4.9 – ÍNDICE FORMOL

O índice formol é importante no mel por representar, predominantemente, os compostos aminados, permitindo assim, avaliar o conteúdo em peptídios, proteínas e aminoácidos (MCGREGOR, 1979).

É um importante componente indicador de adulteração, pois quando muito baixo pode indicar a presença de produtos artificiais, enquanto excessivamente alto, mostra que as abelhas foram alimentadas com hidrolizado de proteínas (SIMAL e HUIDOBRO, 1984). Assim, o índice de formol pode ser utilizado para comprovar a autenticidade do mel.

Os autores Temiz (1983); Komatsu (1996); Carvalho et al. (1998); Andrade et al. (1999) obtiveram valores que estão entre 0,4 e 21,5 meq/100g para diferentes tipos de méis.

Sodré (2000) e Marchini (2001) encontraram valores entre 1,67 e 29 ml/kg para méis silvestres e de flores de eucalipto, respectivamente.

2.4.10 – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica pode ser utilizada como método suplementar na determinação da origem botânica do mel (AGANIN, 1971)

A condutividade elétrica tem correlação com o conteúdo de cinzas, pH, acidez, sais minerais, além da proteína e outras substâncias presentes no mel (STEFANINI, 1984; CRANE, 1990; BOGDANOV, 1999).

Autores como Carvalho et al. (2000); Sodré (2000) e Marchini (2001) obtiveram valores de condutividade elétrica de méis de diferentes origens entre 90 e 2110 S.m⁻¹

2.4.11 – COR

A cor é uma das características do mel que mais influencia 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.

A cor do mel está correlacionada com a sua origem floral, processamento e armazenamento, fatores climáticos durante o fluxo do néctar e a temperatura na qual o mel amadurece na colméia (SEEMANN e NEIRA, 1988).

Segundo Bath & Singh (1999) a proporção de frutose, glicose, conteúdo de nitrogênio e aminoácidos livres, a reação de substâncias polifenólicas como sais de ferro, o conteúdo de minerais e instabilidade da frutose em solução ácida, são fatores que determinam a velocidade do escurecimento do mel.

Os autores Escobar-Martinez et al. (1992); Campos (1998); Uñates et al. (1999) e Carvalho et al. (2000) analisaram a cor de méis de diferentes origens e obtiveram uma predominância da cor clara sobre a escura.

2.4.12 – MINERAIS E VITAMINAS

Os minerais estão presentes numa concentração que varia de 0,02% a valores próximos de 1%.

Entre os elementos químicos inorgânicos encontrados no mel, podem ser citados, cálcio, cloro, cobre, ferro, manganês, magnésio, fósforo, boro, potássio, silício, sódio, enxofre, zinco, nitrogênio, iodo, rádio, estanho, ósmio, alumínio, titânio e chumbo (WHITE, 1975; PAMPLONA, 1989).

Embora em concentrações ínfimas, vitaminas, tais como: B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, C e D também são encontradas no mel, sendo facilmente assimiláveis pela associação a outras substâncias como o hidrato de carbono, sais minerais, oligoelementos, ácidos orgânicos e outros. A filtração do mel para fim comercial pode reduzir seu conteúdo de vitaminas, exceto a de vitamina K (HAYDAK et al., 1943).

Segundo Kitzes et al. (1943), tal filtração retira do mel o pólen, responsável pela presença de vitaminas no mel.

2.4.13 – OUTROS

Sabatier et al. (1992) detectaram alguns flavonóides presentes no mel de girassol (conhecidamente rico em flavonóides). Em maiores concentrações, foram encontrados os flavonóides: pinocembrina (5,7-dihidroxi-flavona), pinobanksina (3,5,7-trihidroxi-flavonona), crisina (5,7-dihidroxi-flavona), galangina (3,5,7-trihidroxi-flavona) e quercetina (3,5,7,3',4'-pentahidroxi-flavona) e em menores concentrações foram encontrados tectocrisina (5-hidroxi-7-metoxi-flavona) e quenferol (3,5,7,4'-tetrahidroxi-flavona).

Bogdanov (1989) usando *High Performance Liquid Chromatograph* - HPLC constatou a presença de pinocembrina em quatro amostras de mel (duas de origem floral e duas de origem não-floral, o chamado *honeydew*).

2.5 – EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO DO MEL

Para que se possa manipular produtos alimentícios de forma higiênica e segura, garantindo qualidade do produto final, é indispensável que esses

procedimentos sejam realizados em instalações e condições adequadas, específicas à classe de produtos a serem processados. No caso do mel, o local destinado para a sua extração é chamado de unidade de extração, normalmente denominada "Casa do Mel".

Para o seu processamento, o local indicado é o Entrepasto de Mel, embora essa etapa possa ser executada também na casa do mel, caso esta apresente as condições e o dimensionamento recomendado.

2.5.1 - CASA DO MEL

A estrutura física da casa do mel apresenta construção e disposição simples, constando de área de recepção do material do campo (melgueiras) separada da área de manipulação, área de processamento do mel (podendo ser subdividida, conforme a etapa de processamento), área de envase, local de armazenagem do produto final e banheiro em área isolada (externa ao prédio). A construção deve obedecer às normas sanitárias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (portaria nº 006/1986).

2.5.2 - PROJETO ARQUITETÔNICO

Apesar da simplicidade da construção, existem algumas variáveis de projetos, levando-se em conta, por exemplo, a topografia do terreno. A edificação pode estar localizada em área plana, mas também pode apresentar dois níveis, utilizando-se aterro ou laje de concreto ou mesmo aproveitando-se a declividade natural do terreno ou uma encosta. Nesse caso, o projeto permite que o mel seja conduzido entre a etapa de extração e a de decantação por meio da gravidade, dispensando o uso de "bombas".

É importante ressaltar que as dimensões da edificação devem estar adaptadas ao volume de produção. Entretanto, quaisquer que forem as medidas, o projeto deve atender ao fluxograma de extração e processamento do mel, evitando a contaminação cruzada do produto e otimizando a execução das diversas etapas envolvidas no processo, desde a chegada do produto do campo, até a saída do produto acabado para a comercialização

2.5.3 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA CONSTRUÇÃO

Toda a edificação deve apresentar alguns requisitos de construção que favoreçam a higienização do local e evitem a contaminação do ambiente por agentes externos (insetos, poeira, etc.) ou por contaminação cruzada :

- Pisos: Devem ser de material antiderrapante, resistente e impermeável e de fácil higiene, apresentando declividade adequada e evitando o acúmulo de água.
- Paredes: Construídas e revestidas com material não absorvente, lavável e de cor clara. Devem apresentar superfície lisa, sem fendas que possam acumular sujeiras, e cantos arredondados entre piso/parede/teto, facilitando a higienização.
- Teto (forro): Construído de forma a se evitar o acúmulo de sujeiras.
- Janelas: Construídas com material resistente, não absorvente e de fácil limpeza (não apresentando pontos inacessíveis, que possam acumular sujeiras). Devem ser providas de telas protetoras de insetos, de material resistente e com sistema que permita a sua limpeza efetiva
- Portas: Devem ser de material resistente, não absorvente e de fácil limpeza.
- Banheiros: Devem ser separados da área de manipulação, ou seja, sem acesso interno e nenhuma comunicação com a mesma. Devem ser construídos com materiais que sigam as mesmas recomendações citadas anteriormente, providos de boa ventilação, sanitários, pias, recipientes para sabonete líquido, papel-toalha absorvente, papel higiênico e depósito de lixo com tampa. É recomendável que o local apresente cartaz educativo, ilustrando a maneira e a seqüência adequada para a lavagem das mãos e utilização das dependências.
- Instalações hidráulicas: É recomendável a instalação de caixas d'água (com capacidade que não comprometa o abastecimento do prédio e a sua higienização), em local que permita uma boa vazão d'água e devidamente cobertas, evitando, assim, a contaminação do reservatório. O projeto deve conter um sistema de distribuição para todos os recintos. Não é recomendável o uso de caixas d'água de amianto.

- Iluminação e instalações elétricas: o projeto deve favorecer a entrada de luz natural. No caso da iluminação artificial, deve-se dar preferência a luminárias de luz fria, sendo que qualquer tipo de luminária deve apresentar proteção contra quedas e explosões.
- Ventilação: o projeto arquitetônico deve favorecer a ventilação e a circulação de ar no ambiente (interno), evitando temperaturas altas internamente, que são prejudiciais às condições de trabalho e à qualidade do mel.

2.5.4 - EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS

Para que o mel possa ser extraído dos favos, sob um processo com qualidade, são necessários alguns equipamentos especiais. Para que se possa garantir a qualidade do produto final, todos os equipamentos e utensílios utilizados nas várias etapas de manipulação devem ser específicos para essa atividade, não cabendo qualquer forma de adaptação. No caso dos equipamentos e utensílios que irão ter contato direto com o produto, todos devem ser de aço inoxidável 304, específico para produtos alimentícios. Cada equipamento está relacionado com uma fase do processamento, conforme listado abaixo:

- Mesa desoperculadora: Equipamento utilizado para dar suporte à desoperculação dos favos de mel. Constituída de uma base para o apoio dos quadros de mel, peneira e cuba para recebimento do resíduo de mel resultante do processo.

→ Garfo desoperculador: Utensílio com vários filetes pontiagudos, de aço inoxidável na extremidade e cabo empunhador de material plástico. Ao ser introduzido, paralelamente à superfície do quadro, os opérculos são retirados com movimento de torção do garfo (Figura 1).



Figura 1 - Garfo desoperculador

- Faca desoperculadora: Espécie de lâmina de aço inoxidável com empunhadura de plástico, podendo ou não conter sistema de aquecimento da lâmina. Passada paralelamente sobre a superfície do quadro, retira a camada de cera protetora dos alvéolos.
- Aparelho automático de desoperculação: Equipamento onde os quadros são encaixados e desoperculados automaticamente por meio de um sistema de guilhotina com arames de metal. Recomendado para grandes produções. Alguns modelos recebem apenas os quadros, outros já recebem a melgueira toda.
- Centrífuga: Equipamento que recebe os quadros já desoperculados e, por meio de movimento de rotação em torno de seu próprio eixo, retira o mel dos alvéolos (força centrífuga). Existem alguns sistemas de encaixe dos quadros, entretanto, o mais comum e com melhor rendimento é o que se denomina "radial", pois permite a retirada do mel nas duas faces do quadro ao mesmo tempo. No mercado, encontramos centrífugas com várias capacidades de extração, podendo ser manuais, com sistema de rotação acionado manualmente ou elétricas, com motor

e dispositivos de controle de velocidade de rotação, sendo mais recomendadas para grande produção (Figura 2).



Figura 2 – Centrífuga

- Peneiras: Utensílios que retiram as partículas presentes no mel oriundas do processo de desoperculação e centrifugação. O ideal é que se utilizem várias "malhas" com diferentes diâmetros para uma filtragem mais eficiente. Em processos industriais, essa filtragem pode ocorrer mecanicamente, sob pressão.
- Baldes: Recipientes destinados ao recebimento do mel centrifugado, servindo de suporte para as peneiras e para o transporte do mel até o decantador. Em grandes produções, a sua utilização é inadequada, sendo substituído por sistemas de escoamento do mel, entre as várias etapas do beneficiamento.
- Decantador: Recipiente destinado ao recebimento do mel já centrifugado. É dotado de abertura superior, com tampa e orifício, e escoamento localizado na base. Tem como finalidade deixar o mel "descansar" por um período determinado (máximo de 10 dias), fazendo com que as eventuais bolhas produzidas durante o processo de centrifugação e as possíveis partículas presentes ainda no mel (pedaços de cera e partes do corpo das abelhas) subam até a superfície e possam ser separadas no momento do envase (Figura 3).



Figura 3 – Tanque decantador

→ Homogeneizadores: Tanques normalmente de grande capacidade, providos de pás rotatórias, que homogeneizam o mel, com a finalidade de padronizar grandes quantidades do produto em relação à cor, aroma e sabor. Alguns homogeneizadores são construídos com paredes duplas, providos de sistemas de aquecimento controlado, evitando o processo de cristalização (Figura 4).



Figura 4 – Tanque homogeneizador

→ Mesa coletora: Recipiente utilizado apenas em processos industriais, destinado ao recebimento do mel (em baldes ou latas), previamente centrifugado e decantado. O mel é despejado no reservatório da mesa, passando por uma peneira, e bombeado diretamente sob pressão para o tanque homogeneizador ou escoado da mesa por gravidade e posteriormente bombeado (Figura 5).



Figura 5 - Mesa coletora de mel e bomba de mel

2.5.5 – HIGIENIZAÇÃO

Para que se possa garantir ao consumidor a qualidade do produto final, os produtos alimentícios, devem ser processados seguindo-se normas rigorosas de higiene, tanto das instalações como do pessoal envolvido e dos equipamentos utilizados. Essas normas estão contidas no que se denomina "Boas Práticas de Fabricação de Alimentos" – BPF.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, por meio do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA, vinculado à Secretaria de Defesa Agropecuária – DAS, dispõe de uma instrução normativa que determina o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Manipulação para Estabelecimentos Elaboradores e/ou Industrializadores de Alimentos".

Para o cumprimento dessas normas, é necessário que se formule um plano de ação denominado "Procedimentos Práticos de Higiene Operacional" - PPHO, que visa estabelecer os procedimentos práticos para a implantação das normas de BPF.

A higienização, tanto do ambiente como dos equipamentos e do pessoal envolvido, é condição fundamental para a garantia da qualidade do produto final, devendo ser realizada previamente ao processamento do mel, pois sendo este um produto altamente higroscópico (alta capacidade de absorção de água), tanto o ambiente como os equipamentos não devem conter resíduos de água, o que elevaria a umidade relativa do ar do recinto. A higiene do ambiente e dos equipamentos consiste basicamente em duas etapas:

- Limpeza: Destina-se à remoção dos resíduos orgânicos e minerais presentes nas superfícies do ambiente e equipamentos.
- Sanificação: Tem a finalidade de remover dos equipamentos a carga microbiana, reduzindo-a a níveis satisfatórios.

É importante ressaltar que, para que esses procedimentos alcancem seus objetivos plenamente, é fundamental que a água utilizada no processo esteja dentro dos padrões de qualidade.

As etapas de limpeza e sanificação estão sub-divididas da seguinte maneira:

- Pré-Lavagem – utilizando-se apenas água, retira em torno de 90% das sujidades.
- Lavagem – utilizam-se detergentes para a retirada de material que permaneceu aderido às superfícies.
- Enxagüe – retira os resíduos das sujidades e do detergente.
- Sanificação – apenas essa etapa deve ser realizada imediatamente antes da utilização dos equipamentos. Esse procedimento não corrige eventuais falhas das etapas anteriores.

Abaixo relacionam-se alguns dos agentes sanificantes :

- Agentes físicos: calor e luz ultravioleta.
- Agentes químicos: compostos clorados (hipoclorito de sódio e cálcio) e compostos iodados (solução alcoólica a 10%).

2.5.6– PROCESSAMENTO

No caso específico do mel, existem outros procedimentos que devem ser seguidos, de forma a manterem a qualidade e as características intrínsecas do produto.

As melgueiras, ao chegarem na casa de mel, devem ser depositadas em área isolada do recinto onde ocorrerá a extração do mel e as outras etapas do beneficiamento; devem ser colocadas sobre estrados (de madeira ou material plástico) devidamente limpos, que impeçam seu contato direto com o solo. Essas

melgueiras provenientes do campo não devem ter acesso à área de manipulação; assim, apenas os quadros devem ser transportados para a manipulação, podendo-se usar outras melgueiras ou caixas plásticas, devidamente limpas, apenas para esse fim.

Todas as etapas posteriores (desoperculação dos quadros, centrifugação, filtragem e decantação do mel) devem também seguir as normas higiênico-sanitárias indicadas pelas BPF. Para tal, deve-se tomar cuidados especiais em relação às vestimentas e higiene do pessoal envolvido e aos procedimentos de manipulação.

Após a desoperculação dos favos, os quadros são encaminhados para a centrifugação, que deverá ocorrer lentamente no início para não quebrar os quadros que estão cheios de mel, aumentando-se a sua velocidade progressivamente. Uma vez extraído, o mel pode ser retirado da centrífuga por gravidade, escoando-o para um balde ou diretamente para o decantador. Conforme o volume de produção, pode-se utilizar um sistema de bombeamento. Para ambas as possibilidades, o mel iniciará o processo de filtragem.

Nessa etapa, recomenda-se a utilização de várias peneiras com diferentes gramaturas, seguindo-se da maior para a menor.

Após a filtragem, o mel é encaminhado para o decantador, onde "descansará", por, pelo menos, 48 horas, a fim de que as eventuais partículas que não foram retiradas pela filtragem e as bolhas criadas durante o processo se desloquem para a porção superior do decantador, sendo retiradas posteriormente durante o procedimento de envase.

No caso da necessidade da homogeneização do mel, este segue, após a decantação, para o homogeneizador por sistema manual ou por sistema mecanizado.

Na transferência do mel para o decantador e no momento do envase, deve-se evitar o aparecimento indesejável de bolhas, executando-se os procedimentos de forma lenta e posicionando-se os recipientes ligeiramente inclinados, fazendo com que o mel escoe pela parede da embalagem.

2.5.7 – ARMAZENAMENTO

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.

2.5.8 – 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.

Em embalagens a granel (25 kg), os baldes de plástico têm relação custo-benefício superior ao da lata de metal, além de proporcionar 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 (Figura 6), 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.

Embora o vidro apresente restrições em relação ao transporte e armazenagem das embalagens (maior risco de danos por quebra), sua constituição não propicia a troca gasosa com o ambiente externo (permeabilidade da parede), o que não ocorre com o material plástico. Outro ponto positivo do vidro está relacionado com a sua capacidade de realçar a cor do mel (ponto importante na atratividade do produto).

Outro aspecto relacionado com a qualidade da embalagem é o tipo de tampa, uma vez que ela será o ponto mais vulnerável no contato entre o produto

acondicionado e o ambiente externo. A tampa deve isolar hermeticamente o conteúdo do recipiente. Isso ocorre normalmente pela presença de um anel de vedação interno. Nesse caso, as embalagens de vidro levam vantagem sobre as de plástico, que muitas vezes apresentam tampas com vedação precária, propiciando a absorção de umidade do ambiente e criando condições para o desenvolvimento microbiano, que irá acarretar a fermentação do produto.



Figura 6 - Variedade de embalagens de plástico para mel.

2.6 - REOLOGIA

Reologia é definida como a ciência que estuda a resposta de um material à aplicação de uma tensão ou deformação (TOLEDO, 1991).

O termo reologia, vem do grego *rheo* (fluxo) e *logos* (ciência), foi sugerido por Bingham e Crawford, para descrever as deformações de sólidos e a fluidez de líquidos (LABA, 1993; LEONARDI. et al., 2001).

Segundo Barnes et al., (1989) Isaac Newton, em 1687, definiu a viscosidade de um fluido como a resistência ao deslizamento de suas moléculas devido à fricção interna (Figura 7) e quanto maior o grau de fricção interna de um fluido, maior é a sua viscosidade. Em sua abordagem matemática, Newton utilizou o modelo de duas placas de áreas A , separadas por uma distância h , movimentadas através da aplicação de uma força F . De acordo com esse modelo, a força requerida por unidade de área (F/A) para manter uma diferença de velocidade entre as placas (dv/dy) é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade através do líquido (equação 1). Assim, o coeficiente de proporcionalidade é igual à viscosidade (η). A força por unidade de área é conhecida como tensão de cisalhamento (τ) e o gradiente de velocidade é conhecido como taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$).

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dy} \quad (1)$$

Substituindo (F/A) por (τ) e (dv/dy) por ($\dot{\gamma}$), tem-se a equação de Newton (equação 2) para a viscosidade de um fluido.

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma} \quad (2)$$

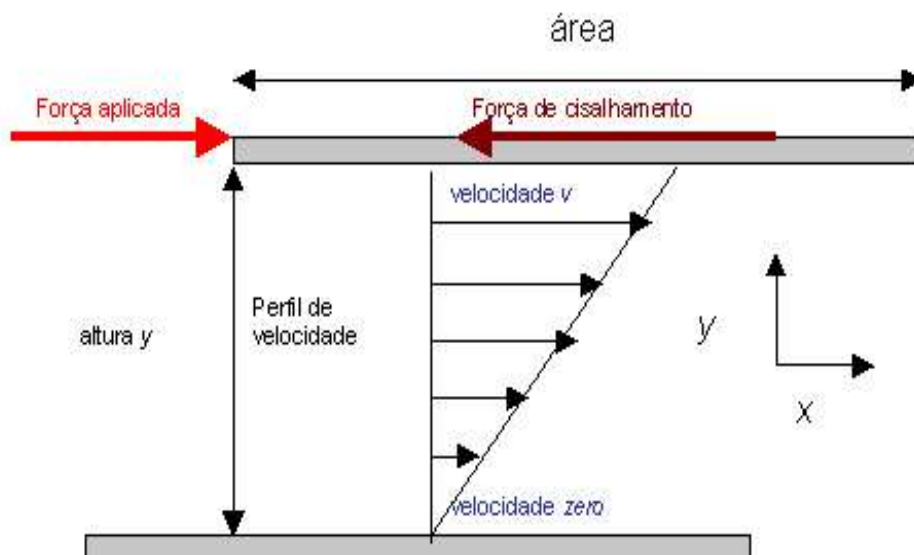


Figura 7: Força de cisalhamento aplicada sobre um fluido.

2.7 - CLASSIFICAÇÃO REOLÓGICA DOS FLUIDOS

2.7.1 - FLUIDOS NEWTONIANOS

Segundo Holdsworth (1993) os fluidos newtonianos apresentam viscosidade constante, ou seja, apresentam uma relação linear entre a taxa de deformação e a tensão cisalhamento.

Na ausência de uma tensão de cisalhamento, não ocorrerá deformação. Os fluidos podem ser classificados em um conceito mais amplo, de acordo com a relação entre a tensão de cisalhamento aplicada e a taxa de deformação do fluido. Fluidos para os quais a tensão de cisalhamento é diretamente proporcional a taxa de deformação são denominados fluidos newtonianos (FOX e MCDONALD, 1981).

2.7.2 - FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS

Segundo Fox e MacDonald (1981) o termo não-newtoniano é usado para classificar todos os fluidos nos quais a tensão de cisalhamento não é linearmente proporcional à taxa de deformação.

Os materiais não-newtonianos podem ser classificados em dois grupos:

- Independentes do tempo
- Dependentes do tempo

2.7.2.1– INDEPENDENTES DO TEMPO

- Fluidos pseudoplásticos: São substâncias que, em repouso, apresentam suas moléculas em um estado desordenado, e quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada.

E quanto maior esta força, maior será a ordenação e, conseqüentemente, menor será a viscosidade aparente (BARNES et al., 1989). Este fluido pode ser descrito pelo modelo de Ostwald-de-Waele (equação 3).

$$\tau = \kappa \dot{\gamma}^n \quad (3)$$

- Fluidos dilatantes: Nos fluidos dilatantes tem-se um aumento da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento. De acordo com Shaw (1992), este comportamento deve-se ao efeito da dilatação da polpa de manga com a água, sendo suficiente apenas para preencher os vazios.
- Plásticos: este tipo de fluido comporta-se como sólido em condições estáticas ou de repouso e após aplicação de certa força começa a fluir. Esta força aplicada denomina-se tensão de deformação. Após começar a fluir o comportamento pode ser newtoniano, pseudoplástico ou dilatante (BARNES et al., 1989).
- Plásticos de Bingham: Os fluidos denominados plásticos de Bingham apresentam forças internas que impede o material de fluir, até atingir a tensão de deformação inicial e em seguida começa a fluir apresentando um comportamento newtoniano. Este modelo pode ser descrito pela equação de Bingham.

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \dot{\gamma} \quad (4)$$

2.7.2.2 – DEPENDENTES DO TEMPO

- Tixotropicos: estes fluidos decrescem a viscosidade com o tempo enquanto são submetidos a um constante cisalhamento (DARLEY e GRAY, 1988)
- Reopexia: Estes fluidos aumentam a viscosidade com o tempo de cisalhamento (DARLEY e GRAY 1988).

Segundo Nguyen e Boger, (1998), o valor da tensão de escoamento denota a transição entre o comportamento de um sólido e um líquido (Figura 8). Uma das principais aplicações desse parâmetro tem sido no projeto e monitoramento do transporte de suspensões através de bombeamento, onde se deseja um valor da tensão de escoamento que possibilite o transporte de suspensões sem a ocorrência de sedimentação de partículas e, em caso de uma eventual parada do sistema, não ocorra a sedimentação imediata das partículas.

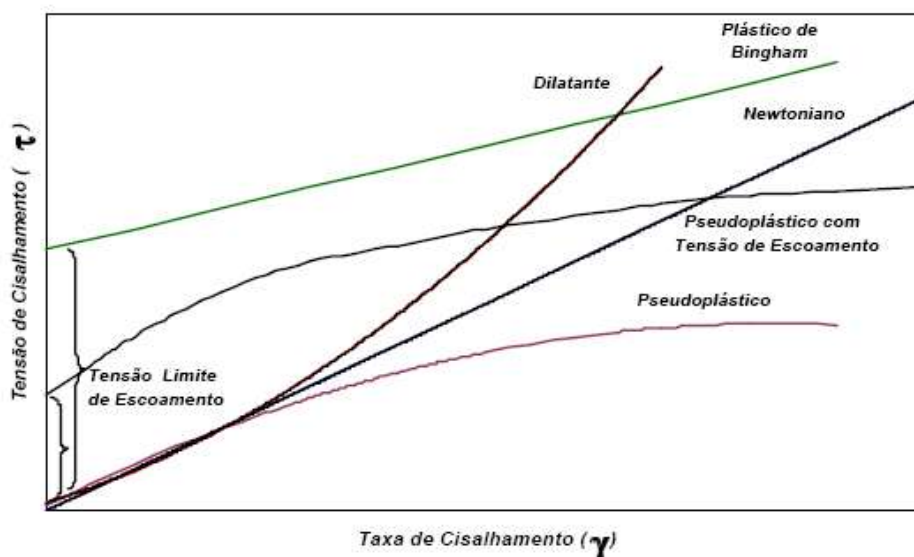


Figura 8 - Tipos de comportamento reológico

2.8 – REOLOGIA DO MEL

Em se tratando de mel, muitos pesquisadores têm encontrado diferentes comportamentos reológicos tais como:

→De acordo com Rao (1999), o mel possui característica newtoniana.

→Muller (1997) trabalhando com mel de florada de eucalipto (*Eucalyptus ficifolia*) relata que os méis analisados apresentam comportamento não-newtoniano, com características pseudoplásticas e reopéticas.

→Holdsworth (1993), em méis e derivados de florada de eucalipto, possui um comportamento dilatante.

→Segundo Steffe (1996), o mel tem um comportamento newtoniano.

→Segundo Muller (1997), o mel que é um alimento líquido apresenta um comportamento não-newtoniano.

→Segundo Bobbio e Bobbio (2001) certos tipos de méis apresentam um comportamento tixotrópico.

2.9 - EFEITOS DA TEMPERATURA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS

Segundo Steffe (1996) a variação da temperatura pode ocorrer durante o processamento e o armazenamento dos alimentos, tendo influência nas propriedades reológicas dos mesmos.

A temperatura dos alimentos, é na realidade a temperatura média dos elementos presentes, com a distribuição de energia molecular sobre esta média dada pela lei de distribuição de Boltzmann, Moore, (1962), citado por PINTO (2004).

Segundo Atkins (1998) citado por Carvalho (2004), a energia de ativação provém da idéia de que as moléculas devem possuir uma quantidade mínima de energia cinética para reagir.

A energia é transferida através das colisões entre as moléculas. O fator de frequência traduz o número de colisões e a probabilidade de que elas possuam uma orientação favorável para que ocorra a reação, com átomos convenientemente posicionados para formar novas ligações (BROWN et al., 1991). Com temperatura mais alta, teremos um número maior de moléculas com um mínimo de energia cinética para reagir.

Segundo Carvalho (2004) a sensibilidade térmica de uma reação é indicada pela energia de ativação; maiores valores de energia de ativação indicam a necessidade de uma quantidade de energia maior para iniciar a reação, implicando assim que esta reação será mais vulnerável à influência da temperatura.

A dependência da taxa de evolução, ou velocidade, de uma reação química com a temperatura tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores desde 1850, Stiller (1989), citado por PINTO (2004).

A equação de Arrhenius (equação 5) introduz o conceito de energia de ativação nas reações químicas (PINTO 2004).

$$\eta = A \exp\left(\frac{Ea}{RT}\right) \quad (5)$$

Segundo Pinto (2004) é importante salientar que a equação de Arrhenius se baseia em observações experimentais válidas somente em uma faixa finita de temperatura. Da mesma forma, através da expressão de Arrhenius, assume-se que a temperatura é o único fator que limita a evolução da reação nos alimentos.

Quanto mais alta a temperatura média, maior será o número de moléculas com energia cinética mínima necessária para reagir e, portanto, maior será a probabilidade de uma colisão molecular que leve à reação (PINTO 2004).

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS

No primeiro tópico deste capítulo são apresentadas as áreas de estudo para a análise do comportamento reológico do mel. O segundo tópico descreve os procedimentos para o levantamento da flora apícola da região de Rio do Oeste/SC. O terceiro tópico apresenta a extração e o processamento do mel. No quarto tópico é apresentado a coleta do material para a montagem do dispositivo experimental para a análise do comportamento reológico do mel. O quinto tópico descreve o procedimento para análise das propriedades reológicas das amostras de méis da região de Rio do Oeste/SC e Região de Rio do Campo/SC nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C. O sexto tópico apresenta o procedimento para a obtenção da energia de ativação das amostras de méis coletados nas regiões de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC de méis nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

3.1 – ÁREA ESTUDADA

O desenvolvimento da pesquisa se deu no município de Rio do Oeste/SC, situado entre as coordenadas 27°11'33,76"S, 49°47'48,36"W e 365 m de altitude.

A área total do município compreende cerca 266,87 km², ocupando diferentes fisionomias de mata atlântica, além de áreas de cultivos, reflorestamento e pastagem. As florestas preservadas constituem grande parte das propriedades agrícolas no município.

Para melhor avaliar o comportamento reológico do mel abelha *Apis mellifera* foram coletadas amostras de méis no município de Rio do Campo/SC, sendo que estas amostras de méis serviram para comparar o comportamento reológico do mel, pois neste município a “pastagem apícola” se difere da encontrada em de Rio do Oeste/SC.

Foram avaliadas duas áreas distintas:

→ REGIÃO DE RIO DO OESTE/SC

Esta região possui uma grande malha de mata atlântica, rica em diversidade de espécies nativas, responsável pela produção de mel no município.

O eucalipto é outra espécie com grande importância para a produção de mel na região de Rio do Oeste/SC, principalmente por ser uma planta de grande aceitação no meio rural devido o seu alto valor comercial.

Salomé e Orth (2004) constatarão que na região de Rio do Oeste/SC existe uma composição florística bastante variada com 23 famílias, sendo a família *Asteraceae* a mais rica com 9 espécies de importância apícola.

→ REGIÃO DE RIO DO CAMPO/SC

Esta região possui uma características toda especial devido o fato que na época de sua colonização, o extrativismo vegetal foi a principal fonte de renda da região, com o passar dos tempos houve um reconstituição natural da vegetação nativa, onde as espécies *Baccharis*, *Piptocarpha* e *Baccharisdastrum* tiveram a predominância em relação as outras espécies.

3.2 – AMOSTRAGEM DE PLANTAS

O levantamento das famílias e espécies de importância apícola foi realizado entre maio e novembro de 2003. Para a coleta de dados houve a colaboração de 10 apicultores. A atividade foi realizada em grupos, onde cada produtor era encarregado de levar algum material (flores e folhas da mata nativa a ser catalogada) para a coleta de dados. A aplicação desta metodologia teve como principal objetivo a valorização do conhecimento prático dos apicultores do município.

Para a organização dos dados levantados, foi utilizada uma planilha que define o calendário floral para cada região, desenvolvido pela EPAGRI (Figura 9), sendo que o mesmo foi preenchido em grupo.

Flores	Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25	05	25

Fonte: Epagri, 1994

Figura 9 - Calendário floral

Foram listadas através deste levantamento 24 famílias de plantas apícolas, pertencentes a 50 espécies. Estas espécies contribuem não só para a produção de mel, mas também para a manutenção das abelhas.

3.3 – COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE

O mel de abelha *Apis mellifera* utilizado nesse trabalho foi obtido na região de Rio do Oeste e Rio do Campo estado de Santa Catarina, no mês de dezembro de 2004 e no mês de dezembro de 2005 obtidas diretamente dos apicultores. As amostras encontravam-se envasadas em recipientes de plástico de 500g e armazenadas e acondicionadas à temperatura e luminosidade ambiente.

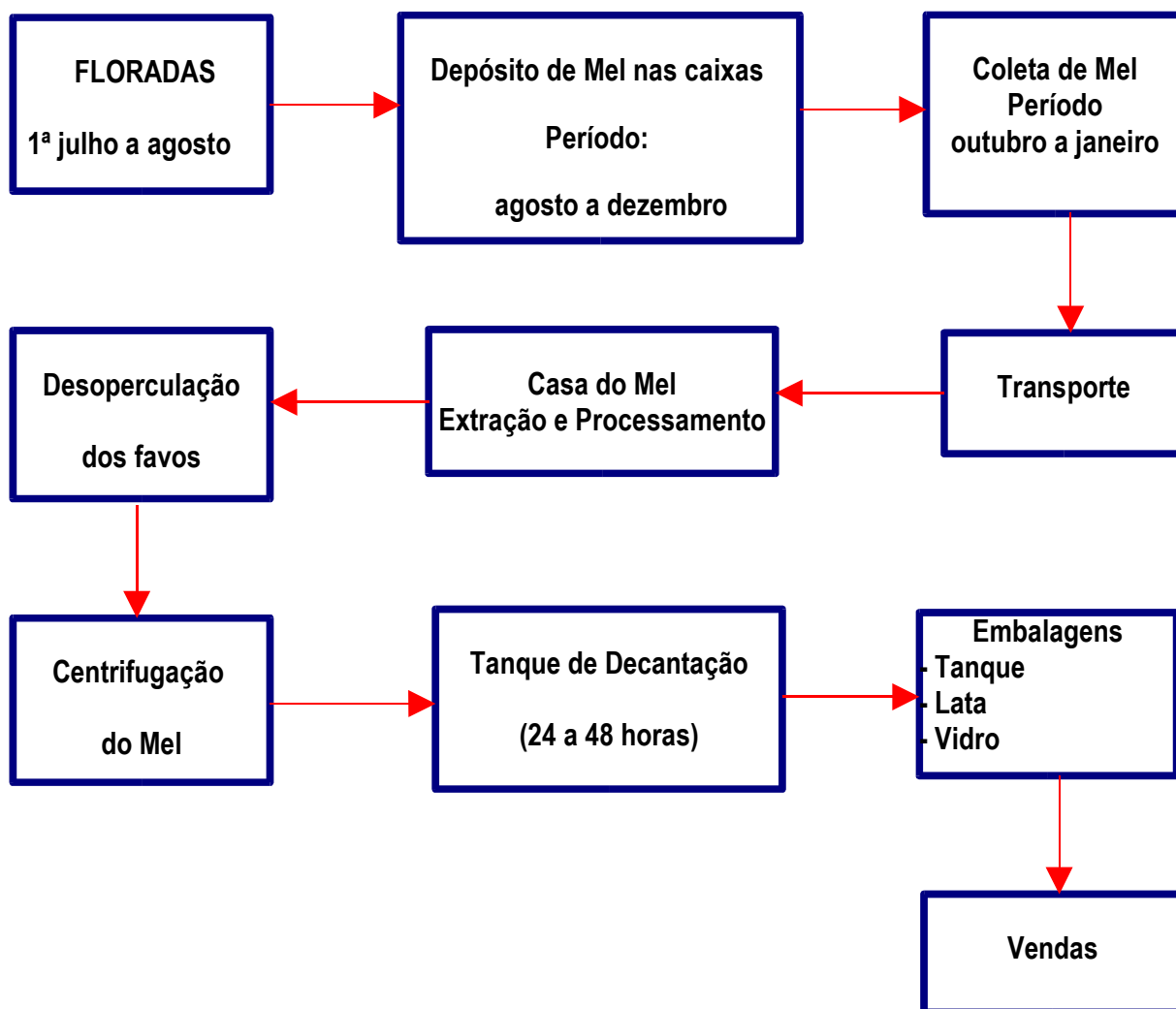


Figura 10 – Fluxograma da produção do mel

3.4 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO MEL

Os reogramas dos méis de abelha *Apis mellifera* foram obtidos em duplicatas no Laboratório Interdisciplinar de Materiais – LABMAT no centro

tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, utilizando o reômetro digital de cilindro concêntrico, marca Thermo Haake, modelo VT 550, nas temperaturas 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

Neste reômetro utilizou-se uma jaqueta acoplada em banho termostático de água para manter a temperatura da amostra de mel constante durante as medidas.

Para cada reograma, os valores da tensão de cisalhamento e a taxa de deformação foram obtidos em função da rotação, que variou entre 13 e 70 rpm a partir de um volume 50 g, retiradas de 4 amostras de méis; coletados nos municípios de Rio do Oeste/SC safra 03/04 e safra 04/05 e Rio do Campo/SC safra 04/05.

Na safra 03/04 do município de Rio do Oeste/SC foram coletados méis na parte inferior e superior do tanque de decantação. A coleta na parte superior serviu como comparação com a parte inferior, devido ao fato que a parte superior é a região do tanque de decantação onde está depositado as “impurezas” do mel; como restos de abelha, favos, cera e própolis.

Além do banho termostático este o reômetro digital conta com software modelo OS 550 (Figura 11) que possibilita ajustar o resultado apresentado na forma gráfica e ajustar ao modelo reológico mais adequado.



Figura 11 – Reômetro digital com banho termostático e sistema de aquisição de dados

3.5 - EFEITOS DA TEMPERATURA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS

Para determinar o valor da energia de ativação, foi realizado um ajuste linear da viscosidade (η) para cada temperatura. Para realizar o ajuste linear, foi calculado o logaritmo natural dos valores da viscosidade (η) e determinado a temperatura absoluta (em Kelvin) das amostras de méis de abelha *Apis mellifera*.

Foi determinado um gráfico do logaritmo natural dos valores da viscosidade (η) em função do inverso da temperatura das amostras de méis, resultando em uma reta, cuja à inclinação é Ea/R .

Ordenando a equação 6 de modo a ajustar uma equação linear $y = ax + b$, encontraremos:

$$\ln \eta = \ln A e^{\frac{Ea}{RT}} \quad (6)$$

De acordo com a equação 7, um gráfico de $\ln \eta$ por $1/T$ resultará em uma reta cuja inclinação é Ea/R . Sendo R a constante de gases universal (8.314 J/mol.K) e T a temperatura constante das amostras de méis de abelha *Apis mellifera*.

$$\ln \eta = +\frac{Ea}{RT} + \ln A \quad (7)$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo primeiramente é apresentado o levantamento da flora da região de Rio do Oeste/SC. A seguir, são apresentados os resultados obtidos para os parâmetros reológicos do mel nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C. Em seguida são apresentados os resultados referentes a energia de ativação dos méis da região de Rio do Oeste/SC, safra 03/04, coletado na parte inferior e superior do tanque de decantação, Região de Rio do Oeste/SC safra 04/05 e região de Rio do Campo/SC safra 04/05.

4.1 – COMPOSIÇÃO FLORAL DA REGIÃO DE RIO DO OESTE/SC

Pela análise dos dados pode-se dizer que o município de Rio do Oeste/SC está sob ação de clima mesotérmico úmido, classificado como cfa (KOEPPEN, 1948). Foram listadas através deste levantamento com o auxílio dos apicultores e do calendário floral, 52 espécies, pertencentes a 24 famílias de diferentes plantas de importância apícola.

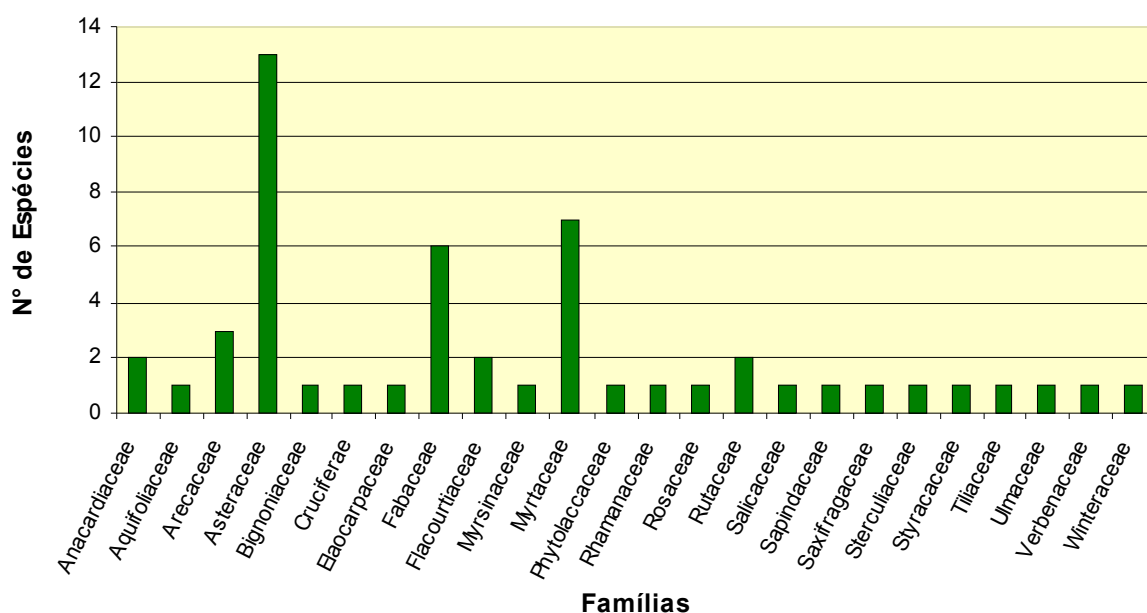


Figura 12 - Relação de espécies de plantas apícolas indicadas pelos apicultores como aquelas que mais contribuem para a produção de mel no município de Rio do Oeste/SC

As famílias que apresentaram maior representatividade apícola foram: Asteraceae 25%, Myrtaceae 13% e Fabaceae 11%.

O desenvolvimento da vegetação está intimamente vinculado às características do ambiente onde se encontra e depende, entre outros fatores, dos índices de umidade, luminosidade, calor, fertilidade e de outros fatores do substrato.

4.2 – REOLOGIA DO MEL

4.2.1 – REOGRAMAS DOS MÉIS DE ABELHA *Apis mellifera* NAS TEMPERATURAS DE 20°C, 30°C, 40°C E 50°C

As figuras 13 a 16 apresentam os reogramas do mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC safra 03/04 nas partes inferior e superior do tanque de decantação, Região de Rio do Oeste safra 04/05 e região de Rio do Campo/SC safra 04/05, obtidos nas seguintes temperaturas: 20°C, 30°C, 40°C e 50°C, respectivamente, estes reogramas foram obtidos com taxa de cisalhamento crescente.

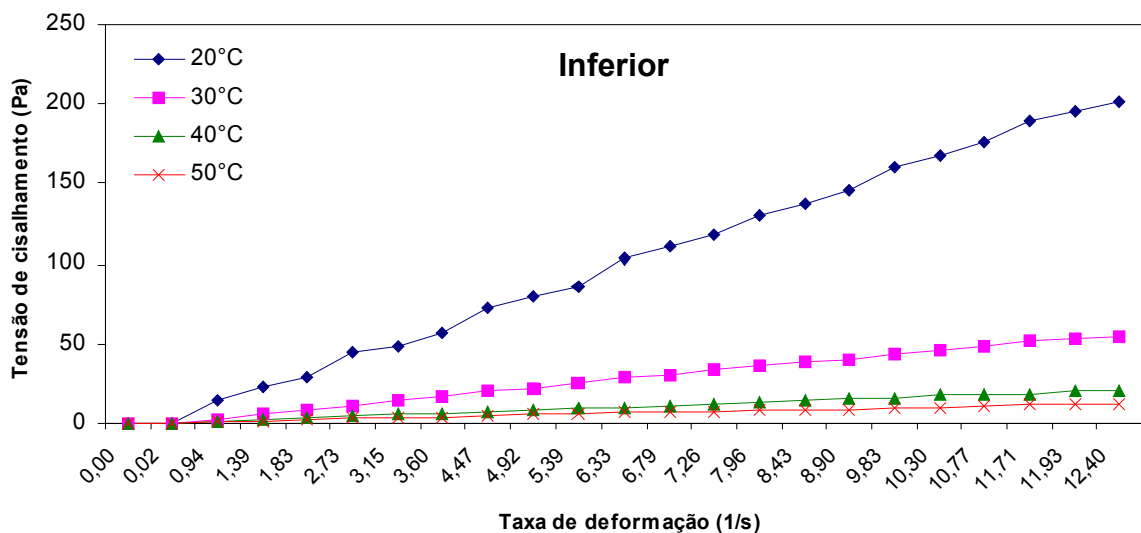


Figura 13 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas entre 20°C a 50°C.

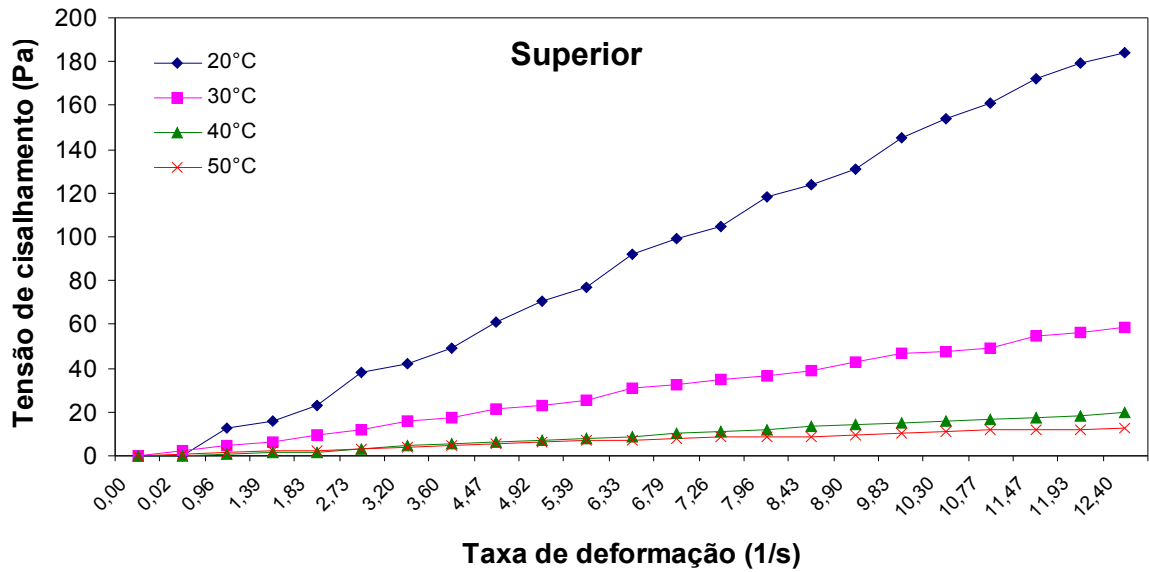


Figura 14 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas entre 20°C a 50°C.

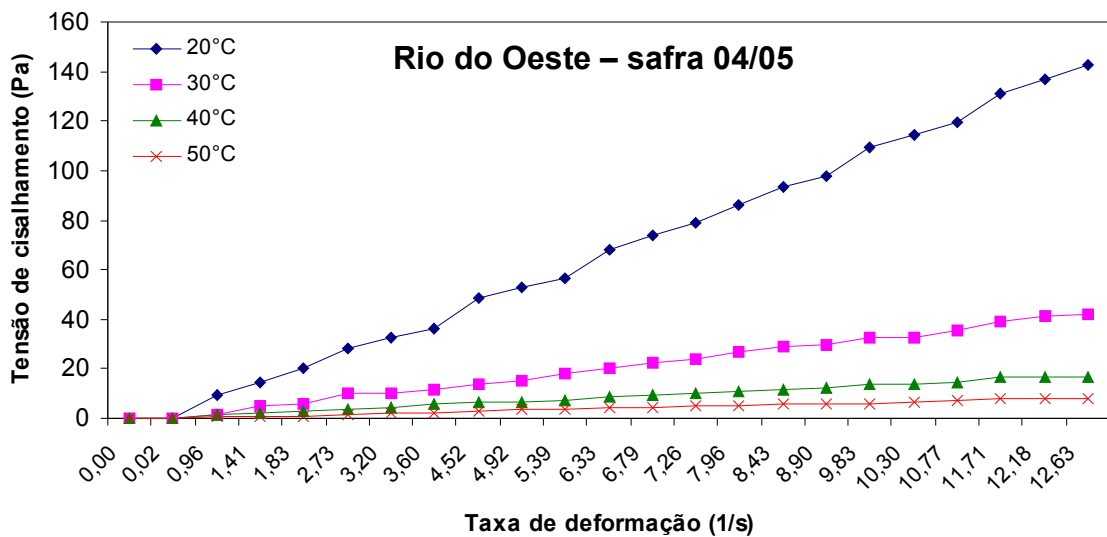


Figura 15 - Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado na região de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 nas temperaturas entre 20°C a 50°C.

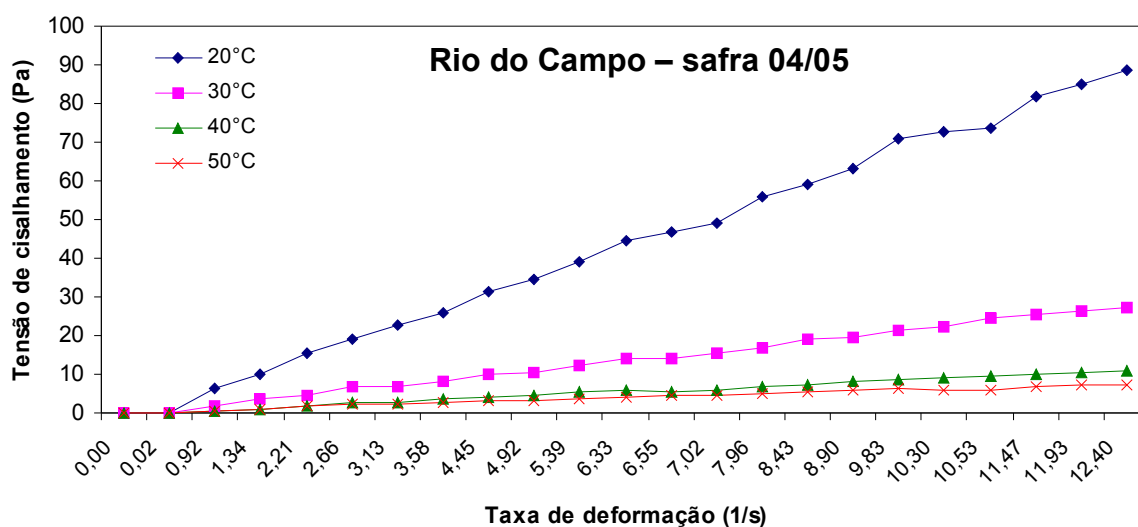


Figura 16- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de mel de abelha *Apis mellifera* coletado na região de Rio do Campo/SC – safra 04/05 nas temperaturas entre 20°C a 50°C.

Os dados obtidos foram ajustados pelo modelo de Newton e pela Lei da potência. Os dados experimentais mostraram para o mel um comportamento newtoniano na temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.

Tabela 2 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.

Modelo de Newton				
T (°C)	20	30	40	50
η	16,34	4,52	1,62	0.8392
X^2	76,37	12,22	5,84	111.6
R^2	0,9999	1,000	1,000	0,9983
Lei da Potência				
T (°C)	20	30	40	50
η	16,50	4,576	1,596	1,154
n	0,9958	0,9965	1,004	0,9184
X^2	72,76	9,441	5,119	4,311
R^2	0,9999	1,000	1,000	0,9999

Tabela 3 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.

Modelo de Newton				
T (°C)	20	30	40	50
η	15,18	4,618	1,567	0,6937
X^2	169,9	3,629	6,513	33,44
R^2	0,9998	0,9966	1,000	0,9993
Lei da Potência				
T (°C)	20	30	40	50
η	15,54	5,086	1,540	0,8339
n	0,9897	0,9730	1,004	0,9530
X^2	151,5	3,452	5,517	9,976
R^2	0,9998	0,9968	1,000	0,9998

Tabela 4 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.

Modelo de Newton				
T (°C)	20	30	40	50
η	11,35	3,355	1,204	0,5792
X^2	74,41	10,57	20,07	22,47
R^2	0,9998	1,000	0,9999	0,9993
Lei da Potência				
T (°C)	20	30	40	50
η	11,60	3,384	1,113	0,7040
n	0,9902	0,9975	1,020	0,9502
X^2	65,03	9,817	7,903	3,872
R^2	0,9999	1,000	0,9999	0,9999

Tabela 5 – Parâmetros de ajuste do modelo de Newton e Lei da Potência para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C a 50°C.

Modelo de Newton				
T (°C)	20	30	40	50
η	7,131	2,227	0,8206	0,4869
χ^2	37,51	6,386	7,711	48,17
R^2	0,9998	1,000	0,9999	0,9977
Lei da Potência				
T (°C)	20	30	40	50
η	6,966	2,207	0765	0,694
n	1,010	1,003	1,018	0,9093
χ^2	33,33	6,029	3,192	3,547
R^2	0,9998	1,000	1,000	0,9998

Os valores obtidos do índice de comportamento do escoamento do fluido (0,9093 a 0,9530) observados, indicam a natureza pseudoplástica para a temperatura de 50°C em todas as amostras de méis. Já para as outras temperaturas as amostras de méis apresentam um comportamento newtoniano.

Quanto ao valor da viscosidade, o comportamento esperado era a redução com o aumento da temperatura e em todas as amostras ocorreu uma redução da viscosidade, com aumento da temperatura (tabelas 2 a 5).

4.2.2 – REOGRAMAS DOS MÉIS DE ABELHA *Apis mellifera* EM DIFERENTES PONTOS DE AMOSTRAGENS

Nas figuras 17 a 20 estão apresentados os reogramas obtidos nas temperaturas de 20°C, 30°, 40°C e 50°C de méis de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação, Região de Rio do Oeste safra 04/05 e região de Rio do Campo/SC safra 04/05. Os reogramas foram obtidos a partir de 4 amostras com velocidade crescente e evidenciando o comportamento newtoniano para as temperaturas 20°C, 30°C e 40°C e pseudoplástico para a temperatura de 50°C.

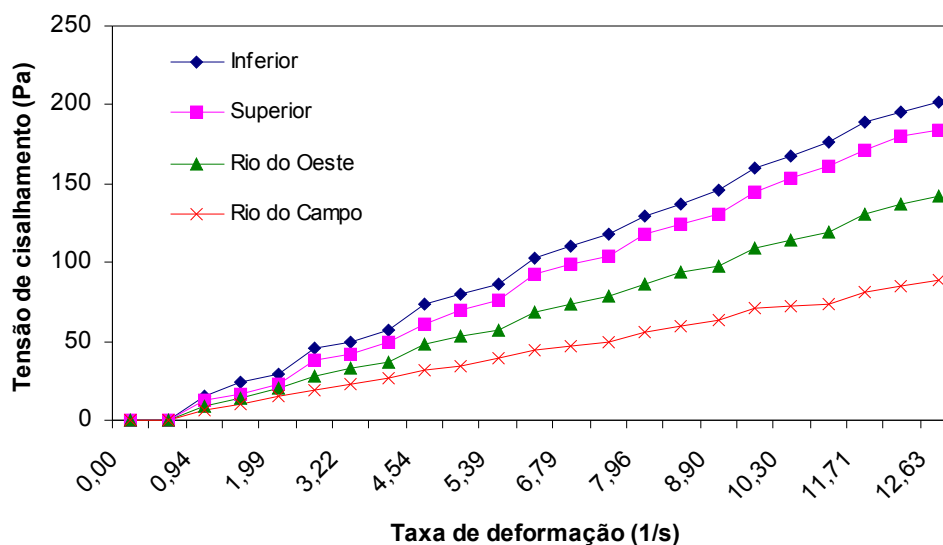


Figura 17 - Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 20°C.

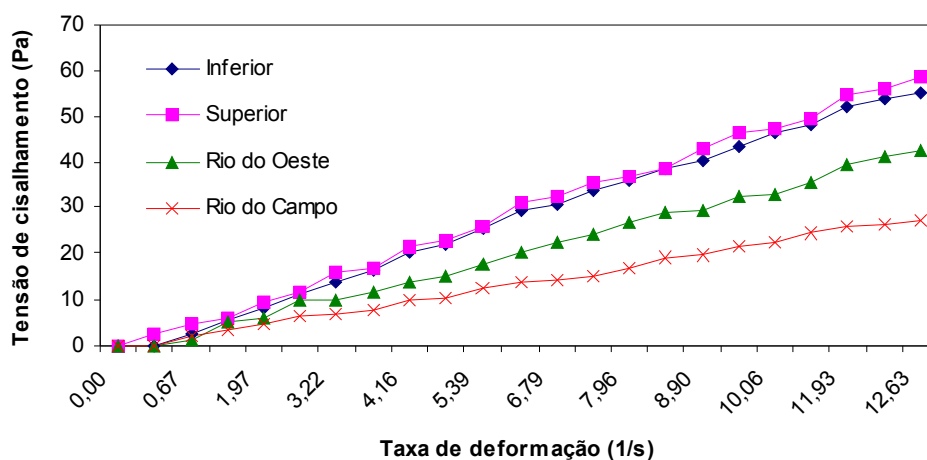


Figura 18 - Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 30°C.

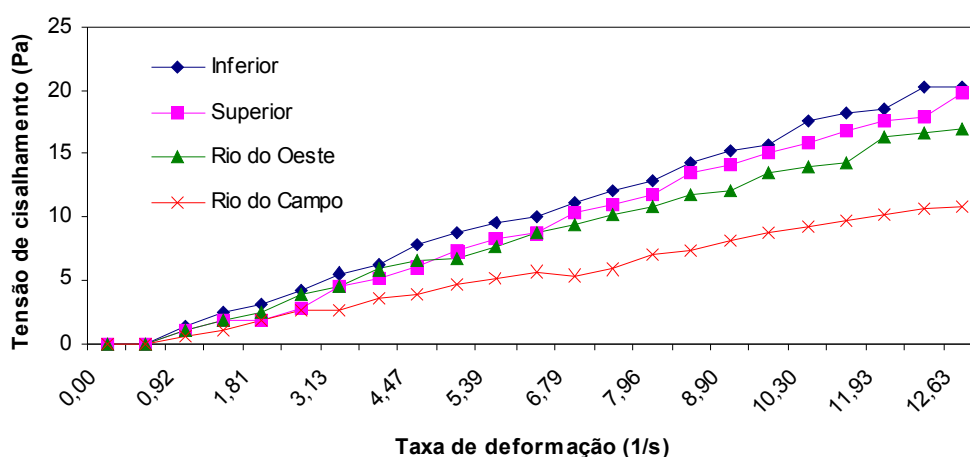


Figura 19 - Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 40°C.

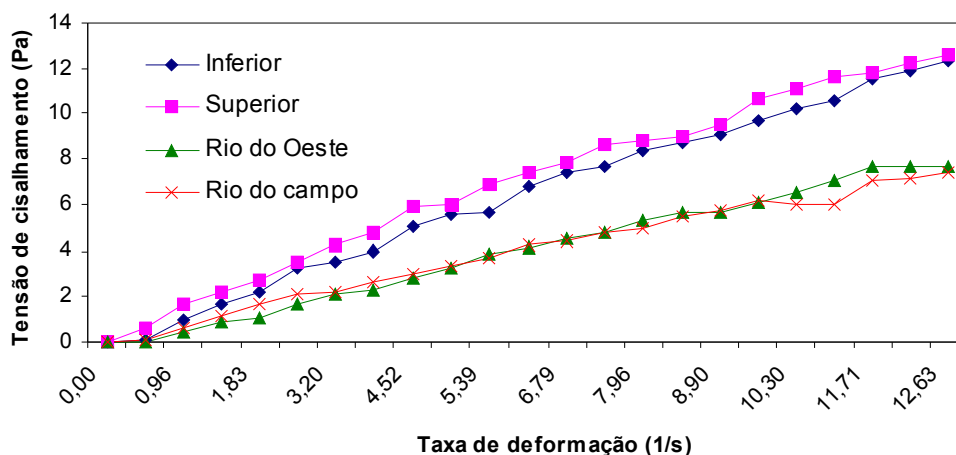


Figura 20 - Relação entre a tensão de cisalhamento e taxa de deformação de mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, na temperatura de 50°C

Em todas as amostras, ficou evidente a menor tensão de cisalhamento para a amostra coletada no município de Rio do Campo/SC. Já as amostra da região de Rio do Oeste/SC – safra 03/04, coletadas na parte superior e inferior e Rio do Oeste/SC – safra 04/05 a tensão de cisalhamento foi maior.

A 50°C houve uma proximidade entre os méis de Rio do Oeste/SC safra 03/04 (12,28 e 12,55) coletados na parte inferior e superior do tanque de decantação. O mesmo ocorreu para os méis coletados no município de Rio do Oeste/SC - safra 04/05 e município de Rio do Campo safra - 04/05 (7,69 e 7,42).

4.3 – VISCOSIDADE

Nas tabelas 7 a 10 são apresentados os valores da viscosidade (razão entre cada tensão de cisalhamento e a taxa de deformação) obtidos a partir do modelo Newton .

Por meio de ajuste linear dos valores de viscosidade, foram determinados os parâmetros a partir da equação de Arrhenius.

Tabela 6 – Viscosidade em função da temperatura no mel abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação

Dados obtidos experimentalmente				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	16.34	4.52	1.62	0.84
Dados calculados a partir da Equação de Arrhenius				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	14.63	5.05	1.87	0.73

Tabela 7 – Viscosidade em função da temperatura no do mel abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação

Dados obtidos experimentalmente				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	15.18	4.62	1.57	0.69
Dados calculados a partir da Equação de Arrhenius				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	14.45	4.79	1.70	0.65

Tabela 8 – Viscosidade em função da temperatura no do mel abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05

Dados obtidos experimentalmente				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	11.35	3.35	1.20	0.58
Dados calculados a partir da Equação de Arrhenius				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	10.46	3.61	1.33	0.52

Tabela 9 – Viscosidade em função da temperatura no do mel abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05

Dados obtidos experimentalmente				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	7.13	2.22	0.82	0.49
Dados calculados a partir da Equação de Arrhenius				
T (°C)	20	30	40	50
η (Pa.s)	6.41	2.43	0.98	0.42

Em todas as temperaturas a coerência dos valores da viscosidade, onde a equação de Arrhenius representou adequadamente o efeito da temperatura sobre a viscosidade do mel.

4.4 – ENERGIA DE ATIVAÇÃO

Nas figuras 21 a 30 são apresentados os dados da energia de ativação (E_a/R) a partir do ajuste linear para mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque

de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05, em 3 temperaturas (20°C, 30°C e 40°C) e 4 temperaturas (20°C, 30°C, 40°C e 50°C)

Para o cálculo da energia de ativação (E_a), utilizou-se a equação de Arrhenius (equação 5) cálculo para R igual $8.314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

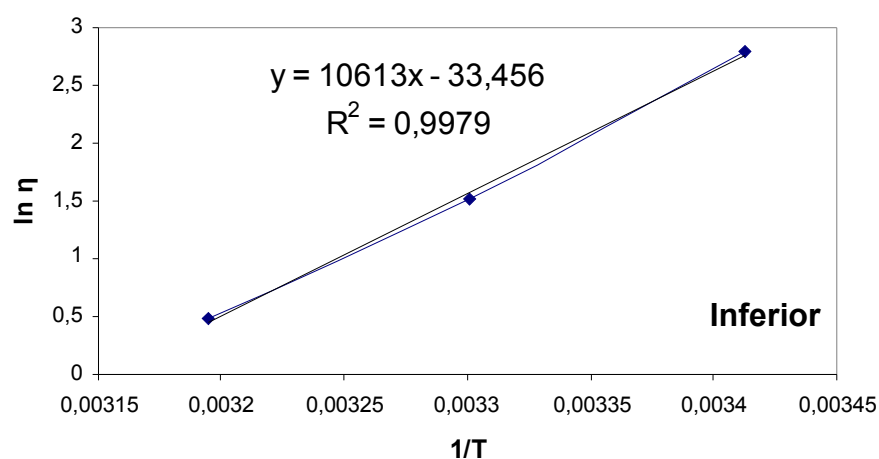


Figura 21 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.

E_a/R : 10631 K

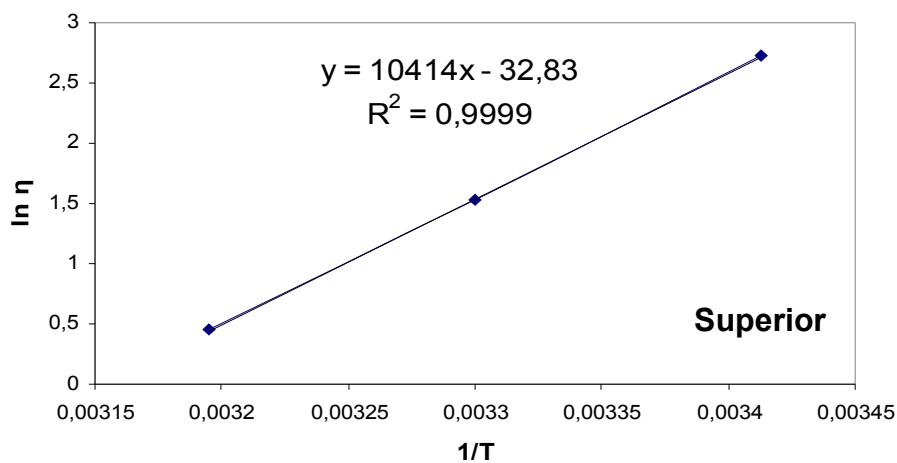


Figura 22 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.

Ea/R: 10414 K

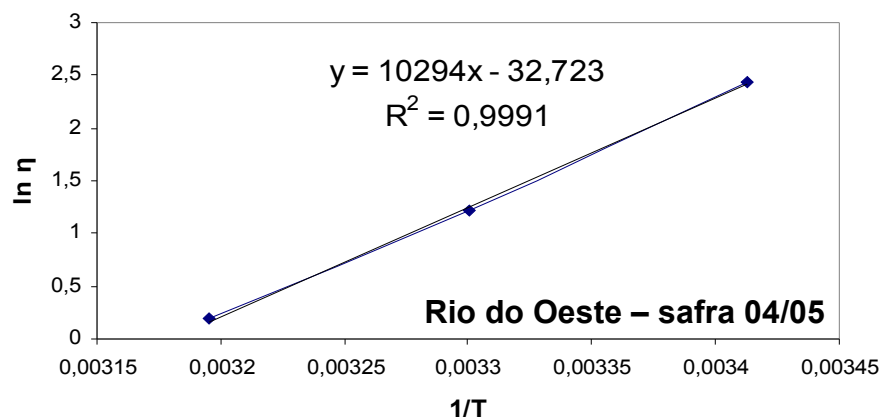


Figura 23 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.

Ea/R: 10292 K

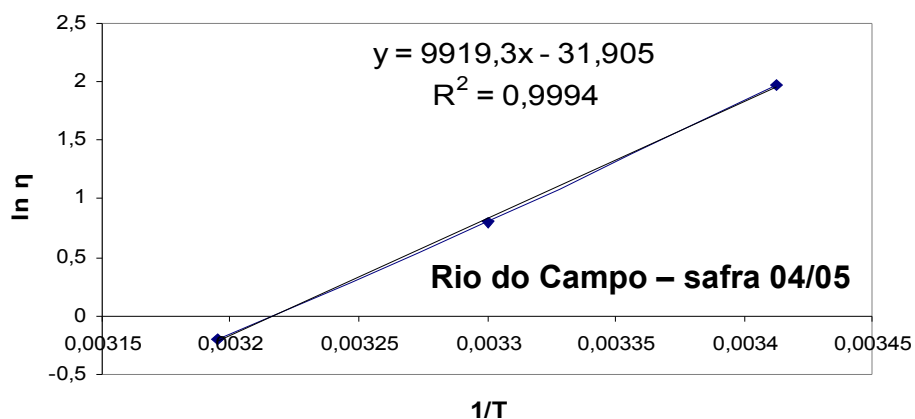


Figura 24 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.

Ea/R: 9919.3 K

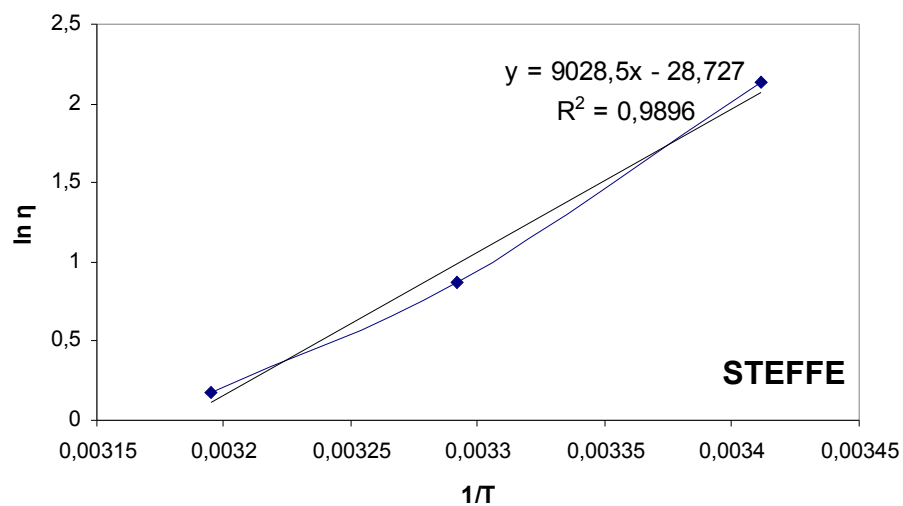


Figura 25 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* para os dados retirados de STEFFE, 1996, nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.

Ea/R: 9028.5 K

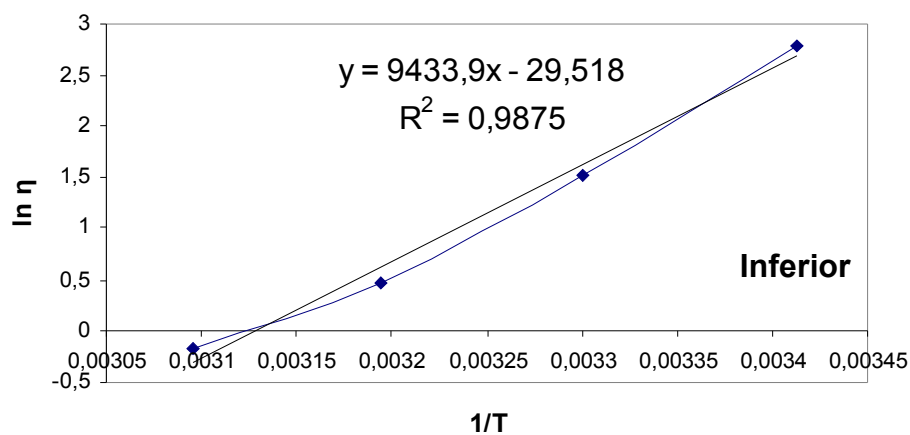


Figura 26 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

Ea/R: 9433.9 K

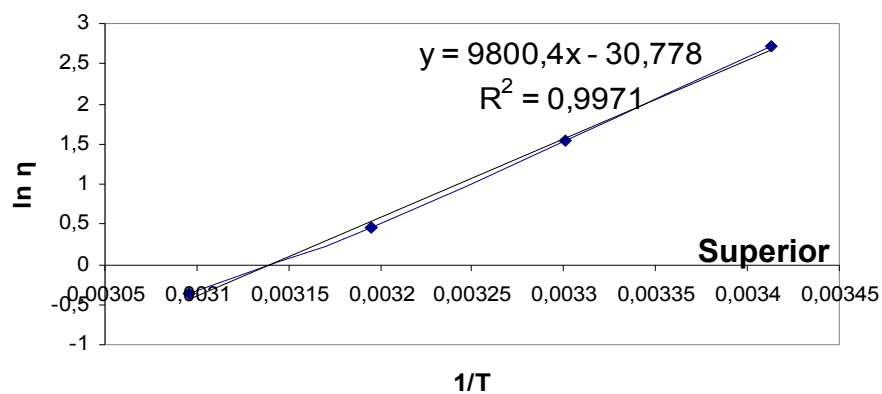


Figura 27 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte superior do tanque de decantação nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

Ea/R: 9800.4 K

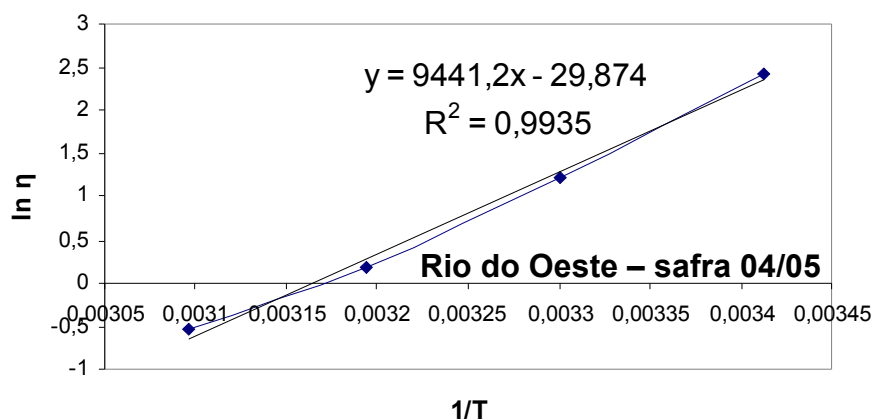


Figura 28 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

Ea/R: 9441.2 K

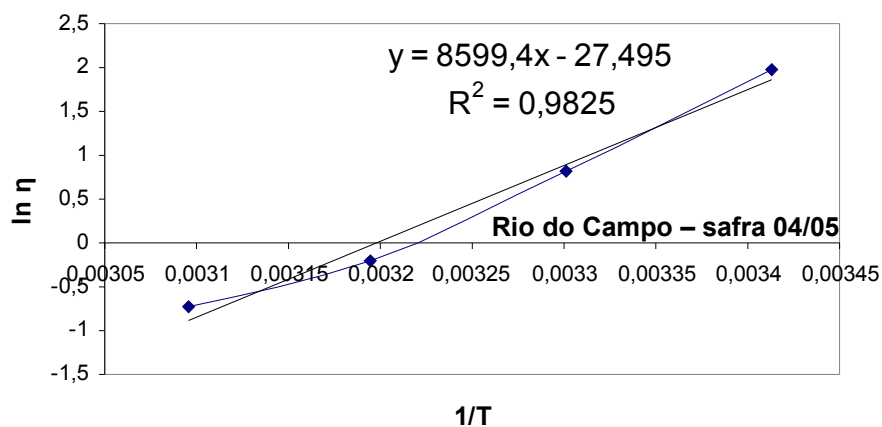


Figura 29 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

Ea/R: 8599.4 K

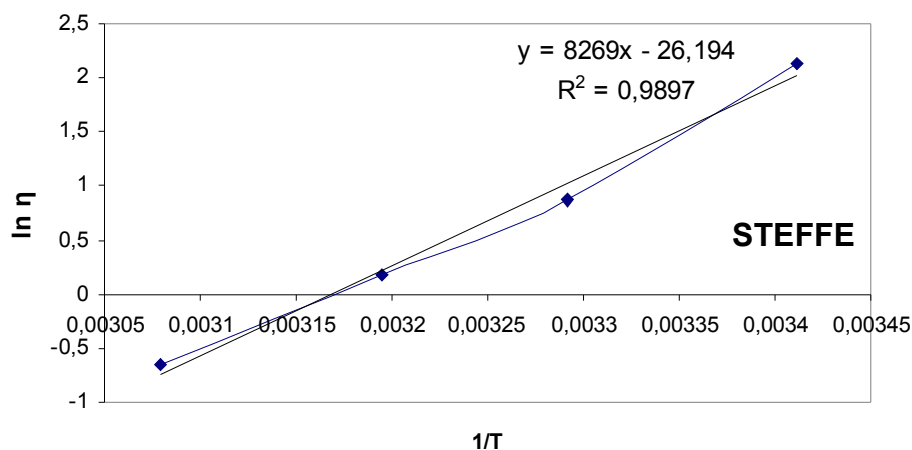


Figura 30 – Ajuste linear para o mel de abelha *Apis mellifera* para os dados retirados de STEFFE, 1996, nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C.

E_a/R : 8269 K

A seguir temos os valores de E_a e A (Tabela 10 e 11) para 3 temperatura (20°C, 30°C e 40°C) e 4 temperaturas (20°C, 30°C, 40°C e 50°C)

Tabela 10 – Valor de E_a e A em 3 temperaturas (20°C, 30°C e 40°C) no mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05.

Amostra de mel	E_a (kJ .mol ⁻¹)	A (Pa.s ⁻¹)
Inferior – safra 03/04	88,236	2.95×10^{-15}
Superior – safra 03/04	86,582	5.52×10^{-15}
Rio do Oeste – safra 04/05	85,584	6.15×10^{-15}
Rio do Campo – safra 04/05	82,469	1.39×10^{-14}
STEFFE	75,063	3.34×10^{-13}

Tabela 11 – Valor de E_a e A em 4 temperaturas (20°C, 30°C, 40°C e 50°C) no mel *Apis mellifera* coletado no município de Rio do Oeste/SC – safra 03/04 na parte inferior e superior do tanque de decantação e nos municípios de Rio do Oeste/SC e Rio do Campo/SC – safra 04/05.

Amostra de mel	E_a (kJ .mol ⁻¹)	A (Pa.s ⁻¹)
Inferior – safra 03/04	78,433	1.52×10^{-13}
Superior – safra 03/04	81,480	4.30×10^{-14}
Rio do Oeste – safra 04/05	78,494	1.06×10^{-13}
Rio do Campo – safra 04/05	71,495	1.15×10^{-12}
STEFFE	68,748	4.21×10^{-12}

Visto que a energia de ativação é uma medida da sensibilidade de uma reação à temperatura, podemos verificar que os valores de E_a calculados a partir do ajuste linear para 3 temperaturas (20°C, 30°C e 40°C), mostram que as amostras de méis de abelha *Apis mellifera*, inferior – safra 03/04, superior 03/04, Rio do Oeste/SC – safra 04/05 e Rio do campo/SC – safra 04/05, respectivamente são mais sensíveis a uma variação de temperatura. Já para 4 temperaturas (20°C, 30°C, 40°C e 50°C), as amostras de méis de abelha *Apis mellifera*, superior – safra 03/04, Rio do Oeste – safra 04/05, inferior – safra 03/04 e Rio do Campo – safra 04/05, respectivamente são mais sensíveis a uma variação de temperatura.

Verificou-se que em 3 temperaturas (20°C, 30°C e 40°C) há uma proximidade entre as amostras de méis, já com 4 temperaturas (20°C, 30°C, 40°C e 50°C) também houve uma proximidade, porém, observando-se os resultados verificou-se que a amostra coletada na parte superior do tanque de decantação obteve um maior resultado de E_a , isso deve-se, possivelmente ao fato que esta amostra possui “impurezas” ou seja restos de própolis, cera, abelhas e favos de mel contribuindo para um maior resultado de E_a e conseqüentemente uma maior

sensibilidade as reações da temperatura. A amostra coletada no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 possui um menor valor de Ea , implicando na menor sensibilidade à temperatura, este menor valor de Ea deve-se ao fato da pouca diversidade floral da região ao contrário da amostra de mel coletada no município de Rio do Oeste/SC, que houve uma proximidade no valor de Ea , em 3 temperaturas e em 4 temperaturas tanto na safra 03/04 quanto na safra 04/05, devido ao fato da grande diversidade floral e de importância apícola.

Os dados retirados de STEFFE (1996), foram utilizados apenas em caráter comparativo, com os dados obtidos neste trabalho, com objetivo de validação da ordem de grandeza.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

- Através do levantamento floral observou-se que a região de Rio do Oeste/SC possui variedade representativa de famílias apícolas, com destaque para as famílias Asteraceae 25%, Myrtaceae 13% e Fabaceae 11%.
- O mel de abelha *Apis mellifera* apresentou um comportamento newtoniano para as temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C.
- Para a temperatura de 50°C, as amostras de méis *Apis mellifera*, apresentaram um comportamento pseudoplástico.
- Em todas as amostras, ficou evidente a menor tensão de cisalhamento para a amostra coletada no município de Rio do Campo/SC.
- A equação de Arrhenius representou adequadamente o efeito da temperatura na viscosidade aparente do mel.
- Os valores de E_a calculados a partir do ajuste linear para 3 temperaturas (20°C, 30°C e 40°C), mostraram que as amostras de méis de abelha *Apis mellifera*, inferior – safra 03/04, superior 03/04, Rio do Oeste/SC – safra 04/05 e Rio do Campo/SC – safra 04/05, respectivamente são mais sensíveis a uma variação de temperatura.
- Para 4 temperaturas (20°, 30°C, 40°C e 50°C), as amostras de méis de abelha *Apis mellifera*, superior – safra 03/04. Rio do Oeste – safra 04/05, inferior – safra

03/04 e Rio do Campo – safra 04/05, respectivamente são mais sensíveis a uma variação de temperatura.

- Verificou-se que em 3 temperaturas (20°, 30°C e 40°C) a uma proximidade entre as amostras de méis, já com 4 temperaturas (20°, 30°C, 40°C e 50°C) também houve uma proximidade, porém, observando-se os resultados verificou-se que a amostra coletada na parte superior do tanque de decantação obteve um maior resultado de Ea , isso deve-se ao fato que esta amostra possui “impurezas” ou seja restos de própolis, cera, abelhas e favos de mel contribuindo para um maior resultado de Ea e conseqüentemente uma maior sensibilidade as reações da temperatura.
- A amostra coletada no município de Rio do Campo/SC – safra 04/05 possui um menor valor de Ea , implicando na menor sensibilidade à temperatura, este menor valor de Ea deve-se ao fato da pouca diversidade floral da região ao contrário da amostra de mel coletada no município de Rio do Oeste/SC, que houve uma proximidade no valor de Ea , em 3 temperaturas e em 4 temperaturas tanto na safra 03/04 quanto na safra 04/05, devido ao fato da grande diversidade floral e de importância apícola.
- Observou-se que a composição do mel depende, basicamente da “pastagem apícola”, conferindo-lhe características específicas, como sabor, cor e viscosidade, entre outras.

CAPÍTULO VI

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar o comportamento reológico em outras faixas de temperaturas.
- Estudar o comportamento reológico do mel *Apis mellifera* em taxas de deformação mais elevadas.
- Analisar as propriedades físico-químicas do mel de abelha *Apis mellifera*.
- Avaliar o comportamento reológico do mel *Apis mellifera* em outras regiões de Santa Catarina.
- Mapear reologicamente o mel *Apis mellifera* do estado de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAIN, A. F. Electrical conductivity of several unifloral honeys. **Trudy Saratovskogo Zootekhnicheskogo Inatituta**, v. 21, p. 137-144./ Resumo em **Apicultura Abstracts**, v. 38, n. 2, p. 167, 1987.

AL-KHALIFA, A.S.; AL-ARIFY, I. A. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys. **Food Chemistry**, v. 67, n. 1. p. 21-25, 1999.

ALMEIDA, D. Espécies de Abelhas (HYMENOPTERA, APOIDEA) e Tipificação dos Méis Por Elas Produzidos em Áreas de Cerrado do Município de Pirassununga, Estado de São Paulo. Pirassununga. 2002, p. 7-13. Tese (Mestrado) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

ANDRADE, P. B.; AMARAL, M. T.; ISABEL, P. et al. Physicochemical attributes and pollen spectrum of Portuguese heather honeys. **Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 503-510, 1999.

ATKINS, P. W. **Physical Chemistry**. Oxford University Press, New York, 1998.

AZEREDO, M.A.A.; AZEREDO, L.C. **Características físico-químicas dos méis do município de São Fidélis-RJ**. Ciência e Tecnologia de Alimento, v.19, n.1, p.3-7, 1999.

BASTOS, E.M. **Espectro polínico do mel produzido em algumas áreas antrópicas de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Biologia, p. 789-799, 1995.

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

BARNES, H. A., HUTTON, J. F., WALTERS, K. **An introduction to rheology**. 1. ed. Amsterdam, Elsevier, 1989. p. 199 (Rheology Series, 3).

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

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. Editora Varela, 3. ed. São Paulo, p. 24-27, 2001.

BOGDANOV, S. Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. **Bee World**, v. 80, n. 2, p. 61-69, 1999.

BREYER, Disponível em http://www.breyer.ind.br/apicultura/apicultura_historia.htm. Acesso em 15/12/2005

CONAPIS, Disponível em <http://www.conapis.com.br/apicultura.htm>. Acesso em 18/12/2005.

BROWN, T. L. et al. **Chemistry – The central Science**. 5. ed. Prentice Hall, p. 1045, 1991.

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

CAMPOS, G. Melato no mel e sua determinação através de diferentes metodologias. Belo Horizonte, 1998. p. 178. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.

CARVALHO, C. A. L. de.; MARCHINI, L. C.; TEIXEIRA, G. M. et al. Características físico-químicas de mostras méis da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, Salvador, 1998. **Anais**. Salvador: Confederação Brasileira de Apicultura, p. 200, 1998.

CARVALHO, A. G. Energia de Ativação dos Concretos: Experimentação e Modelagem, Rio de Janeiro. 2002, p. 45. Tese (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro.

COSTA, M. et.al. Screening in mice of some medicinal plants used for analgesic purposes in the state of São Paulo. Part II. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 27, n.1-2, p. 25-33, 1989.

COSTA, L. S. M. et.al. Determination of volatile compounds of different botanical origin brazilian honeys. *Foods Chemistry*, v.65, p. 347-352, 1999.

CORTOPASSI-LAURINO, M.; GELLY, D. S. Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des mieis d`abellies africanisées *Apis mellifera* et de Méliponinés du Brésil. **Apidology**, v.22, p. 61-73, 1991.

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

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

CRANE, E. **O livro do mel**. Editora Nobel, 2.ed. São Paulo:, p 226, 1987.

DARLEY, H.C.H.; GRAY, G.R. **Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids**, Gulf Publishing Company, chapter 5, Texas, p. 184-281, 1988.

EMBRAPA. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 11/11/2005.

ESCOBAR-MARTINEZ, C. A. E.; GIMÉNEZMEZA, G. G.; MENDOZA, Q. M. R. **Mieles de abejas de flor paraguaya: composicion, tipificacion y norma lizacion**. San Lorenzo: Ministerio de Agricultura y ganadeira; Universidad Nacional de asuncion; Asociación Suiza para el Desarrollo y Cooperación, p. 31, 1992.

FARIA, J. A. F. Embalagens e conservação de mel de abelhas. **Informe Agropecuário**, v.9, n.106, p. 61-6, 1993.

- FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. Editora Guanabara Dois, 2. ed. Rio de Janeiro, p. 16-26, 1981.
- FRIAS, I.; HARDISSON, A. estudos de los parámetros analíticos de interés en la miel. **Alimentaria**, v. 28, n. 235, p. 41-43, 1992.
- HAYDAK, M. H., PALMER, L. S., TANQUARY, M. C. & VIVINO, A. E. The effect of comercial clarification on the vitamin content of honey. **Journal of Nutricion**, v.26, n.3, p. 319-21, 1943.
- HOLDSWORTH, S. D. **Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review**. TransiChem p. 71 Part C, ,1993.
- HUIDOBRO, J. F., SANTANA, F. J., SANCHES, M. P., SANCHO, M. T., MUNIATEGUI, S. & SIMAL-LOZANO, J. Diastase, invertase and β -glucosidase activities in fresh honey from north-west Spain. **Journal of Apicultural Research**, v. 34, n.1, p. 39-44, 1995.
- KITZES, G., SCHUETTE, H. A. & ELVEHJEM, C. A. The B vitamin in honey. **Journal of Nutricion**, v.26, n.3, p. 241-50, 1943.
- KOPPEN, W. **Climatologia**. México: Fundo de Cultura Econômica. P. 389, 1948.
- KOMATSU, S. S. Caracterização físico-química de méis *Apis mellifera* L., 1758 (HYMENOPTERA: APIDADE) de diferentes municípios de São Paulo. Piracicaba-SP, 1996. p. 86. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- LABA, D. **Rheological Properties of Cosmetics end Toiletries**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 09-33
- LACEVE, G.; GONNET, M. Analyse por radioactivation du contenu mineral d’ un miel. Possibilité de preciser son origine. **Apidologie**, v. 5, n. 3, p. 201-223, 1974.

LEONARDI, G. R.; MAIA CAMPOS, P. M. B. G.. Estabilidade de formulações cosméticas. **Int. J. Pharm. Compounding**, v. 3, n. 4, p.154-156, 2001.

MARCHINI, L. C. Caracterização de amostras de méis de *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera; Apidae) do Estado de São Paulo, baseado em aspectos físico-químicos e biológicos. Piracicaba-SP, 2001. p. 83. Tese (livre Docência) – Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

McGREGOR, S. E. **La apicultura em los Estados Unidos**, México: Limusa, p. 93, 1979,

MENDES, B. A.; COELHO, E. M. Considerações sobre características de mel de abelhas – Análises e critérios de inspeção. **Informe Agropecuario**, v.9, n.106, p. 56-67, 1983.

MOORE, W. J. **Physical Chemistry** . 3. ed, Prentice-Hall, Inc, p. 844, 1962.

MULLER, H. G. **Introducción a la reologia de los alimentos**. Editora Acribia, Zaragoza, 1997.

NGUYEN, Q. D., BOGER, D. V. Measuring the flow properties of yield stress fluids. **Annual Review Fluid Mech.**, v. 24, p.47-88, 1992.

ORTIZ, V. A. The ash content of 69 honey samples from La Alcarria and neighbouring areas, collected in the period 1985-87. **Cuadernos de Apicultura**, n. 5, p. 8-9, 1988./Resumo em **Apicultural Abstracts**, v. 40, n. 4, p. 360, 1989/.

PAMPLONA, B. C. Exame dos elementos químicos inorgânicos encontrados em méis brasileiros de *Apis mellifera* e suas relações físico-biológicas. São Paulo, 1989, p. 131. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

PEREIRA, E. A. QUEIROZ, A. J. M. FIGUEIRÊDO, R. M.F. **Comportamento Reológico de Mel de Abelha Urucu (*Melipona scutellaris*)**, Revista Ciências Exatas e Naturais. 2003, vol. 5, n. 2, p. 179-186.

PINTO, R.C.A. **Determinação da Energia aparente de Ativação da Hidratação de Cimento**. Revista da Ciência e Tecnologia de Materiais da Construção Civil. 2004, vol. 1, n. 2, p. 95-104.

RAO, M. A. Rheology of liquid foods - a review. **Journal of Texture Studies**, p. 135-168, 1977.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods : principles and applications**. Gaithersburg : Aspen, 1999.

REDÓN, S. R. Estudio de la composición físico-química de las mieles extremenas y extranjeras. In: CONGRESSO IBERO LATINOAMERICANO DE APICULTURA, Uruguay. **Anais**. P. 174-183, 1996.

SABATIER, S. AMIOT, M.J. TACCHINI, M. & AUBERT, S. identification of flavonoids in sunflower honey. **J. Food Sci. off. Publ. Inst. Food. Technol.** Chicago. ILL. The Institute. 57: 773-4, 1992.

SALINAS, F.; ESOINOSA-MANSILLA,; A.BERZAS-VEVADO,; J.J. flow-injection determination of HMF in honey by Winkler method. Fresenius, **Journal of Analytical Chemistry**, v. 340, n. 4, p. 250-252. 1991.

SALOMÉ, J. A.; ORTH, A. I. Diversidade da flora apícola de Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 17. n. 2, p. 84-88, 2004.

SHERMAN, P. **Industrial rheology**. Academic Press, London: 1999.

SCHEPARTZ, A.I. & SUBERS, M.H. Catalase in honey. **Journal of Apicultural Research**, v.5, n.1, p. 37-43, 1966.

- SEMANN, P.; NEIRA, M. **Tecnología de la producción apícola**. Valdivia: Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Empaste, 1998. p.202.
- SERRANO, R. B.; VILLANUEVA, M. T. O.; MARQUINA, A. D. La miel. Edulcorante natural por excelência. **Alimentaria**. n. 253, p.25-35, 1994.
- SIMAL, J.; HUIDOBRO, J. Parâmetros de qualidade de la miel III. Acidez (pH, libre, lactónica & total) e índice de formol. **Offarm**. v. 3. n. 9. p. 532, 1984.
- SHAW, D.J. Rheology. In: **Introduction to Colloid and Surface Chemistry**, Butterworth-Heinemann Ltd, 4. ed. p. 244-261, 1992.
- SODRÉ, G. S. Características físico-químicas e análises polínicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (HYMENOPTERA:APIDAE) da região do litoral norte do Estado da Bahia. Piracicaba-SP, 2000. p. 83. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luíz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**, 2. ed. Freeman Press, East Lansing, MI, USA. 1996.
- STINSON, E.E., SUBES, M.H., PETTY, J., WHITE, J.W., JR. The composition of honey. V. Separation and identification of the organic acids. **Arch. Biochemistry Biophys**, v.9, p.6-12, 1960.
- STEFANINI, R. Variability and analysis of Italian Honeys. **Apiacta**, v. 9, n. 1, p. 13-16, 1991.
- STILLER, W. **Arrhenius Equation and Non-Equilibrium Kinetics: 100 Years Arrhenius Equation**, Teuber-Texte zur Physik – Band 21, Leipzig, p. 160, 1989.
- TAN, S. T., HOLLAND, P. T., WILKINS, A. L., & MOLAN, P. C. Extractives from New Zealand Honeys. 1. White clover, manuka and kanuka unifloral honeys. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, p.453-460, 1988.

TEMIZ, A. I. Composition and characteristics of honeys from the Izmir region, and effects of different storage methods. **Ege Bolge Zirai Arastirma Enstitusu Yayinlari**, v. 31, n. 11, p. 113, 1983. /Resume em **CAB Abstracts on CD-ROM**, v 1,1984-86/.

TOLEDO, R. T. **Fundamentals of Food Process Engineering**. New York: Chapman & hall, p. 602, 1991.

UÑATES, M. A.; AGUILAR, A. B. PIOLA, H. D. et al. Estudio físico-químico de mieles de la provincia de San Luis-Republica Argentina. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 49, n. 2, p. 193-196, 1999.

VERMEULEN, L.; PELERENTS, C. Suiker, fosfor em ijzerghalte van Belgische Honing. **Medel. Landbouwhogesch. Gent.**, v. 30, n. 2, p. 527-541, 1965.

VERISSIMO, M.T.L. **Porque o mel cristaliza**. Apicultura no Brasil, v.3, n.18, p.14, 1987.

VERISSIMO, M.T.L. **Saiba o que é HMF**. Apicultura no Brasil, v.4, n.24, p.31, 1988.

VIDAL, R.; FREGOSI, E.V. **Mel: Características, Analises Físico-Químicas, Adultrações e Transformações**. Barretos: Instituto Tecnológico Científico "Roberto Rios", 1984. p.95.

WESTON, R. J., BROCKLEBANK, K. L., LU, Y. Identification and quantitative levels of antibacterial componentes of some New Zealand honeys. **Food Chemistry** . p.427-35, 2000.

WHITE JÚNIOR, J.R. **Honey**. In: The hive and honeybee. Hamilton: dadant, 1976, p.491. 491-530.

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.; RUDYJ, O.N. The protein content of honey. **Journal of Apicultural Research**. V.17, n.4, p.234-244, 1978.

WHITE, J. W. & KUSHINIR, I. The enzymes of honey: examination by ion-exchange chromatography, gel filtration, and starch-gel electrophoresis. **Journal of Apicultural Research**, v.6, n.2. p.69-89, 1967.

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, J. W. & SUBERS, M.H. Studies on honey inhibine. 3. Effect of heat. **Journal of Apicultural Research**, v.2, n.2, p. 93-100, 1963.

WILKINS, A. L., LU, Y, & MOLAN, P. C. Extractable organic substances from New Zealand unifloral manuka (*Leptospermum scoparium*) honey. **Journal of Apicultural Research**, v.32, p.3-9, 1993.

WOOTON, M.; EDWARDS, R.A.; FARAJI-HAREMI, R. Effect of accelerated storage conditions on the chemical composition and properties of Australian honeys. 2. Changes in sugar and free amino acid contents. **Journal of Apicultural Research**, v.15, n.1, p. 29-34, 1976.