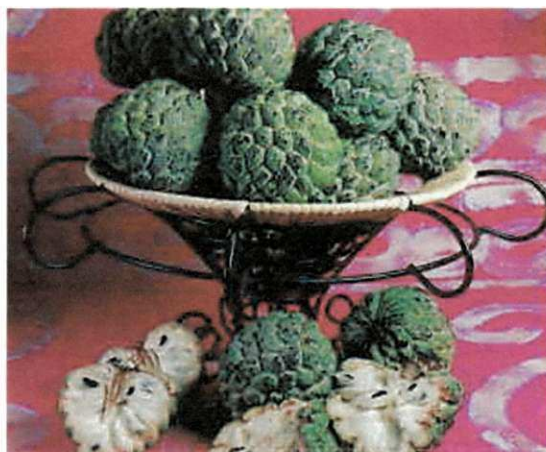




UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



Pós-Graduação em Engenharia Agrícola



Suco de pinha com adição de leite: Reologia e teste de aceitação

Por:

Deyzi Santos Gouveia

Orientadores:

Professor: Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Professora: Dra. Maria Elita Martins Duarte

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G719s Gouveia, Deyzi Santos
2007 Suco de pinha com adição de leite : reologia e teste de aceitação/ Deyzi Santos
Gouveia. — Campina Grande, 2007.
77fl.: il.

Referências.

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

Orientadores: Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Maria Elita
Martins Duarte.

1— Pinha – Suco (leite) 2— Reologia 3— Processamento 4— Teste de
aceitação I— Título

CDU: 634.41

Deyzi Santos Gouveia

Suco de pinha com adição de leite: Reologia e teste de aceitação

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

CAMPINA GRANDE

Fevereiro/2007



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

DEYZI SANTOS GOUVEIA

SUCO DE PINHA COM ADIÇÃO DE LEITE: REOLOGIA E TESTE DE ACEITAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mario E. Cavalcanti
Dr. Mario Eduardo/R. M. Cavalcanti Mata - Orientador

A PROVADA

melitons
Dra. Maria Elita Martins Duarte - Orientadora

A PROVA DA

Alexandre J. M. Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz - Examinador

APROVADA

Alessandra Almeida Castro
Dra. Alessandra de Almeida Castro - Examinadora

Aprovada

FEVEREIRO - 2007

"Desprendimento é a capacidade de abandonar o que não está funcionando para aprender o novo. É desapegar-se de certa maneira de fazer algo para conseguir um resultado melhor."

(Roberto Shinyashiki)

"Senhor, concede-me a serenidade para aceitar as coisas que não posso modificar; coragem para modificar aquelas que eu posso e sabedoria para perceber a diferença."

(São Francisco de Assis)

"O caminho da sabedoria é não ter medo de errar."

(Paulo Coelho)

Dedico:

*“Aos meus pais, Douglas e Zélia
que, além da vida, me deram muito incentivo
para que este dia chegasse e que nunca mediram
esforços para me proporcionar uma formação digna”*

todos os dias”

*“A Glauco, pelo amor, incentivo e, por estar
sempre ao meu lado incondicionalmente
me fazendo uma pessoa feliz*

Agradecimentos:

A Deus, que é Pai misericordioso e que sempre me ilumina e me guia pelos caminhos corretos nos momentos mais difíceis.

Ao meu esposo Glauco, pelo carinho e apoio emocional que me foi dado, e as horas que me foram dispensadas ao seu lado, no decorrer do trabalho. Amo você.

À minha irmã Deiby, que mesmo distante me incentivou incondicionalmente.

Aos meus familiares pelo incentivo e companheirismo.

Aos meus sobrinhos Vinícius, João Vítor, Larissa e Giovanna pelos momentos de alegria.

Aos meus orientadores, Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Dra. Maria Elita Martins Duarte, pelo profissionalismo, discussões e amizade.

Ao Prof. Dr. Antônio Gouveia de Sousa e ao amigo Raul Rosenhaim, pelas análises cedidas no LTM, discussões e sugestões contidas neste trabalho.

À Sânia, pela amizade incondicional, companhia nas viagens, ajuda nas coletas de dados, resultados e discussões para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos Conceição Aguiar (Con), Newzon (Zinho) e Gabriel, pelo incentivo emocional proporcionado durante todo o mestrado.

Aos amigos Amanda, Stefan, Michele e Humberto pela amizade incondicional, me ajudando e me acolhendo em todos os momentos.

À CAPES, pela bolsa de estudo cedida.

Seria praticamente impossível lembrar de todas as pessoas que contribuíram de alguma maneira para que este trabalho chegasse ao final, se eu esqueci de você, desculpe, mas tenha certeza que sou grato a todos do fundo do meu coração.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS.....	vii
LETRAS GREGAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
 1. INTRODUÇÃO.....	 1
1.1 Objetivo geral.....	5
1.2 Objetivos específicos.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Generalidades sobre a pinha.....	6
2.2 Características químicas e físico-químicas da polpa de pinha.....	7
2.2.1 Acidez titulável.....	8
2.2.2 Sólidos solúveis (°Brix).....	9
2.2.3 pH.....	9
2.2.4 Relação de SST/ATT.....	10
2.2.5 Umidade.....	10
2.2.6 Cinzas.....	10
2.2.7 Açúcares redutores, não redutores e totais.....	11
2.3 Sucos tropicais.....	11
2.3.1 Diferença entre suco e bebida à base de suco.....	12
2.4 Estudos Reológicos.....	13
2.4.1 Classificação reológica dos fluidos.....	15
2.4.1.1 Fluidos Newtonianos.....	16
2.4.1.2 Fluidos Não-Newtonianos.....	17
2.4.1.2.1 Fluidos Pseudoplásticos (Shear-thinning).....	17
2.4.1.2.2 Fluidos Dilatantes (“Shear-thickening”).....	17
2.4.1.2.3 Tixotrópicos.....	18
2.4.1.2.4 Reopéticos.....	18
2.4.2 Modelos Reológicos.....	18
2.4.2.1 Modelo Newtoniano.....	19
2.4.2.2 Modelo Não-Newtoniano.....	19
2.4.2.2.1 Modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da	19

	Potência).....	
	2.4.2.2.2 Modelo de Casson.....	20
	2.4.2.2.3 Modelo de Mizrahi-Berk.....	20
	2.4.2.2.4 Modelo de Herschell-Buckley.....	21
2.5	Sistemas de medição.....	21
2.5.1	Viscosímetro de tubo capilar.....	22
2.5.2	Viscosímetros rotacionais.....	23
2.6	Viscosidade aparente.....	23
2.7	Influência da temperatura e da concentração na viscosidade.....	24
2.8	Análise sensorial.....	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Aquisição e processamento da matéria prima.....	30
3.1.1	Seleção.....	32
3.1.2	Lavagem.....	32
3.1.3	Despolpamento.....	32
3.1.4	Tratamento com ácido cítrico.....	32
3.1.5	Preparação das amostras, acondicionamento, congelamento e armazenamento	32
3.2	Caracterização da polpa.....	33
3.2.1	pH.....	33
3.2.2	Sólidos solúveis totais (° Brix)	33
3.2.3	Sólidos totais.....	33
3.2.4	Cinzas.....	33
3.2.5	Acidez titulável.....	34
3.2.6	Açúcares totais, redutores e não-redutores.....	34
3.3	Formulação do material.....	34
3.3.1	Material integral.....	34
3.3.2	Material com adição de leite.....	34
3.4	Estudo reológico.....	35
3.5	Teste de aceitação sensorial.....	36
3.6	Análise matemática.....	38
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Caracterização físico-química.....	39

4.2	Estudo reológico.....	42
4.2.1	Modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência)	42
4.2.2	Modelo de Casson.....	46
4.2.3	Modelo de Mizrahi-Berk.....	50
4.2.4	Modelo de Hershel Bulkley.....	54
4.3	Viscosidade Aparente.....	58
4.3.1	Efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente.....	60
4.4	Teste de aceitação sensorial.....	63
5.	CONCLUSÃO	67
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	APÊNDICE A	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Modelo de placas paralelas utilizadas por Newton para explicar a viscosidade de um líquido (Barnes, 1989).....	15
Figura 2:	Classificação dos fluidos segundo comportamento reológico.....	16
Figura 3:	Tipos de comportamento reológico.....	18
Figura 4:	Definição da qualidade sensorial.....	27
Figura 5:	Fluxograma no qual se descreve a sequência dos procedimentos utilizados.....	31
Figura 6:	Viscosímetro Brookfield DVII.....	36
Figura 7:	Questionário utilizado para aceitação sensorial.....	37
Figura 8:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 25% polpa + 75% de leite, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência).....	44
Figura 9:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência).....	44
Figura 10:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 75% de polpa + 25% de leite, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência).....	45
Figura 11:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de polpa integral descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência).....	45
Figura 12:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 25% de polpa + 75% de leite, descrita pelo modelo de Casson.....	48
Figura 13:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite, descrita pelo modelo de Casson	48
Figura 14:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 75% de polpa + 25% leite, descrita pelo modelo Casson.....	49
Figura 15:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa integral, descrita pelo modelo de Casson.....	49
Figura 16:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 25% de polpa + 75% de leite descrita pelo modelo de MB.....	52

Figura 17:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite, descrita pelo modelo de MB.....	52
Figura 18:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 75% de polpa + 25% de leite, descrita pelo modelo de MB.....	53
Figura 19:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa integral, descrita pelo modelo de MB.....	53
Figura 20:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 25% de polpa + 75% de leite, descrita pelo modelo de HB.....	56
Figura 21:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite, descrita pelo modelo de HB.....	56
Figura 22:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 75% de polpa + 25% de leite, descrita pelo modelo de HB.....	57
Figura 23:	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de polpa integral, descrita pelo modelo de HB.....	57
Figura 24:	Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de 25% de polpa + 75% de leite.....	58
Figura 25:	Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite.....	59
Figura 26:	Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de 75% de polpa + 25% de leite.....	59
Figura 27:	Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de polpa integral.....	60
Figura 28:	Viscosidade aparente das amostras de pinha integral e a diferentes percentuais de leite a diferentes temperaturas à $40s^{-1}$	61
Figura 29:	Perfil dos provadores utilizados no teste sensorial.....	63
Figura 30:	Perfil sensorial obtido segundo teste de aceitação para polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Características físico-químicas e químicas da fruta (polpa) de pinha	8
Tabela 2:	Formulações utilizadas.....	34
Tabela 3:	Parâmetros físico-químicos da polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite.....	40
Tabela 4:	Valores médios dos açúcares da polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite.....	41
Tabela 5:	Parâmetros de ajuste do modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) para a polpa de pinha integral a diferentes percentuais de leite e temperaturas	42
Tabela 6:	Parâmetros de ajuste do modelo de Casson para a polpa de pinha integral a diferentes concentrações e temperaturas.....	46
Tabela 7:	Parâmetros de ajuste do modelo de Hershel Bulkley para a polpa de pinha integral a diferentes concentrações e temperaturas.....	50
Tabela 8:	Parâmetros de ajuste do modelo de Mizrahi-Berk para a polpa de pinha integral a diferentes concentrações e temperaturas.....	54
Tabela 9:	Viscosidade aparente da polpa de pinha integral a diferentes concentrações e temperaturas.....	62
Tabela 10:	Aceitação média dos atributos aparência, cor, aroma e sabor da polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área	
a e b	constantes	
C	Concentração de sólidos solúveis ou totais	
F	Força	
k	Índice de consistência	(Pa.s ⁿ)
k _c e k _{oc}	Constantes do modelo de Casson	(Pa.s) e (Pa.s ⁿ)
K _H	Fator de consistência de Hershel-Bulkley	(Pa.s ⁿ)
K _M	Fator de consistência de Mizhari-Berk	(Pa.s ⁿ)
K _{OM}	Raiz quadrada da tensão inicial do modelo de Mizhari-Berk	(Pa)
n	Índice de comportamento de fluxo	(adimensional)
n _H	índice de comportamento de fluxo Hershel-Bulkley	(adimensional)
n _M	índice de comportamento de fluxo Mizhari-Berk	(adimensional)

LETRAS GREGAS

γ	Taxa de cisalhamento	(s ⁻¹)
η	Viscosidade newtoniana	(Pa.s)
τ	Tensão de cisalhamento	(N.m ⁻² = Pa)
η_a	Viscosidade aparente	(Pa.s)
τ_l	Taxa de cisalhamento	(Pa)
τ_{OH}	Tensão inicial do modelo de Hershel-Bulkley	(N.m ⁻²)

RESUMO

Estudou-se o comportamento reológico da polpa de pinha (*Annona squamosa*) integral e adicionada de diferentes percentuais de leite, previamente caracterizada quanto à composição química e físico-química (açúcares totais, redutores e não redutores, sólidos solúveis totais, sólidos totais, pH, cinzas, acidez em ácido cítrico e relação de SST/ATT). As leituras para determinação das medidas reológicas foram realizadas em um viscosímetro de cilindros concêntricos marca Brookfield modelo DVII, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc., EUA. O estudo do comportamento reológico foi realizado nas temperaturas de 0, 6, 12, 18 e 24°C. As medições foram feitas variando a taxa de deformação de 0,22 a 44 s⁻¹ e de 0,34 a 68 s⁻¹. Os dados experimentais foram ajustados através dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, obtendo-se melhor ajuste com o modelo de Herschel-Bulkley. Todas as amostras apresentaram comportamento não-newtoniano com características pseudoplásticas. Para a taxa de deformação de 40 s⁻¹, a viscosidade aparente (η_a) diminui com o aumento da temperatura, para todas as amostras. De acordo com o teste de aceitação sensorial, a amostra integral apresentou as maiores médias entre as amostras estudadas, para todos os atributos. A amostra com 75% de polpa e 25% de leite, segundo os provadores, obteve valores médios de aceitação maiores nos atributos aparência, cor e aroma, que os verificados para as amostras com outros percentuais de leite.

Palavra-chave: Pinha – Suco (leite), Reologia, Processamento, Teste de aceitação

ABSTRACT

We studied the rheologic behavior of the sugar apple pulp (*Annona squamosa*) on its integral form and with additions of different milk percentages, previously characterized according to its physical chemical composition (total sugars, redutors and non redutors sugars, total soluble solids, total solids, pH, ashes, acidity in citric acid and TSS/TA relationship). The readings to determine the rheologic measures were carried through on a Brookfield viscometer with concentric cylinders manufactured by Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA. The rheologic behavior study was made on temperatures of 0, 6, 12, 18 and 24°C. The measurements were made with variety of deformation levels from 0,22 to 44 s⁻¹ and from 0,34 to 68 s⁻¹. The experimental data were adjusted through the rheologic models of Ostwald-de-Waele (Power Law), Casson, Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk, in which the best adjustment was obtained from the Herschel-Bulkley model. All the samples have presented non-newtonian behavior with pseudoplastic characteristics. For the 40 s⁻¹ deformation level, the aparent viscosity (η_a) decreases as long as the temperature increases, for all the samples. With regard to the sensorial acceptance test, the greatest averages among the studied samples and for all the attributes were found in the integral samples. According to the tasters, the sample with 75% pulp and 25% milk got bigger average values of acceptance in the attributes appearance, color and flavor, than in those verified samples with other percentages of milk.

Palavra-chave: *Annona squamosa*, Juice (milk), Rheology, processing, acceptance of test

1. INTRODUÇÃO

A família Annonacea é composta por aproximadamente 120 gêneros com distribuição tropical e subtropical em todo o mundo, em que *Annona* é o gênero mais importante dentro dessa família, com cerca de 50 espécies. No Brasil, as anonáceas são cultivadas praticamente em todo o território, no Nordeste, a graviola (*Annona muricata*) é a preferida pela população, e no Sudeste a pinha (*Annona squamosa*) é a mais plantada (SANTOS et al., 2005). A espécie foi introduzida no Brasil por Diogo Luís de Oliveira, Conde de Miranda (ARAÚJO et al., 1999).

Das diversas espécies da família Annonaceae conhecidas popularmente, se destacam a pinha (*Annona squamosa* L.), a cherimóia (*Annona cherimola* Mill), a graviola (*Annona muricata*) e, mais recentemente, a atemóia, originada do cruzamento entre a pinha e a cherimóia (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill.) (PEREIRA et al., 2003)

De acordo com VILA (2005), a pinheira (*Annona squamosa* L.) é uma das espécies do gênero *Annona* de maior expressão econômica no Brasil, o cultivo de anonáceas vem aumentando em virtude dos elevados preços que seus frutos têm alcançado, situando-se a pinha como uma das mais plantadas. A possível inserção nos mercados europeu e americano, como fruta exótica, tem aumentado ainda mais o interesse dos produtores (ALMEIDA et al., 2005).

Segundo dados do IBGE (2000), em 1996 o Nordeste participou com 87,27% da produção brasileira, dos quais 18% de Pernambuco, Estado que apresenta grande potencial para o cultivo da pinha sob irrigação. Os produtores da região do submédio São Francisco estão cada vez mais incentivados a investir no plantio desta fruteira, uma vez que nos mercados do Rio de Janeiro e São Paulo os frutos alcançam altos preços, principalmente no início da safra (ALVES, 2000).

A pinha é consumida *in natura* com uso restrito na agroindústria, como produto congelado ou processado para obtenção de polpa, refresco, mouse e sorvete, já que a polpa tem limitações para o processamento industrial devido ao escurecimento do suco, produzido em razão da presença das enzimas polifenoloxidasas (ALMEIDA et al., 2005).

Por ser climatérica, a pinha apresenta uma vida útil pós-colheita muito restrita, tornando-se importante a adoção de técnicas de conservação que venham minimizar o seu intenso metabolismo e, por conseguinte reduzir as perdas pós-colheita, que atingem até 20% do volume produzido no Brasil, além de ampliar o período de comercialização (VILA, 2005).

Há um grande mercado potencial para exportação da pinha *in natura*, porém um dos obstáculos a serem vencidos é a facilidade de escurecimento enzimático que a fruta apresenta, sendo estão catalisado pela enzima polifenoloxidase (PFO) que, por sua habilidade em utilizar o oxigênio molecular durante a oxidação de substratos fenólicos, produz cor escura (LIMA et al., 2001).

Segundo Cosenteg citado por LIMA et al., (2001), as enzimas polifenoloxidasas (PFO) são amplamente distribuídas na natureza, sendo primeiro relacionadas com o escurecimento enzimático dos vegetais *in natura*, ocasionando perda da cor dos produtos de frutas e hortaliças processados e/ou congelados, e diminuição do valor nutricional, modificando as propriedades organolépticas, o que resulta na maioria dos casos em produtos com aparência ruim, os quais são rejeitados pelos consumidores.

A venda de frutas processadas vem aumentando no mercado brasileiro, em virtude da melhoria da qualidade dos produtos ofertados, do maior número de mulheres trabalhando fora de casa, do maior número de pessoas morando sozinhas, do aumento da renda e da maior facilidade para adquirir produtos já prontos para o consumo, muitas vezes até importados. desta forma, sucos prontos para beber, frutas minimamente processadas, já lavadas, descascadas e fatiadas, e outros alimentos industrializados, têm recebido a preferência do consumidor (VICENZI, 2006).

A conservação de frutas na forma de sucos, polpas e outros produtos foi desenvolvida para aumentar sua oferta no período de entressafra e para utilização dos excedentes de produto. A polpa de fruta congelada é o produto obtido da parte comestível da fruta, após trituração e/ou despulpamento e preservação por congelamento, sua utilização é quase sempre como matéria-prima para processamento de outros produtos como néctares, sucos, geléias, sorvetes e doces (BRUNINI et al., 2002).

O Brasil é um grande exportador de frutas tropicais “*in natura*” mas não detém informações completas sobre características dos produtos regionais que podem sofrer alterações no processo de produção. Para se aproveitar desse mercado emergente que, por proporcionar menor perda que a exportação de frutas frescas pode garantir maiores lucros aos exportadores, algumas indústrias nacionais começam a estudar o comportamento de determinados sucos a fim de projetarem novas unidades de processamento. Este conhecimento é indispensável aos projetos de tubulação e dimensionamento de bombas e aos sistemas de agitação e mistura que precedem a chegada dos sucos concentrados às prateleiras dos supermercados (VIDAL, 2000).

De acordo com SILVA (1997), a importância da ciência e da tecnologia de alimentos na melhoria da qualidade de vida do ser humano, é ressaltada pela vital necessidade de se ter alimentos saudáveis, com alto valor nutricional, disponíveis e acessíveis à população.

O leite e os seus produtos derivados estão entre os gêneros alimentícios fundamentais na alimentação do homem. É difícil imaginar uma alimentação completa sem o leite e seus derivados, visto que o leite contém uma série de substâncias nutritivas e ativas em uma concentração relativamente alta e em proporções fisiologicamente equilibradas (SILVA, 1997).

De acordo com McClements, citado por HAMINIUK (2005), a reologia é importante em diferentes áreas da ciência dos alimentos. Muitas das propriedades texturais que os humanos percebem quando consomem alimentos, são basicamente reológicas na natureza isto é, cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza. A estabilidade e aparência dos alimentos freqüentemente dependem das características reológicas e de seus componentes.

Para IBARZ et al (1996), a importância do conhecimento do comportamento reológico dos derivados de frutas está na sua utilização como medida de qualidade, além de ser indispensável em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos e de fundamental significância na economia de energia.

A crescente necessidade e procura dos parâmetros reológicos para os diversos fluidos manipulados nas indústrias de processamento está ligada também à grande importância econômica que esses fluidos e equipamentos de manipulação apresentam atualmente (VIDAL, 2000).

1.1 Objetivo geral

Estudar as características químicas, reológicas e sensoriais de diferentes concentrados de pinha com adição de leite.

1.2 Objetivos específicos

Estudar a polpa de pinha integral e com adição de leite na proporção de 25%, 50% e 75% de leite, quanto aos seguintes itens:

- Caracterização química e físico-química do produto;
- Determinação reológica dos produtos nas temperaturas de 0, 6, 12, 18 e 24°C;
- Teste de aceitação sensorial dos produtos quanto aos aspectos de aparência, cor, aroma e sabor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades sobre a pinha

De acordo com LIMA et al. (2001), a pinha (*Annona squamosa* L.), é originária da América Tropical; seu fruto é um sincarpo arredondado, ovóide, esférico ou cordiforme, com 5 a 10 cm de diâmetro, formado de carpelos muito proeminentes na maioria das cultivares, coberto externamente de saliências achatadas em forma de tubérculos e regularmente dispostos. É também denominada ata e fruta-do-conde e, em inglês, conhecida como "custard apple" e "sugar apple"; apresenta polpa branca ou amarela, com aroma agradável, muito doce, o que a torna importante para o consumo da fruta fresca e para a industrialização, sendo apropriada também para elaboração de bebidas fermentadas, além de bastante aceita na fabricação de sorvetes. Apesar da crescente demanda pela pinha, tanto para consumo *in natura* quanto para a indústria, existe escassez de conhecimentos sobre sua composição química, caracterização bioquímica e fisiologia de pós-colheita. Liao et al citado por LIMA et al. (2001) a apresentaram como fruto climatérico, cuja maturação em condições ambientais (20-25°C) e 80% de umidade relativa, se processa de forma muito rápida, de 3-5 dias após a colheita, ocorrendo mudanças de textura e aroma com conseqüente perda de aspecto e qualidade. O critério utilizado para colheita do fruto da pinha é o afastamento dos carpelos e coloração verde-amarelada dos tecidos intercarpelares.

O cultivo da pinha tem despertado grande interesse no Brasil e no mundo. Com relação ao mercado nacional, os menores preços são praticados nos meses de janeiro a meados de março, havendo aumento significativo de abril a agosto. Verifica-se baixa oferta dessa fruta no segundo semestre do ano, com preços bastante elevados; neste sentido, busca-se, nas condições do semi-árido, produzir a pinha ao longo do ano, principalmente nos períodos de entressafra quando os preços alcançados no mercado são mais compensadores (SILVA et al., 2001).

Segundo ALMEIDA et al. (2005), até a década de 80 as anonáceas eram de significado econômico secundário; contudo, existe um amplo mercado, interno e externo, para

o consumo de frutas em geral e o aumento da área plantada faz do cultivo das anonáceas uma atividade econômica potencial.

O fato do Nordeste do Brasil ser um grande produtor de frutos cuja elevada perecibilidade é responsável por perdas superiores a 25% na época de safra, tem levado os produtores a desenvolverem novos processos com vistas a aumentar seu tempo de vida útil; um exemplo concreto deste esforço é a produção de polpa de fruta congelada, com grande aceitação no mercado nacional, em virtude de preservar as características organolépticas dos frutos (SALGADO et al., 1999).

A Food and Agriculture Organization (FAO) tem mostrado que a comercialização mundial de produtos derivados de frutas cresceu mais de 5 vezes nos últimos quinze anos. Entre os países em desenvolvimento, o Brasil se destaca devido à sua maior produção, que está concentrada em um pequeno número de espécies frutíferas, as quais são cultivadas e processadas em larga escala (BRUNINI et al., 2002).

No território brasileiro o cultivo de anonáceas vem aumentando em razão dos elevados preços que seus frutos têm alcançado, sendo a pinha uma das mais plantadas (ALMEIDA et al., 2005).

Segundo Araújo, citado por SANTIAGO et al. (2005) a pinha, ou fruta-de-conde, vem sendo cultivada em escala comercial em vários estados brasileiros mas principalmente no estado de São Paulo e alguns estados do nordeste (Alagoas, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Rio Grande do Norte, etc).

2.2 Características químicas e físico-químicas da polpa de pinha

Ao se realizar uma análise de alimentos, conclui-se que as informações obtidas podem ter caráter distinto, ou seja, pode-se obter dados de composição centesimal, dados de componentes de interesse, de componentes de “traços” (aromatizantes, conservantes, antioxidantes, corantes etc.) e dados da presença de contaminantes (MADRUGA & ALDRIGUE, 2002).

Segundo MUNIZ et al. (2002), a ata ou pinha, embora comercializada em vários estados brasileiros, apresenta uso muito restrito na agroindústria; é bastante aromática, de sabor agradável, açucarada e com baixa acidez; apresenta 48,13% de rendimento de polpa e teores médios de sólidos solúveis totais de 27°Brix, 15,96% de açúcares redutores e pH em torno de 5,23.

Dependendo do estágio de maturação do fruto, do tipo de solo em que foi cultivada, sua composição pode variar muito (FERREIRA et al., 2002). A tabela a seguir apresenta alguns dados das características físico-químicas e químicas, de acordo com alguns autores.

Tabela 1: Características físico-químicas e químicas da fruta (polpa) da pinha

AUTOR	Ph	Acidez total (%)	SST (°BRIX)	Açúcar total (%)	Açúcar redutor (% glicose)	Umidade (%)
SALGADO et al. (1999)	5,49	0,45	14,43	11,57	10,91	79,80
ALVES et al. (2000)	5,23	0,34	27,0	19,3	15,96	-----
UGULINO et al. (2005)	5,27	0,20	26,50	15,90	15,20	22,0

2.2.1 Acidez titulável

A determinação de acidez pode ser usada como dado importante com relação à precisão do estado de conservação de um produto alimentício, como ponto de referência do estágio de maturação de frutos, como informação objetiva em relação ao “*flavour*” de bebidas ou, ainda, na determinação quantitativa de acetilação, na fabricação de vinagre (MADRUGA & ALDRIGUE, 2002).

Dentre os numerosos compostos ácidos existentes, os mais abundantes são o cítrico e o málico, havendo predominância de acordo com a espécie (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

De acordo com BLEINROTH (1960), o teor de acidez total aumenta com o completo desenvolvimento fisiológico da fruta e decresce com o seu amadurecimento mas, em alguns casos, ocorre um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação, porém as mudanças verificadas na concentração de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento diferem para cada tipo de fruto.

Comumente, a acidez é calculada com base no principal ácido presente, expressando-se o resultado como percentagem de acidez titulável e nunca total, devido aos componentes ácidos voláteis que não são detectados (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.2.2 Sólidos solúveis (°Brix)

Os sólidos solúveis (SS) indicam a quantidade, em grama, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas. São encontrados, em geral, °Brix e têm tendência de aumento com o avanço da maturação; podem ser medidos no produto, no campo ou, ainda, na indústria, com o auxílio de refratômetro. Os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em determinado solvente que, no caso dos alimentos, é a água CHITARRA & CHITARRA (2005).

2.2.3 pH

Por definição, o logaritmo negativo da concentração do íon hidrogênio é o pH.

$$\text{pH} = \log [\text{H}^+]$$

A concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é exaltada pela influência que exerce sobre os íons de microrganismos aptos a sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente, deveriam produzir (GAVA, 1979).

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), a capacidade tampão de alguns sucos permite a ocorrência de grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH, mas em uma faixa de concentração de ácidos entre 2,5 e 0,5%; o pH aumenta com a

redução da acidez, sendo utilizado como indicativo desta variação; uma variação pequena nos valores de pH é bem detectável nos testes sensoriais.

2.2.4 Relação de SST/ATT

A relação SST/ATT é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez; esta relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo de sólidos e máximo de acidez, para se ter uma idéia mais real do sabor (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.2.5 Teor de água

O teor de água no alimento está relacionado com a quantidade de água disponível existente no produto.

Sob temperatura adequada e dentro da atividade aquosa indicada, os microrganismos crescem mais rapidamente. A atividade de água abaixo de 0,70, impossibilita o crescimento de microrganismos, e por isso sua diminuição é um recurso empregado na conservação de alimentos (EVANGELISTA, 1994).

2.2.6 Cinzas

GRANJA (2001) denomina cinzas ou fração mineral ou resíduo mineral fixo ou, ainda, matéria mineral, ao resíduo inorgânico resultante da queima da matéria orgânica de uma amostra sob condições preestabelecidas.

Normalmente, as cinzas não são as mesmas substâncias inorgânicas presentes no alimento original, devido à interação química entre os seus constituintes ou perdas por volatilização.

Este método é aplicado a todos os tipos de produtos alimentícios, com exceção dos alimentos altamente gordurosos (mais que 50%).

2.2.7 Açúcares redutores, não redutores e totais

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pelo “*flavour*”, através do balanço com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais. Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são a glicose e a frutose (açúcares redutores) e a sacarose (açúcares não redutores). É comum, com o amadurecimento dos frutos, o teor de açúcares aumentar. As variações entre espécies são extremas, os valores médios em frutos são da ordem de 10% e em hortaliças de 2 a 5%. Em uma mesma espécie as variações são decorrentes de fatores como cultivares, tipo de solo, condições climáticas e práticas culturais.

2.3 Sucos tropicais

Os sucos de frutas tropicais conquistam cada vez mais o mercado consumidor, em que o Brasil é um dos principais produtores. Existe grande diversidade de produtos derivados de frutos e constante inserção de novos produtos no mercado de consumo, os quais, na maioria das vezes, ainda não foram devidamente pesquisados com respeito às suas propriedades e atividades benéficas à saúde (KUSKOSKI et al., 2006).

O consumo de frutas tropicais aumenta ano após ano, devido ao valor nutritivo e aos efeitos terapêuticos. A utilização da polpa de frutas congeladas está em expansão nas indústrias de produtos lácteos, de sorvetes, doces etc., o que aumenta o interesse dos produtores e dos consumidores (KUSKOSKI et al., 2006).

Os consumidores de alimentos industrializados se têm preocupado cada vez mais com a qualidade nutricional e sensorial dos mesmos, demandando produtos nutritivos, saborosos e que não contenham conservadores químicos. Os sucos de frutas tropicais atendem a esses requisitos por serem ricos em vitaminas, sais minerais, açúcares e substâncias antioxidantes, além de proporcionarem sabor e aroma agradáveis; assim, é necessário que as técnicas de processamento e conservação de sucos sejam eficazes em manter, nos produtos processados, as características originais das frutas (CIANCI et al., 2005).

2.3.1 Diferença entre suco e bebida à base de suco

Segundo o Decreto nº 2.134, de 04 de setembro de 1997, a diferença está na quantidade de suco existente nessas bebidas.

SUCO é a bebida que contém apenas suco ou sumo de fruta ou de outras partes do vegetal. É proibida a adição de água, corantes ou aditivos artificiais. O açúcar é permitido em pequenas quantidades

SUCO TROPICAL, NÉCTAR e REFRESCO são bebidas que contém suco ou sumo de fruta, ou de outras partes do vegetal, diluído em água, com adição de açúcar.

POLPA DE FRUTA é a parte comestível de frutas polposas, das quais não é possível extrair suco.

SUCOS podem ser denominados:

- ◆ INTEGRAL: produto obtido do suco puro da fruta, sem adição de açúcar e sem qualquer tipo de diluição.
- ◆ CONCENTRADO: produto líquido obtido do suco integral de onde foi retirada apenas parte da água.
- ◆ DESIDRATADO: produto sólido obtido do suco integral de onde foi retirada toda água ; este suco é muito utilizado pelas indústrias de bebida.
- ◆ MISTO: produto obtido pela mistura de suco ou polpa de duas ou mais frutas
- ◆ RECONSTITUÍDO: produto obtido pela adição de água ao suco concentrado ou desidratado, até a concentração original do suco integral.
- ◆ SUCO TROPICAL: apesar de ser um produto diluído, dá-se o nome de Suco Tropical à bebida a base de suco, cuja matéria-prima é polpa de fruto tropical.

Esses frutos são polposos e, portanto, tecnologicamente inviável fazer uma bebida sem adição de água. São exemplos de frutos tropicais: acerola, banana, caju, cajá, mamão, manga, pitanga e tamarindo, entre outros. A quantidade de água adicionada ao suco tropical deve ser suficiente para alcançar a consistência líquida. O suco tropical poderá ser adicionado ou não de açúcar.

- ♦ NÉCTAR: é a bebida não fermentada, obtida da diluição, em água potável, da parte comestível do vegetal e açúcares ou de extrato vegetais e açúcares, podendo ser adicionadas de ácidos, e destinadas ao consumo direto.
- ♦ REFRESCO: é a bebida à base de suco ou polpa de fruta diluída em água, com ou sem adição de açúcar. A quantidade de suco ou polpa adicionada ao refresco será sempre menor que a quantidade utilizada para elaboração de Néctar, para uma mesma fruta.

2.4 Estudos Reológicos

De acordo com BALISCHI et al. (2002) a reologia é a ciência que estuda o escoamento de fluidos, a resposta dos materiais, quando submetidos a forças externas. A viscosidade é uma propriedade física importante relacionada à qualidade de produtos alimentícios fluidos. Dados reológicos são essenciais para o projeto e avaliação dos equipamentos da indústria de processamento de alimentos, como: bombas, trocadores de calor, evaporadores, misturadores, enchedeiras, filtros (convencionais e por membranas) e tubulações em geral.

PELEGRINE et al.(2000), afirmam que o comportamento reológico dos sucos é influenciado por sua composição tanto quantitativa como qualitativa e, por consequência dependerá do tipo de fruta e dos tratamentos realizados no seu processo de elaboração

Todos os produtos líquidos derivados de frutas são sistemas bifásicos, compostos de partículas sólidas dispersas em um meio aquoso; alguns apresentam escoamentos newtonianos, embora a maioria flua com características pseudoplásticas mostrando, por vezes, uma resistência inicial ao fluir e/ou uma dependência do tempo. A variabilidade do

comportamento reológico está relacionado com a alteração estrutural provocada pelo cisalhamento (FERREIRA et al., 2002).

Durante o processamento, armazenamento, comercialização e consumo, alimentos fluidos apresentam diferentes concentrações e estão sujeitos a diversas temperaturas. O conhecimento do comportamento reológico de sucos de fruta é fundamental em engenharia de processos e equipamentos. A definição de modelos adequados à descrição do escoamento é necessária ao projeto de tubulações e de bombas e aos sistemas de agitação e de mistura. O efeito da temperatura e da concentração sobre o comportamento reológico precisa ser conhecido para o entendimento e dimensionamento de operações unitárias, tais como tratamento térmico e concentração (FERREIRA et al., 2005).

O processo de concentração resulta na remoção de água e na conseqüente redução nos custos de embalagem, transporte e armazenamento. A viscosidade aparente dos produtos varia bastante durante este tipo de processo, a ponto de inviabilizar a sua produção com maiores concentrações. É oportuno ressaltar que tais dados são imprescindíveis não só ao dimensionamento de novas instalações industriais mas, também, à avaliação da adequação tecnológica e do potencial de desempenho de unidades já instaladas que, dimensionadas para processar outras matérias-primas, venham a ser utilizadas para a produção de outros sucos (SILVA et al., 2005).

De acordo com CAVALALLIERI (2003), a consistência dos alimentos pode variar de um “estado” líquido (bebidas), a sólido (pães, queijos), podendo ainda mostrar-se como um semilíquido, ou mesmo um semi-sólido (manteigas, iogurtes, sorvete). A consistência dos alimentos pode ser verificada através de diversas técnicas, em que a grande maioria, e os modelos matemáticos utilizados para a representação de resultados obtidos foram, inicialmente, formulados para a descrição de comportamento de produtos não alimentícios, como tintas e polímeros sintéticos. A aplicação desses modelos e de técnicas para alimentos, possui algumas limitações que devem ser consideradas uma vez que estes são formados por estruturas frágeis como as redes de proteínas.

Isaac Newton definiu, em 1687, definiu a viscosidade de um fluido como a resistência ao deslizamento de suas moléculas em virtude do atrito interno e, quanto maior o grau de

atrito interno 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 , como mostra a Figura 1.

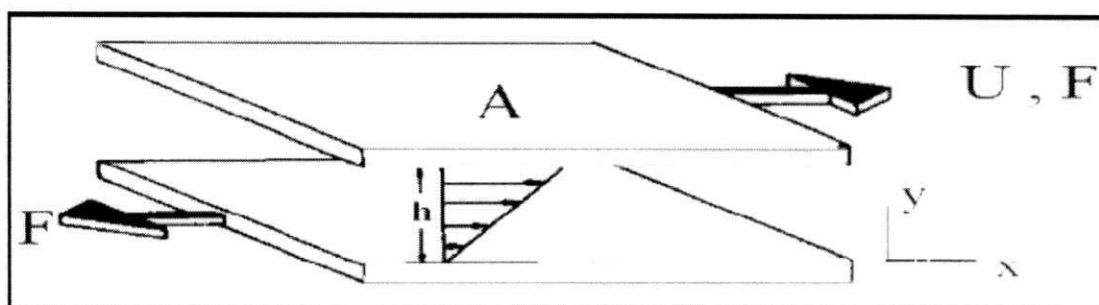


Figura 1: Modelo de placas paralelas utilizadas por Newton para explicar a viscosidade de um líquido (Barnes citado por FERREIRA et al., 2005).

De acordo com este modelo, a força requerida por unidade de área (F/A) para manter uma diferença de velocidade entre as placas (dv/dx) é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade através do líquido; assim, o coeficiente de proporcionalidade é igual à viscosidade (η). A força por unidade de área é tida como tensão de cisalhamento (σ) e o gradiente de velocidade é conhecido como taxa de cisalhamento (γ) (Barnes, citado por FERREIRA et al., 2005).

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

Substituindo-se (F/A) por (σ) e (dv/dx) por (γ), tem-se a Eq.2 de Newton para a viscosidade de um fluido

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

2.4.1 Classificação reológica dos fluidos

De acordo com CONCEIÇÃO (2000), em geral os líquidos são classificados em função do seu comportamento reológico (Figura 2) o qual envolve a determinação e análise da relação entre a tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade, chamado taxa de

deformação, para uma determinada condição de temperatura e pressão. Divide-se o comportamento reológico dos fluidos em duas categorias: newtoniano e não-newtoniano.

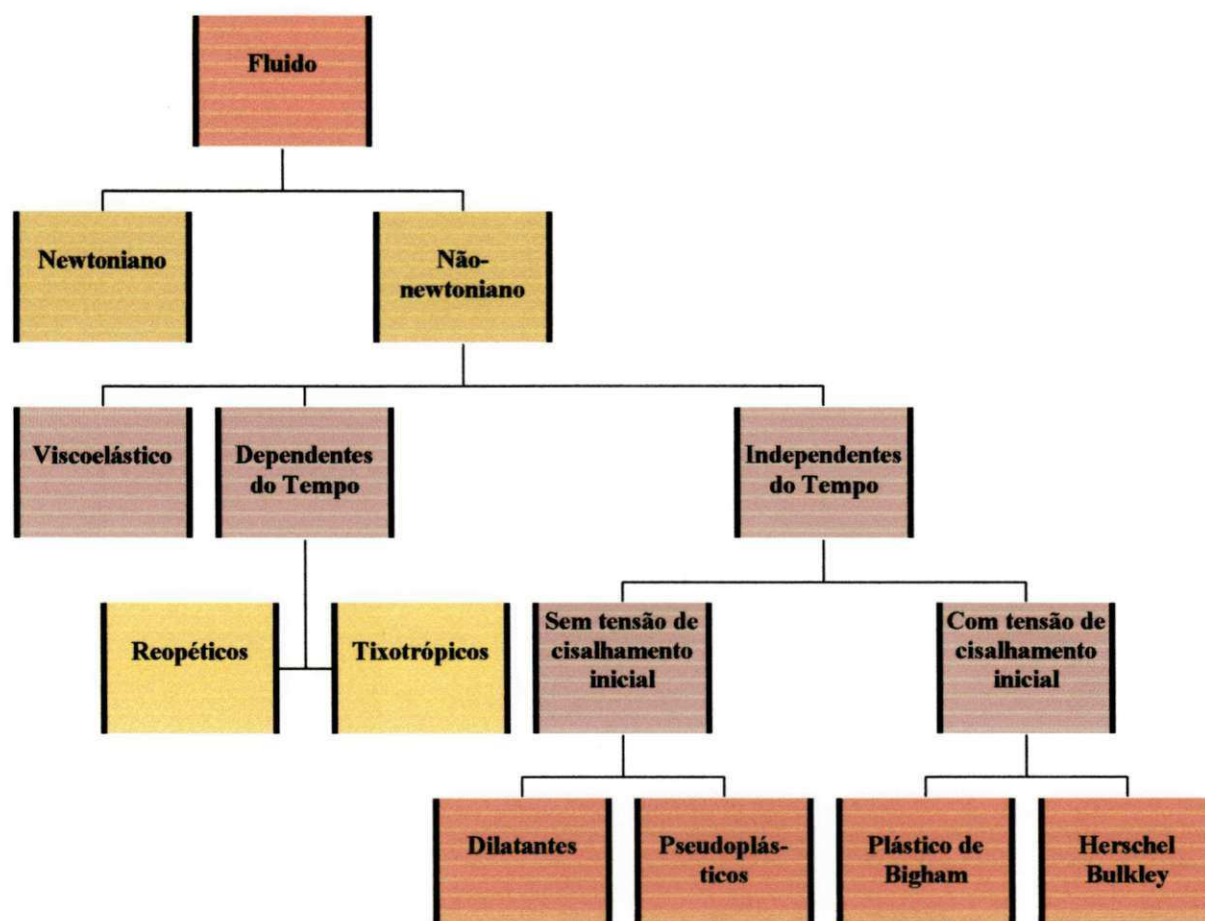


Figura 2: Classificação dos fluidos segundo comportamento reológico

2.4.1.1 Fluidos newtonianos

Os fluidos são Newtonianos quando a viscosidade só é influenciada pela temperatura e pressão: portanto, no escoamento de um fluido Newtoniano em regime laminar existe uma relação linear entre tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento. Uma única determinação experimental é suficiente para definir o único parâmetro reológico do fluido Newtoniano sua viscosidade absoluta, pois a razão entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento, é constante (MACHADO, 1996).

Muitos alimentos, como leite, suco de maçã, suco de laranja, vinho e cerveja exibem comportamento newtoniano (HAMINIUK, 2005).

2.4.1.2 Fluidos não-newtonianos

Todo fluido cuja relação entre a tensão cisalhante e taxa de cisalhamento não é constante, é denominado não-Newtoniano, considerando-se ainda temperatura e pressão constantes e escoamento laminar; esses fluidos são classificados conforme o aspecto do reograma e a correlação com alguma Equação do modelo matemático. A viscosidade desses fluidos não é única e varia com a magnitude da taxa de cisalhamento. As dispersões de sólidos em líquido são exemplos de fluidos não-Newtonianos, principalmente quando os sólidos interagem com a fase líquida, solvatando ou inchando (MACHADO, 1996).

Fluidos não-Newtonianos com propriedades reológicas independentes do tempo, são divididos nas categorias: pseudoplásticos e dilatantes, dependendo se a viscosidade aparente decresce ou aumenta, respectivamente, com a taxa de deformação. Os fluidos dependentes do tempo são classificados em reopéticos e tixotrópicos (GOZZO, 2003).

2.4.1.2.1 Fluidos Pseudopásticos (Shear-thinning")

São fluidos independentes do tempo e sem tensão residual; sofrem diminuição da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação, representam a grande maioria dos alimentos independentes do tempo e estão relacionados com a orientação das macromoléculas, partículas ou gotas dispersas em uma fase contínua, devido ao cisalhamento. Ex: polpa de frutas e melão de cana (GOZZO, 2003).

2.4.1.2.2 Fluidos dilatantes ("Shear-thickening")

São fluidos independentes do tempo e sem tensão residual, que começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais; a viscosidade aparente aumenta a medida em que aumenta a taxa de deformação. Ex: soluções de amido e farinha de trigo (GOZZO, 2003).

2.4.1.2.3 Tixotrópicos

Os tixotrópicos apresentam diminuição da viscosidade aparente com o tempo de atuação de uma taxa de cisalhamento constante, até alcançar um equilíbrio; é uma transformação isoterma reversível; têm-se, como exemplos, as tintas e muitas argilas, particularmente a bentonita que se "liquefaz" por agitação e se "solidifica" quando em repouso (POSSA & LIMA, 2000).

2.4.1.2.4 Reopéticos

Os fluidos reopéticos são raros e apresentam comportamento oposto ao dos tixotrópicos; Ocorre aumento da viscosidade aparente com o tempo de atuação de uma taxa de cisalhamento constante (POSSA & LIMA, 2000).

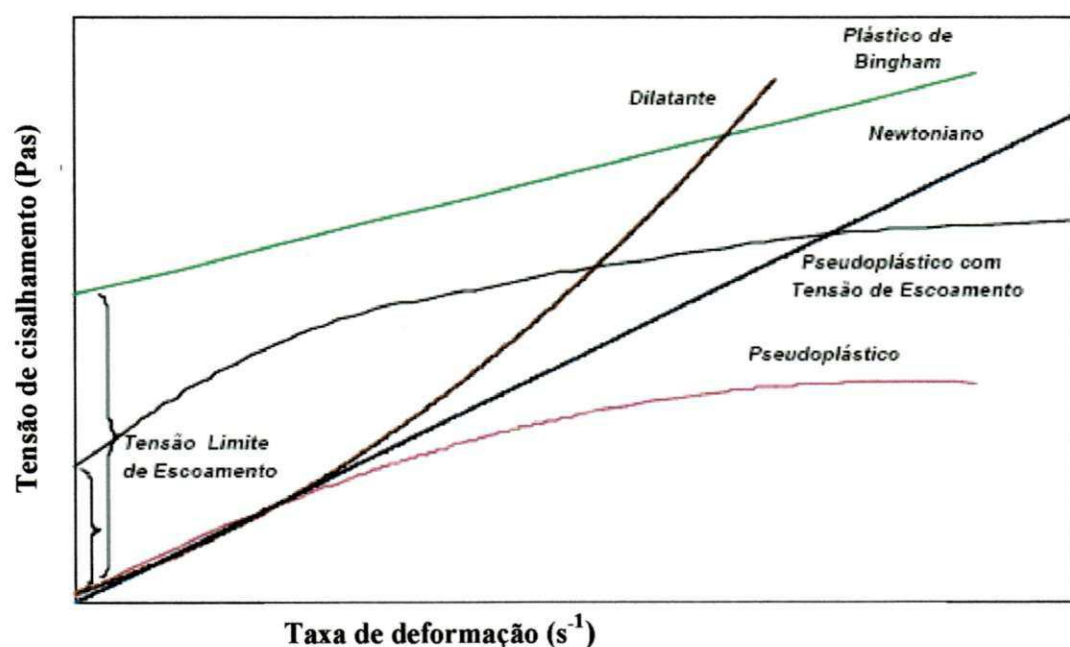


Figura 3: Tipos de comportamento reológico de polpas

2.4.2 Modelos Reológicos

Os modelos reológicos são úteis para relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas, como concentração, temperatura, pH, e índice de maturação, dentre outros; esses modelos podem ser isotérmicos ou não isotérmicos; no primeiro caso, descrevem o comportamento de um fluido a uma temperatura fixa e, no último, incluem

relações específicas, como funções da temperatura; dependendo do modelo utilizado, possuem ou não tensão inicial (VIDAL et al., 2000).

2.4.2.1 Modelo Newtoniano

As propriedades reológicas de fluidos newtonianos são independentes da taxa de cisalhamento e do histórico anterior de cisalhamento, mas dependentes somente da composição e da temperatura. Para um fluido newtoniano ideal, a tensão de cisalhamento é uma função linear da taxa de cisalhamento e a constante de proporcionalidade para esta relação (η) é chamada viscosidade newtoniana.

A Equação matemática que descreve a viscosidade é dada pela Equação 2.1:

donde:

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

τ = Tensão de cisalhamento ($\text{N.m}^{-2} = \text{Pa}$)

γ = Taxa de cisalhamento (s^{-1})

η = Viscosidade newtoniana (Pa.s)

2.4.2.2 Modelo Não-Newtoniano

2.4.2.2.1 Modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

Muitos fluidos alimentícios exibem comportamento pseudoplástico e são caracterizados através do modelo da Lei da Potência (HAMINIUK, 2005).

$$\tau = k(\gamma)^n \quad (2.2)$$

ou

$$\log \tau = \log k + n \log \gamma \quad (2.3)$$

donde:

k = índice de consistência (Pa.s^n)

n = índice de comportamento de fluxo (adimensional)

γ = taxa de cisalhamento (s^{-1})

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

Ao se dividir a Equação 2.3 pela taxa de cisalhamento ($\log_{10}\gamma$) obtém-se a Equação que governa a viscosidade aparente dos fluidos pseudoplásticos:

$$\eta_{ap} = \frac{k}{\gamma} + n \quad (2.4)$$

Caso em que a viscosidade aparente do fluido diminui sempre que aumenta a tensão de cisalhamento. Se na Equação 2.4 o índice de comportamento, n , for maior que 1, o fluido será considerado dilatante, e corresponde ao fenômeno inverso da pseudoplasticidade, pois a viscosidade do fluido aumenta a medida em que aumenta também a taxa de cisalhamento. Se o valor de n for menor que 1 o fluido será considerado pseudoplástico.

2.4.2.2.2 Modelo de Casson

Este modelo é usado como método oficial para a caracterização de amostras de chocolate. A tensão inicial de Casson é $\tau_{oc} = (k_{oc})^2$, a viscosidade de Casson é $n_c = (k_c)^2$ (TONELI, 2005).

$$\tau^{0.5} = k_{oc} + k_c \gamma^{0.5} \quad (2.5)$$

em que k_c e k_{oc} são constantes do modelo.

2.4.2.2.3 Modelo de Mizrahi-Berk

Este modelo foi desenvolvido em 1971, baseado em um sistema formado por uma suspensão de partículas interagindo em solvente pseudoplástico, que se reduz ao modelo de Casson quando o índice de comportamento de fluxo (n) é igual a 0,5 (HAMINIUK, 2005).

$$\tau^{1/2} = K_{OM} + K_M \gamma^{n_M} \quad (2.7)$$

em que,

K_{OM} = raiz quadrada da tensão inicial

K_M = fator de consistência

n_M = índice de comportamento de fluxo

2.4.2.2.4 Modelo de Hershell-Buckley

Também conhecido como fluido de potência com limite de escoamento, este modelo tem três parâmetros reológicos, razão porque é denominado modelo de três parâmetros (TONELLI, 2005). A Equação que o define é:

$$\tau - \tau_{OH} = K_H \dot{\gamma}^{n_H} \quad (2.6)$$

em que,

τ_{OH} = tensão inicial ($N.m^{-2}$)

K_H = fator de consistência ($PA.s^n$)

n_H = índice de comportamento de fluxo (adimensional)

2.5 Sistemas de medição

De acordo com POSSA & LIMA (2000), é grande o número de viscosímetros comerciais para serem escolhidos de acordo com a sua geometria, as faixas de viscosidade e as taxas de cisalhamento necessárias para o trabalho ou estudo. Os critérios para a escolha devem envolver, principalmente: a natureza do material; se é de baixa ou alta a viscosidade; se é elástico ou não; a dependência da temperatura na viscosidade, dentre outras; outra importante consideração é a precisão e exatidão requeridas e se as medidas são para controle de qualidade ou para pesquisa.

A maioria dos viscosímetros disponíveis no mercado, e que estão incorporados em ensaios padrão de muitas indústrias, ao invés de descrever a viscosidade ou a tensão de cisalhamento, abrangendo uma ampla faixa de taxas de cisalhamento, somente produz um

único ponto na curva de comportamento reológico da polpa, sendo os restantes desconhecidos. Tal procedimento não traz conseqüências para fluidos Newtonianos porque a viscosidade é independente da taxa de cisalhamento, mas pode ser danoso para fluidos não-Newtonianos (POSSA & LIMA, 2000).

Deve-se atentar a temperatura da polpa haja vista que um bom controle de temperatura pode ser obtido empregando-se termostatos; quando, se deseja altera-la, pode-se envolver a caixa de alimentação da bomba com serpentinas (POSSA & LIMA, 2000).

Os viscosímetros são equipamentos projetados e concebidos para medir, ou determinar, a partir de medições, a viscosidade ou os parâmetros viscosos dos fluidos. Os projetos de viscosímetros mais usados se baseiam nos diferentes tipos de fluxo permanente laminar, apresentando diferentes configurações, das quais as mais comuns, são: sistemas capilares e sistemas rotacionais (POSSA & LIMA, 2000).

2.5.1 Viscosímetro de tubo capilar

Os viscosímetros de tubo são muito úteis na coleta de dados de viscosidade; esses instrumentos podem ser colocados em duas categorias básicas: capilares de vidro freqüentemente chamados viscosímetros de tubo, em forma de U, devido a sua semelhança com a letra U, e capilares de alta pressão; ambos estabelecem uma diferença de pressão para criar o fluxo.

O viscosímetro de tubo capilar é simples, exato e científico; pode ser usado nos estudos de fluidos newtonianos e não-newtonianos, transparentes ou opacos; e, ainda, indicado no estudo de fluidos de altas viscosidades, uma vez que a sua estrutura mecânica permite operar com pressão elevada (CABRAL, 2001)

Os viscosímetros de fluxo capilar são os mais antigos. A tensão de cisalhamento é fornecida em função da pressão a que o fluido é submetido ao fluir através de um tubo capilar; e são precisos nas medidas de viscosidade de fluidos Newtonianos até valores de 20.000 mPa.s; uma desvantagem desse tipo de viscosímetro é que a velocidade de cisalhamento varia

de zero, no centro do capilar, a um valor máximo nas paredes. O viscosímetro de fluxo capilar mais conhecido é o de Ostwald (POSSA & LIMA, 2000).

2.5.2 Viscosímetros rotacionais

Os viscosímetros rotacionais são constituídos de duas partes básicas separadas pelo fluido que está sendo analisado. As partes podem ser de cilindro concêntrico (copo e rotor), de placas, de cone e placa ou de discos; uma das partes gira em relação à outra e produz cisalhamento no fluido. A viscosidade é medida em função do torque fornecido para produzir uma velocidade angular ou da velocidade angular necessária para produzir determinado torque; eles são mais versáteis que os de fluxo capilar e podem ser usados para fluidos não-Newtonianos; uma das vantagens dos viscosímetros rotativos sobre os capilares é que nos primeiros a característica tixotrópica ou reopética pode ser estudada atributo impossível nos viscosímetros capilares (POSSA & LIMA, 2000).

2.6 Viscosidade aparente

De acordo com Tager (1978) citado por CABRAL (2001), a viscosidade aparente caracteriza os fluidos não-newtonianos, que possuem uma relação não-linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação.

$$\eta_a = \frac{\tau_l}{\gamma} \quad (4.1)$$

donde:

η_a = Viscosidade aparente (Pa.s)

τ_l = Taxa de cisalhamento (Pa)

γ = Taxa de deformação (s^{-1})

2.7 Influência da temperatura e da concentração na viscosidade

A viscosidade dos fluidos pode ser afetada por outros fatores como: concentração, temperatura, tempo, pressão e gradiente de velocidade. O conhecimento da influência destes fatores no comportamento reológico dos alimentos é de fundamental importância para o controle da qualidade dos produtos durante a estocagem, transporte e comercialização (SILVA, 2000).

De acordo com MACHADO (1996), nos testes para determinação da viscosidade deve-se manter a temperatura constante através de um banho de líquido em fluxo ou de uma célula de controle de temperatura.

Segundo PEDRÃO et al. (1999), o tratamento térmico geralmente degrada o aroma e o sabor das frutas, embora seja usado, em particular para inativação de enzimas, em muitos produtos antes do congelamento. O efeito da temperatura e da concentração sobre o comportamento reológico precisa ser conhecido para o entendimento e dimensionamento de operações unitárias, tais como tratamento térmico e concentração

VIDAL et al.(2000), ao estudarem o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa da manga, concluíram que aumentando a temperatura, observa-se aumento no índice de comportamento e uma diminuição no índice de consistência, além do que a viscosidade diminuía com a temperatura de até 40°C. Para temperaturas de 50°C e 60°C, constataram um aumento da viscosidade justificado por uma possível gelatinização do amido presente na polpa de manga.

SUGAI (2002), ao estudar o comportamento das polpas de manga integral e centrifugada, verificou que a viscosidade da polpa integral diminui com o aumento da temperatura até 40°C e, para temperaturas entre 50°C e 60°C, a viscosidade aumenta; já para polpa centrifugada constatou que a sua viscosidade diminui com o aumento de temperatura de até 60°C.

O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente pode ser descrito mediante uma Equação análoga à de Arrhenius

$$\eta_a = \eta_0 \exp\left(\frac{E_{at}}{RT}\right) \quad (2.8)$$

em que η_a é a viscosidade aparente (Pa.s), η_0 é uma constante (Pa.s), E_{at} é a energia de ativação para escoamento viscoso (kcal.gmol^{-1}), R é a constante dos gases ($1,987.10^{-3} \text{ kcal.gmol}^{-1}.\text{K}^{-1}$) e T é a temperatura absoluta (K) (SUGAI, 2002).

De acordo com a Equação 2.8, o aumento da temperatura tem efeito de diminuir a viscosidade e geralmente, quanto maior a energia de ativação maior também é o efeito da temperatura na viscosidade (SUGAI, 2002).

De maneira geral, aumentando-se a temperatura, dá-se diminuição do índice de consistência (K), enquanto o índice do comportamento de fluxo (n) é pouco afetado.

O efeito da concentração sobre a viscosidade aparente de sucos de frutas é importante em aplicações tais como na concentração de fluidos alimentares, em faixas limitadas de concentração e a uma taxa de deformação e temperatura fixas, o efeito da concentração de sólidos na viscosidade aparente pode ser descrito através de relações do tipo exponencial ou do tipo potencial (SUGAI, 2002):

$$\eta = aC^b \quad (2.9)$$

Na Equação 2.9, C é a concentração de sólidos solúveis ou totais e a e b são constantes a serem determinadas.

2.8 Análise sensorial

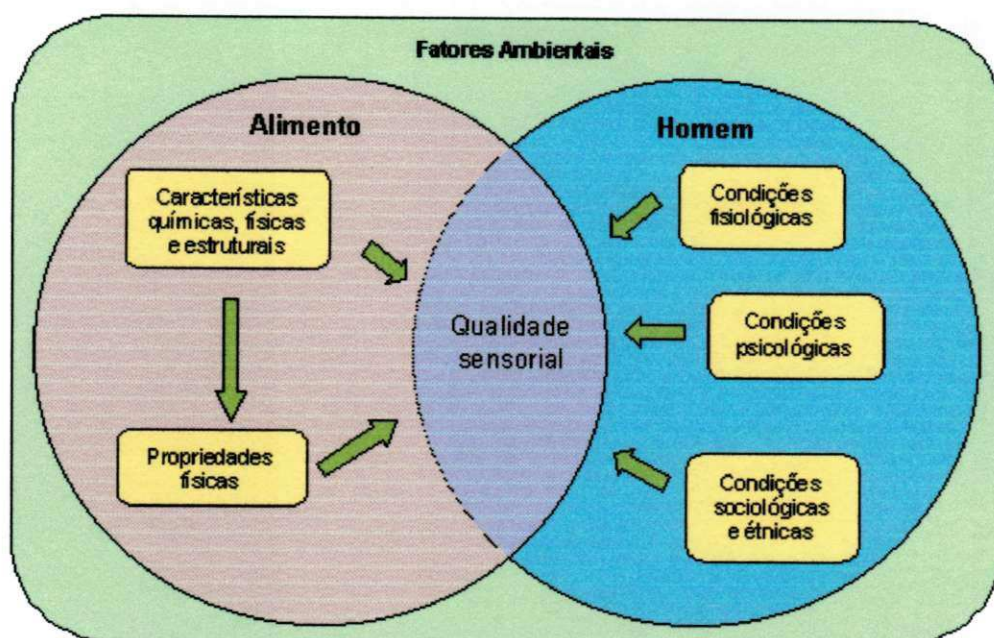
A qualidade de um fruto *in natura* é definida pelo consumidor final e nada melhor do que uma avaliação sensorial realizada por uma equipe que o represente. A análise sensorial de frutos tem sido uma técnica decisiva para detectar preferências, sobretudo quando são desconhecidos dos consumidores (COCCOZA, 2003)

De acordo com Cardello e Cardello, citados por COCOZZA (2003), os testes sensoriais que utilizam os órgãos dos sentidos humanos como ‘instrumentos’, devem ser incluídos como garantia de qualidade, por se tratar de uma medida multidimensional integrada, que possui importantes vantagens como, por exemplo, determinar a aceitação de um produto por parte dos consumidores. Se, por um lado, os instrumentos são efetivos em detectar o surgimento de problemas durante a produção e o armazenamento de alimentos, muitas vezes são incapazes de medir alterações perceptíveis que afetam a aceitação de um produto.

A análise sensorial pode ser definida como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações em alimentos que possam ser percebidos pelo sentido da visão, olfato, tato, sabor e audição, utilizando conhecimentos de Ciências de alimentos, Fisiologia, Psicologia e Estatística (CALEGUER, 2005).

A escolha pessoal por um alimento pode ser determinada por um grande número de fatores que podem ser relacionados a um alimento, à pessoa e ao ambiente (Dutcosky citado por ARAÚJO, 2005).

Para JORDÃO (2005), o alimento possui composições física e química particulares, que originam as características sensoriais percebidas pelo indivíduo, como aparência, sabor, aroma e textura. As diferenças individuais (personalidade relacionada ao estilo de vida, nível de conhecimento, experiências anteriores, efeitos fisiológicos ou psicológicos após ingestão, como humor, sonolência etc.) influenciam na escolha do produto. Os fatores externos englobam o contexto social e cultural. A disponibilidade, preço, embalagem, informações e propaganda do produto e, ainda, diferenças de idade, sexo, classe social, região e grau de urbanização, são responsáveis pelas diferenças no consumo de alimentos.



Fonte : Dutcosky citado por ARAÚJO (2005)

Figura 4: Definição da qualidade sensorial

Os primeiros parâmetros para se avaliar um alimento, são a cor e o seu aspecto; a cor tem grande importância na preferência por ser a qualidade que mais facilmente desperta a atenção do consumidor, porém o aroma e o sabor passam a ser imprescindíveis na sua aceitação (BOBBIO & BOBBIO, 2001)

Na indústria de alimentos, a cor é parâmetro essencial empregado no controle de qualidade, haja vista que pela cor do extrato de tomate e do suco de laranja, por exemplo, eles alcançam as melhores classificações e, efetivamente, maiores preços. Na torração do café, do cacau e do amendoim, a cor do grão define exatamente quando está terminado o processo; muitas vezes, a cor é adicionada aos alimentos para conferir ou aumentar sua apetitosidade, a cor da polpa de frutas está relacionada com sua qualidade e com o tipo e quantidade de pigmentos presentes. Tanto nos processos industriais quanto nos comerciais, ou puramente de ordem emocional, são utilizados os olhos na escolha de produtos competitivos, motivo pelo qual sofisticados métodos objetivos de medição da cor têm sido desenvolvidos (TORREZAN et al., 2000).

Segundo Lozano, citado por SIQUEIRA (2001), o olfato compõe a fisiologia do sabor porque o aroma (ou o odor) é o primeiro atributo que se percebe, antes até que o sabor. Um

odor inadequado pode interferir ou modificar um sabor. Os fatores que afetam e avaliam o sabor são dois: um físico e outro que depende do meio ambiente. Como fatores físicos se somam o sexo, idade, horário da degustação, estresse, condição de saúde e tabagismo; quanto aos ambientais, estão a temperatura, calor e outros elementos relacionados.

De acordo com ESTELLER et al. (2004), a textura pode ser definida como todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto que sejam perceptíveis por meios instrumentais e sensoriais.

A análise sensorial é um atributo físico necessária e que, junto com a variedade dos alimentos dá satisfação ao consumidor. Quando um alimento é tocado ou sentido na boca procede-se à avaliação de sua textura e temperatura muito mais do que através dos sentidos da visão e audição. Algumas vezes as propriedades de textura de certos alimentos produzem sons quando são mastigados; assim, se associam certos sons com textura (ALDRIGE et al., 2003).

Na indústria de alimentos o uso de técnicas modernas de análise sensorial tem sido um meio seguro para caracterizar diferenças e similaridades em produtos que disputam um mesmo mercado consumidor, otimizar atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos alimentos, em função de expectativas do mercado consumidor; avaliar alterações sensoriais que ocorrem em função do tempo e de condições de armazenamento, do tipo de embalagem, de variações no processamento e variações na matéria-prima (MINIM et al., 2004).

A análise sensorial, segundo ALDRIGUE et al. (2003), é um campo significativo na indústria de alimentos, uma vez que pode contribuir para o desenvolvimento da qualidade de um produto alimentício; é o estudo da determinação dos sabores agradáveis dos alimentos e bebidas, e é feita através dos órgãos dos sentidos, principalmente do gosto, olfato e tato, quando um alimento é ingerido. A análise sensorial tem, como objetivo:

- Medir a qualidade do alimento em programas de controle de qualidade
- Determinar a variedade adequada da matéria-prima
- Determinar o melhor tipo de processamento e de armazenamento
- Correlacionar análise física x química
- Determinar a reação do consumidor

- Realizar a comparação com produtos de competidores
- Auxiliar no desenvolvimento de novos produtos.

Os métodos sensoriais são classificados em:

- Métodos de diferença
- Métodos analíticos
- Métodos de sensibilidade ou “Threshold”
- Método de escala
- Método de Preferências e Aceitação.

Os métodos sensoriais podem ser classificados em analíticos, que necessitam de equipe treinada para realizar avaliação objetiva e, afetivos, em que os avaliadores não precisam de treinamento e podem expressar sua opinião ou preferências. Os testes analíticos são classificados em: a) teste de diferença: comparação pareada, triangular, duo-trio, ordenação e comparação múltipla, e b) testes descritivos: perfil de sabor, perfil de textura e análise descritiva quantitativa. Os testes afetivos de preferência ou aceitação são classificados em: comparação pareada, ordenação, escala hedônica e escala do ideal (Ferreira, citado por CARVALHO et al., 2005)

O Método de Escala compara duas ou mais amostras com uma (amostra) padrão ou controle; este método é classificado em: escala hedônica, escala hedônica facial e escala numérica ou estruturada (MADRUGA & ALDRIGUE, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios deste trabalho foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas na Universidade Federal de Campina Grande, PB, e no Laboratório de Combustíveis Materiais, na Universidade Federal da Paraíba.

3.1 Aquisição e processamento da matéria prima

Obtiveram-se as pinhas (*Annona squamosa* L.) de produtores rurais da cidade de João Pessoa - PB. Escolheram-se as frutas de melhor aspecto, dando preferência aos exemplares mais firmes, sem danos aparentes na casca e em estágio de maturação semelhante em todo o lote. Os procedimentos para obtenção das amostras encontram-se detalhados na Figura 5.

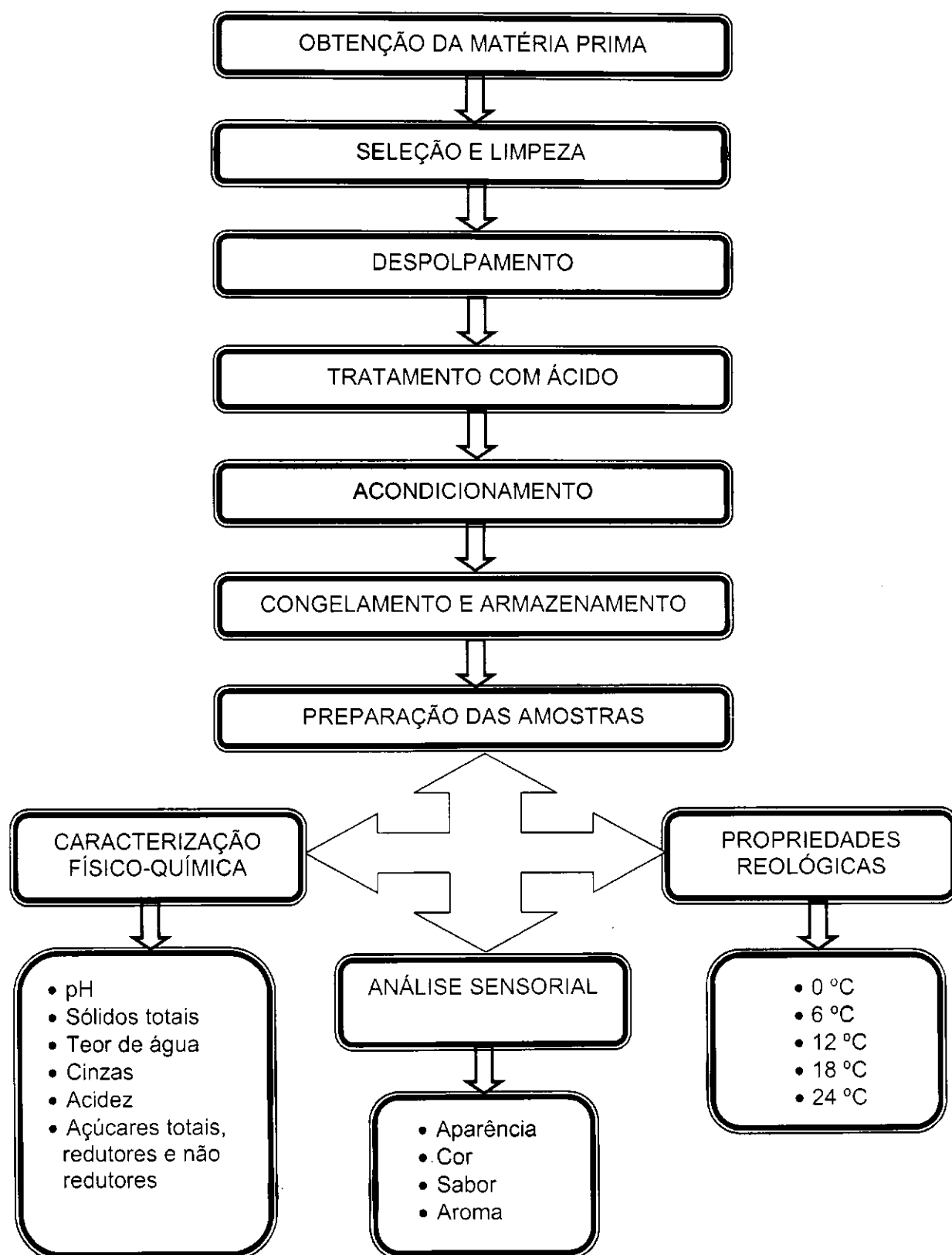


Figura 5: Fluxograma no qual se descreve a seqüência dos procedimentos utilizados

3.1.1 Seleção

A seleção foi feita manualmente, dando-se preferência aos frutos sem danos aparentes e em estágio de maturação semelhante em todo o lote, já que a maturação é facilmente reconhecida pela consistência e escurecimento da casca do fruto da pinha.

3.1.2 Lavagem

A lavagem foi realizada primeiro com água corrente, para uma pré-limpeza e, em seguida, uma desinfecção colocando-se as frutas em uma solução de hipoclorito de sódio a uma concentração de 20 ppm em um tempo de 10 a 15 min. Realizou-se nova lavagem em água corrente para retirada do excesso da solução.

3.1.3 Despulpamento

Após a lavagem as frutas foram abertas e depois se fez a extração manual da polpa que envolve as sementes.

3.1.4 Tratamento com ácido cítrico

As polpas foram tratadas com ácido cítrico na proporção de 0,3% para minimizar o escurecimento enzimático.

3.1.5 Preparação das amostras, acondicionamento, congelamento e armazenamento

Prosseguindo, a polpa foi homogeneizada em liquidificador, formulada, embalada em sacos de polietileno de alta densidade com capacidade para 500g. Efetuou-se o congelamento das polpas já embaladas, através da imersão em nitrogênio líquido, durante 1 min, e em seguida foram levadas ao freezer, a temperatura de -20°C, até o momento das análises.

3.2 Caracterização da polpa

Realizaram-se análises físico-químicas, em triplicata, de acordo com os procedimentos a seguir.

3.2.1. pH

O pH foi medido diretamente na polpa, após calibração do pHmetro em soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985). O pH das amostras foi definido utilizando-se peagâmetro da marca Analyser, modelo PH 300 M. Os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.2.2 Sólidos solúveis totais (° Brix)

Esta análise foi realizada através de leitura refratométrica. Os sólidos solúveis totais foram determinados utilizando-se um refratômetro de bancada do tipo Abbe, marca Quimis, e seus resultados foram expressos em °Brix.

3.2.3 Teor de água

O teor de água foi determinado em estufa a temperatura de 75°C até peso constante de acordo com o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.4 Cinzas

Realizou-se a determinação de cinzas através do método gravimétrico, baseado na incineração do material secado em mufla e regulada a 550°C, segundo a metodologia descrita pela AOAC (1984).

3.2.5 Acidez titulável

Determinou-se a acidez titulável por meio de titulação com NaOH a 0,1N utilizando-se solução alcoólica a 1% de fenolftaleína para verificação do ponto de viragem, cujos resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, conforme a metodologia descrita pela AOAC (1984).

3.2.6. Açúcares totais, redutores e não-redutores

Os teores de açúcares totais, redutores e não-redutores, foram obtidos de acordo com o método de Lane e Eynon, descrito pela AOAC (1984); e este método se baseia na oxiredução da solução de Fehling, através da utilização de glicose para padronização dessa solução.

3.3 Formulação do material

3.3.1 Material integral

O material denominado integral consiste na polpa de pinha, sem qualquer tratamento, passando apenas pelos processos de homogeneização e congelamento.

3.3.2 Material com adição de leite

As formulações da polpa da pinha foram elaboradas com adição de leite integral em três diferentes concentrações (Tabela 2) em cuja etapa o produto passou apenas pelos processos de homogeneização.

Tabela 2: Formulações utilizadas

% Pinha	% Leite
75	25
50	50
25	75

3.4 Estudo reológico

As leituras para determinação das medidas reológicas foram realizadas em um viscosímetro da marca Brookfield, modelo LV – DVII, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A. (Figura 6).

O estudo do comportamento reológico foi realizado nas temperaturas de 0, 6, 12, 18 e 24°C e as medições foram feitas variando a taxa de deformação de 0,22 a 44 s⁻¹ e de 0,34 a 68 s⁻¹.

O viscosímetro foi conectado a um computador que registra os dados de rotação por minuto, torque, viscosidade, tensão de cisalhamento, taxa de deformação, temperatura e tempo.

O viscosímetro utilizado proporcionou controle eficiente das temperaturas de ensaio, uma vez que o recipiente possui tamanho adequado para a amostra. Os experimentos foram realizados em triplicata utilizando-se, para cada repetição uma nova amostra igual à anterior, para evitar possíveis efeitos do tempo.

As amostras eram colocadas no porta amostra e o banho era ligado à temperatura desejada; em seguida dava-se início às leituras, realizadas sempre em escala ascendente de velocidade de rotação. Utilizaram-se as velocidades de 1, 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 200 RPM. As medidas foram efetuadas com o emprego dos spindles nº 25 e 31 para as amostras e as leituras de torque sempre após os primeiros 30s de cisalhamento.

Os dados experimentais obtidos para cada amostra a diferentes temperaturas foram correlacionados através de quatro modelos reológicos: Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk.



Figura 6: Viscosímetro Brookfield DVII

3.5 Teste de aceitação sensorial

O suco de pinha preparado com diferentes percentagens de leite foi submetido ao teste de aceitação sensorial, quanto aos aspectos cor, sabor, aroma e aparência.

Os testes foram realizados com quatro tipos de sucos: o primeiro suco foi feito com polpa de pinha “in natura”; o segundo, com polpa de pinha com adição de 75% de leite; o terceiro, com polpa de pinha e adição de 50% de leite e o quarto com polpa de pinha com adição de 25% de leite.

Esses sucos foram submetidos a testes de aceitação quanto a aparência, cor, sabor e aroma, por uma equipe de 35 provadores, não treinados. As amostras ofertadas para análise foram devidamente codificadas e oferecidas em copos plásticos de 40 ml.

Os sucos *in natura* e os sucos com adição de leite, foram avaliadas quanto aos atributos sabor, cor, aroma e aparência em testes de consumidor, utilizando-se a escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente; 2= desgostei muito; 3 = desgostei moderadamente; 4 = desgostei ligeiramente; 5 = nem desgostei, nem gostei; 6 = gostei ligeiramente; 7 = gostei moderadamente; 8 = gostei muito; 9 = gostei extremamente); juntamente com os sucos foi servida água mineral.

ANÁLISE SENSORIAL

Nome: _____ Idade: _____

Você está recebendo amostras de suco de pinha para avaliarem quanto aos atributos sensoriais contidos na tabela abaixo. Indique, usando a escala seguinte o quanto você gostou ou desgostou da amostra.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Não gostei, nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo.

CÓDIGO DA AMOSTRA: A CÓDIGO DA AMOSTRA: B

ATRIBUTO	
Aparência geral	
Cor	
Sabor	
Aroma	

ATRIBUTO	
Aparência geral	
Cor	
Sabor	
Aroma	

CÓDIGO DA AMOSTRA: C CÓDIGO DA AMOSTRA: D

ATRIBUTO	
Aparência geral	
Cor	
Sabor	
Aroma	

ATRIBUTO	
Aparência geral	
Cor	
Sabor	
Aroma	

○ **Intenção de compra:**

Quais desses produtos você compraria? Marque com X.

☐ A
☐ B
☐ C
☐ D

Figura 7: Questionário utilizado para análise sensorial

3.7 Análise matemática

Para ajuste das curvas de taxa de deformação versus tensão de cisalhamento utilizaram-se os modelos reológicos de Ostwald-de Waele (Lei da Potência), Casson, Herschell-Buckley e Mizrahi-Berk, cuja escolha foi baseada no fato de serem, comumente, utilizados em trabalhos que abordam a reologia de polpas e suco de frutas (ALMEIDA et al., 1996; CONCEIÇÃO, 2000).

Os parâmetros de cada modelo foram determinados através do software STATISTICA, versão 5.0, de regressão não linear e utilizando o método Quase-Newton. Para escolha do melhor ajuste foi analisado o coeficiente de determinação (R^2).

Os parâmetros sensoriais foram avaliados por meio de análises de Tukey, através do programa ASSISTAT versão 7.2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização físico-química

A variação na composição físico-química de suco de frutas decorre de muitos fatores, como variedade, grau de maturação, local de plantio, época de plantio e colheita, dentre outros.

Tem-se na Tabela 3, os valores médios dos parâmetros físico-químicos da polpa de pinha integral e com adição de leite integral. Observa-se que o pH e o teor de acidez total titulável da polpa integral estão na mesma faixa de valores determinados por SALGADO et al. (1999) ou seja, de 5,49 unidades de pH e 0,45 de acidez.

Verifica-se que a adição de leite à polpa de pinha provocou aumento significativo do pH com o aumento da concentração, correspondendo a um acréscimo no pH da amostra com maior proporção de leite de 17,26%, devido ao pH do leite integral ser maior ao da polpa de pinha. Em geral, o pH das frutas gira em torno de 3,5, valor este que expressa a presença dos ácidos no suco e corresponde melhor à sensação de sabor que o teor total de ácidos (VICENZI, 2006).

Com relação à acidez total titulável da polpa de pinha integral, constatou-se que ocorreu um decréscimo de 35,72% na amostra com 75% de leite, comportamento previsto em razão do leite ter baixa acidez o que contribui para diluição dos ácidos orgânicos existentes na polpa.

Da mesma forma como ocorreu com a acidez total titulável e os açúcares, os sólidos solúveis totais também diminuíram significativamente com a adição de leite às amostras. Os sólidos solúveis totais (°Brix) da polpa de pinha integral estão na mesma faixa de valores determinados por ALVES et al. (2000), MUNIZ (2002) e UGULINO et al. (2005). A redução máxima do °Brix foi de 45,66%, verificado na amostra com maior percentual de leite.

Os valores de sólidos totais da polpa integral são maiores ao determinado por UGULINO (2005). Os sólidos totais diminuíram com o aumento da concentração de leite; e houve redução de 49,4% nos sólidos totais da amostra com 75% de leite em relação a polpa integral de pinha.

O teor de cinzas da polpa de pinha integral diminuiu em 10,11% em relação à amostra com 75% de leite.

A relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez titulável (SST/ATT) foi maior nas amostras com 25 e 75% de leite, respectivamente, em relação à polpa integral, e menor na amostra com 50% de leite. SALGADO et al. (1999) encontraram para a polpa de pinha integral, valores de SST/ATT na ordem de 32,06, em que os Sólidos Solúveis Totais - SST foram iguais a 14,43 °Brix e a Acidez Total, 0,45%; relação que está bem abaixo da encontrada neste trabalho (68,266) e cujo fato pode ser explicado em virtude de ter obtido um valor de Sólidos Solúveis Totais - SST mais elevado, na ordem de 28,4 °Brix .

Tabela 3: Paramentos físico-químicos da polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite

Concentração		pH	Acidez total titulável (%ácido cítrico)	Sólidos solúveis totais (° Brix)	Sólidos totais (%)	Cinzas (%)	SST/ATT
Polpa	Leite						
25%	75%	6,4 ± 0,053	0,270 ± 0,014	15,467 ± 0,306	14,727 ± 0,765	0,720 ± ,0241	57,285
50%	50%	6,0 ± 0,055	0,344 ± 0,046	18,067 ± 0,808	20,005 ± 0,250	0,784 ± 0,023	52,520
75%	25%	5,6 ± 0,035	0,357 ± 0,042	23,667 ± 0,416	24,012 ± 0,224	0,795 ± 0,030	66,294
Integral		5,4 ± 0,053	0,417 ± 0,065	28,467 ± 0,503	29,108 ± 0,467	0,801 ± 0,082	68,266

Na Tabela 4 se encontram os valores médios dos açúcares das polpas de pinha integral e com diferentes percentuais de leite. Os valores de açúcares totais e redutores encontrados são maiores que os obtidos por SALGADO et al. (1999) que foram de 11,57% e 10,91%, ALVES et al. (2000) que foram de 19,3% e 15,96% e UGULINO et al. (2005) de 15,90% e 15,20%, respectivamente. Observa-se, ainda, que houve uma diminuição nos teores de

açúcares totais, de 55,36%, açúcares redutores de 36,55% e nos açúcares não redutores, de 15,25%, todos em relação à amostra com maior quantidade de leite.

Tabela 4: Valores médios dos açúcares da polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite

Concentração Polpa	Leite	Açúcares redutores	Açúcares não redutores	Açúcares totais
25%	75%	12,920 ± 0,979	11,002 ± 1,473	14,588 ± 1,340
50%	50%	14,988 ± 0,000	11,031 ± 1,124	26,019 ± 2,075
75%	25%	18,440 ± 1,910	12,736 ± 0,934	31,510 ± 1,114
Integral		20,365 ± 0,000	12,983 ± 1,354	32,682 ± 2,184

4.2 Estudo reológico

4.2.1 Modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

Os parâmetros de ajuste do modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros de ajuste do modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) para a polpa de pinha integral a diferentes percentuais de leite e temperatura

Concentração		Temp (°C)	k	n	R ²
Polpa	Leite				
25%	75%	0	14,849	0,311	99,038
		6	10,721	0,351	99,587
		12	10,430	0,354	99,657
		18	11,190	0,315	99,423
		24	9,109	0,357	99,546
50%	50%	0	81,669	0,309	99,301
		6	66,987	0,351	99,773
		12	63,294	0,359	99,505
		18	52,733	0,398	99,536
		24	44,821	0,432	99,356
75%	25%	0	309,578	0,285	99,843
		6	265,801	0,318	99,517
		12	246,571	0,322	98,919
		18	189,335	0,370	99,030
		24	162,994	0,390	98,640
100% Polpa		0	224,417	0,370	99,161
		6	209,313	0,375	99,180
		12	170,796	0,414	98,543
		18	158,888	0,420	98,647
		24	158,745	0,402	98,690

Analisando-se os resultados na Tabela 5, verifica-se que o parâmetro **k** (índice de consistência) das diversas amostras e a mesma temperatura, aumenta com o aumento da concentração de polpa, com exceção da concentração da polpa integral.

Os valores do parâmetro **n** (índice de comportamento de fluxo) apresentaram oscilações sem tendência definida em relação à concentração e à temperatura, ficando os valores deste parâmetro na faixa de 0,311 e 0,432. CONCEIÇÃO (2000), ao estudar o comportamento reológico da polpa de goiaba nas faixas de temperatura de 30 a 70°C nas condições do produto “in natura” e com diferentes concentrações de pectinase, também verificou uma oscilação nos valores, neste parâmetro, em relação à concentração e à temperatura.

O valor de **n** (índice de comportamento de fluxo) foi menor que a unidade em todas as amostras, caracterizando-se como fluido não-newtoniano com características pseudoplásticas.

Os ajustes dos dados experimentais podem ser considerados bons, com coeficientes de determinação (R^2) variando de 98,543 a 99,843% e valor médio geral de 99,245%.

Nas Figuras 8, 9, 10 e 11, estão representadas as curvas de ajuste para o modelo de Ostwald-de-Waele das curvas de escoamento (tensão de cisalhamento versus taxa de deformação), obtidas nas diferentes temperaturas e concentrações.

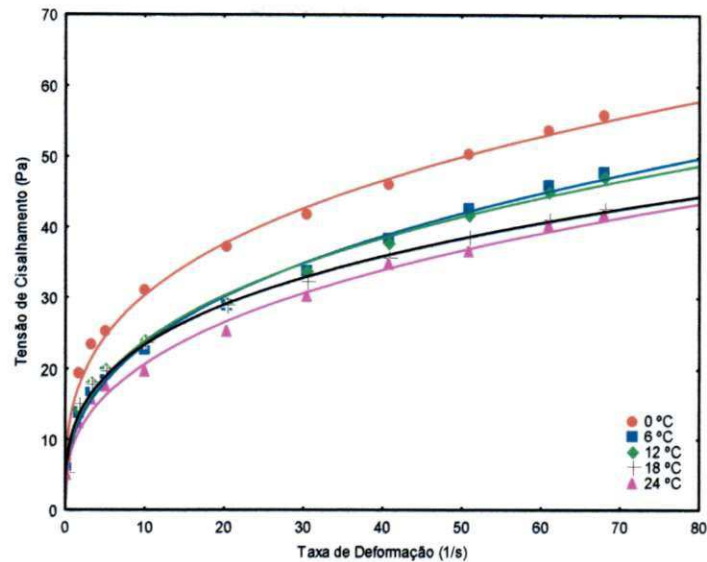


Figura 8: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 25% polpa + 75% leite, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

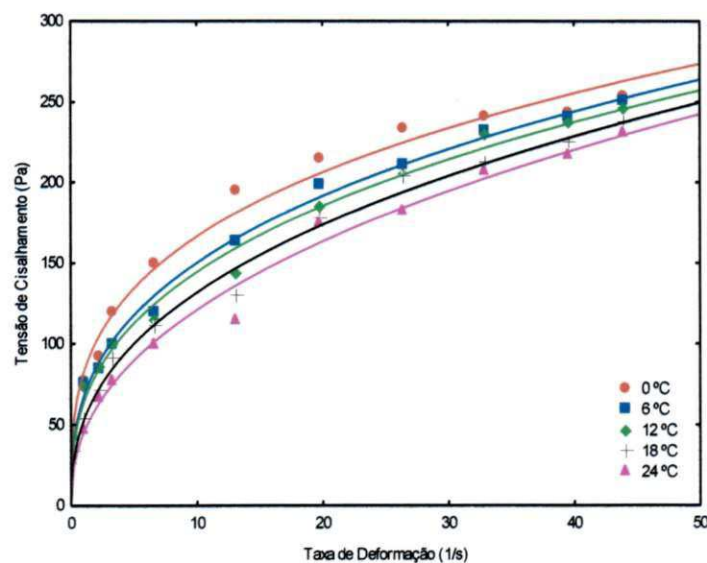


Figura 9: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 50% de polpa + 50% leite, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

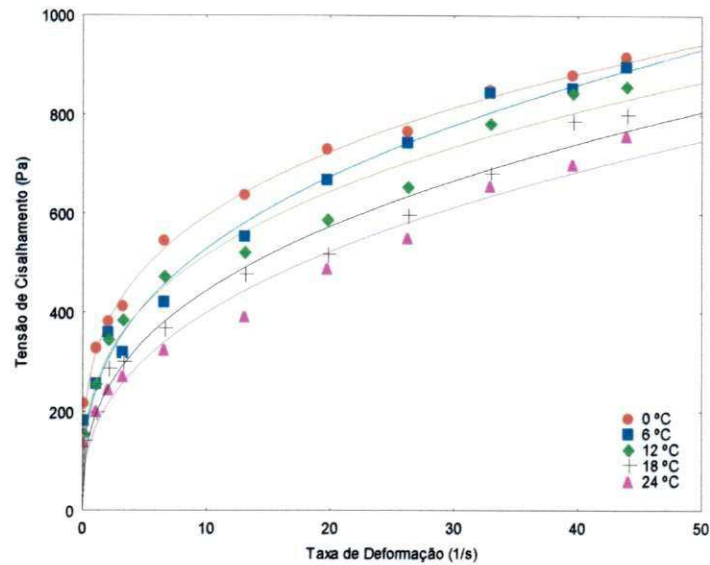


Figura 10: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 75% de polpa + 25% leite, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

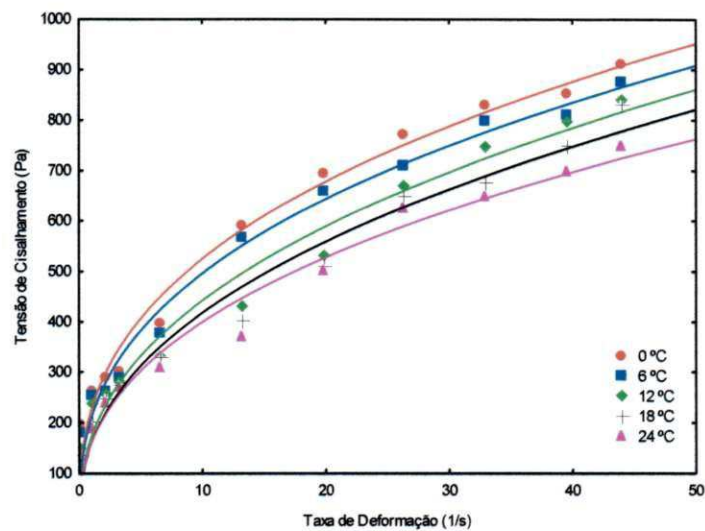


Figura 11: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa integral descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)

4.2.2 Modelo de Casson

Os parâmetros de ajuste do modelo de Casson se encontram na Tabela 6.

Apresentam-se na Tabela 6, os parâmetros de ajuste do modelo de Casson aos dados experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de deformação.

Tabela 6: Parâmetros de ajuste do modelo de Casson para a polpa de pinha integral a diferentes percentuais de leite e temperaturas

Concentração		Temp (°C)	K ₀	K _c	R ²
Polpa	Leite				
25%	75%	0	1,880	0,714	95,208
		6	1,710	0,714	97,527
		12	1,727	0,705	96,161
		18	1,757	0,670	94,711
		24	1,664	0,687	97,074
50%	50%	0	2,782	1,176	95,879
		6	2,662	1,190	98,492
		12	2,638	1,181	98,821
		18	2,473	1,218	98,571
		24	2,359	1,234	98,741
75%	25%	0	3,971	1,526	95,879
		6	3,794	1,575	98,106
		12	3,726	1,553	97,716
		18	3,488	1,574	99,095
		24	3,391	1,548	99,640
100 % Polpa		0	3,635	1,642	99,118
		6	3,567	1,631	99,126
		12	3,433	1,623	99,578
		18	3,356	1,616	99,553
		24	3,348	1,575	99,351

Constata-se que os valores da viscosidade plástica (K_c) se situam na faixa de 0,670 a 0,714 (Pa.s)^{0,5}, para concentração de 25% de polpa + 75% de leite, de 1,176 a 1,234 (Pa.s)^{0,5}

de 50% de polpa + 50% de leite, de 1,526 a 1,575 (Pa.s)^{0,5} de 75% de polpa + 25% leite e de 1,575 a 1,6420 (Pa.s)^{0,5} para polpa integral.

Os ajustes dos dados experimentais da polpa de pinha adicionada de leite a diferentes concentrações, podem ser considerados bons com coeficientes de determinação (R^2) variando de 94,711 a 99,640% e valor médio geral de 97,917%.

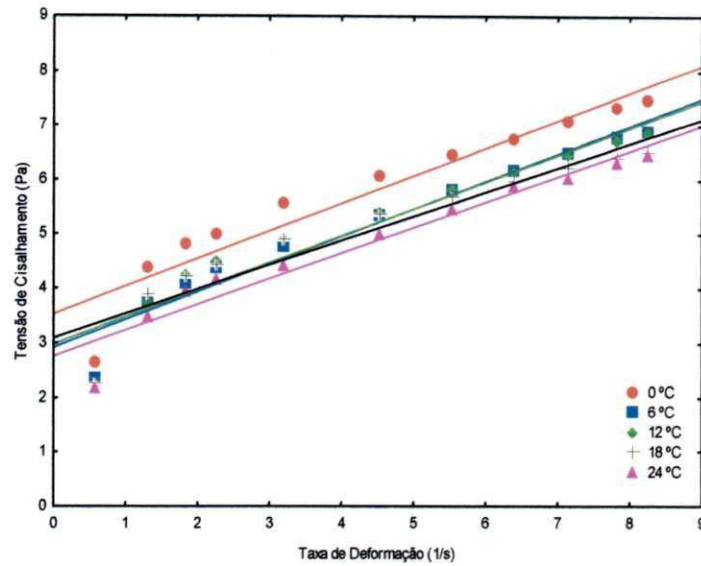


Figura 12: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa + 75% leite, descrita pelo modelo de Casson

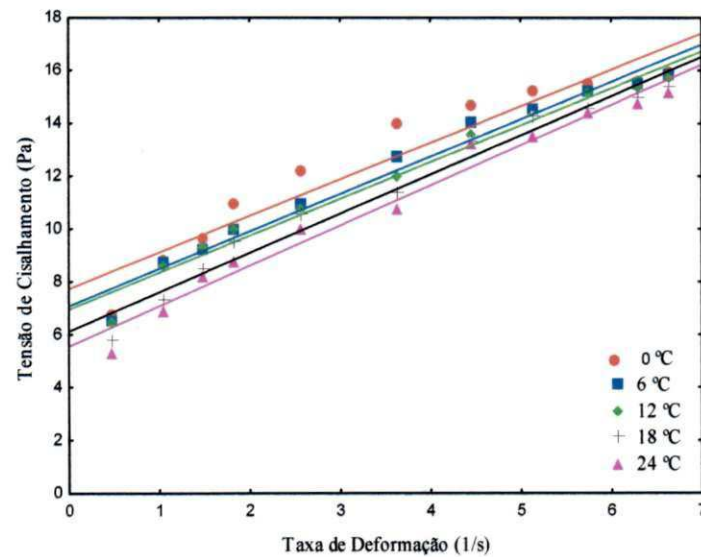


Figura 13: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa + 50% leite, descrita pelo modelo de Casson

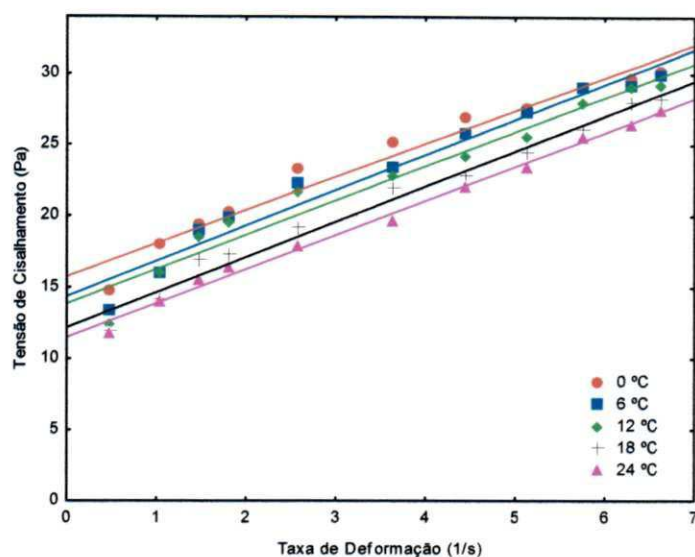


Figura 14: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa + 25% leite descrita pelo modelo Casson

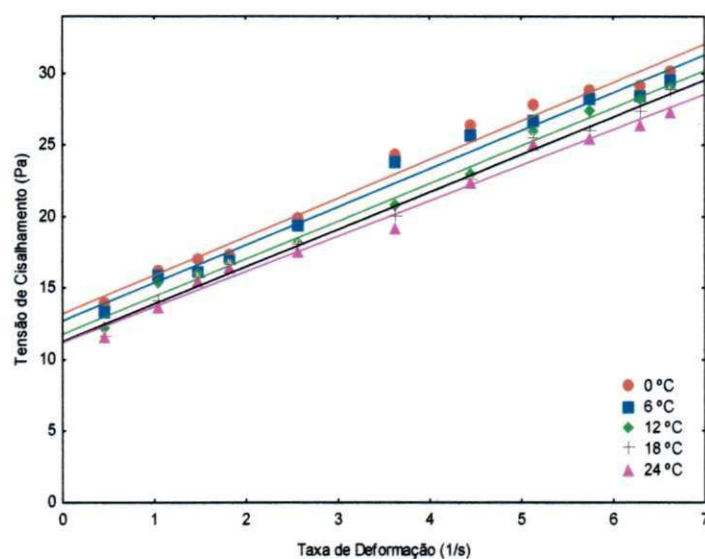


Figura 15: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa integral descrita pelo modelo de Casson

4.2.3 Modelo de Mizrahi-Berk

Na Tabela 7 se encontram os valores dos parâmetros de ajuste da raiz quadrada da tensão inicial (K_{OM}), o fator de consistência (K_M) e o índice de comportamento de fluxo (n_M).

Tabela 7: Parâmetros de ajuste do modelo de Mizrahi-Berk para a polpa de pinha a diferentes concentrações e cinco temperaturas

Concentração		Temp (°C)	K_{OM}	K_M	n	R^2
Polpa	Leite					
25%	75%	0	0,000	885,937	0,310	99,517
		6	0,018	450,064	0,352	99,587
		12	0,000	432,914	0,354	99,657
		18	0,000	502,785	0,314	99,422
		24	0,698	282,677	0,372	99,550
50%	50%	0	0,000	26308,439	0,311	99,299
		6	182,764	12038,232	0,391	99,804
		12	776,381	6042,084	0,461	99,679
		18	135,118	7324,464	0,441	99,570
		24	191,102	4501,049	0,495	99,421
75%	25%	0	4044,979	248880,418	0,324	99,875
		6	5469,533	156309,302	0,376	99,578
		12	9702,638	97827,383	0,413	99,046
		18	15862,469	27213,970	0,552	99,481
		24	21906,929	8068,725	0,684	99,679
100% Polpa		0	13876,436	61687,079	0,495	99,465
		6	12276,783	53453,739	0,502	99,481
		12	25721,081	9103,657	0,708	99,638
		18	20420,521	9581,209	0,691	99,544
		24	15789,718	13589,710	0,627	99,395

Para os resultados dos parâmetros de ajuste pelo modelo de Mizrahi Berk aos dados reométricos de tensão de cisalhamento e taxa de deformação para as polpas de pinha com adição de diferentes concentrações de leite expostos na Tabela 7, observam-se bons coeficientes de determinação (R^2), os quais variam de 99,046 a 99,875% com valor médio de 99,534. Os valores de índice de comportamento do fluido (n_M) foi menor que 1,0 para todas as amostras, demonstrando a evidência de um fluido não-newtoniano com características pseudoplásticas.

Comportamento idêntico foi constatado para esse mesmo modelo, por VIDAL et al. (2004) ao estudarem o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*mangífera indica* L-Keitt), e obtiveram coeficiente de determinação (R^2) igual a 99,35 e índice de comportamento do fluido variando de 0,29 a 0,54.

As Figuras 16, 17, 18 e 19 representaram as curvas de ajuste para o modelo de Mizrahi Berk das curvas de escoamento (tensão de cisalhamento versus taxa de deformação), obtidas a diferentes temperaturas e concentrações.

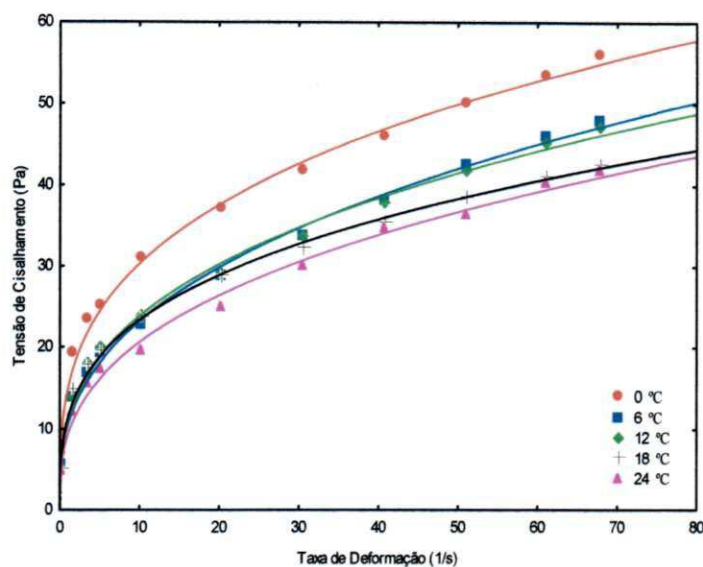


Figura 16: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 25% de polpa + 75% de leite, descrita pelo modelo de MB

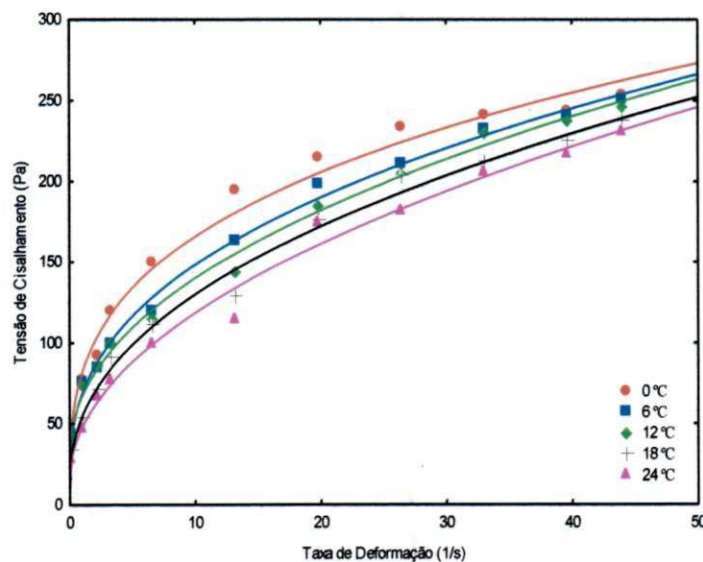


Figura 17: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite, descrita pelo modelo de MB

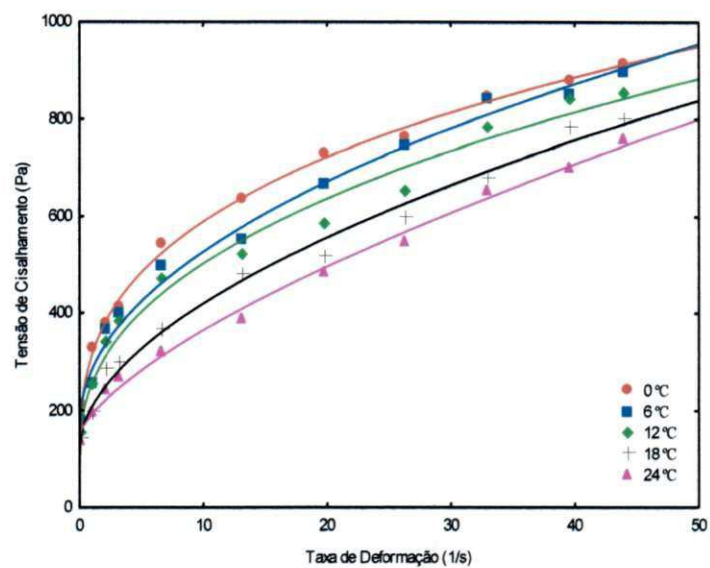


Figura 18: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de 75% de polpa + 25% de leite, descrita pelo modelo de MB

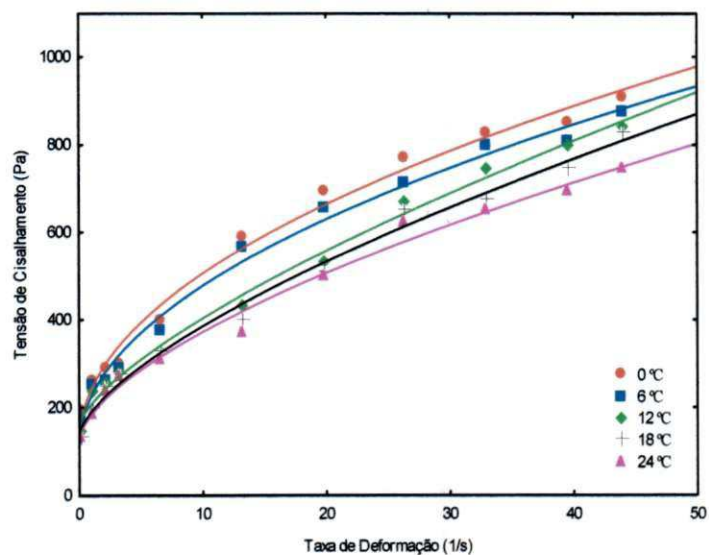


Figura 19: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de polpa integral descrita pelo modelo de MB

4.2.4 Modelo de Hershel Bulkley

Na Tabela 8 se acham os valores dos parâmetros de ajuste de tensão de cisalhamento inicial (τ_{OH}), índice de consistência (K_H) e índice de comportamento de fluxo (n_H).

Tabela 8: Parâmetros de ajuste do modelo de Hershel Bulkley para a polpa de pinha integral a diferentes percentuais de leite e temperaturas

Concentração		Temp (°C)	K_H (Pas ⁿ)	n_H	τ_{OH}	R^2
Polpa	Leite					
25%	75%	0	23,208	0,239	-9,140	99,616
		6	10,607	0,352	0,133	99,587
		12	11,695	0,333	-1,474	99,664
		18	16,708	0,249	-6,065	99,502
		24	8,406	0,372	0,836	99,550
	50%	0	145,348	0,214	-66,599	99,536
		6	54,859	0,391	13,519	99,804
		12	38,865	0,461	27,864	99,679
		18	42,791	0,441	11,624	99,570
		24	33,545	0,495	13,824	99,421
75%	25%	0	249,439	0,324	63,601	99,875
		6	197,677	0,376	73,959	99,578
		12	156,387	0,413	98,502	99,046
		18	82,482	0,552	125,948	99,481
		24	44,913	0,684	148,010	99,679
	100 % Polpa	0	124,185	0,495	117,798	99,465
		6	115,600	0,502	110,801	99,481
		12	47,707	0,708	160,378	99,638
		18	48,942	0,691	142,900	99,544
		24	58,287	0,627	125,658	99,395

Os resultados obtidos para o índice de consistência (K_H) apresentaram oscilações, sem tendência definida em relação à concentração e à temperatura. Os valores para o índice de comportamento do fluido (n_H), se encontram como dos demais modelos, abaixo de 1,0,

confirmando o comportamento não-newtoniano e pseudoplástico das polpas, o que já era esperado, uma vez que tal comportamento é corriqueiro em polpas e suco de frutas, como relatado por inúmeros autores, como MUNIZ (2004), quando estudou as características químicas, reológicas e termofísicas de polpas de bacuri. CABRAL et al., (2001), ao analisarem os parâmetros dos modelos de Hershel Bulkley para comportamento reológico de cupuaçu, verificaram que todos os valores de n_H também ficaram abaixo de 1,0, com valores no máximo de 0,238 e coeficientes de determinação acima de 0,970%.

Constata-se que os coeficientes de determinação (R^2) também são considerados bons, variando de 99,046 a 99,875% e com resultado médio de 99,556% superando, assim, o R^2 obtido com os modelos da Lei da Potência, Casson e de Mizrahi-Berk.

Nas Figuras 20, 21, 22 e 22 estão representadas as curvas de ajuste para o modelo de Hershel Bulkley das curvas de escoamento (tensão de cisalhamento versus taxa de deformação), obtidas nas diferentes temperaturas e concentrações.

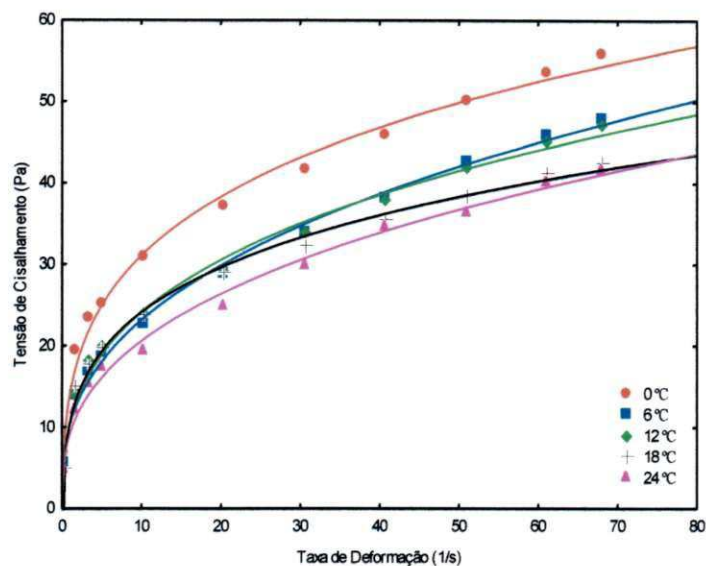


Figura 20: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa + 75% leite, descrita pelo modelo de HB

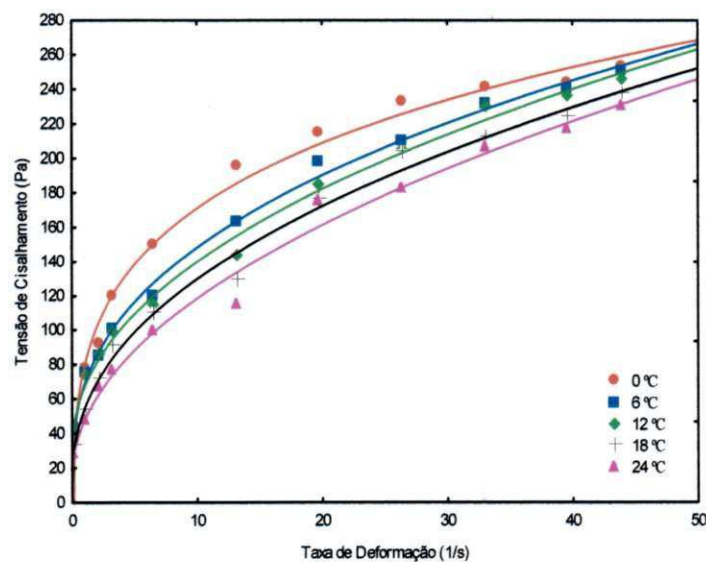


Figura 21: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa + 50% leite, descrita pelo modelo de HB

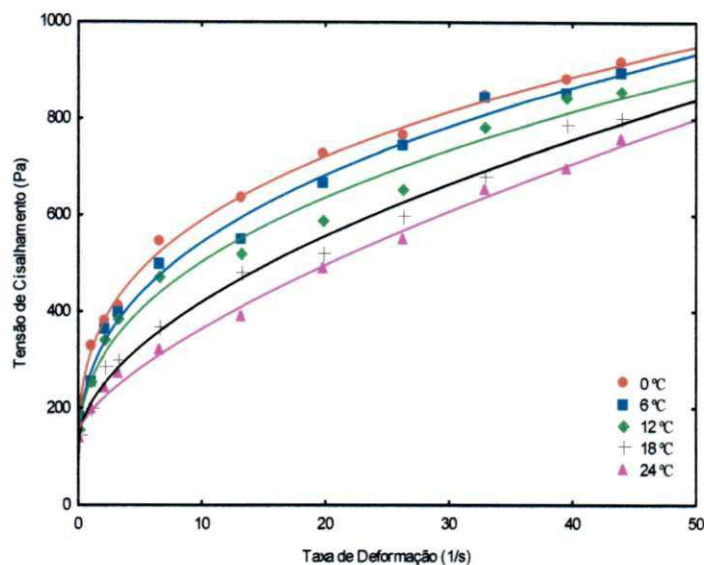


Figura 22: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa + 25% leite, descrita pelo modelo de HB

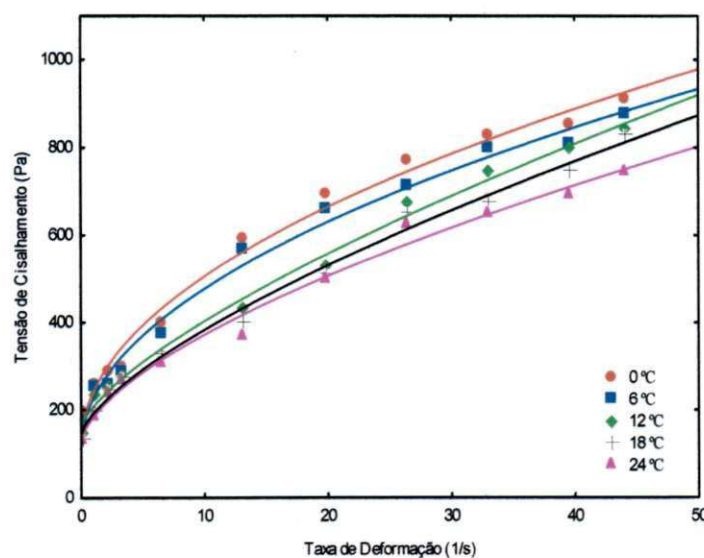


Figura 23: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a concentração de Polpa integral descrita pelo modelo de HB

4.3 Viscosidade Aparente

Nas Figuras 24, 25, 26 e 27 se observa decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação, caracterizando o material estudado como fluido pseudoplástico.

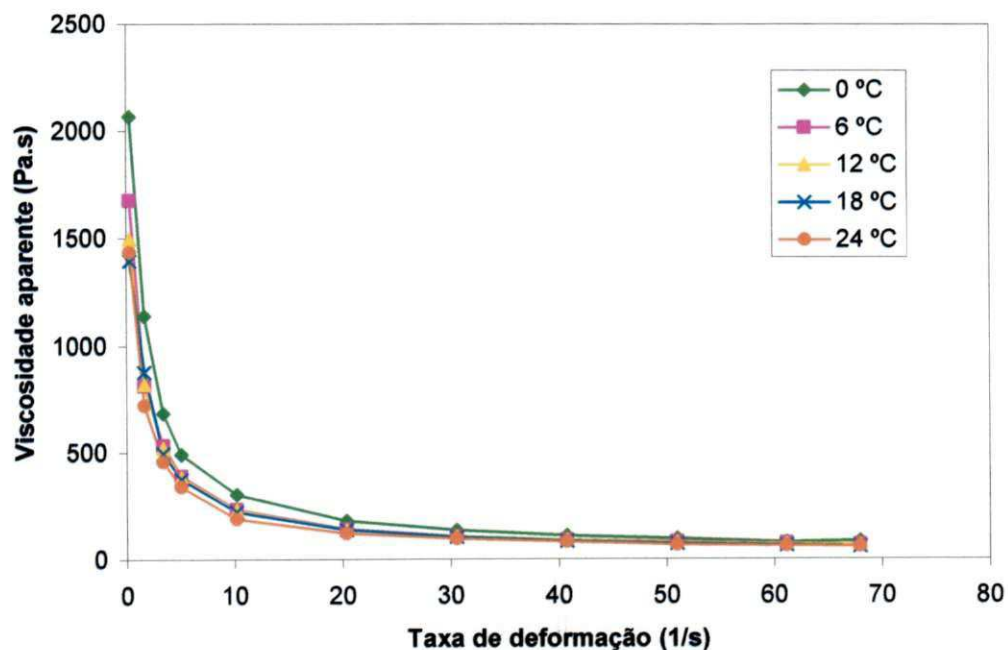


Figura 24: Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de 25% de polpa + 75% de leite

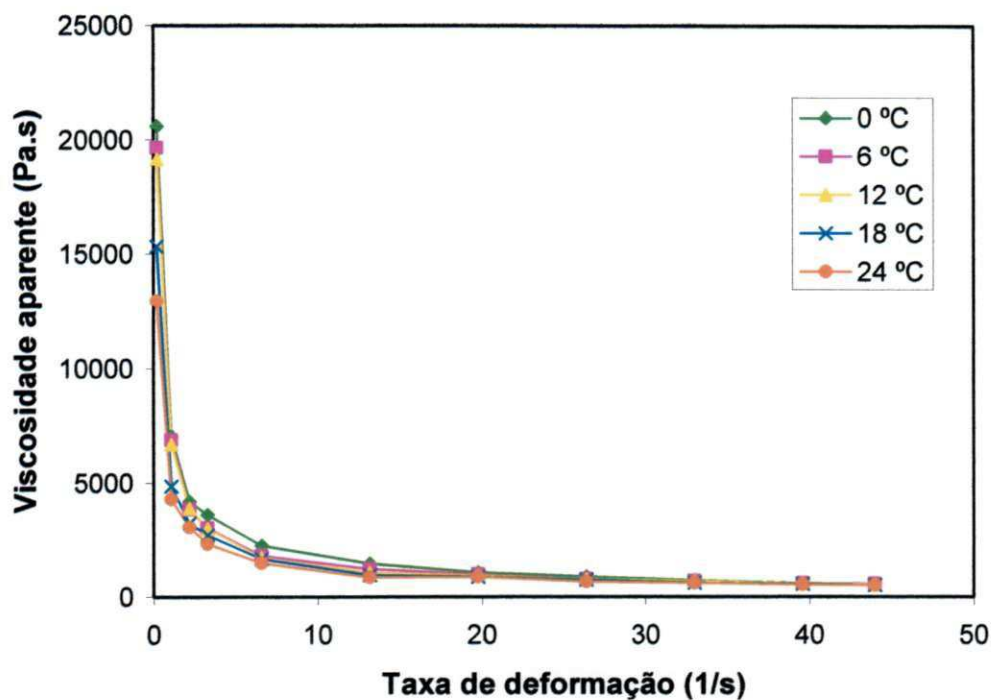


Figura 25: Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de 50% de polpa + 50% de leite

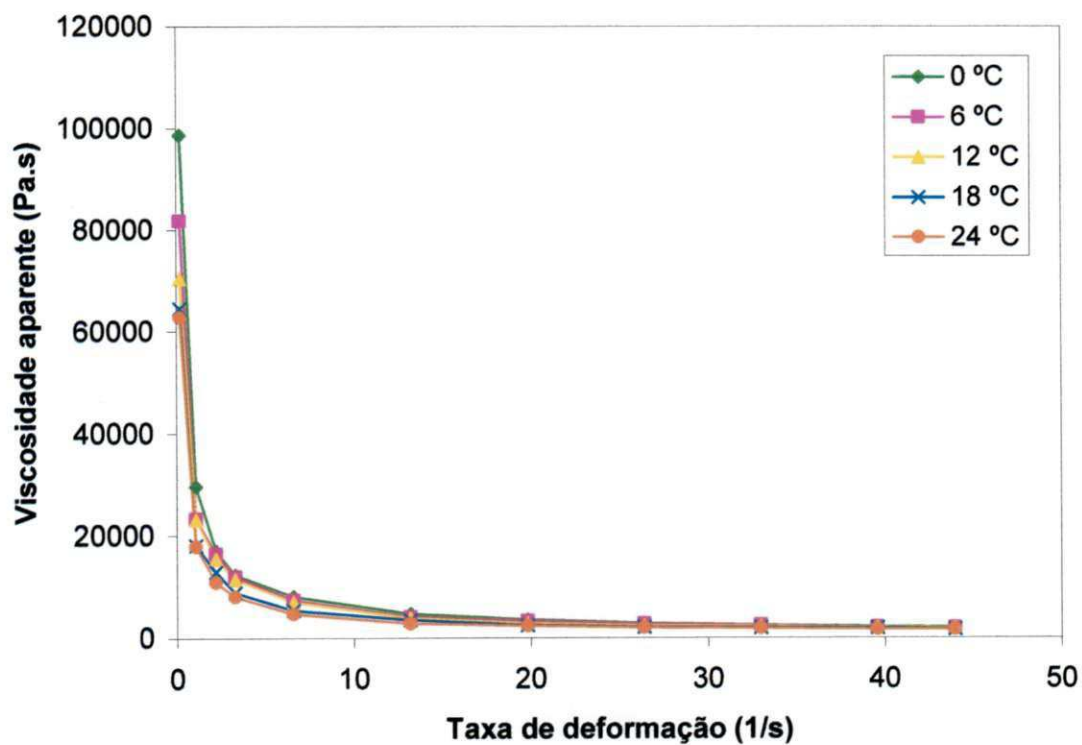


Figura 26: Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de 75% de polpa + 25% de leite

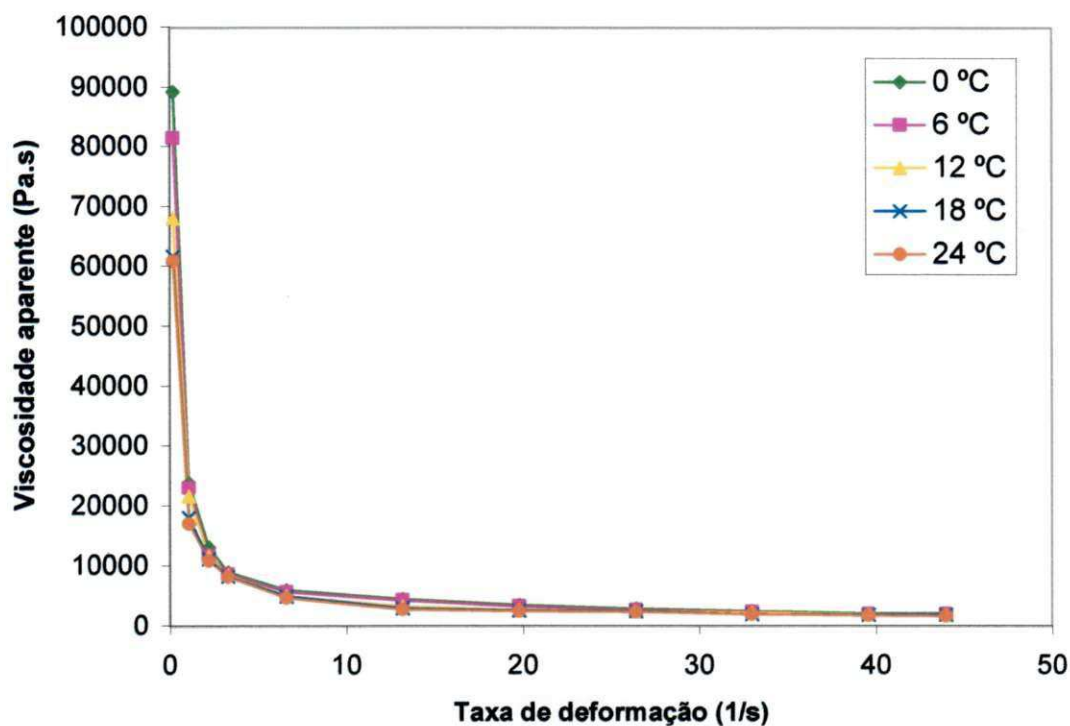


Figura 27: Efeito da taxa de deformação sobre a viscosidade aparente para a concentração de polpa integral

4.3.1 Efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente

Na Figura 28 está representada a relação da viscosidade aparente das amostras de pinha integral e com diferentes percentuais de leite obtidos para uma rotação de 200 RPM e uma taxa de deformação fixa de 40s^{-1} a diferentes temperaturas.

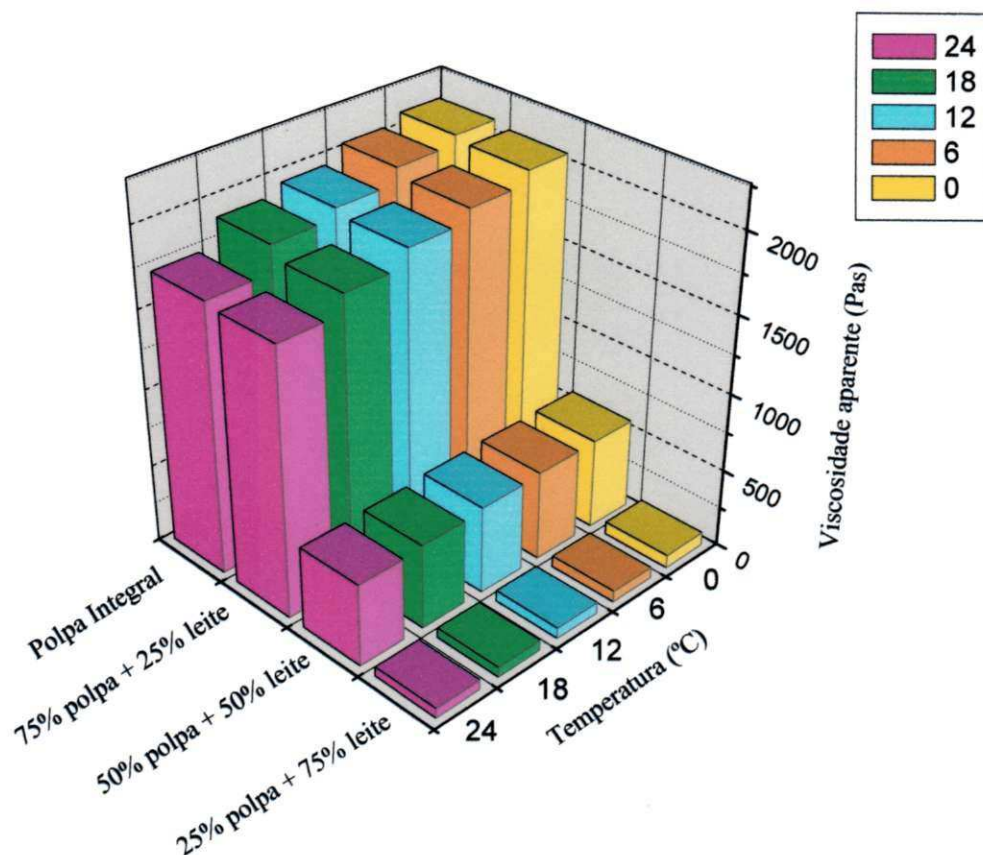


Figura 28: Viscosidade aparente das amostras de pinha integral e com diferentes percentuais de leite obtidos para uma rotação de 200 RPM e uma taxa de deformação fixa de 40s^{-1} .

Observa-se de acordo com a Figura 28, observa-se uma diminuição das viscosidades aparentes com o aumento da temperatura, para todas as amostras; este mesmo comportamento foi observado por CABRAL (2001) ao estudar o comportamento reológico da polpa de cupuaçu, e por HAMINIUK (2005) estudando o comportamento reológico e fracionamento pécico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*).

Quando a concentração do suco diminui para 25% de polpa + 75% de leite, a viscosidade aparente também diminui de forma mais intensa, indicando uma dependência

maior com a temperatura, fenômeno este observado por SILVA et al. (2005) ao estudarem os efeitos da concentração e temperatura na reologia do suco de acerola.

LEITE et al. (2004) estudaram a reologia de precipitado de inulina obtido a partir do abaixamento de temperatura do extrato concentrado de raízes de chicória e notaram que a temperatura de resfriamento do extrato teve influência sobre a viscosidade das amostras. As amostras que foram congeladas resultaram em soluções com maior concentração de inulina e, portanto, apresentaram maiores viscosidades.

Na Tabela 9 estão os valores da viscosidade aparente, obtidos para uma rotação de 200 RPM e uma taxa de deformação fixa de $40s^{-1}$.

Tabela 9: Viscosidade aparente da polpa de pinha a diferentes percentuais de leite e cinco temperaturas

Concentração Polpa leite		0°C	6°C	12°C	18°C	24°C
25%	75%	82,353	70,588	69,558	62,647	61,470
50%	50%	575,909	571,136	560,909	539,772	524,318
75%	25%	2068,727	1990,591	1915,409	1817,727	1702,045
Polpa integral		2097,409	2041,682	1948,682	1888,409	1724,320

Para uma taxa de deformação fixa de $40s^{-1}$, vê-se que o valor da viscosidade aparente é inversamente proporcional à temperatura e diretamente proporcional à concentração da polpa não havendo, portanto, uma proporcionalidade entre os resultados. Muitos autores já observaram este tipo de comportamento, em que, FERREIRA et al. (2002) ao estudarem o

efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba, observaram que a viscosidade aparente da polpa de goiaba diminuiu com o aumento da temperatura; já MUNIZ (2004) estudando a polpa de bacuri a diferentes °Brix, notou que as viscosidades aparentes aumentaram com o aumento da concentração e diminuíram com o aumento da temperatura.

4.4 Teste da aceitação sensorial

O perfil dos consumidores que participaram do teste de aceitabilidade é mostrado na Figura 29, na qual se verifica que a maioria dos provadores que participaram era do sexo masculino e na faixa etária entre 20 e 30 anos de idade.

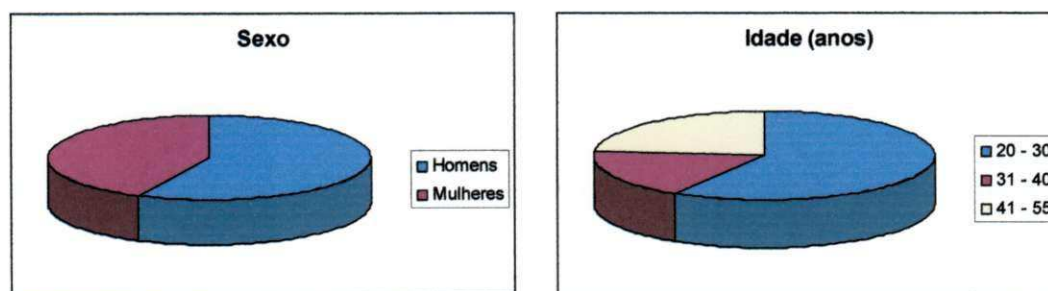


Figura 29: Perfil dos provadores participantes no teste sensorial

Na Tabela 10 se encontram as aceitabilidades médias dos atributos aparência, aroma, sabor e cor de cada uma das amostras avaliadas, juntamente com os resultados da análise de variância e do teste de Tukey.

Com relação ao atributo aparência, a amostra integral foi a que apresentou maior aceitação sendo igual estatisticamente, à concentração de 75% de polpa + 25% de leite e 25% de polpa + 75% de leite, sendo esta última também igual, estatisticamente, à amostra com 50% de polpa + 50% de leite.

Para o atributo cor, as amostras integral e com 75% de polpa + 25% de leite obtiveram a melhor aceitação desse atributo, sendo iguais estatisticamente. As amostras com 50% de

polpa + 50% de leite e com 25% de polpa + 75% de leite, são iguais estatisticamente entre si, porém com percentuais de aceitação menores às amostras anteriores.

Nos atributos sensoriais sabor e aroma, todas as amostras foram iguais estatisticamente com exceção da amostra com 25% de polpa + 75% de leite, que teve sua média inferior à das demais concentrações.

As aceitações médias para as amostras com 50% de polpa + 50% de leite e com 25% de polpa + 75% de leite se encontram na faixa de aceitação para todos os atributos entre as categorias “gostei ligeiramente” e “desgostei ligeiramente”.

Tabela 10: Aceitação média dos atributos aparência, cor, aroma e sabor, da polpa de pinha integral e com adição de diferentes percentuais de leite

Concentrações		Atributos			
Polpa	Leite	Aparência	Cor	Sabor	Aroma
25%	75%	6,54 ab	6,46 b	4,63 b	5,06 b
50%	50%	6,20 b	6,43 b	6,63 a	6,26 a
75%	25%	7,43 a	7,47 a	6,40 a	6,97 a
Polpa integral		7,46 a	7,53 a	7,20 a	7,37 a
MG		6,914	6,97	6,21	6,41
DMS		0,99	0,95	1,17	1,139

DMS – Diferença mínima significativa

MG -- Média geral

Obs.: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância

Com base nas médias obtidas no teste de aceitação, construíram-se os perfis de respostas sensoriais dos atributos avaliados, para as polpas integrais e com diferentes percentuais de leite.

Encontram-se na Figura 30, os perfis sensoriais obtidos para polpas integrais e com diferentes percentuais de leite. Percebe-se, na Figura 30, que a polpa integral foi avaliada como a melhor em todos os atributos sensoriais, enquanto nas amostras com adição de leite a que apresentou melhor aceitação na aparência, cor e aroma, foi a amostra com 75% de polpa e a melhor aceitação para o atributo sabor, foi a de 50% de polpa.

No teste de aceitação sensorial não ocorreu preferência na amostra com maior percentual de leite; fato este que pode ser considerado devido à preferência dos consumidores por sabores mais intensos da fruta, em que a diluição tornou a amostra menos doce, ocasionando preferência pela polpa integral ou com o menor percentual de leite.

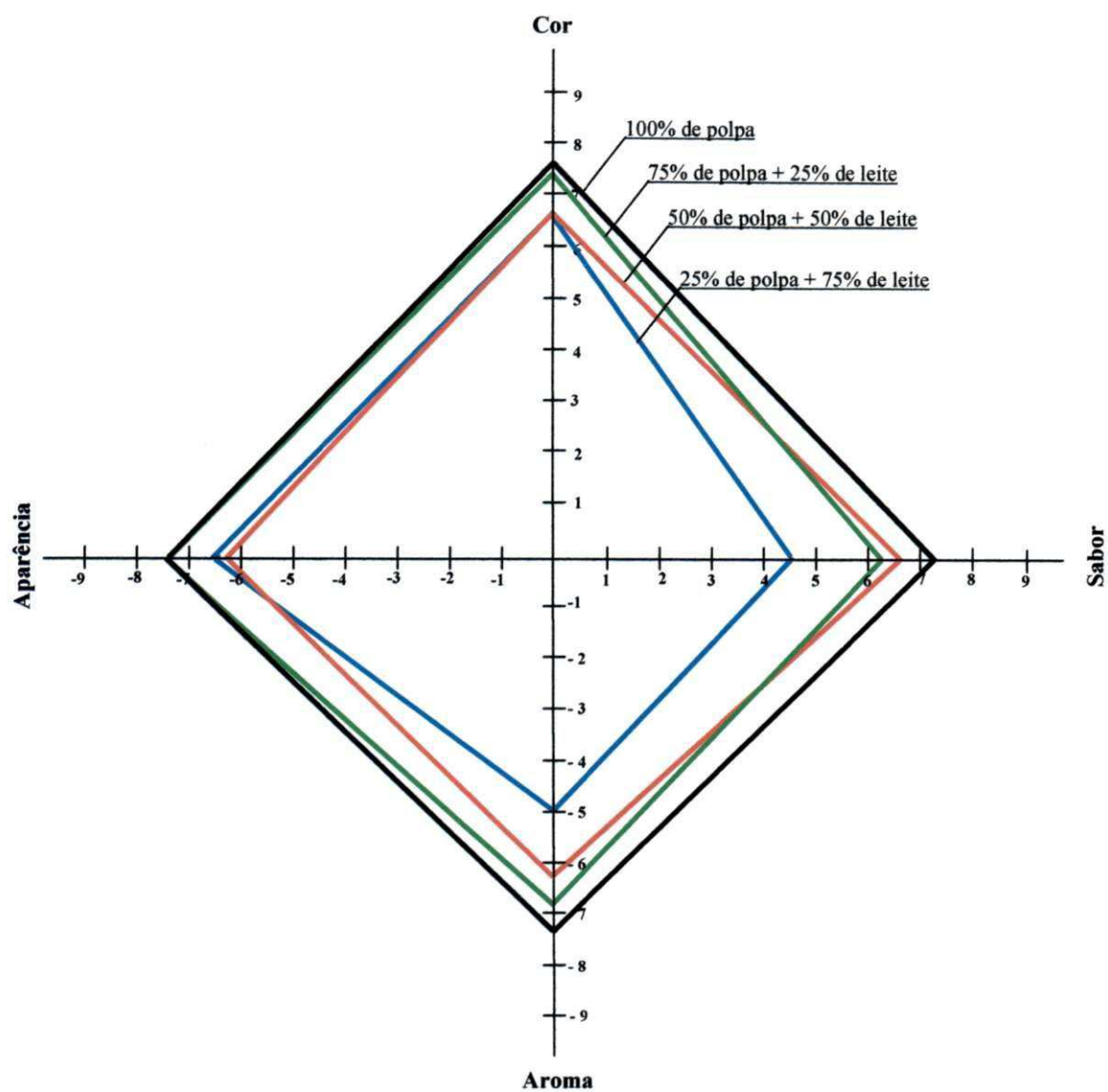


Figura 30: Perfil sensorial obtido segundo teste de aceitação para a polpa de pinha integral e a diferentes percentuais de leite

5. CONCLUSÕES

- ❖ Os parâmetros físico-químicos acidez total titulável em ácido cítrico, sólidos solúveis totais (°Brix), cinzas, sólidos totais, açúcares redutores, não-redutores e totais das polpas de pinha, foram influenciados e tiveram seus teores diminuídos quando adicionados de diferentes percentuais de leite. A adição de leite à polpa de pinha, provocou aumento significativo do pH com o aumento da concentração.
- ❖ O índice de comportamento do fluxo (n), determinado através dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Casson, Hershel Bulkley e Mizrahi-Berk., apresentou valores menores que a unidade em todas as condições, o que define a polpa de pinha a diferentes percentuais de leite como um fluido não-newtoniano, com comportamento independente do tempo, enquadrando-se na categoria pseudoplástico.
- ❖ Dentre os modelos reológicos utilizados para descrever o comportamento da polpa de pinha integral e adicionados de diferentes percentuais de leite, o modelo de Hershel Bulkley demonstrou ser o que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando os maiores valores do coeficiente de determinação (R^2), seguido do modelo de Mizrahi-Berk, Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) e, por último, o modelo de Casson.
- ❖ Para a taxa de deformação de 40 s^{-1} , a viscosidade aparente (η_a) diminui com o aumento da temperatura para todas as amostras. Quando a concentração do suco diminui, a viscosidade aparente também diminui, de forma muito mais intensa, indicando uma dependência maior com a temperatura.
- ❖ De acordo com o teste de aceitação sensorial, a amostra integral foi a que apresentou as maiores médias entre as amostras estudadas, para todos os atributos. A amostra com 75% de polpa e 25% de leite, segundo os provadores, obteve valores médios de aceitação maiores nos atributos aparência, cor e aroma, que os verificados para as amostras com outros percentuais de leite.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIGE, M.L.; MADRUGA, M.S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. ed. João Pessoa: Editora Universitária - UFPB, 2003. Vol.2, 229 p.

ALMEIDA, R.F.; PEREIRA, T.; MONTEIRO, A.R.; VIANA, A.P. **Armazenamento de Pinha (*Annona squamosa*) sob Refrigeração**. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/poscolheita/816.htm>. Acesso em: 24 out.2005.

ALMEIDA, T.C.A. de. **Análise sensorial: efeitos da memória**. Campinas, 1996. 121p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H. A.C.; MOURA, C.F.H. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: UNESP/SBF, 2000.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. WILLIAMS, S. (Ed.) 14 ed. Arlington, 1984. 1141 p.

ARAÚJO, E.A.F. **Estudo do processo de desidratação osmótica e secagem de nectarina (*Prunus persica*)** [s.n.], Campinas, SP. 2005 Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas.

ARAÚJO, J.F.; ARAÚJO, J.F.; ALVES A.A.C. **Instruções técnicas para o cultivo da pinha (*Annona squamosa* L.)** Salvador. EBDA, 1999. 44f.

BALISCHI, L.; PEREIRA, N. C.; LIMA, O. C. M.; BARROS, S. T. D.; DAMASCENO, J. W.; MENDES, E. S. Influência do tratamento enzimático sobre as características reológicas e microscópicas da polpa de acerola. **Acta Scientiarum** - Maringá, Vol. 24, n. 6, p. 1649-1658, 2002

BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutos tropicais**. Editorial Reverte, 1960. S. A. 1060.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 2001. 143p.

BRUNINI, M.A, DURIGAN, J.A; OLIVEIRA, A.L. Avaliação das alterações em polpa de manga ‘tommy-atkins’ congeladas **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, Vol. 24, n. 3, p. 651-653, Dezembro 2002.

CABRAL, M.F.P. **Comportamento reológico de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. 2001,106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

CALEGUER, V.F. **Avaliação sensorial de preparados sólidos para refresco sabor laranja: análise descritiva, aceitabilidade e impacto da embalagem na intenção de compra**. Londrina, 2005, 159f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina.

CARVALHO,A.M.;JUNQUEIRA,A.M.R.; VIEIRA, J.V.; BOTELHO, R. Análise sensorial de genótipos de cenoura cultivados em sistema orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.23, n.3, p.805-809, jul-set 2005.

CAVALLIERI,A.L.F.; **Influência da desnaturação térmica e do pH sobre as propriedades reológicas de proteínas do soro e sua compatibilidade termodinâmica com a xantana**. 2003, 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2003.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA,A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293f.

CHITARRA, M.I. ; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e**

manuseio. 2.ed.ver. ampl. Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 2005. 785f.

CIANCI, F.C.; SILVA,L.F.M.; CABRAL,L.M.C.; MATTA,V.M. Clarification and concentration of cashew apple juice by membrane processes. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, July/Sept. 2005, Vol.25, nº.3, p.579-583. ISSN 0101-2061

COCOZZA, F.D.M. **Maturação e conservação de manga ‘tommy atkins’ submetida à aplicação pós-colheita de 1- metilciclopropeno** 2003, 198f. Tese (doutor em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP, Campinas

CONCEIÇÃO, R.S. **Comportamento reológico da polpa de goiaba (*Psidium guajava*, L)** 2000, 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba- UFCG – CCT

BRASIL, **Decreto nº 2.314**, de 4 de setembro de 1997 que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: < http://www.sindbevidas.com.br/legislacao/dec_2314_4_9_1997 > Acesso em: 29/08/2006

ESTELLER, M.S.; YOSHIMOTO, R. M.O.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Uso de açúcares em produtos panificados **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, Vol.24, nº 4, p. 602-607, out.-dez. 2004

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**.2ª ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 1994. 652p

FERREIRA, E.E.; BRANDÃO, P.R.G., KLEIN, B.; PERES, A.E.C. Reologia de suspensões minerais: uma revisão. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, Vol.58, nº 1, p. 83-87, jan. mar. 2005

FERREIRA, G.M.; QUEIROZ, A.J.M.; CONCEIÇÃO, R.S.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 4, nº 2, Jul/Dez 2002

- GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 2ªed. São Paulo: Ed. Nobel, 1979
- GOZZO, A.M. **Comportamento reológico de chocolates ao leite sem fibras e enriquecido com fibras solúveis** 2003, 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – FEA, Campinas
- GRANJA, R.N.N.M. **Análise da composição de alimentos: parte 2** – João Pessoa: Editora Universitária/UFPB 2001, 52p.
- HAMINIUK, C.W.I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*)** 2005, 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- IBARZ, A.; VICENTE, M.; GRAELL, J. Rheological behaviour of apple juice and pear juice and their concentrates. **Journal of food engineering**, Vol.6, p.257-267, 1987.
- Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. Ed. São Paulo, 1985. Vol.1, 533f.
- JORDÃO, F.G. **Perfil sensorial e aceitabilidade de suco de laranja integral pasteurizado e suco de laranja reconstituído**. Dissertação (Mestrado em Ciências e tecnologia de alimentos) 2005, 57f. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ-USP.
- KUSKOSKI, E. M. , ASUERO, A. G., MORALES, M. T., FETT, R. Wild fruits and pulps of frozen fruits: antioxidant activity, polyphenols and anthocyanins. **Revista Ciência Rural-Santa Maria** Vol.36, nº.4, p.1283-1287. ISSN 0103-8478, July/Aug. 2006
- LEITE, J.T.C.; PARK, K.J.; RAMALHO, J.R.P.; FURLAN, D.M. Rheological characterization for different phases of inulin extract from chicory roots, obtained through temperature reduction. **Revista de Engenharia Agrícola - Jaboticabal**, Jan./Apr. 2004, vol.24, no.1, p.202-210. ISSN 0100-6916.

LIMA, E.D.P.; PASTORE, G.M.; LIMA, C.A.A. Purificação da enzima polifenoloxidase (PFO) de polpa de pinha (*Annona squamosa L.*) madura. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, Vol.21, nº. 1, p. 98-104, 2001.

MACHADO, J.V.C. **Reologia e viscometria**. PETROBRAS, 1996. 73 p. (Apostila)

MADRUGA, M.S.; ALDRIGUE, M.L. Análises químicas, físico-química e físicas de alimentos. In: ALDRIGUE, M.L.; MADRUGA, M.S.; FIOREZE, R.; LIMA, A.W.O.; SOUSA, C.P. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Editora Universitária/Idéia, 2002. p. 11-58.

MINIM, V.P.R.; DANTAS, M.I.S. **Avaliação sensorial de produtos minimamente processados**. Anais de Palestras, Resumos e Oficinas. III Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Viçosa-MG. p.33-37, 2004.

MUNIZ, B.M. **Características químicas, reológicas e termofísicas de polpas de bacuri** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) 2004, 117p. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG - PB.

MUNIZ, C.R.; BORGES, M.; ABREU, F.A.P.; NASSU, R.T.; FREITAS C.A.S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisas de Processamento de Alimentos**, Curitiba, Vol. 20, nº. 2, p. 309-322, 2002.

PEDRÃO, M.R.; BELEIA, A.; MODESTA, R.C.D.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Estabilidade físico-química e sensorial do suco de limão Tahiti natural e adoçado, congelado **Ciência e Tecnologia de Alimentos** Vol.19 nº.2 Campinas maio/ago. 1999

PELEGRINE, D.H.; VIDAL, J.R.M.B.; GASPARETTO, C.A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola) **Ciência e Tecnologia de Alimentos** Vol.20 nº.1 Campinas abr. 2000.

PEREIRA, E.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F. Comportamento reológico de mel da abelha urucu (*Melipona scutellaris, L.*) **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5,

nº 2, Jul/Dez 2003

POSSA, M.V.; LIMA, J.R. B. de. **Comportamento reológico de polpas de minério**
Série Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, n.77, 2000. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000, 37f.

SALGADO, S.M.; GUERRA, N.B.; MELO FILHO, AB. de. Polpa de fruta congelada: efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar **Revista de Nutrição**, Campinas, Vol.12, nº 3, p. 303-308, set./dez., 1999.

SANTIAGO, A.S.; CONEGLIAN, R.C.C.; BUSQUET, R.N.B.; VITAL, H. **Avaliação pós-colheita de frutos de pinha(*annona squamosa* L.) submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita.** Disponível em: <
http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/poscolheita/904.htm > Acesso em : 27 out.2005.

SILVA A.C.; SÃO JOSÉ, A.R.; VIANA, A.E.S. Efeitos de métodos de polinização no pegamento de frutos e na produção da pinheira. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, Vol. 13, nº. 2, jul./dez., 2001.

SILVA, F.C.; GUIMARÃES, D.H.P.; GASPARETTO, C.A.; Reologia do suco de acerola: Efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** Campinas, Vol. 25, nº 1, p.121-126, jan.-mar. 2005

SILVA, J.A. **Tópicos de tecnologia dos alimentos**. São Paulo, Livraria Varela, 2000, 229p. ISBN 85-85519-51-7

SILVA, P.H.F. Leite: aspectos de composição e propriedades **Química Nova na Escola** nº6, novembro de 1997

SIQUEIRA, A.A.Z.C. **Efeito da irradiação e refrigeração na qualidade e no valor nutritivo da Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2001, 137f. Dissertação (Mestrado em Ciências e tecnologia de alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz -

ESALQ-USP.

SUGAI, A.Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Lima), variedade: Haden estudo da viabilidade do produto para consumo**. 2002. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo –SP

TONELI, J.T. de C.L.; Murr, F.E.X.; Park, K.J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial**, Vol.7, nº.2, f.181-204, 2005

TORREZAN, R.; FERREIRA, V.L.P.; YOTSUYANAG, K.; JARDINE, J.G.; VITALI, A.A. Efeito da adição de ingredientes na cor de polpa de goiaba **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos - CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 209-220, jan./jun. 2000.

UGULINO, S.M.P.; GOUVEIA, D.S.; FIGUEIREDO, R.M.F.; TORRES, E.K. Caracterização físico-química da polpa da pinha integral e com adição de diferentes concentrações de leite I **Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais (SBPCFT)**, João Pessoa-PB, 2005

VICENZI, R. 2006 **Tecnologia de frutas e hortaliças** Química Industrial de Alimentos-UNIJUI, 2006. 73p. (Apostila)

VIDAL, J.R.M.B.; GASPARETTO, C.A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Ano 1, nº. 2, Jan/Jun 2000

VIDAL, J.R.M.B.; PELEGRINE, D.H.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*mangifera indica* L-Keitt) **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, Vol. 24, nº 1, p. 039-042, jan.-mar. 2004

VILA, M.T.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; SILVA, K.S.; LEMOS, O.L.; BARRETO, A.P.P.; SOUSA, S.A.; SILVA, J.C.G.; ALVES, J.F.T.; REBOUÇAS, K.H.; SÃO JOSÉ, A.R. Pós-

colheita de pinha armazenada sob atmosfera modificada **I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais (SBPCFT)**, João Pessoa-PB, de 29/11 a 02/12/2005

APÊNDICE A

Tabela A – Valores de tensões de cisalhamento e taxa de deformação

Concentração		Temperatura					
Polpa	Leite	$\gamma(s^{-1})$	0 °C	6 °C	12 °C	18 °C	24 °C
			$\tau(Pa)$	$\tau(Pa)$	$\tau(Pa)$	$\tau(Pa)$	$\tau(Pa)$
25%	75%	0,34	7,04	5,71	5,10	5,10	4,89
		1,7	19,4	13,9	14,0	15,0	12,3
		3,4	23,4	18,2	17,0	17,8	15,6
		5,1	25,2	20,1	19,7	19,3	17,4
		10,2	31,1	24,0	23,8	22,8	19,6
		20,4	37,2	29,2	28,9	27,6	25,1
		30,6	41,8	33,9	33,9	32,3	30,0
		40,8	46,0	38,3	37,9	35,6	34,7
		51	50,3	42,7	41,9	38,6	36,4
		61,2	53,7	46,1	45,2	41,2	40,3
		68	56,0	48,0	47,3	42,6	41,8
50%	50%	0,22	45,4	43,3	42,2	33,8	28,5
		1,1	77,9	76,2	74,3	53,8	47,5
		2,2	92,9	85,2	86,3	71,8	67,6
		3,3	120,4	100,5	100,0	90,8	77,1
		6,6	149,9	120,6	115,1	110,8	99,9
		13,2	195,3	163,2	144,3	129,4	115,4
		19,8	215,4	198,7	185,4	176,9	175,3
		26,4	233,3	210,8	205,3	203,8	182,6
		33	241,8	232,4	230,4	212,2	206,9
		39,6	243,9	240,9	237,1	224,9	217,5
		44	253,4	251,3	246,8	237,5	230,7
75%	25%	0,22	217,5	180,5	155,2	142,3	138,5
		1,1	327,3	257,6	256,6	200,4	198,2
		2,2	379,0	365,8	343,5	287,3	243,7
		3,3	412,8	400,2	385,4	299,6	271,3
		6,6	544,8	496,5	472,3	367,1	321,6
		13,2	637,7	551,4	521,7	480,0	388,5
		19,8	729,5	668,0	587,1	519,1	487,3
		26,4	764,4	745,4	655,6	599,3	549,7
		33	848,8	844,6	784,2	680,6	655,2
		39,6	882,6	853,4	843,7	786,4	698,7
		44	916,4	898,3	857,3	799,8	758,7
100%		0,22	196,4	179,4	149,7	135,8	134,1
		1,1	262,9	254,3	238,9	198,7	187,3
		2,2	289,3	261,4	257,4	247,9	240,1
		3,3	299,8	288,7	280,8	275,6	270,9
		6,6	399,1	376,5	330,5	328,7	310,0
		13,2	592,3	567,3	433,9	400,4	369,7
		19,8	694,7	658,9	531,1	510,3	500,7
		26,4	772,8	712,3	673,4	650,4	625,8
		33,0	830,9	799,9	749,8	675,6	650,4
		39,6	853,1	810,1	799,1	747,5	697,1
		44,0	910,1	875,9	842,9	830,9	748,9