



**Suco de maracujá concentrado enriquecido com
aromas:
Uma alternativa para aumentar o mercado de
suco de maracujá no Brasil**

**Fábio Líbano Moreira
Joyce Monteiro Sambade**

Projeto Final em Engenharia Química

Orientadores:

**Prof.^a Suely Pereira Freitas, D. Sc.
Prof.^a Flávia Chaves Alves, D. Sc.**

Março de 2007

**SUCO DE MARACUJÁ CONCENTRADO ENRIQUECIDO COM
AROMAS:
UMA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR O MERCADO DE
SUCO DE MARACUJÁ NO BRASIL**

*Fábio Líbano Moreira
Joyce Monteiro Sambade.*

Projeto Final em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Luís Eduardo D. Dutra, D.Sc.

Suzana Borschiver - D.Sc.

Virginia Martins da Matta , D.Sc.

Orientado por:

Suely Pereira Freitas, D. Sc.

Flávia Chaves Alves, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Março de 2007

Moreira, Fábio Líbano; Sambade, Joyce Monteiro.

Título do nosso trabalho / Moreira, Fábio Líbano; Sambade, Joyce Monteiro. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2007.

vii, 51 p. ;il

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2007.

Orientadores: Flávia Chaves Alves, D. Sc. E Suely Pereira Freitas, D. Sc.

1. Suco de Maracujá. 2. Pervaporação. 3. Análise Mercadológica. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Suely Pereira Freitas, D. Sc. E Flávia Chaves Alves, D. Sc. I. Título Suco de maracujá concentrado enriquecido com aromas: Uma alternativa para aumentar o mercado de suco de maracujá no Brasil

Fábio Líbano dedica este trabalho a Deus, a seus
pais e a sua amabilíssima namorada Elaine.
Joyce dedica a Deus, a seus pais,
ao filho Tales e ao marido Pedro Henrique

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer as professoras Suely e Flávia, que, com muita paciência, nos permitiram chegar até aqui. Também queremos agradecer a prof^a. Lourdes Cabral por sua importante ajuda. Agradecemos também a Embrapa por sua valorosa ajuda e a Escola de Química por todo suporte acadêmico oferecido.

SUCO DE MARACUJÁ CONCENTRADO ENRIQUECIDO COM AROMAS: UMA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR O MERCADO DE SUCO DE MARACUJÁ NO BRASIL

**Fábio Líbano Moreira
Joyce Monteiro Sambade**

Março, 2007

Orientadores: Prof.^a Flávia Chaves Alves, D. Sc.
Prof.^a Suely Pereira Freitas, D. Sc.

Resumo:

Resumo:

A indústria de sucos tem se mostrado um excelente negócio, com crescimento anual favorável ao seu investimento. Dentro deste contexto, soma-se a exigência dos consumidores por produtos com características cada vez mais próximas do suco natural. O aroma é uma das mais importantes características em se tratando da indústria de alimentos, e está diretamente ligado à qualidade do produto e aceitação pelo consumidor.

Com relação ao maracujá, o Brasil é o maior produtor e também o maior consumidor mundial, o que facilita a implantação de indústrias deste ramo. Além disso, verifica-se no Brasil um aumento do consumo de sucos, elevando os preços internos, frente ao mercado internacional, concorrendo para estimular o direcionamento da maior parte da produção para o mercado interno, em detrimento da exportação.

Nos processos convencionais, os alimentos líquidos são, em geral, concentrados por evaporação. Durante esse processo muitos componentes voláteis de aromas são perdidos. O processo de pervaporação tem sido investigado como alternativa para a recuperação destes componentes. A pervaporação separa, de forma seletiva, uma mistura usando tipicamente uma membrana polimérica não porosa. A separação não é baseada na volatilidade relativa como ocorre na destilação ou na evaporação, mas é fundamentada na taxa relativa de permeação através da membrana.

Neste trabalho foi realizada uma avaliação econômica considerando um projeto de instalação de uma fábrica de suco de maracujá concentrado enriquecido com aromas naturais deste fruto. Este processo tecnológico mostrou-se economicamente viável com uma TIR estimada em 30%. O suco de maracujá já conquistou e vem ampliando ainda mais sua participação no mercado de sucos naturais concentrados. O processo foi considerado competitivo devido especialmente à possibilidade de comercialização do aroma excedente. Os aromas de frutas tropicais sempre geraram grande interesse, sobretudo internacional, e sua demanda é crescente.

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução	1
I.1 – Sucos	1
I.2 – Aromas	3
I.3 – Cultura do maracujá	4
I.4 – Composição química do maracujá	7
I.4.1 – Compostos voláteis do maracujá	7
Capítulo II – Objetivos	11
II.1 – Objetivo geral	11
II.2 – Objetivos secundários	11
Capítulo III – Mercado	12
III.1 – Maracujá	12
III.2 – Suco de Maracujá	13
III.3 – Aromas Naturais	16
Capítulo IV – Processamento	18
IV.1 – Produção do suco de frutas: etapas e equipamentos	18
IV.1.1 – Recepção da matéria prima	19
IV.1.2 – Seleção	19
IV.1.3 – Lavagem	19
IV.1.4 – Descascamento e corte	22
IV.1.5 – Despulpamento	22
IV.1.6 – Concentração	23
IV.1.7 – Pasteurização	24
IV.2 – Pervaporação	28
IV.2.1 – Definição	28
IV.2.2 – Vantagens da pervaporação	29
IV.2.3 – Recuperação de aromas por pervaporação	30
IV.2.4 – Membranas utilizadas no processo de pervaporação	33

Capítulo V – Estudo de viabilidade econômica	34
V.1 – Unidade de maracujá pronto para beber	34
V.1.1 – Estimativa de produtividade	34
V.1.2 – Estimativa do investimento fixo	34
V.1.3 – Estimativa de custos fixos	37
V.1.4 – Estimativa de custos variáveis	38
V.1.5 – Custos Unitários	39
V.2 – Unidade de suco de maracujá enriquecido e concentrado com aromas	40
V.1.1 – Estimativa de produtividade	40
V.1.2 – Estimativa do investimento fixo	40
V.1.3 – Estimativa de custos fixos	42
V.1.4 – Estimativa de custos variáveis	43
V.1.5 – Custos Unitários	45
V.1.6 – Fluxo de Caixa	45
V.1.7 – Análise de sensibilidade	47
V.3 – Ponto de nivelamento	48
Capítulo VI – Conclusões	50
Capítulo VII – Referências	51

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1.1 - pH de alguns sucos de frutas brasileiros	1
Tabela 1.2 – Composição química do maracujá	7
Tabela 1.3 – Compostos Voláteis identificados na polpa de maracujá	9

Capítulo III

Tabela 3.1 - Área, produção e produtividade nacional de maracujá	13
Tabela 3.2 - Principais estados produtores de Maracujá	13
Tabela 3.3. Mercado Mundial de Aromas e fragrâncias	16

Capítulo IV

Tabela 4.1 - Alguns tratamentos térmicos recomendados para tratamento de frutas	24
---	----

Capítulo V

Tabela 5.1 – Balanço de massa para matéria prima e produtos	34
Tabela 5.2. Equipamentos principais do processo	35
Tabela 5.3 – Outros equipamentos	36
Tabela 5.4 – Construção Civil	36
Tabela 5.5 – Investimento Total	36
Tabela 5.6 – Demanda de Mão-de-Obra Indireta (MOI)	37
Tabela 5.7 – Custos Fixos de operação	37
Tabela 5.8 – Demanda e custos de matéria-prima	38
Tabela 5.9 – Demanda e custos de mão de obra direta	38
Tabela 5.10 – demanda e custos de utilidades	39
Tabela 5.11 – Custo unitário de produção do suco de maracujá Brix 14	39
Tabela 5.12 – Produção de Aroma	40
Tabela 5.13. Equipamentos principais do processo de produção do suco	41

Concentrado	
Tabela 5.14 – Outros equipamentos	41
Tabela 5.15 – Construção Civil	42
Tabela 5.16 – Investimento Total	42
Tabela 5.17 – Demanda de Mão-de-Obra Indireta	42
Tabela 5.18 – Demanda de Mão-de-Obra Indireta	43
Tabela 5.19 – Demanda de matéria-prima	43
Tabela 5.20 – Demanda de mão de obra direta	43
Tabela 5.21 – Utilidades e embalagens	45
Tabela 5.22 – Custo unitário de produção suco enriquecido com aromas	45
Naturais	
Tabela 5.23 – Fluxo de Caixa para a planta de produção de suco enriquecido com aromas naturais	46
Tabela 5.24 – Taxa Interna de Retorno	47
Tabela 5.25 – Análise de sensibilidade no valor da Taxa Interna de Retorno	48

I. INTRODUÇÃO

I.1.- Sucos

Os sucos de frutas são sistemas complexos que consistem de uma mistura aquosa de vários componentes orgânicos voláteis e instáveis, responsáveis pelo sabor e aroma do produto, além de açúcares, ácidos, sais minerais, vitaminas e pigmentos. Devido à composição rica em ácidos orgânicos, geralmente apresentam valores de pH entre 2,0 e 4,5 conforme apresentado na tabela 1.1. O pH depende principalmente do tipo e concentração de ácido da fruta, da sua espécie e do grau de maturação. O conteúdo de açúcares (carboidratos) é elevado e constituído principalmente por glicose, frutose, várias pentoses e pectinas (MORAES, 2006).

Tabela 1.1 - pH de alguns sucos de frutas brasileiros.

Suco	pH
Abacaxi Simples	3,1-4,0
Abacaxi Concentrado	3,2-3,8
Caju Simples	3,6
Caju Concentrado	3,8-4,0
Goiaba	3,2-4,1
Laranja	3,2-3,7
Limão Simples	2,6-4,4
Limão Concentrado	1,8-2,4
Manga	3,8-4,2
Maracujá Simples	2,6-3,5
Maracujá concentrado	2,7-3,7
Uva Simples	2,8-3,3
Uva Concentrado	2,8-3,5

Fonte: www.furg.br

Suco de fruta é todo o produto obtido por extração de frutas maduras por processos tecnológicos adequados. Podemos classificar os sucos como (BRASIL, 2005):

Quanto à natureza da fruta:

- Sucos cítricos: obtidos da laranja, limão, tangerina e pomelo (*grape fruit*);
- Sucos de frutas tropicais: de maracujá, caju, abacaxi, goiaba, manga;
- Outros: de uva, maçã.

Quanto à concentração:

- Sucos simples, prontos para beber, com concentração de sólidos solúveis na faixa de 8 a 13 graus Brix;
- Sucos integrais, com concentração de sólidos variável, em função do tipo de fruta;
- Sucos concentrados, com teor de sólidos solúveis de 55 a 66 graus Brix.

Quanto à forma de preservação:

- Sucos congelados, preservados pela temperatura baixa de estocagem e comercialização (cerca de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- Sucos estáveis à temperatura ambiente, conservados principalmente pela ação de conservantes químicos;
- Sucos refrigerados, com vida útil curta, comercializados na cadeia de refrigeração ($4\text{ a }8\text{ }^{\circ}\text{C}$).

A oxidação dos compostos responsáveis pelo aroma e sabor do suco altera sensivelmente suas características organolépticas. A limitação da vida útil por oxidação dos compostos do aroma e sabor depende da temperatura de estocagem, do oxigênio residual e permeabilidade da embalagem ao oxigênio da embalagem e ainda do conceito de qualidade do consumidor. Neste último aspecto, o consumidor é muito mais crítico com sucos de laranja e limão em comparação com sucos tropicais e coquetéis de frutas, pois o padrão de comparação com o suco cítrico fresco é muito forte em sua memória. (Revista química e derivados, 2004).

As perdas nutricionais são representadas principalmente pela oxidação da vitamina C e de carotenóides (compostos precursores da vitamina A). De modo geral todas as frutas apresentam essas vitaminas; no entanto, as fontes mais ricas são:

- vitamina C : goiaba, cítricas, abacaxi e maracujá

- carotenóides: goiaba, manga, abacaxi, laranja

A oxidação da vitamina C (ácido ascórbico) também produz compostos com radical carbonila que reagem com grupos amino e por polimerização produzem pigmentos escuros, os quais são responsáveis pelo escurecimento dos sucos que contêm ácido ascórbico. Apesar do efeito acelerador do oxigênio sobre a degradação do ácido ascórbico, esta ocorre preferencialmente em condições anaeróbicas e produz igualmente reações de escurecimento. A oxidação dos carotenóides também traz como inconveniência a perda da cor característica do suco (descoloração). Os carotenóides são pigmentos responsáveis pelas cores desde amarelo até vermelho-alaranjado da maioria das frutas. As reações de escurecimento e de natureza oxidativa, envolvendo os diversos constituintes dos sucos cítricos, são muito complexas e exercem efeito catalítico umas sobre as outras (Revista química e derivados, 2004).

1.2. Aromas

O aroma é uma das mais importantes características em se tratando da indústria de alimentos, e está diretamente ligado à qualidade do produto e aceitação pelo consumidor. Existem os aromas naturais (quando o aroma é isolado diretamente da sua fonte natural), os aromas semi-sintéticos (quando o aroma é produzido sinteticamente, mas é quimicamente idêntico ao natural) e os aromas artificiais (podem possuir todas as características de um aroma natural, porém sua estrutura química é diferente) (Revista química e derivados, 2004).

O aroma é composto por uma vasta combinação de substâncias que são diretamente responsáveis por seu odor e gosto. Na diversidade de frutas que encontramos, existem cerca de 6000 compostos que participam dos seus respectivos aromas. O suco de laranja, por exemplo, possui cerca de 200 compostos responsáveis por seu aroma. Como é de se imaginar, num processo industrial de bebidas e sucos, como um processo de concentração e evaporação, por exemplo, as perdas ou modificações químicas destes compostos podem ocorrer, causando uma diminuição da qualidade do produto final. Daí surge a necessidade de recuperar estes aromas. A figura 1.1 apresenta a composição típica dos compostos aromáticos.



Figura 1.1. Composição Típica de um Aroma

(Fonte: Revista química e derivados, 2004).

1.3. Cultura do maracujá

O maracujazeiro é uma planta dicotiledonea da família Passifloraceae onde se destaca o gênero *Passiflora* com três espécies economicamente importantes: *Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Deg (maracujá amarelo ou azedo), *P. edulis Sims* (maracujá roxo) e o *P. alata* Ait – (maracujá doce). Entra em floração com 4-5 meses de vida. O fruto - o maracujá - tem formato variado (globoso, ovóide oblongo, piriforme), possui peso entre 30 e 300g, diâmetro de 9 cm, possui cor variada (amarela roxa, esverdeada, avermelhada) (MAARA/EMBRAPA/CNPMF,1994).

O gênero *Passiflora*, pertencente à família *Passifloraceae*, possui cerca de 530 espécies tropicais e subtropicais, das quais mais de 150 são indígenas do Brasil. Destas, mais de 60 produzem frutos que podem ser aproveitados direta ou indiretamente como alimento. Porém, somente as duas principais variedades, comercialmente exploradas são: maracujá purpúreo (*Passiflora edulis*, Sims), largamente cultivado na Austrália, Índia, Sri Lanka, Nova Zelândia e África do Sul, e maracujá amarelo (*Passiflora edulis* forma *Flavicarpa*), que domina as plantações do Brasil, Havaí, Fiji, Quênia e Taiwan (HOEHNE,1946).

Quando maduro, o fruto desprende-se e cai ao chão. A polpa do fruto, de cor amarela à laranja, envolve sementes numerosas, ovais, pretas, em número de 200 por fruto; 1g de semente contém 45 sementes. O fruto murcha após seis dias de caído. O suco do fruto tem acidez, elevada (maracujá amarelo), acidez, média (maracujá roxo) e acidez baixa (maracujá doce), e sabor e aroma agradáveis. É rico em vitaminas e possui propriedades sedativas (MAARA/EMBRAPA/CNPMF,1994).

As folhas e raízes do maracujazeiro contêm uma substância semelhante à morfina - a passiflorina - muito usada como calmante. As folhas são usadas, também, para combater as febres intermitentes, as inflamações cutâneas e a erisipela. Ainda podemos aproveitar a casca do fruto e sementes para a alimentação animal (MAARA/EMBRAPA/CNPMF,1994).

As espécies do maracujá possuem as seguintes características (EPABA,1984):

Maracujá Amarelo: é a espécie de maior interesse comercial, é a mais cultivada no Brasil (95% da área reservada a esta cultura), a mais vigorosa, mais adaptada aos dias quentes. Planta com caule circular, apresenta polinização cruzada, predominantemente (responsável por frutificação tamanho do fruto e % de suco). A planta tem produção entre 12-15t./há, mas tem potencial para produções de 30-35t./ha. Fruto com 30% de rendimento em suco.

Maracujá Roxo: espécie mais indicada para regiões de altitude maior e climas frios. Frutos ovóides ou globosos, coloração purpúrea quando maduros, peso de 60 a 100 gramas, com rendimento e qualidade do suco semelhantes aos do maracujá amarelo e suco com maior % de açúcar e maior teor em sólidos solúveis (brix), acidez menor (suco mais "doce"), potencialidade de produção 30-40t./ha.

Maracujá Doce: Planta trepadeira, vigorosa, com caule quadrangular, as flores permanecem abertas durante o dia (abrem-se pela manhã e fecham-se à noite). Frutos ovais ou periformes, peso 80 a 300g., polpa com sabor "doce acidulado" (enjoativo se tomado como refresco), próprio para consumo como fruto fresco. O rendimento em suco é menor que o do amarelo (14-20%), possui baixa acidez. É muito apreciado pelos consumidores europeus por boas características (tamanho, cor externa e aroma).

1Existem cerca de 530 variedades tropicais e sub-tropicais de maracujazeiro sendo 150 nativas do Brasil e 60 delas produzem frutos que podem ser aproveitados na alimentação.

1.4. Composição química do maracujá

O maracujá é rico em minerais e vitaminas. A composição química do suco de maracujá está apresentada na tabela 1.2, a seguir:

Tabela 1.2 – Composição Química do Maracujá.

Composição	Quantidade
°Brix	13 a 15
Calorias	54 a 90
Glicídios	21,2 g
Proteínas	2,2 g
Lipídios	0,7 g
Cálcio	13 mg
Fósforo	17 mg
Ferro	1,6 mg
Potássio	360 mg
Vit. A	0,07 mg
Vit. B1	0,03 mg
Vit. B2	0,13 mg
Vit. C	30 mg

Fonte: Farmácia on-line, 2006.

A semente do maracujá apresenta um óleo constituído por ácido graxos (ácido esteárico, palmítico, araquídico, oléico, linoleico e linolênico), além de Cálcio 80, Ferro 18 e Fósforo 640mg/100gr. A presença de alcalóides nas folhas, do tipo harmana (passiflorine) determina ação inibidora da Mono Amino Oxidase MAO e daí, sua ação sedativa sobre o Sistema Nervoso Central (Farmácia on-line, 2006).

1.4.1 - Compostos Voláteis do Maracujá

Para falar dos compostos voláteis do Maracujá, serão usados dados da literatura obtidos por NARAIN e colaboradores (2004). Os voláteis da polpa do maracujá foram capturados pela técnica de *headspace* dinâmico e analisados no sistema de cromatografia gasosa de alta resolução e espectrometria de massa. Foram identificados

48 compostos voláteis na polpa de maracujá. Os compostos voláteis predominantes na polpa de maracujá pertenceram às classes de ésteres (59,24%), aldeídos (15,27%), cetonas (11,70%) e álcoois (6,56%). Outros compostos aromáticos característicos foram: b-ionona e linalol.

Os compostos voláteis do maracujá têm sido relatados por diversos pesquisadores (HIU & SCHEUER, 1961) foram os pioneiros a relatarem a presença de ésteres, butanoato de etila, hexanoato etila, butanoato de hexila e hexanoato de hexila no maracujá amarelo. Estes quatro ésteres constituíram cerca de 95% dos voláteis totais, extraídos no sistema de destilação e extração simultânea, sendo que o hexanoato de hexila foi o principal constituinte (74%), seguido por hexil butanoato (15%). TRESSL & ENGEL (1983) extraíram voláteis pela técnica de destilação e extração simultânea e relataram que os concentrados aromáticos do maracujá purpúreo tiveram altos teores de ésteres, sendo os principais os ésteres 2-heptil que foram detectados apenas nesta variedade. Os ésteres alifáticos saturados são formados em ambas as variedades em concentrações iguais, enquanto os ésteres 2-pentil, 2-heptil e 2-nonil foram caracterizados apenas no maracujá purpúreo.

Na tabela 1.3 são apresentados os compostos voláteis identificados na polpa de maracujá capturado pela técnica do *headspace* dinâmico com suas respectivas áreas relativas. As áreas dos picos expressos em porcentagem para diversos compostos foram usadas para indicar a concentração relativa de cada composto.

Tabela 1.3 – Compostos Voláteis Identificados na Polpa de Maracujá.

N ^o do pico	Nome	Índice de Retenção	Área (%)	m/z (%)
<i>Ésteres</i>				
1	Acetato de etila	890	0,16	43 (100); 29 (20); 45 (13)
3	Propanoato de etila	950	5,86	29 (100); 57 (59); 27 (23)
6	Butanoato de metila	989	0,64	74 (100); 43 (93); 71 (70)
8	Butanoato de etila	1035	8,27	71 (100); 43 (93); 29 (58)
9	Acetato de butila	1072	0,34	43 (100); 56 (44); 41 (14)
12	Carbonato de dietila	1116	0,19	29 (100); 45 (69); 31 (52)
14	Butanoato de propila	1127	0,57	43 (100); 71 (93); 27 (56)
15	Pentanoato de etila	1135	0,02	29 (100); 85 (96); 88 (91)
22	Butanoato de butila	1221	0,39	71 (100); 43 (63); 89 (57)
23	Hexanoato de etila	1233	2,97	88 (100); 29 (48); 43 (86)
25	Acetato de hexila	1278	0,45	43 (100); 56 (30); 42 (23)
26	(Z)-3-Acetato de hexenila*	1319	0,13	43 (100); 67 (61); 82 (45)
33	Hexanoato de butila*	1404	0,54	56 (100); 99 (78); 43 (60)
34	Butanoato de hexila	1420	14,83	43 (100); 71 (74); 41 (45)
35	Octanoato de etila	1437	4,86	88 (100); 29 (86); 27 (58)
36	(Z)-3-Butanoato de hexenila*	1451	0,32	82 (100); 67 (91); 71 (84)
39	Hexanoato de pentila	1505	3,98	70 (100); 43 (94); 99 (75)
44	Hexanoato de hexila*	1618	10,76	43 (100); 117 (49); 56 (47)
45	(Z)-3-Hexanoato de hexenila*	1635	3,67	82 (100); 67 (58); 99 (34)
46	Acetato de benzila	1720	0,29	108 (100); 91 (49); 43 (40)
<i>Aldeídos</i>				
11	1-Hexanal	1080	5,12	44 (100); 56 (81); 41 (65)
38	Furfural	1461	3,17	96 (100); 95 (99); 39 (64)
40	Benzaldeído	1527	6,94	77 (100); 105 (94); 106 (94)
43	5-Metilfurfural	1580	0,04	110 (100); 109 (78); 53 (51)
<i>Cetonas</i>				
4	3-Pentanona*	970	10,26	53 (100); 29 (99); 27 (37)
5	2-Pentanona	980	0,34	43 (100); 86 (19); 41 (9)
18	Ciclopentanona	1172	0,05	55 (100); 28 (50); 84 (42)
19	2-Heptanona	1180	1,02	43 (100); 58 (55); 27 (19)
28	2-Nonanona	1350	0,02	43 (100); 58 (91); 41 (29)
31	3-Nonanona*	1362	0,01	43 (100); 57 (77); 72 (69)
<i>Álcools</i>				
2	Álcool etílico	930	0,51	31 (100); 45 (51); 29 (29)
7	1-Propanol	1029	0,03	31 (100); 29 (17); 27 (16)
13	2-Pentanol	1122	0,09	45 (100); 55 (25); 43 (23)
16	1-Butanol	1138	0,04	56 (100); 31 (98); 41 (87)
24	1-Pentanol	1248	0,06	42 (100); 55 (65); 70 (51)
26	2-Heptanol	1322	0,02	45 (100); 27 (17); 43 (14)
29	1-Hexanol	1356	2,23	56 (100); 43 (83); 41 (59)
30	(E)-3-Hexen-1-ol*	1360	0,02	41 (100); 67 (50); 69 (39)
32	(Z)-3-Hexen-1-ol*	1381	0,02	67 (100); 41 (75); 39 (39)
37	1-Heptanol	1459	0,29	70 (100); 56 (95); 43 (66)
42	1-Octanol	1558	0,32	41 (100); 56 (85); 43 (82)
47	Álcool benzílico	1884	2,93	79 (100); 108 (89); 107 (69)
<i>Outros compostos</i>				
10*	Disulfeto de dimetila	1075	0,05	62 (100); 47 (95); 45 (40)
17*	Mirceno	1170	0,04	41 (100); 93 (85); 69 (79)
20	Limoneno	1195	0,54	68 (100); 93 (50); 67 (44)
21*	Disulfeto de dietila	1210	0,03	75 (100); 47 (81); 90 (72)
41	Linalol	1542	0,13	71 (100); 93 (60); 41 (57)
48*	β-Ionona	1952	0,19	77 (100); 43 (63); 41 (15)

Fonte: NARAIN *et al.*, 2004.

Quando se deseja recuperar aromas a partir de fontes naturais, os processos convencionais de separação, como absorção, destilação e extração por solvente são, geralmente, aplicados (figura 1.2). Porém, estes processos apresentam desvantagens, que podem afetar a qualidade do produto, como por exemplo, a deterioração e oxidação dos aromas em virtude das altas temperaturas empregadas, ou mesmo os altos consumos de energia nas unidades de recuperação de aromas.

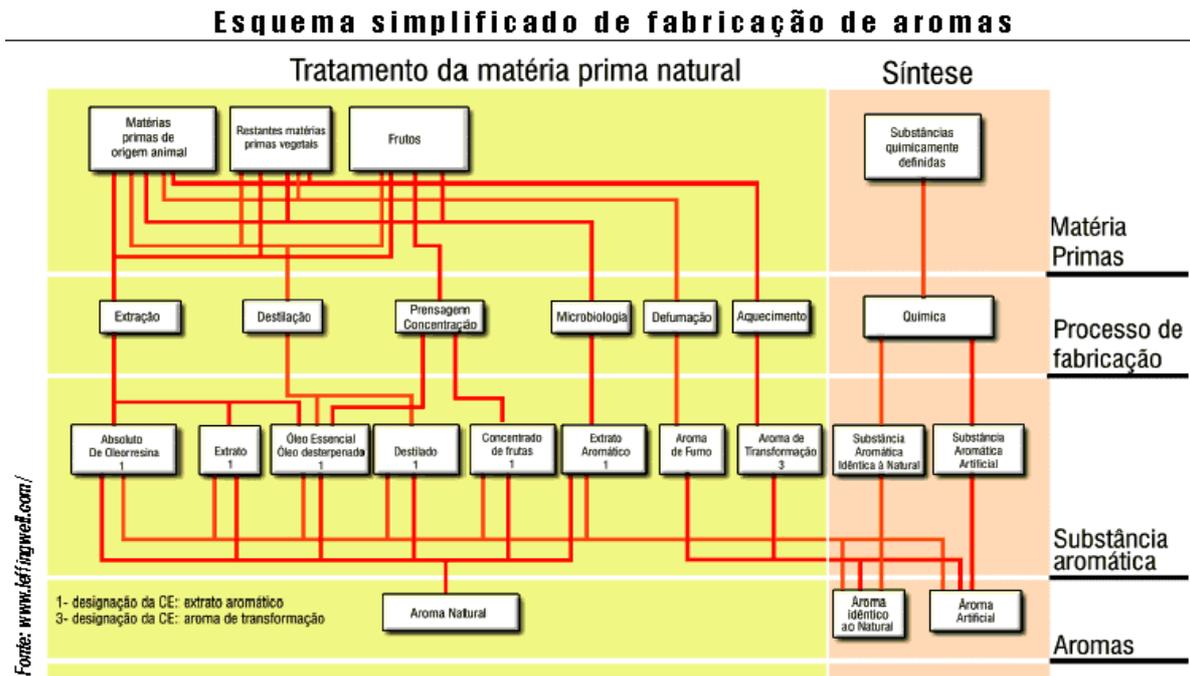


Figura 1.2 - Esquema de Fabricação de um Aroma Tradicional

Fonte: Química e Derivados,2004.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo geral

Este projeto se propõe a avaliar a instalação de uma fábrica de suco de maracujá concentrado que utiliza o processo de pervaporação no processamento do suco visando à adequação desses produtos às exigências do mercado consumidor, as quais incluem sucos 100% naturais, com sabor original da fruta, sem adição de aromatizantes.

II.2. Objetivos específicos

- A partir de dados estatísticos, será apresentado o panorama do mercado interno e externo para produção e comercialização do fruto e do suco de maracujá.
- A partir de dados da indústria de sucos, serão descritas as etapas principais para preparo de sucos prontos para beber e sucos concentrados de maracujá.
- A partir do conhecimento dos compostos voláteis importantes para a formação do aroma característico, serão avaliadas as etapas que mais concorrem para alterações ou perdas do aroma.
- A partir de resultados disponíveis em escala piloto, será feito um estudo de viabilidade econômica para um processo integrado de recuperação do aroma de maracujá por pervaporação e produção do suco concentrado enriquecido com aromas naturais.

III. Mercado

III.1. Maracujá

O Brasil, devido a sua extensão territorial e diversidade climática, possui condições para a produção de frutas de clima temperado e, principalmente, de clima tropical. Da produção brasileira, 53% é destinada ao consumo interno, "*in natura*", e 46% à indústria de sucos e derivados. Com relação ao maracujá (observar figura 2.1), o Brasil é o maior produtor e também o maior consumidor mundial. Apresentou uma área plantada em 2004 de aproximadamente 33mil há e uma produção de 468mil t/ano. A produção está distribuída entre as regiões Nordeste (53,5%), Sudeste (31,7%, Norte (7,4%), Centro-Oeste (4,4%) e Sul (3%) (MONTEIRO, 2005).

Existem cerca de 420 espécies de *Passifloraceas* na natureza e, no Brasil, cerca de 150 espécies, sendo que aproximadamente 60 são comestíveis. Apenas duas espécies, no momento, são aproveitadas comercialmente no país: o amarelo, ou azedo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) e o doce (*Passiflora alata*). O maracujá doce é consumido na sua totalidade "*in natura*" e, portanto se caracteriza como fruta de mesa; o maracujá azedo representa cerca de 97% da área plantada e do volume comercializado em todo país (MAARA/EMBRAPA/CNPMF,1994).

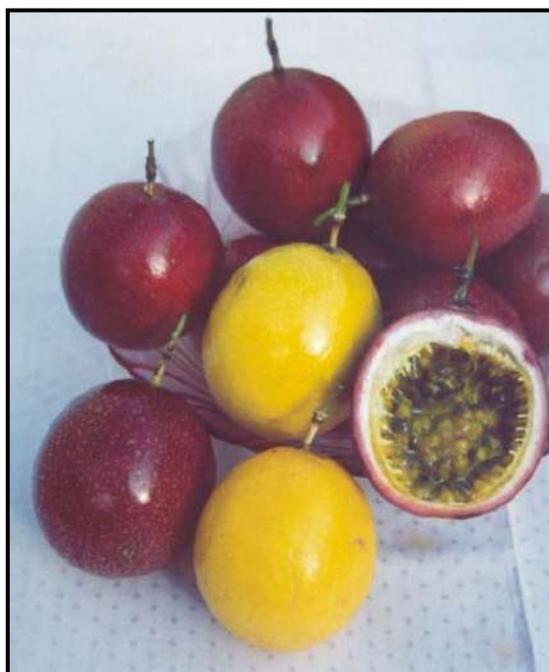


Figura 3.1 – Frutos Usados no Processamento de Sucos

Fonte: Maracujás para mercado de frutas frescas, 2007.

Na Tabela 3.1 e 3.2, respectivamente pode-se se observar a área, a produção e produtividade de maracujá ao longo dos anos e de acordo com os estados brasileiro.

Tabela 3.1. Área, Produção e Produtividade Nacional de Maracujá.

Ano	Área (mil ha)	Prod. (mil t)	Produt. (t/ha)
1990	25,3	317,2	12,5
1991	30,8	380,4	12,4
1992	32,6	418,2	12,8
1993	32,5	360,5	11,1
1994	33,5	379,9	11,3
1995	38,5	405,5	10,5
1996	44,5	409,5	9,2
1997	38,3	357,4	9,3
1998	33,0	298,3	9,0
1999	35,6	317,1	8,9
2000	33,4	330,8	9,9

Fonte: Frutiséries, 2002.

Tabela 3.2. Principais Estados Produtores de Maracujá.

Estado	Área (mil ha)	Prod. (mil t)	Part. (%)
BA	7,8	77,4	23,4
SP	3,7	57,8	17,5
SE	3,9	33,6	10,2
MG	2,8	25,2	7,6
GO	1,8	23,6	7,1
ES	1,5	22,1	6,7
CE	2,2	21,7	6,6
PA	2,9	18,1	5,5
RJ	1,2	16,8	5,1
AL	1,5	9,2	2,8
Outros	4,1	25,3	7,5
Brasil	33,4	330,8	100,0

Fonte: Frutiséries, 2002.

Quanto ao destino da produção de maracujá nacional, estima-se que o mercado esteja dividido meio a meio para a indústria e para o consumo na forma “in natura”. Estes dados estão sujeitos a alterações, uma vez que a disputa entre estes dois segmentos de mercado leva os produtores a optarem pelo preço no curto prazo, em detrimento da constância da oferta no longo prazo, certamente mais compensadora. Esta situação é ainda mais agravada com a ausência de contrato de fornecimento entre os produtores e estes dois segmentos (MONTEIRO, 2005).

III.2. Suco de maracujá

A indústria processadora, segundo a Associação das Indústrias Processadoras de Frutos Tropicais - **ASTN** - 2000, processou 127,7 mil toneladas de maracujá, resultando na produção de 50,8 mil toneladas de produto, dos quais 47 mil toneladas de sucos e 3,8 mil toneladas de polpas em 2000. Este volume significou 22,5% de toda a produção do setor no País, o que mostra a importância do maracujá no mercado de suco nacional. A mesma pesquisa apontou para uma alta ociosidade no parque industrial instalado, indicando que, caso a indústria operasse a plena capacidade, seria possível a produção

adicional de 21 mil toneladas de sucos e 13,4 mil toneladas de polpa. Isso significa a existência de uma capacidade ociosa neste segmento, correspondente a um volume adicional de 182 mil toneladas da fruta *in natura* (Fruta Da Paixão: Paronama Econômico Do Maracujá No Brasil, 2006).

Dentre as regiões produtoras brasileiras merece destaque a região de Araguari-MG (Ruggieiro , 1996), que além da reconhecida aptidão agrícola , têm a seu favor a boa localização em relação às principais indústrias processadoras de suco (figura 2.2).

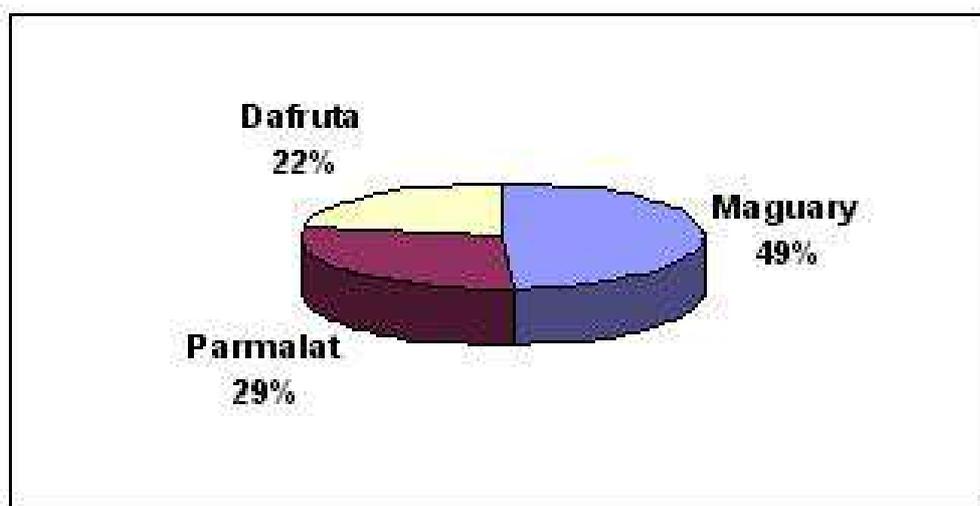


Figura 3.2. Principais Indústrias Processadoras de Suco de Maracujá no Brasil.

Fonte: Junior e colaboradores, 2000.

Verifica-se no Brasil um aumento do consumo de sucos, elevando os preços internos, frente aos do mercado internacional, concorrendo para estimular o direcionamento da maior parte da produção para o mercado interno, em detrimento da exportação. Neste sentido, informações do setor indicam que o preço interno do suco de maracujá situa-se em US\$1,400.00/t para o integral, contra US\$ 2,300.00/t no mercado internacional para o suco concentrado (JUNIOR e colaboradores, 2000).

O Brasil tem perdido espaço no mercado mundial de suco de maracujá, enfrentando concorrência desleal de países que praticam preços e fretes subsidiados ou com isenção de taxas alfandegárias. Após 1996, as exportações de suco de maracujá não foram mais contabilizadas separadamente, tendo sido inseridas na categoria de sucos em geral. O mercado internacional de suco concentrado de maracujá apresenta característica de instabilidade de preços e é considerado o mais imprevisível dentro dos mercados de concentrados de frutas tropicais. A instabilidade na oferta de suco é devido

a aumento do custo de produção, pela prática de preços reduzidos, aumento da exigência dos compradores e problemas fitossanitários em algumas regiões produtoras.

O mercado mundial, principalmente o europeu, dá preferência ao produto na forma de suco concentrado, uma vez que a fruta *in natura* tem “vida de prateleira curta” (JUNIOR e colaboradores, 2000).

Os principais exportadores mundiais de suco de maracujá concentrado são o Equador, com 50% e a Colômbia com 30% do mercado. As exportações brasileiras da fruta e do suco concentrado têm pouca expressão no mercado mundial. Em relação ao suco, o país vem atuando em algumas lacunas de mercado, desde 1998, como é o caso do mercado inglês, onde o produto brasileiro é inserido nos períodos em que a Malásia ou a Colômbia reduzem as suas exportações (JUNIOR e colaboradores, 2000).

A ampliação do volume das exportações de sucos tropicais, especialmente de maracujá, poder ser estimulada, com a produção de excedentes, desde que o setor se estruture para produzir a preços mais competitivos, induzindo, com isso a uma atuação mais agressiva do Brasil no mercado internacional, cujos líderes atuais, Equador e a Colômbia detêm cerca de 50% e 30% deste mercado, respectivamente.

De acordo com JUNIOR *et al.*, (2000), o Brasil apresenta potencial para se inserir no mercado internacional de maracujá visando o mercado de suco e frutas frescas. No entanto, a nível nacional deve-se dar maior importância à política de crédito e assistência técnica principalmente ao pequeno produtor, a qualidade da fruta e meios de transporte. Além disso, as instituições de fomento devem estimular as pesquisas voltadas para aperfeiçoar a cultura do maracujá. A nível internacional, deve-se desenvolver um programa voltado para exportação que aproxime as empresas dos compradores e consumidores através da oferta de um produto diferenciado. Os participantes da cadeia frutícola (produtores, comerciantes, indústrias e exportadores) devem se conscientizar de que somente através de uma maior organização poderão construir uma competitividade em longo prazo fundamentada em fatores que apontem vantagens competitivas duradouras e difíceis de substituir. E, finalmente, o aproveitamento dos subprodutos (casca e sementes), assim como o desenvolvimento de novos produtos, poderá beneficiar o cultivo do maracujá e sua exportação.

III.3 Aromas naturais

Uma análise de aromas e fragrâncias, em termos mundiais, indica que cerca de 65% deste mercado está distribuído entre 10 empresas internacionais. De acordo com dados de 2005, o mercado é liderado pela GIVAUDAN com 13,2%, seguido pela IFF (12,4%) e FIRMENICH (9,8%). A tabela 3.3 apresenta a dimensão do faturamento alcançado por estas empresas e demonstra o quão lucrativo é este mercado.

Tabela 3.3. Mercado Mundial de Aromas e Fragrâncias.

Posição	Companhia	2004 (US\$)	Fatia do Mercado	2005 (US\$)	Fatia do Mercado
1	Givaudan (USA)	\$2,346.9	13.3%	\$ 2,108.9	13,2%
2	IFF (USA)	\$ 2,033.7	11.5%	\$ 1,993.4	12,4%
3	Firmenich (USA)	\$1,782.1	10.1%	-	~9,8%
4	Symrise (Alemanha)	\$1540.3	8.7%	\$ 1,360.2	8,5%
5	Quest International (Europa)	\$ 1,101.6	6.2%	\$963.4	6,0%
6	Takasago (Japão)	\$985.1	5.6%	\$898.3	5,6%
7	Sensient Flavors (Canadá)	\$499.2	2.8%	\$516.4	3,2%
8	T. Hasegawa(Japão)	\$490.4	2.8%	\$405.7	2,5%
9	Mane AS (França)	\$345.1	2.0%	\$311.4	1,9%
10	Danisco (Dinamarca)	\$345.1	2.0%	\$279.4	1,7%
Total das 10 maiores empresas		\$11,469.4	64.96%	\$10,412.4	65.0%
Todas as demais		\$6,188.0	35.04%	\$5.608,7	35%
Total mercado mundial		\$17,657.4	100%	\$16,021.1	100%

Fonte: Flavor & Fragrance Industry Leaders, 2005.

A América do Sul, o Brasil inclusive, apesar da sua extensão territorial, apresenta um mercado consumidor pouco expressivo (6%) como mostrado na figura 3.3.

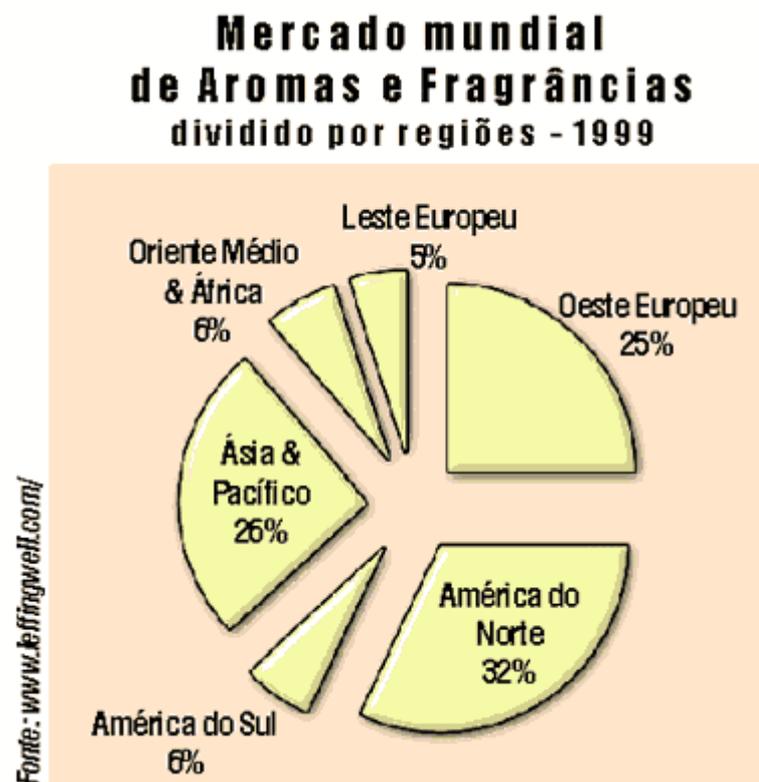


Figura 3.3. Mercado Mundial de Aromas e Fragrâncias
(Fonte: Flavor & Fragrance Industry Leaders, 2005).

IV – Processamento

IV.1. *Produção do suco de frutas: etapas e equipamentos*

As etapas de industrialização dependem do tipo de suco que se deseja preparar (MORAES , 2006)

Sucos integrais frescos - São os estabilizados por meio de técnica adequada que garanta sua estabilização. A designação integral somente é válida para sucos sem adição de açúcar e na sua concentração natural.

Sucos conservados - São sucos integrais adicionados de agente conservador químico. Estes conservantes são agentes fungistáticos ou bacteriostáticos com ação inibidora da proliferação microbiana. Os conservantes derivados do dióxido de enxofre (sais de sulfito de sódio e potássio, bissulfito e metabissulfito), além de inibirem a ação de microrganismos, evitam o escurecimento (enzimático e não enzimático). Os conservantes mais utilizados em alimentos são o ácido benzóico e benzoato de sódio, com um nível máximo estabelecido de 0,1%. Dos acidulantes usados em alimentos, o ácido cítrico é o mais usado na formulação de refrigerantes, sucos de frutas e bebidas alcoólicas. Dos antioxidantes, o ácido ascórbico, além de evitar a ação oxidativa do oxigênio, inibe o escurecimento enzimático de frutas e vegetais. Em polpas e sucos de frutas, refrescos e outras bebidas não alcóolicas, o ácido ascórbico tem sua adição permitida no teor máximo de 0,03%. Quando na concentração de 0,01%, tem sido citado como inibidor de reações enzimáticas na água de coco.

Sucos concentrados - São aqueles dos quais são retirados até 50% de sua água de constituição através dos seguintes processos: evaporação a vácuo, o mais utilizado na indústria de sucos; crioconcentração, no qual a água é removida na forma de gelo; ou por osmose inversa, no qual a água é removida na forma líquida.

Suco desidratado - É o suco no estado sólido, obtido pela desidratação do suco integral, devendo conter a expressão suco desidratado.

Néctar - Néctar de fruta é o produto obtido pela mistura de 50%, no mínimo, de suco e polpa integrais de frutas maduras, finamente divididas e tamisadas, com água potável, sacarose, ácidos orgânicos e outras substâncias permitidas. A mistura polpa, sacarose e ácido é realizada em tanque com agitador. Após, o produto é homogeneizado, desaerado e tratado termicamente. Se a polpa já recebeu tratamento térmico anterior para inativação enzimática, 80°C por 20 segundos são suficientes. Se não, são

necessários 95°C por 30 segundos, sempre utilizando trocadores de calor.

Sucos compostos ou *blends* - São obtidos a partir da mistura de diferentes tipos de sucos como laranja, mamão, abacaxi e maracujá. O processo de obtenção de sucos de frutas envolve as etapas de recepção, seleção, lavagem, descascamento, trituração, despulpamento e acabamento (MORAES, 2006).

1. Recepção da matéria-prima

Na recepção as frutas devem ser pesadas, e selecionadas quanto ao seu ponto de maturação. Frutas sem condição de despulpamento devem ser dispensadas neste momento. Uma amostra representativa do lote deve ser submetida ao teste de qualidade, por meio de determinação do teor de sólidos solúveis (°Brix) e do pH. Os registros devem ser feitos em formulários específicos para acompanhamento do processo.

Dependendo da época do processamento, durante o pico de safra, por exemplo, pode ser necessário armazenar as frutas por algum tempo, e, sempre que possível, sob refrigeração (entre 5°C e 12°C, a depender da fruta), até que se possa iniciar o processo de produção. A temperatura elevada é prejudicial à manutenção da qualidade da fruta. Caso isso não seja possível, deve-se manter as frutas em local seco, ventilado, prevenindo-se a entrada de insetos e roedores no local de armazenamento, para que as frutas não se estraguem.

2. Seleção

Nesta etapa (figura 4.1), as frutas impróprias, podres e partes defeituosas são descartadas, como também pedaços de folhas, caules, pedras e etc. Os frutos devem estar maduros, de modo que se obtenha o máximo de rendimento em sólidos solúveis e as melhores características de sabor e aroma.

3. Lavagem

No início do processo de limpeza (figura 4.2), procede-se uma etapa de pré-lavagem das frutas com água limpa, para retirar a maior parte da terra aderida. Deve ser feita em duas etapas:



Figura 4.1. Equipamento para seleção de frutos.

Fonte: MORAES, 2006.



Figura 4.2. Equipamento para lavagem dos frutos

Fonte: MORAES,2006.

Banho por imersão (figura 4.3): é a etapa da lavagem onde os frutos são submetidos à imersão em água com elevadas concentrações de cloro, por determinado tempo. O cloro é normalmente usado para desinfecção da superfície de frutas por meio da adição de hipoclorito de sódio (NaClO) na água de lavagem. A melhor combinação de atividade e estabilidade é alcançada na faixa de pH 6,5 - 7,5. A utilização de uma fonte de cloro comercial própria para alimentos é essencial, pois produtos de limpeza, como água sanitária, podem conter resíduos tóxicos. A solução deve ser trocada, com frequência, a cada 400 ou 500 kg de fruta (dependendo do tipo escolhido e da

quantidade de sujeira aderida). A importância dessa troca se deve ao fato de que a ação do cloro contra os microrganismos diminui devido à sujeira e à evaporação.

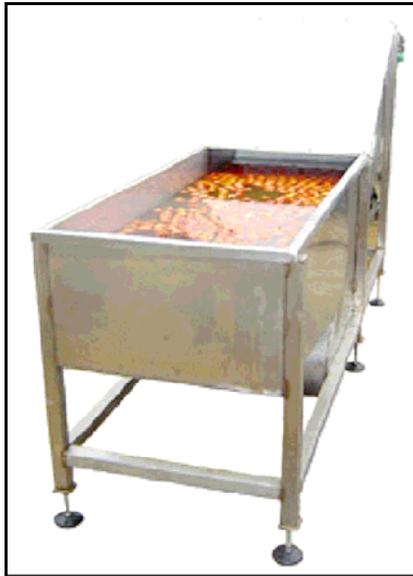


Figura 5.3. Tanque em Aço Inox para Lavagem por Imersão

Fonte: MORAES, 2006.

Aspersão (ou jateamento de água) (figura 4.4): é a etapa da lavagem (enxágüe) para remoção das impurezas remanescentes, além da retirada do excesso de cloro. Este banho deve ser feito com água tratada (5 a 10 L/L). Através de bicos atomizadores, é pulverizada água tratada em quantidades ideais, retirando o excesso de cloro da lavagem anterior, sem desperdícios de água.



Figura 4.4 - Mesa em Aço Inox para Lavagem por Aspersão

Fonte: MORAES,2006.

4. Descascamento e corte

Algumas frutas, como a acerola e o cajá, após a lavagem, passam direto para o despulpamento. Outras, como o abacaxi, a banana e o maracujá precisam ser descascadas ou cortadas em pedaços manualmente, com facas de aço inox, ou mecanicamente utilizando-se máquinas apropriadas para esse fim. Foram desenvolvidos alguns equipamentos específicos para o descascamento contínuo e rápido. Eles são constituídos por um cortador circular com lâminas de aço inox e um separador de cascas com fundo perfurado que não permite a passagem da casca. No caso do maracujá, por exemplo, há uma máquina de corte que, na linha de produção, é colocada antes da despulpadeira. Os resíduos devem ser recolhidos em latões, que devem ser mantidos fechados e esvaziados, continuamente, para evitar a presença de insetos e contaminações.

5. Despulpamento

É o processo utilizado para extrair a polpa da fruta do material fibroso, das sementes e dos restos das cascas. Conforme a fruta escolhida, o despulpamento deve ser precedido da trituração do material em desintegrador ou liquidificador industrial, como no caso da banana e do abacaxi. São utilizadas despulpadeiras verticais ou horizontais, construídas em aço inoxidável e providas de peneiras com diferentes tamanhos de furos. As peneiras podem ser substituídas de acordo com a fruta que será processada.

Esse processo consiste em fazer com que a fruta passe, descascada ou não, inteira ou já desintegrada, pela despoldadeira (figura 4.5). A polpa deve ser recolhida em baldes limpos (de aço inoxidável ou PVC) na parte inferior do equipamento, e os resíduos sólidos, na frente do mesmo. Para algumas frutas, como a goiaba, a polpa, após sua extração, requer um refinamento para melhorar o seu aspecto visual e conferir ao produto melhores características. O refinamento pode ser feito utilizando-se a despoldadeira com peneiras de furos pequenos (1,0 mm ou menor), onde serão retidas as impurezas da polpa (fibras, pedaços de semente, etc.). Além da substituição da peneira, trocam-se as palhetas de borracha por escovas de cerdas. Nesta etapa a redução de massa não deve ultrapassar os 3%. Após essa fase, se o produto for enviado direto para o envase e posterior congelamento, deve-se antes avaliá-lo por meio de análises microbiológicas e físico-químicas (MORAES, 2006).



Figura 4.5 Despoldadeira (marca bonina 0.25 df)

Fonte: www.bndes.gov.br.

6. Concentração

A concentração do suco é feita em evaporador de vários estágios e que funciona a vácuo. Neste tipo de equipamento, o suco é submetido inicialmente à temperatura de 90 a 95°C durante 30 a 40 segundos. Os evaporadores para concentração funciona com até 8 estágio e 6 efeitos. Este equipamento possibilita uma economia de energia, pois evapora, para cada quilo de vapor introduzido, 5,4 quilos de água. A temperatura de

evaporação do suco varia de 85°C no primeiro estágio até 40°C no último estágio (MORAES, 2006).

A concentração de sucos por evaporação é o processo mais utilizado, entretanto, apresenta como principal desvantagem, a alteração no sabor e aroma do suco, o que leva à procura de novos métodos de concentração que preservem as características do suco fresco.

7. Pasteurização

A pasteurização pode ser feita em tacho encamisado, em pasteurizador tubular (figura 4.6) ou em trocadores de calor de superfície raspada. No caso de produtos pouco viscosos e com baixos teores de polpa, pode-se utilizar pasteurizadores de placas. A maioria das frutas é ácida, permitindo que o tratamento térmico seja brando (pasteurização a temperaturas menores que 100°C). A combinação ideal de tempo e temperatura durante o processamento térmico tem por objetivo reduzir a carga microbiana e preservar as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais da fruta original. Alguns tratamentos térmicos recomendados para tratamento de frutas são mostrados na tabela 4.1:

Tabela 4.1. Alguns Tratamentos Térmicos Recomendados para Tratamento de Frutas.

Tipo de Tratamento	Condições	
	Pasteurização	Enchimento
Pasteurização em Trocador de Calor	85°C / 20 seg	80°C / 3 min. retenção
Enchimento a Quente	92°C / 60 seg	92°C / 3 min. retenção
Pasteurização na Embalagem de vidro de 500 mL	77°C / 30 min	

Fonte: Embalagens para sucos, 2004.



Figura 4.6. Pasteurizador Típico para Sucos

(Fonte: Pasteurizador tubular para polposos, 2006)

A seguir serão apresentados fluxogramas típicos para obtenção de sucos (figuras 4.7 a 4.9)

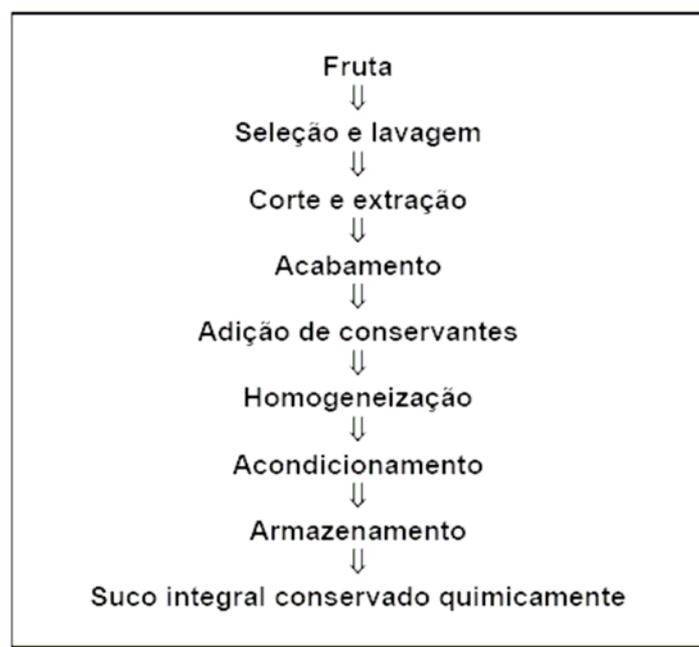


Figura 4.7. Fluxograma do Processo de Obtenção de Suco de Fruta Integral Conservado Quimicamente.



Figura 4.8. Fluxograma do Processo de Obtenção de Suco de Fruta Integral Pasteurizado.

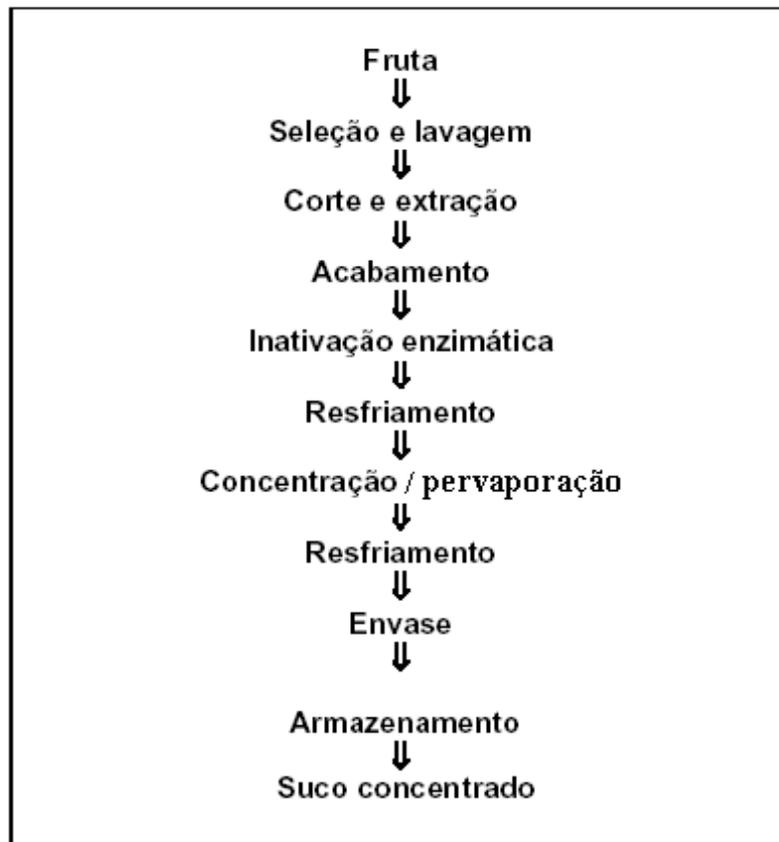


Figura 4.9. Fluxograma do Processo de Obtenção de Suco Concentrado por Pervaporação.

IV.2. Pervaporação

IV.2.1. Definição

O processo de pervaporação pode ser definido como a integração da evaporação e difusão-gasosa em uma única etapa. Substâncias voláteis, presentes no fluxo da solução doadora em fase líquida, evaporam e condensam-se na superfície de uma membrana hidrofóbica; durante a difusão através da membrana, são recebidas pela solução receptora. O processo é favorecido pelo aumento da temperatura com conseqüente aumento da permeabilidade das substâncias através da membrana. O transporte através desta, ocorre devido a uma diferença de potencial químico, algumas vezes uma diferença de potencial químico, e por esta razão, as moléculas ou partículas permeam através do filme de separação no sentido do menor potencial. Durante o transporte, a resistência ou a facilidade do processo depende do tipo de permeante (tamanho e forma) e da morfologia da membrana (MATTOS & QUEIROZ, 1998).

Dependendo da sua estrutura macroscópica, as membranas podem ser genericamente classificadas em dois tipos principais:

- i) membranas que apresentam as estruturas dos micros poros abertos; normalmente, estes filmes de separação são empregados em aplicações associadas à ultra e micro filtração;
- ii) membranas que se apresentam com estrutura densa não porosa; utilizadas em processos de separação gasosa e pervaporação.

Neste contexto, para o processo de pervaporação e separação gasosa, os mesmos polímeros e a mesma morfologia da membrana podem ser empregados; a diferença entre os dois fenômenos fica estabelecida pelo mecanismo de transporte, ou seja, pela afinidade entre a permeação das moléculas e a membrana polimérica.

A pervaporação contínua separa, de forma seletiva, uma mistura usando tipicamente uma membrana polimérica não porosa; a separação não é baseada na volatilidade relativa como na destilação ou na evaporação, mas é fundamentada na taxa relativa de permeação através da membrana. Neste sentido, o modelo mais aceito para o mecanismo de transporte da pervaporação é o da solução-difusão, o qual pode ser dividido em quatro etapas: evaporação em um espaço de ar, sorção pela membrana, difusão através da membrana e, finalmente, desorção para a fase líquida.

A permeabilidade de um dado componente na mistura deve ser expressa como a

solubilidade (propriedade termodinâmica) e difusividade (propriedade cinética) no polímero. Estes parâmetros são dependentes da concentração, e estudos experimentais são essenciais para a determinação do rendimento da separação e validação das variáveis do processo.

De acordo com HICKEY (1990), a eficiência do processo de pervaporação é quantificada pelo fluxo e seletividade. Considerando uma mistura binária de componentes A e B, o fluxo é definido como a razão da permeação e pode ser expresso para o conjunto de permeado ou para cada componente:

J_t = fluxo total;

J_A = fluxo do componente A;

J_B = fluxo do componente B;

A dimensão deste parâmetro é massa/área.tempo (m/l^2t , g/cm^2s ou kg/m^2h), e pode ser medida conhecendo-se a massa do permeado, área da membrana e tempo de medida.

Desde que o processo de pervaporação seleciona a espécie permeante em termos de pressão de vapor, sais, açúcares e componentes com alta massa molecular, são prontamente rejeitadas pela membrana nas condições de trabalho. Este é um aspecto de extrema importância nas aplicações analíticas.

Como apresentado por HUANG (1991), é desejável em processos de pervaporação que exista um filme polimérico que combine as características de alta permeação com boa seletividade. Além disso, para se obter boas taxas de permeação e alto valor de separação para uma mistura líquida é essencial selecionar a membrana mais apropriada assim como as melhores condições experimentais.

IV.2.2. Vantagens da Pervaporação

O processo de pervaporação por membranas tem sido considerado como um processo alternativo para recuperação de aromas. Este processo é único porque combina transferência de massa através de uma membrana polimérica (não-porosa) com uma mudança de fase dos compostos permeáveis de líquido para vapor. Para alcançar esta separação, a pervaporação utiliza as diferenças nas velocidades de permeação destes compostos devido às diferenças na absorção e difusão dos mesmos. Em contraste com outros processos que utilizam membranas, como micro e ultra filtração, a força motriz que rege a pervaporação é a diferença de pressão parcial entre a corrente de alimentação e o lado permeado.

Na recuperação de aromas por pervaporação, cuja planta típica é mostrada na figura 4.10, encontramos algumas vantagens deste processo, como:

- alta seletividade,
- baixo consumo energético,
- mecanismo de separação físico,
- temperaturas moderadas, e
- nenhum aditivo é requerido.

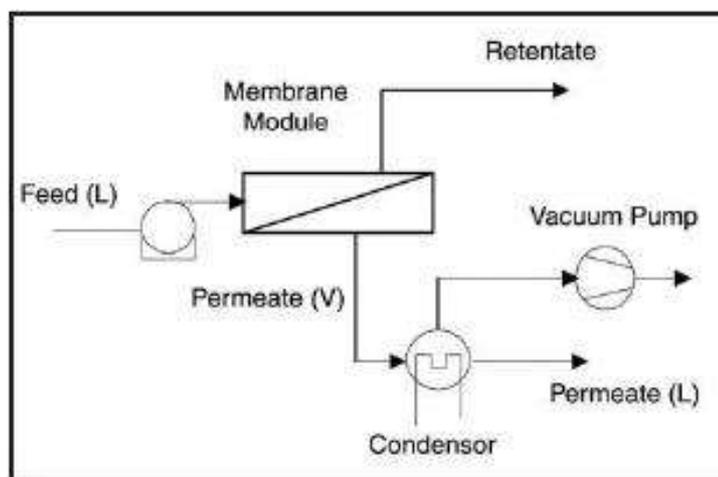


Figura 4.10. Planta Típica de uma Unidade de Pervaporação

(Fonte: Börjesson e colaboradores, 2006).

A aplicabilidade geral da pervaporação usando membranas hidrofóbicas para recuperar compostos de aroma a partir de soluções aquosas sintéticas tem sido bem demonstrada para mais de 50 compostos aromáticos (como álcoois, lactonas, ésteres, etc.). Entretanto, o número de trabalhos é muito restrito quando a alimentação é a matéria prima natural (PEREIRA, 2005)

IV.2.3. Recuperação de aromas por pervaporação

Alimentos ricos em água sofrem facilmente contaminação microbiológica. Assim, os sucos de frutas são concentrados com o objetivo de evitar a sua deterioração por ação dos microrganismos. A eliminação da água apresenta como vantagem adicional à redução do custo de armazenagem.

Nos processos convencionais, os alimentos líquidos são, em geral, concentrados por evaporação. Durante esse processo muitos componentes voláteis de aromas são

perdidos. Normalmente, a perda ou modificação química destes compostos durante o processamento, leva a uma redução da qualidade do produto final, dificultando a sua aceitação por parte dos consumidores. Este problema pode ser parcialmente resolvido pela adição de aromas naturais ou sintéticos a bebidas que foi concentrada.

O aroma de um determinado produto é diretamente responsável pelo seu odor e sabor, constituindo uma categoria bastante ampla. Atualmente, mais de 6.000 compostos foram identificados como participantes de aromas. Os compostos voláteis presentes são ésteres, alcoóis, ácidos, éteres e cetonas. No maracujá foram identificados 186 compostos voláteis presentes na fruta.

Os processos com membranas, face as suas características de seletividade e de operação em faixas moderadas de temperatura, podem ser utilizados em combinação com os processos tradicionais, de modo a reduzir a perda dos aromas. O processo de pervaporação tem sido investigado como alternativa para a recuperação dos componentes voláteis de aromas. Recomendam-se duas alternativas para uso do processo de pervaporação na recuperação de aromas: (PALACIO *et al.*, 2006)

- (a) remoção direta e
- (b) recuperação a partir do efluente.

Na primeira alternativa (**remoção direta**), os componentes voláteis do aroma são extraídos diretamente da bebida pelo processo de pervaporação, sendo então re-adicionados logo após a etapa de concentração térmica. Esta opção apresenta um maior interesse quando os componentes voláteis de aromas são compostos sensíveis ao calor e poderiam sofrer reações de degradação durante a etapa de concentração térmica.

A segunda alternativa (**recuperação a partir do efluente**) consiste em efetuar o processo de pervaporação no vapor condensado do processo de concentração térmica. O permeado do processo de pervaporação é então re-adicionado ao produto.

A figura 4.11 ilustra o fluxograma que será proposto neste trabalho.

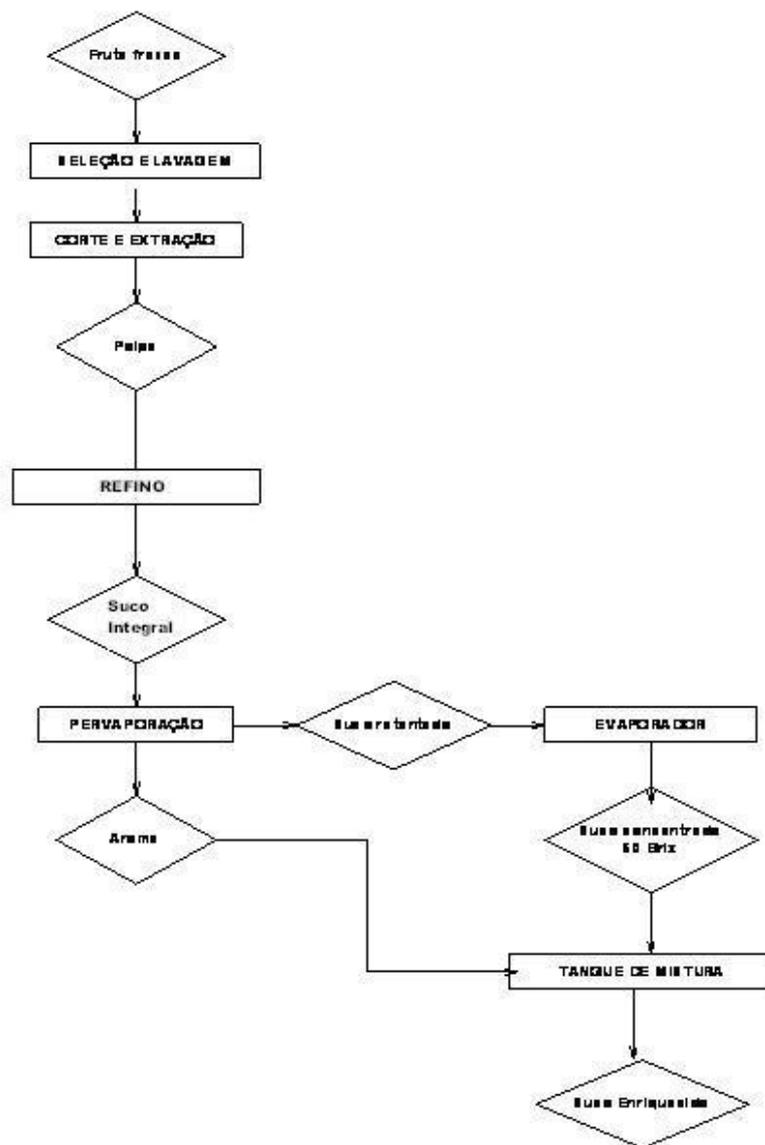


Figura 4.11. Fluxograma do Processo de Produção do Suco de Maracujá Concentrado e Enriquecido com Aromas Naturais.

IV.2.4. Membranas utilizadas no processo de pervaporação

As membranas utilizadas no processo de pervaporação podem ser preparadas a partir de polímeros vítreos ou elastoméricos. Os polímeros elastoméricos, devido a ausência de grupos polares ao longo de sua estrutura, são normalmente organofílicos, ou seja, estes polímeros absorvem preferencialmente líquidos orgânicos. Nestes materiais, a afinidade entre o material polimérico e as espécies químicas permeantes (sorção) é geralmente a etapa determinante da permeabilidade na membrana. Assim, estes polímeros são geralmente utilizados no preparo de membranas com propósito de recuperar compostos orgânicos de peso molecular maior que o da água. O material polimérico mais utilizado atualmente na síntese de membranas visando a remoção dos componentes de aromas é o polidimetilsiloxano (**PDMS**).

Como membranas alternativas utilizadas, temos a membrana de **EPDM** (etileno-propileno-dieno terpolímero), que fornece uma taxa média de fluxo de permeado de 111 g/hm² a 25°C e 187 g/hm² a 35°C. Outra membrana utilizada, a **membrana de silicone**, possui taxa média de fluxo de 124 g/hm² a 25 °C e 200 g/hm² a 35°C (PALACIO *et al.*, 2006).

A figura 4.12 apresenta uma unidade piloto de pervaporação contendo uma membrana de 14 m² usada para produção de aromas naturais.



Figura 4.12. Módulo Piloto Típico Usado no Processo de Pervaporação

Fonte: Willemsen e colaboradores, 2003.

V. Estudo de viabilidade econômica

Foi realizada uma avaliação econômica considerando um projeto de instalação de uma fábrica de suco de maracujá concentrado enriquecido com aroma de maracujá. Essa fábrica será dividida em duas unidades: a de suco (Brix 14) e a de suco de maracujá concentrado (Brix 50) e enriquecido com aroma, onde o produto da primeira unidade serve como matéria-prima para segunda.

V.1. Unidade de suco Integral

IV.1.1. Estimativa da Produtividade

Com base na produção nacional de sucos (47 mil toneladas) foi definida a capacidade da fábrica, considerando a capacidade de processamento de forma a obter uma quantidade de suco concentrado, no final do processo, aproximadamente 4% da produção nacional. Para isso serão processadas 5 toneladas/hora de maracujá. Na tabela 5.I temos o rendimento obtido no processo estimado a partir de dados de unidades industriais (MARTINS *et al.*, 2003).

Tabela 5.1 – Balanço de Massa para Matéria-prima e Produtos

	Capacidade (t/h)	Rendimento ¹ (%)	h/dia	t/ano (300 dias) úteis)
Fruta	5		12	18000
Polpa (Brix 18%)	1,35	27	12	4860
Suco (Brix 14%)	1,5	(30%)	12	5400

¹ Martins et al., 2003

V.1.2. Estimativa do Investimento Fixo

O Investimento fixo, associado à aquisição de bens, está apresentado nas tabelas 5.2. a 5.5. Os valores dos equipamentos foram definidos usando propostas de fornecedores e dados disponíveis na literatura.

Tabela 5.2. Equipamentos Principais do Processo.

	Valor Total (R\$)
Lavador de alta pressão	1.100,00
Despolpadeira BONINA (aço inox com peneira em aço inox), potência requerida: 7 KW	20.000,00
Filtro para sucos (10kW)	150.000,00
Pasteurizador, potência requerida: 11 KW	110.000,00
Tanques isotérmicos (3) (aço inox AISI 304), capacidade 10000L com 2.430 mm de comprimento e 3.820 mm de diâmetro	20.000,00
Envasadora para suco (aço inox AISI 304), capacidade para 3500 emb/h, potência requerida 18KW	48.500,00
Rotuladora (aço inox AISI 304), até 3500 emb/h, potência requerida: 17 KW	65.000,00
Esteira Transportadora (aço inox AISI 304), dimensões: 2,0x0,5x0,9m. Potência requerida: 1KW	3.000,00
Sub-Total	414.600,00
Custo de instalação dos equipamentos ¹ (25% sub- total)	103.650,00
Tubulações ¹ (15% sub-total)	62.190,00
Instrumentação e controle ¹ (5% sub total)	12.438,00
Serviços utilizados ¹ (10% sub total)	41.460,00
IPI ¹ (18%)	74.628,00
Seguro ¹ (5%)	20.730,00
Total	729.696,00

¹ PETER & TIMMERHAUS, 1990.

Tabela 5.3 – Outros Equipamentos.

	%IF	Valor Total (R\$)
Equipamentos para Controle de Qualidade:	15	62.190,00
Equipamentos secundários	10	41.460,00
Móveis e Equipamentos para Escritório	5	20.730,00
Veículos		85.000,00

¹ PETER & TIMMERHAUS, 1990

Tabela 5.4 – Construção Civil.

Item	Valor Unitário (R\$)	Área (m2)	Valor Total (R\$)
Terreno ¹		3000	30.000,00
Área construída ²	550,00	600	330.000,00
Total			360.000,00

¹Jornal Folha de São Paulo (2006); ² www.pini.com.br (2006).

Tabela 5.5 – Investimento Total.

Investimento fixo Total	R\$ 1.299.076,00
Partida ¹	R\$ 129.907,60
Investimento total	R\$ 1.428.983,60

¹ PETER & TIMMERHAUS, 1990

O investimento fixo total (Tabela 5.5) refere-se a soma de todos os investimentos apresentados nas tabelas 5.2, 5.3 e 5.4. Já o valor referente à Partida (tabela 5.5) está associado às despesas preliminares da fábrica, ou seja, no momento em que for dada a partida da produção.

IV.1.3. Estimativa dos Custos Fixos

Estão apresentados nas Tabelas 5.6 e 5.7 os custos fixos, ou seja, aqueles cujos valores não se alteram qualquer que seja o volume e produção da empresa.

Tabela 5.6 – Demanda de Mão-de-Obra Indireta (MOI).

Nº Funcionários	Função	Salário ¹	Encargos (80% Salário)	Valor Total (R\$)
10	Técnicos e auxiliares.	700	560	1.260,00
1	Chefe Dpto. Pessoal	900	720	1.620,00
1	Engenheiro de alimentos	2000	1600	3.600,00
1	Gerente Administrativo	3000	2400	5.400,00
1	Diretor	7000	5600	12.600,00
Total MOI (mensal)				24.480,00
Total MOI (anual)				293.760,00

¹Folha de São Paulo, 2006.

Tabela 5.7 – Custos Fixos de Operação.

Cálculo dos custos fixos de operação¹	Valor Total (R\$)
Impostos (2% do IF)	25.981,52
Manutenção (10% do IF)	129.907,60
Mão de Obra Indireta + Encargos (Tabela 5.6)	293.760,00
Depreciação (10 anos) (10% do Investimento Fixo Total)	129.907,60
Total annual	579.556,72

¹PETER & TIMMERHAUS, 1990.

V.1.4. Estimativa dos Custos Variáveis

Estão apresentados nas tabelas 5.8, 5.9 e 5.10 os custos variáveis, ou seja, aqueles cujos valores se alteram em função do volume de produção da empresa.

Tabela 5.8 – Demanda e Custos de Matéria-prima.

Item	consumo/ano	Preço (R\$/unidade)	Valor Total (R\$)
Maracuja (tonelada) ¹	18000	350,00	6.300.000,00
Água de processo (m ³) ²	9000	1,00	9.000,00
Total (anual)			6.309.000,00

¹IEA – Instituto de Economia Agrícola; ²Indústrias de alimentos localizadas no Rio de Janeiro

Tabela 5.9 – Demanda e Custos de Mão de obra Direta

Nº Funcionários	Salário ¹	Encargos (80% Salário)	Valor Total (R\$)
12	680	544	14.688,00
Total mensal			14.688,00
Total anual			176.256,00

¹Folha de São Paulo, 2006

Tabela 5.10 – Demanda e Custos de Utilidades

Item	Preço ¹ (R\$/unidade)	Quantidade (unidade/ano)	Valor Total (R\$)
Água limpeza m ³	0,5	1500	750,00
Energia Elétrica kW-h (potência x n° horas de operação x n° dias/ano)	0,27	252000	68.040,00
Total utilidades (anual)			68.790,00
Total custos variáveis			6.554.046,00
Custos operacionais (anual)			7.133.603,00

¹Indústrias de alimentos localizadas no Rio de Janeiro

Os resultados estimados nas tabela 5.8 a 5.10 indicam que o custo da fruta “in natura” é o que apresentou maior impacto no custo total de produção do suco Brix 14 (88%), seguido da mão de obra.

V.1.5. Custos Unitários

A partir dos valores obtidos para o custo fixo total, o custo variável e considerando-se uma produção anual de suco (Brix 14) igual a 5.400.000kg, pode-se estimar o custo unitário de produção deste suco (tabela 5.11).

Tabela 5.11 – Custo Unitário de Produção do Suco de Maracujá Brix 14

Custo Fixo Unitário CFU (R\$/kg)	Custo Variável Unitário CVU (R\$/kg)	Custo Unitário de Produção ¹ (R\$/kg)
0,11	1,21	1,32

¹(Custo unitário= CFU+CVU)

V.2 Unidade de suco de maracujá concentrado e enriquecido com aromas de maracujá

IV.2.1. Estimativa da Produtividade

A produção de aromas foi calculada multiplicando-se o fluxo de permeado, obtido em experimentos piloto na Embrapa Agroindústria de Alimentos (PALÁCIO, et al., 2006) pela área da membrana (tabela 5.12).

O suco, brix 14%, é a matéria-prima utilizada para produção do suco concentrado e dos aromas naturais. A disponibilidade da matéria prima foi estabelecida na primeira etapa do processamento em cerca de 5.400.000 kg/h. Do aroma obtido, somente uma quantidade equivalente a 1% (Willemsen e colaboradores, 2003) da massa de suco concentrado será adicionado ao suco para enriquecê-lo; o restante será comercializado puro.

Tabela 5.12 – Produção de Aroma

Fluxo ¹ (kg/hm ²)	0,2
Área de membrana (m ²)	60
Aroma (kg/ano)	43.200
Matéria prima em kg suco/ano	5.400.000
Rendimento de aroma	0,80%
Produção de aroma (kg/h) (para 300 dias úteis e 12 horas de trabalho)	12
Suco concentrado Brix 50 (10% da fruta) ² (kg/ano)	1.800.000
Suco concentrado enriquecido com aromas naturais (kg/h)	512
Aroma disponível (kg/ano)	25.200

¹PALÁCIO, et al., 2006.

IV.2.2. Estimativa do investimento Fixo

O Investimento fixo, está apresentado nas Tabelas 5.13. a 5.16. Os valores dos

equipamentos foram definidos usando propostas atuais de fornecedores e valores obtidos na literatura (FREITAS, 200?).

Tabela 5.13. Equipamentos Principais do Processo de Produção do Suco Concentrado

	Valor Total (R\$)
módulo de membrana	120.000,00
membranas	60.000,00
Evaporador /concentrador	1.500.000,00
Envasadora para aroma (aço inox AISI 304), potência requerida 18KW	110.000,00
Rotuladora (aço inox AISI 304), até 3500 emb/h, potência requerida: 17 KW	160.000,00
Sub-Total	1.950.000,00
Custo de instalação dos equipamentos (25% sub- total) ¹	487.500,00
Tubulações (15% sub-total) ¹	292.500,00
Instrumentação e controle (5% sub total) ¹	58.500,00
Serviços utilizados (10% sub total) ¹	195.000,00
IPI (18%) ¹	351.000,00
Seguro (5%) ¹	97.500,00
Total	3.432.000,00

¹ PETER & TIMMERHAUS, 1990

Tabela 5.14 – Outros Equipamentos.

	%*IF ¹	Valor Total (R\$)
Equipamentos para Controle de Qualidade	15	292.500,00
Equipamentos secundários	10	195.000,00
Móveis e Equipamentos para Escritório	5	97.500,00
Frota		85.000,00

¹ PETER & TIMMERHAUS, 1990.

Tabela 5.15 – Construção Civil

Item	Valor Unitário ¹ (R\$)	Área (m ²)	Valor Total (R\$)
Terreno		3000	30.000,00
Área construída/m ²	550,00	600	30.000,00
Total			360.000,00

¹www.pini.com.br

Tabela 5.16 – Investimento Total

Investimento Fixo Total	R\$ 4.462.000,00
Partida	R\$ 446.200,00
Investimento total	R\$ 4.908.200,00

¹PETER & TIMMERHAUS, 1990.

V.2.3. Estimativa dos Custos Fixos

Estão apresentados nas Tabelas 5.17 e 5.18 os custos fixos.

Tabela 5.17 – Demanda de Mão-de-Obra Indireta.

Nº	Função	Salário¹	Encargos	Valor Total (R\$)
Funcionários				(80% Salário)¹
5	Técnicos e auxiliares.	700	560	1.260,00
1	Chefe Dpto. Pessoal	900	720	1.620,00
1	Engenheiro de alimentos	2000	1600	3.600,00
1	Gerente Administrativo	3000	2400	5.400,00
1	Diretor	7000	5600	12.600,00
Total MOI (mensal)				24.480,00
Total MOI (anual)				293.760,00

¹Folha de São Paulo, 2006

Tabela 5.18 – Demanda de Mão-de-Obra Indireta.

Cálculo dos custos fixos de operação¹	Valor Total (R\$)
Impostos (2% do IF)	89.240,00
Manutenção (10% do valor IF)	446.200,00
Mão de Obra Indireta + Encargos	293.760,00
Depreciação (10 anos) (10% do Investimento Fixo Total)	446.200,00
Custo Fixo Total annual	1.275.400,00

¹PETER & TIMMERHAUS, 1990.

IV.1.4. Estimativa dos Custos Variáveis

Estão apresentados nas Tabelas 5.19, 5.20 e 5.21 os custos variáveis.

Tabela 5.19 – Demanda de Matéria-prima.

Item	Consumo/ano	Preço (R\$/unidade)	Valor Total (R\$)
suco (tonelada)	5400	1320,00	7.128.000,00
Total Matéria-Prima (anual)			7.128.000,00

Tabela IV.20 – Demanda de Mão de Obra Direta

Nº Funcionários	Salário¹	Encargos (80% Salário)¹	Valor Total (R\$)
8	700	560	10.080,00
Total mensal			10.080,00
Total anual			120.960,00

¹Folha de São Paulo, 2006.

Tabela 5.21 – Utilidades e Embalagens

Item	Preço (R\$/unidade)	Qtde (unidade/ano)	Valor Total (R\$)
Água limpeza ¹ (m ³)	0,5	1500	750,00
Energia Elétrica kW-h (potência x n° horas de operação x dias/ano) ¹	0,27	316800	85.536,00
Embalagem aroma (5Kg) ²	1,5	5040	7.560,00
Embalagem suco (Tetra Pak 1 L) ²	0,80	1.800.000	1.440.000,00
Total Utilidades e embalagens (anual)			1.533.846,00
Total custos variáveis (anual)			8.782.806,00

¹indústrias de alimentos do Rio de Janeiro (RICA); ²Fabricantes do Estado de São Paulo.

IV.2.5. Custos Unitários

A partir dos valores estimados para o custo fixo total e o custo variável total estimou-se o custo unitário para uma capacidade de produção anual de suco concentrado (Brix 50%) igual a 1.800.00kg (tabela 5.22).

Tabela 5.22 – Custo Unitário de Produção Suco Enriquecido com Aromas Naturais

Custo Fixo Unitário CFU (R\$/kg)	Custo Variável Unitário (R\$/kg)	Custo Unitário de Produção ¹ (R\$/kg)	Preço Venda Unitário
0,71	4,88	5,59	7,45

¹(Custo Fixo Unitário + Custo Variável Unitário); ²(fator de composição de preço de 0,25)

IV.2.6. Fluxo de Caixa

Na tabela 5.23 estão apresentados os principais dados econômicos do processo. O fluxo de caixa (tabela 5.24) indica a resultante final das entradas e saídas de recursos.

Tabela 5.23 – Fluxo de Caixa para a Planta de Produção de Suco Enriquecido com Aromas Naturais

Custo unitário suco enriquecido	R\$ 5,59
Fator composição	R\$0,25
Preço de venda do suco concentrado enriquecido	R\$7,45
Preço de venda do aroma	R\$50,00
Vendas do suco concentrado + aroma (receita)	R\$14.670.941,33
Reposição das membranas (vida útil = 3 anos)	R\$60.000,00
Distribuição marketing (7% da Receita) ¹	R\$ 440.128,24
IOF, IPI (22% da Receita) ¹	R\$3.227.607,09
Receita	R\$11.063.206,00
Custos operacionais	R\$8.782.806,00
Lucro Bruto anual (receita - custos op.)	R\$2.280.400,00
Imposto de renda (27% do Lucro Bruto) ¹	R\$615.708,00
Lucro apos IR	R\$1.664.692,00
Depreciação (10% do Investimento Fixo) ¹	R\$ 446.200,00
Capital de giro (3 meses dos custos operacionais)	R\$2.195.701,50

¹PETER & TIMMERHAUS, 1990.

Um projeto é considerado viável economicamente se a taxa interna de retorno (*TIR*) for maior que a taxa mínima de atratividade (*TMA*). Desta forma, analisando-se os dados da tabela 5.24 (*TIR*=30%) é possível constatar que, para uma *TMA* de 18% ao ano, o critério de decisão indica que o projeto é viável do ponto de vista econômico. Portanto, a produção de suco de maracujá concentrado e enriquecido com aromas naturais poderá resultar em um investimento atraente para a empresa.

Tabela 5.24 – Taxa Interna de Retorno

Período	Fluxo de Caixa
0	R\$ (4.908.200,00)
1	R\$(84.809,50)
2	R\$ 2.110.892,00
3	R\$2.110.892,00
4	R\$2.050.892,00
5	R\$ 2.110.892,00
6	R\$2.110.892,00
7	R\$2.110.892,00
8	R\$2.050.892,00
9	R\$2.110.892,00
10	R\$4.306.593,50
TIR	30%

V.2.7. Análise de Sensibilidade

Realizou-se uma análise de sensibilidade no valor a TIR em relação às variações no preço da matéria prima (suco Brix 14%), no preço da embalagem e no fator de composição de preço do produto, visando estabelecer a influência destes fatores na viabilidade econômica do projeto. Estes fatores foram selecionados pois, exercem um maior impacto no custo unitário do produto.

Como pode ser verificado na Tabela 5.25, foi feita uma variação de $\pm 10\%$ em cada fator e estimou-se um novo valor para a TIR. Percebe-se que a TIR não foi sensível às variações no preço da embalagem, na faixa analisada. Já em relação ao fator de composição de preço, foi observada uma maior sensibilidade. Para um aumento de 10% do fator, obteve-se um aumento de aproximadamente 17% no valor da TIR. O que não foi observado em relação ao preço da matéria prima, onde a sensibilidade é bem menor.

Tabela 5.25 – Análise de Sensibilidade no Valor da Taxa Interna de Retorno

	TIR
Preço do suco Brix 14%	
1188	31%
1320	30%
1452	30%
Embalagem	
0,72	30%
0,80	30%
0,88	30%
fator composição de preço	
0,225	26%
0,25	30%
0,275	35%

IV.3. Ponto de Nivelamento

Ponto de nivelamento representa a quantidade de produção onde a receita total (RT) se iguala ao custo total (CT). Ele mostra o nível mínimo de produção além do qual a atividade daria lucro econômico. Enfim, o ponto de nivelamento (q_n) está representado no gráfico da figura 1 e o seu valor é cerca de 506 toneladas, para o processo de produção do suco enriquecido com aromas naturais. Este resultado, bastante inferior à capacidade instalada de 1800 toneladas anuais, indica que os custos fixos são bem menores que os custos variáveis, quando se opera na capacidade projetada.

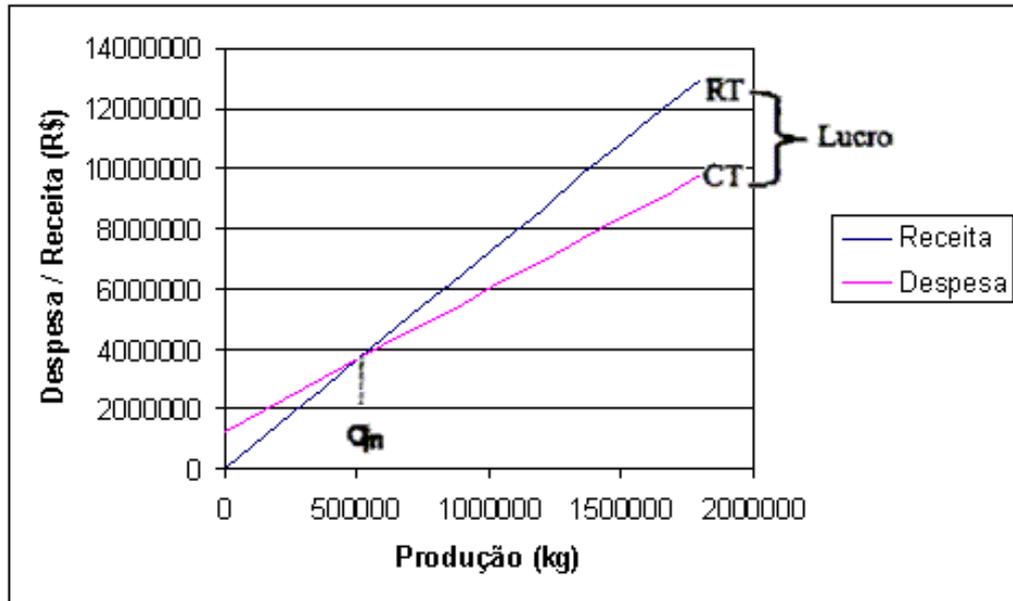


Figura 5.1. Ponto de Nivelamento do Processo de Produção de Suco de Maracujá Enriquecido com Aromas.

VI. CONCLUSÕES

A produção de suco de maracujá concentrado e enriquecido com aromas naturais mostrou-se economicamente viável com uma TIR estimada em 30%. O processo é competitivo devido especialmente à possibilidade de comercialização do aroma excedente. Os aromas de frutas tropicais sempre geraram grande interesse, sobretudo internacional, e sua demanda é crescente.

Sendo assim, pode-se pensar em colocar o suco de maracujá enriquecido com aromas naturais como um novo produto no mercado, com uma boa expectativa de retorno do investimento. O suco de maracujá já conquistou e vem ampliando ainda mais sua participação no mercado de sucos naturais concentrados.

A procura, por parte dos consumidores, por uma alimentação mais diversificada, está cada vez mais evidente. Neste cenário, o suco de maracujá concentrado e enriquecido com aromas naturais tem um mercado potencial. Pelo estudo apresentado, o seu preço estimado foi ligeiramente superior ao suco concentrado convencional entretanto, o consumidor estará adquirindo um produto com sabor e qualidades superiores aos produtos convencionais.

Para a indústria, a produção do suco de maracujá enriquecido pode ser vantajoso sob vários aspectos. Para aquelas tradicionalmente exportadoras, pode ser uma alternativa para o mercado interno, que se encontra em franca expansão, e é mais estável se considerada as variações nas exportações de suco. E ainda, o surgimento de novos produtos no mercado pode estimular o desenvolvimento de pequenas agroindústrias existentes, aumentando seu potencial produtivo, e promover o aparecimento de outras empresas do ramo.

O suco de maracujá enriquecido poderá conquistar uma fatia do mercado que não pertence a nenhum dos produtos já comercializados. Além de ir de encontro da tendência mundial de opção dos consumidores por produtos mais práticos prontos para consumo. No caso do suco de maracujá enriquecido, trata-se ainda de um produto com características mais próximas do suco de maracujá in natura.

VI. Referências

- BÖRJESSON, J.; KARLSSON, H.O.E.; TRÄGARDH G. Pervaporation of model apple juice aroma solution: comparison of membrane performance. **Journal of Membrane Science**, v. 119, p. 229-239, 1996.
- BRASIL, Resolução CTA, ANVISA nº 05 , de 08 de outubro de 1979.
- HICKEY, P.; STEWART-SLATER, C. The Selective Recovery of Alcohols from Fermentation Broths by Pervaporation. **Separation and Purification Methods**, v.19, p. 93-115, 1990.
- HIU, D.N.; SCHEUER, P.J. The volatile constituents of passion fruit juice. **Journal Food Science**, v. 26, p. 557-563, 1961.
- HOEHNE, F.C. Frutas Indígenas. Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio, Instituto de Botânica, São Paulo, 1946.
- HUANG, R. Y. M. **Pervaporation membrane separation process**. Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1991, 78p.
- JUNIOR, F.L.C., ESTANISLAU, M.L.L., PAIVA, B.M. Aspectos econômicos da cultura do maracujá. **Informe Agropecuário**, n. 206, p. 10-17, 2000.
- MAARA/EMBRAPA/CNPMF. Instruções Práticas Para o Cultivo do Maracujazeiro **Circular Técnica**, nº 20,1994.
- MARTINS, M.R.; OLIVEIRA, J.C.; DI MAURO, A. O.; SILVA, P.C. Avaliação das populações de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) obtidas de polinização aberta. Rev. Bras. de Fruticultura, v.25; no.1, p. 1-8, 2003.
- MATTOS, I.L.; QUEIROZ, R.R.U. Pervaporação: uma técnica de separação contínua não-cromatográfica. **Química Nova**, v.21 n.2, 1998.
- MONTEIRO, M. Transformação genética de maracujá amarelo visando resistência à *Xanthomonas axonopodis* pv. Passiflorae. Tese de D.Sc. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ-USP, 134p. São Paulo, 2005.
- NARAIN, N.; ALMEIDA, J.N.; GALVÃO, M.S.; MADRUGA, M.S.; BRITO, E.S. Compostos voláteis dos frutos de maracujá e de cajá obtidos pela técnica de headspace dinâmico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.212-216, 2004.
- PALACIO, D. N. M.; CARVALHO, R.A.; BIZZO, H. R.; MATTA, V. M.; CABRAL,

- L. M. C. Influence of temperature and membrane on pervaporation of passion fruit juice. In: 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering, 2005, Proceedings **ENPROMER 2005**. Rio de Janeiro: E- papers serviços Especiais, 2005. v.1.
- PEREIRA, C.C.; RUFINO, J.R.M.; HABERT, A.C.; NOBREGA, R.; CABRAL, L.M.C.; BORGES, C.P. Aroma compounds recovery of tropical fruit juice by pervaporation: membrane material selection and process evaluation. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 77-87, 2005.
- PETER M., TIMMERHAUS K., 1990, Plant Desing and Economics for Chemical Engineers, Mc Grawhill, New York.
- RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A.R.; VOLPE, C.A.; OLIVEIRA, J.C. de; DURIGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J.G.; SILVA, J.R. da; NAKAMURA, k.; FERREIRA, M.E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. de P. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 64p. (**FRUPEX. Publicações Técnicas**, 19)
- TRESSL, R.; ENGEL, K.H. Formation of Esters and Terpenoids in Passion Fruits and Their Importance to Quality Evaluation. v.1. In: CHARALAMBOUS, G.; INGLET, G. **Instrumental Analysis of Foods: Recent Progress**. New York: Academic Press, 1983. p. 153-182.
- WILLEMSEN, J.H.A. The next step in recovery of natural aroma by organophilic pervaporation: upscaling & industrialization. **Filtech** p. 460–467, 2003.

Páginas on line consultadas

- Administração e Economia do Maracujá; Disponível em http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=8543. Acesso em 15 jan. 2007.
- Embalagens para sucos. Disponível em: <http://www.furg.br/portaldeembalagens/quatro/sucos.html>. Acesso em: 17 jan. 2007.
- EPABA (Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia). Instruções para o Cultivo do Maracujá. **Circular Técnica**. nº 7 ,1984.
- Farmácia on-line. Disponível em: <http://www.portalfarmacia.com.br/farmacia/principal/conteudo.asp?id=380>. Acesso em 12 dez. 2006.

Flavor & Fragrance Industry Leaders; Disponível em: http://www.leffingwell.com/top_10.htm. Acesso em 02 jan. 2007.

Fruta Da Paixão: Paronama Econômico Do Maracujá No Brasil; Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8261> . Acesso em 26 jan. 2007.

Frutiséries; Disponível em: http://www.bnb.gov.br/content/Aplicacao/ETENE/Rede_Irrigacao/Docs/FrutiSeries-DF_2_Maracuja.PDF. Acesso em 20 jan. 2007

Maracujás para mercado de frutas frescas. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MARACUJA/Maracuja.htm>. Acesso em 07 jan. 2007.

MORAES, M.V.I.; “Produção de polpa de fruta congelada e suco de frutas”. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/upload/dossies/sbrt-dossiel.pdf>. Acesso em 20/01/2007.

Pasteurizador tubular para polposos. Disponível em <http://www.pennone.com.br/11%20pasteurizador%20tubular.htm>. Acesso em 15 dez. 2006.

Pervaporação: uma técnica de separação contínua não-cromatográfica. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40421998000200016&script=sci_arttext. Acesso em 21 jan. 2007.

Revista química e derivados. Disponível em: <http://www.quimica.com.br/revista/qd424/aromas2.html>. Acesso em 20 jan. 2007.

www.bndes.gov.br. Disponível em: <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/PaginasCartao/Catalogo.asp?Acao=LPC&.CTRL=&Cod=388#>. Acesso em: 12 jan. 2007.