

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

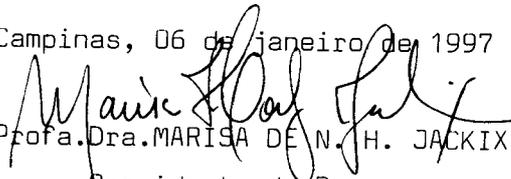
**DESCORAMENTO DE CALDAS PROVENIENTES DE
DESCARTES DE BALAS DURAS, VISANDO O
REAPROVEITAMENTO INDUSTRIAL**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por IEDA KANASHIRO MAKIYA e aprovada pela Comissão Julgadora em 06.01.97.

IEDA KANASHIRO MAKIYA
Engenheira de Alimentos

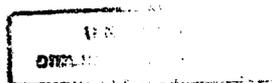
Campinas, 06 de janeiro de 1997


Profa. Dra. MARISA DE N. H. JACKIX
Presidente da Banca

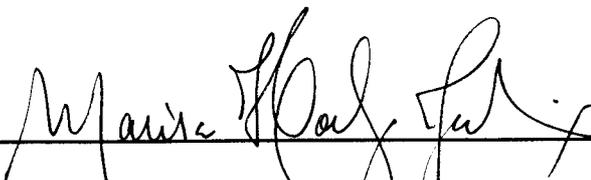
ra. MARISA DE NAZARÉ HOELZ JACKIX
orientadora

**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos
da Universidade Estadual de Campinas para obtenção
do título de mestre em Tecnologia de Alimentos**

CAMPINAS - 1996



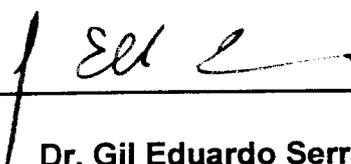
Banca Examinadora:



Dra. Marisa de Nazaré Hpelz Jackix
(orientadora - membro)



Dr. Sílvio Roberto Andrietta
(membro)



Dr. Gil Eduardo Serra
(membro)

Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia
(membro)

Campinas, 1996

Dedico este trabalho:

Ao meu marido Flávio, pelo amor, dedicação, e apoio em todos os momentos

para que esse trabalho se tornasse realidade;

Aos meus pais, Nathália e Saneo, pelo amor, carinho, incentivo constante ,

dedico-lhes meu eterno sentimento de gratidão.

Agradecimentos:

À professora Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix pela amizade, orientação deste trabalho e apresentar-se sempre receptiva a novas idéias e discussões;

Aos professores Dr. Sílvio Roberto Andrietta, pela orientação e colaboração fundamental neste trabalho; Dr. Gil Eduardo Serra, por autorizar que a parte experimental fosse realizada no CPQBA e pela correção detalhada e ajustes finos em toda a tese; Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia, pelo apoio e presença constante em todas as horas; Dra. Hilary Castle de Menezes, pelas correções dos summary dos trabalhos desenvolvidos, sempre atenciosa e prestativa ; e a todos citados acima, pelas sugestões apresentadas na redação final deste trabalho;

À CAPES e FAEP pelo apoio financeiro;

À Fábrica de Balas São João S.A., por tornar esse trabalho possível, através do fornecimento de matéria-prima e permitir a realização dos testes em escala industrial. Agradeço aos diretores Mario Schraider e Oswaldo Grisotto Junior, ao gerente de qualidade Aparecido de Freitas, e aos meus superiores diretos na época em que lá trabalhei - Carlos Eduardo Automar e Adalberto de Almeida, e Alfredo (supervisor de produção).

Aos amigos da Engenharia Mecânica que colaboraram para o encamisamento e isolamento térmico das colunas: Prof. Dr. Waldir Bizzo, Maurício de Pieri, Luís Gama e Luís Zanaga do Departamento de Engenharia Térmica e Fluidos.

Aos amigos da Engenharia Agrícola que permitiram a utilização do laboratório para realização de algumas análises: Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti, Dagoberto, Dario e Francisco.

Aos amigos do CPQBA: Alexandre, Aparecido, Edilberto, Eduardo, Graça, Marta, Telma, Tereza e Terezinha.

À Denise do Departamento de Climatologia do Instituto Agronômico de Campinas.

Aos amigos da FEA: Cosme, Henrique, Marçal, Marlene e Suzi (Secretaria DTA); Margarete e Cris (Secretaria da Pós); Cláudia, Creuza, Geraldo, José, Marli, Toninho (Biblioteca); Aninha, Mara, Natalina (Laboratório de Frutas); Jonas e Rogério (Xerox); Ana Beatriz, Ana Lúcia, Andréia, Cristina, Edilene, Eduardo, Flávia, Genoveva, Joaquim, João Paulo, Márcia, Niurka, Patrícia, Paulo Eduardo, Ricardo.

Aos amigos queridos de convívio: Marie Togashi, Humberto, Felipe, Ely e Lia, Gonzaga, Eliete, Natália, Roseli, Elton, Néelson, Angelita, Marjorie, Joselito, Fileto, Fábio , Leila, e a todos os amigos do volley.

E a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABELAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMO	viii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5. CONCLUSÕES.....	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. BALAS DURAS	3
2.1.1. Recuperação de devoluções e reparas de balas duras.....	7
2.1.2. Corantes e aromas na indústria de balas	10
2.2. DESCORAMENTO DE CALDAS EM LEITO DE CARVÃO	12
2.2.1. Adsorção	13
2.2.2. Carvão ativado	15
2.2.3. Propriedades do carvão ativado	17
2.2.4. Fatores que influenciam o descoramento de caldas de açúcar em leite de carvão	20
2.2.4.1. Temperatura do líquido.....	20
2.2.4.2. Concentração.....	20
2.2.4.3. Acidez da calda	21
2.2.4.4. Tempo de contato	21
2.2.4.5. Tipos de leite	22
2.2.4.6. Operação descendente e operação ascendente	23
2.2.4.7. Fluxo gravitacional e fluxo pressurizado.....	23
2.2.4.8. Retrolavagem.....	24
2.2.4.9. Sistemas de reativação.....	25
2.3. ESTUDO DA ESTABILIDADE DE BALAS	26
2.3.1. Vida-de-prateleira sob condições normais.....	28
2.3.2. Vida-de-prateleira sob condições aceleradas.....	28

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS	30
3.1.1. matéria-prima	30
3.1.2. Material adsorvente	31
3.1.3. Reagentes	31
3.1.4. Equipamentos	31
3.2. MÉTODOS	32
3.2.1. Determinações físicas e químicas da calda e do produto acabado	32
3.2.1.1. pH	32
3.2.1.2. Teor de sólidos solúveis	33
3.2.1.3. Cor	33
3.2.1.4. Açúcares redutores	33
3.2.1.5. Umidade	34
3.2.1.6. Avaliação sensorial	34
3.2.2. Preparo da calda	34
3.2.3. Preparo da coluna	35
3.2.3.1. Ativação do material adsorvente	37
3.2.3.2. Lavagem da coluna	38
3.2.3.3. Processo de descoramento da calda	38
3.2.4. Otimização das condições operacionais da coluna	40
3.2.4.1. Efeito da temperatura	40
3.2.4.2. Efeito da concentração	40
3.2.4.3. Efeito da taxa de aplicação e da concentração	40
3.2.4.4. Descoramento da calda alcalinizada a pH=6,0	41
3.2.4.5. Efeito da taxa de aplicação no grau de inversão	42
3.2.5. Preparo da calda descorada para teste de aplicação industrial	42
3.2.6. Caracterização da calda para teste de aplicação industrial	42
3.2.7. Aplicação industrial da calda na produção de balas duras	43
3.2.8. Avaliação da vida-de-prateleira do produto acabado	46

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. ESTUDO DO DESCORAMENTO DE CALDAS	
PROVENIENTES DE DESCARTES DE BALAS DURAS	47
4.1.1. Caracterização da calda de descartes.....	47
4.1.2. Efeito da temperatura na redução de cor.....	48
4.1.3. Efeito da taxa de aplicação e	
da concentração da calda na redução de cor.....	49
4.1.4. Efeito do pH na redução de cor	53
4.1.4.1. Calda com pH=3,5	53
4.1.4.2. Calda com pH=6,0	55
4.1.5. Efeito da taxa de aplicação no grau de inversão	58
4.2. APLICAÇÃO INDUSTRIAL DA CALDA	
NA PRODUÇÃO DE BALAS DURAS	59
4.2.1. Caracterização da calda	59
4.2.2. Caracterização da bala padrão e da bala teste	60
4.3. AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO PRODUTO	61
4.3.1. Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições normais.....	62
4.3.2. Vida-de-prateleira da bala teste sob condições normais	63
4.3.3. Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições aceleradas.....	65
4.3.4. Vida-de-prateleira da bala teste sob condições aceleradas	67
4.3.5. Avaliação do produto final.....	68
5. CONCLUSÕES.....	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais corantes utilizados em balas	10
Tabela 2 - Formulações da bala padrão e da bala teste	44
Tabela 3 - Características da calda de descartes de balas duras.....	47
Tabela 4 - Efeito da temperatura na redução de cor da calda	48
Tabela 5 - Efeito da concentração da calda e da taxa de aplicação sobre a porcentagem de redução de cor da calda.....	52
Tabela 6 - Características da bala padrão e da bala teste.....	60
Tabela 7 - Características de balas duras adequadas ou não ao consumo.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da fabricação de balas duras.....	5
Figura 2 - Fórmulas estruturais dos corantes.....	11
Figura 3 - Seções da coluna de carvão.....	19
Figura 4 - Colunas de carvão.....	35
Figura 5 - Montagem do filtro da coluna.....	36
Figura 6 - Esquema do equipamento de descoramento de calda.....	39
Figura 7 - Fluxograma da produção da bala padrão e da bala teste.....	45
Figura 8 - Efeito da taxa de aplicação no descoramento da calda.....	49
Figura 9 - Aspecto visual da clarificação da calda a 55°Brix.....	50
Figura 10 - Curva de descoramento da calda a 65°Brix.....	51
Figura 11 - Curva de descoramento da calda a 65°Brix , pH=3,5.....	53
Figura 12 - Aspecto visual do descoramento da calda a 65° Brix , pH 3,5.....	54
Figura 13 - Curva de descoramento da calda a 65°Brix , pH 6,0.....	55
Figura 14 - Aspecto visual do descoramento da calda a 65° Brix , pH 6,0.....	56
Figura 15 - Efeito do pH no descoramento de calda.....	57
Figura 16 - Efeito da taxa de aplicação no grau de inversão.....	58

Figura 17 - Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições normais	62
Figura 18 - Vida-de-prateleira da bala teste sob condições normais.....	64
Figura 19 - Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições aceleradas	66
Figura 20 - Vida-de-prateleira da bala teste sob condições aceleradas.....	67
Figura 21 - Teor de açúcares redutores da bala padrão	
sob condições normais e aceleradas.....	69
Figura 22 - Teor de umidade da bala padrão	
sob condições normais e aceleradas.....	69
Figura 23 - Teor de açúcares redutores da bala teste	
sob condições normais e aceleradas.....	70
Figura 24 - Teor de umidade da bala teste	
sob condições normais e aceleradas.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - Encamisamento térmico da coluna	83
ANEXO 2 - Cálculo do teor de polissacarídeos	86
ANEXO 3 - Condições climáticas da região de Campinas	90
ANEXO 4 - Médias anuais de temperatura e umidade relativa da região de Campinas.....	92
ANEXO 5 - Método de avaliação da vida-de-prateleira sob condições aceleradas	93

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as condições de descaramento de caldas provenientes de descartes de balas duras, e a possibilidade de reaproveitamento destas caldas na linha de produção. Neste estudo, as caldas foram obtidas pela dissolução de descartes de pirulitos sabores mistos (morango, abacaxi, laranja e uva) e descartes de drop's sabor cereja. Foram avaliadas nas concentrações de 55 e 65° Brix; no pH original de dissolução e em condições alcalinizadas a pH 6,0. O processo de descaramento foi realizado na forma de fluxo pressurizado em colunas com leito fixo de carvão animal granular. O volume de leito de 1400 ml de carvão foi distribuído em duas colunas em série com 700 ml de carvão cada. As condições operacionais estudadas foram temperaturas de 40, 60 e 80° C; taxas de aplicação baseadas em volume de leito por hora, nos valores de 2,5, 4,0, 5,0, 8,0 e 10,0. A avaliação do processo foi feita em função da cor (unidades de cor ICUMSA) e do teor de açúcares redutores da calda recuperada.

Verificou-se que o melhor resultado foi obtido quando se utilizou calda com pH original da dissolução (calda ácida), a 65° Brix, a temperatura de 80° C, numa taxa de aplicação de 5 bv (5 volumes de leitões por hora). Avaliou-se uma das formas de aproveitamento da calda recuperada, na reformulação de balas duras e avaliação posterior da estabilidade do produto acabado, sob condições normais e aceleradas. Comprovou-se que o produto, com substituição de 50% da calda padrão pela calda recuperada apresentou características semelhantes à bala padrão. Com esta redução de custo, obteve-se um produto mais barato e de comercialização mais rápida, visto sua vida-de-prateleira reduzida (3 meses), em relação ao padrão (6 meses).

SUMMARY

The purpose of this research was to study the conditions for discolouring syrups arising from hard candy waste, and the possibility of reusing these syrups in the production line. In this study, the syrups were obtained by dissolving waste from mixed flavour lollypops (strawberry, pineapple, orange and grape) and from cherry drops. The syrups were evaluated at concentrations of 55 and 65°Brix, both at the original pH after dissolution and after alkalization to pH 6,0. The discolouring process was carried out in columns of granular bone charcoal in fixed bed under a pressurized flux. The bed volume of 1400 ml of bone charcoal was distributed between two columns in series with 700 ml of bone charcoal in each. The operating conditions were studied at temperatures of 40,60 and 80°C and application rates based on the numbers of bed volumes per hour at values of 2,5, 4, 5, 8 e 10. The process was evaluated as a function of the colour (ICUMSA units colour) and the % of reducing sugar in the regenerated syrups. It was shown that the best process was that using the syrup at its original pH of dissolution (acid syrup), at 65°Brix, at a temperature of 80°C and with an application rate of 5 bv. The use of the regenerated syrup in the formulation of hard candy was evaluated, including a shelf-life study of final product, under normal and accelerated conditions. It was shown that the product, containing 50% substitution of the standard syrup by regenerated syrup, presented characteristics similar to those of the standard hard candy. With this reduction in cost, a cheaper product was obtained, but requiring faster comercialization, due to its reduced shelf-life (3 months), as compared to that of the standard product (6 months).

1. INTRODUÇÃO

O segmento de balas é bastante significativo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor do mundo, com uma produção de 350 mil toneladas de balas por ano. (FOLHA DE SÃO PAULO, 1993).

Visto a importância desse mercado, este trabalho se preocupou com algumas dificuldades no processo industrial, como a recuperação de descartes. Algumas indústrias de balas, com produção média de sessenta a setenta e cinco toneladas diárias apresentam perdas, em linha de produção, na ordem de 4 a 5% . Este é um valor considerável e representa uma produção média de 2,4 a 3 toneladas de descartes por dia.

Este fato é um problema tanto sob o aspecto tecnológico como sanitário, pois as indústrias não podem se desfazer deles sob forma sólida, pois são atrativos para insetos e roedores que representam um problema de saúde pública (RIEDEL, 1987); nem sob forma líquida sem devido tratamento, o qual exige a montagem de uma planta de tratamento de resíduo proporcional a quantidade de água a ser tratada (CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), necessitando de espaço físico e investimento nem sempre disponíveis.

Desse modo, as indústrias devem tentar reduzir ao máximo esse percentual de perdas através da introdução de equipamentos mais adequados, melhor controle de processo e aproveitamentos destes resíduos sob a forma de novos produtos.

O enfoque, ao se considerar a produção de descartes de alimentos (desperdícios, resíduos), deve ser voltado a sua aplicabilidade e objetivos como a

produção de um alimento palatável barato, que deve ser aceito pela população mais carente. Assim sendo, surgirão novos métodos de produção alimentar para dar suporte à população, à medida que a necessidade aumente. (Rolfe, 1976).

A proposta deste trabalho é transformar descartes de balas duras em uma calda descorada, através de um processo de adsorção dos corantes artificiais em coluna de carvão animal. Este é um processo tecnológico de baixo investimento, com emprego de equipamentos simples, que possibilita a produção de um xarope recuperado, que analogamente ao xarope de açúcar invertido e xarope de glucose, pode ser utilizado por empresas fabricantes de bolachas e biscoitos, balas e chicletes, compotas, panificadoras, colas, detergentes, sucos, chocolates. Além de eliminar as etapas de transformação do açúcar em xarope com açúcares redutores, apresenta vantagens de fornecer o açúcar sob a forma líquida, o que reduz operações envolvidas na carga, descarga, transporte, e consumo de energia elétrica, combustível para caldeiras, mão-de-obra, e facilita a distribuição nas linhas de produção.

Outro objetivo deste trabalho é verificar a utilização desta calda recuperada, na própria indústria. Uma das possíveis aplicações seria a introdução dessa calda na reformulação de balas duras, substituindo parcialmente o xarope de glucose, com conseqüente redução de custo. Posteriormente, o estudo da estabilidade do produto final, sob condições aceleradas e condições normais, possibilita o desenvolvimento de uma metodologia para verificar o perfil de comportamento tanto do produto padrão como do produto teste, estabelecendo padrões de qualidade e correlação da estabilidade do produto num tempo reduzido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. BALAS DURAS

Em termos oficiais, balas e caramelos são preparações à base de pasta de açúcar fundido, de formatos variados e de consistência dura ou semidura, com ou sem adição de outras substâncias permitidas. Incluem-se nesta Norma, entre outras definições, o seguinte: Bala dura : produto preparado à base de açúcares fundidos e adicionado de substância que caracteriza o produto, como sucos de frutas, óleos essenciais e adicionado de outras substâncias permitidas; a principal característica do produto é o de apresentar-se duro e quebradiço, normalmente transparente ou translúcido; “drop’s” : bala dura, prensada em formato característico, normalmente transparente ou translúcida; pirulito: bala dura, em formato característico e suportado por uma haste (NTA 58 do Decreto do Ministério da Saúde nº 12.486 de 20 de outubro de 1978).

Bala dura é um produto cristalino, normalmente colorido e aromatizado artificialmente, com adição de ácido, apresentando teor de umidade entre 2 a 3%. Por ser um produto supersaturado, com grande tendência a cristalizar, a composição de açúcares e o teor de umidade são fatores fundamentais na estabilidade do produto durante a estocagem.

Balas produzidas só com sacarose resultam num produto cristalizado, o que torna indispensável a utilização dos chamados “doctors” como xaropes de milho ou de açúcar invertido. Esses xaropes aumentam a solubilidade da sacarose na mistura e dificultam a sua recristalização.

Ao xarope de glucose é atribuído a vantagem de aumentar a viscosidade da solução, devido a presença de polissacarídeos, o que dificulta a aproximação das moléculas de sacarose (movimento Browniano dos cristais), evitando a cristalização.

Por outro lado, para a produção de balas duras, o xarope de açúcar invertido possui a desvantagem de apresentar alta higroscopicidade, devido a presença de frutose. Balas com alto teor de açúcar invertido apresentam maior tendência a absorver umidade, durante a estocagem, o que provoca uma redução na vida-de-prateleira. (HEISS, 1959; LEES & JACKSON, 1973; TATEO, 1978; DANIEL, 1978; MOTHE, 1990).

Os processos industriais de produção de balas têm sido revistos por GROSSO (1972), LEES & JACKSONS (1973), TATEO (1978), MINIFIE (1989), MOTHE (1990). Um fluxograma básico do processo pode ser visto na Figura 1.

A primeira etapa do processo é a dissolução. Nesta fase a quantidade de água deve ser mínima necessária para dissolver completamente a sacarose. Um dos sistemas mais utilizados é onde se utiliza o equipamento "COOL MIX", desenvolvido pela empresa "TER-BRAK". Neste sistema a sacarose, água e xarope de glucose são misturados a frio, sob agitação.

Em sequência, processa-se a concentração, que é o processo onde não deve haver escurecimento e sim controle de inversão e redução da umidade ao nível de 2%. Existem diferentes sistemas de concentração, que podem ser:

- por fogo direto: consiste em aquecer a solução de açúcares em tachos até uma temperatura que varia de 150 - 155°C. Neste caso, o tempo prolongado de aquecimento da massa (30 - 35 minutos) provoca um percentual relativamente elevado de inversão (4 - 8%);

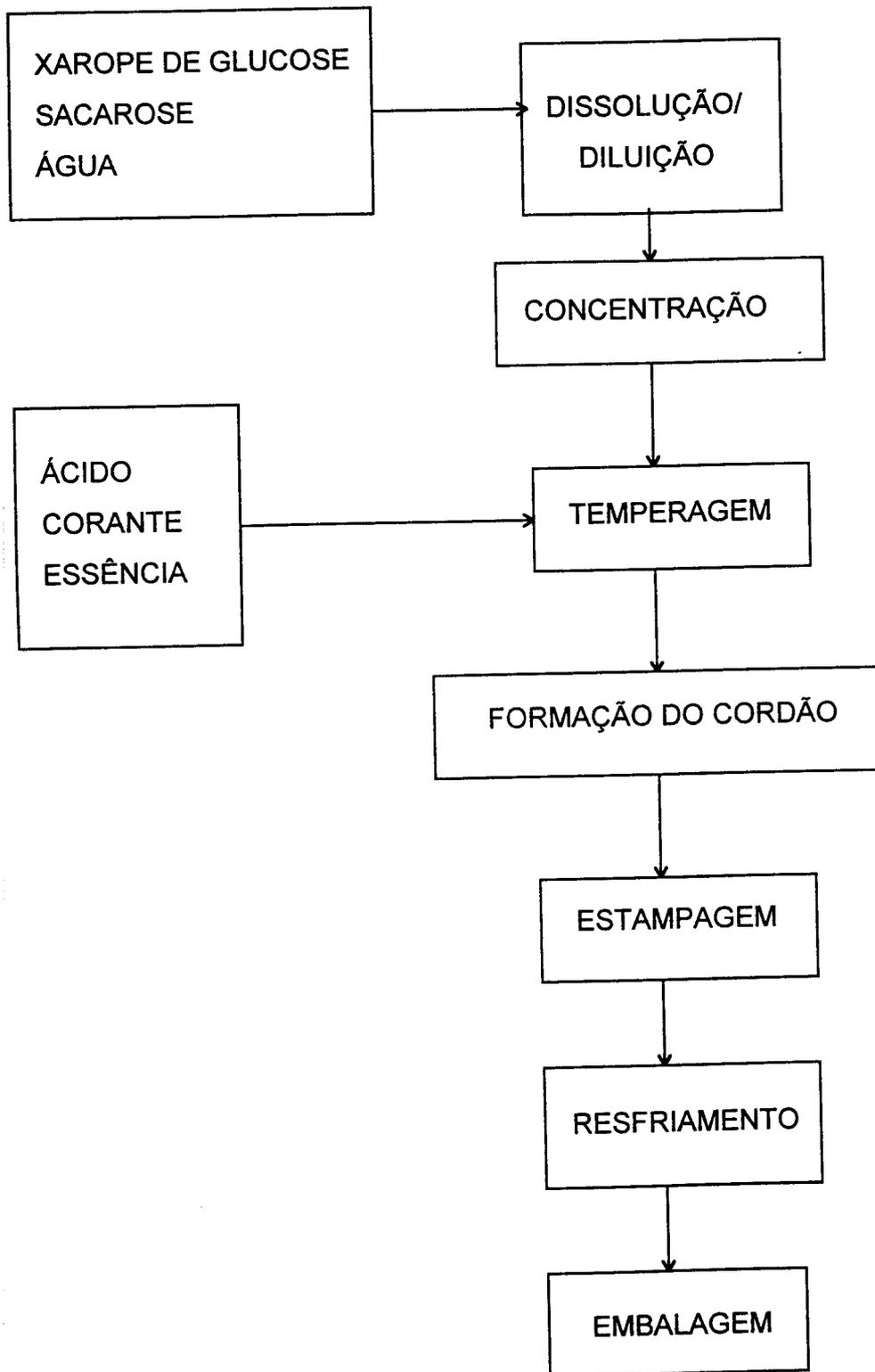


Figura 1 - Fluxograma da fabricação de balas duras

- o cozedor universal: consiste em concentrar a solução de açúcares em tachos dotados de camisa de vapor e câmara de vácuo. A temperatura de processo varia de 135 - 140°C , com tempo de aquecimento menor, resfriamento pelo vácuo e menor percentual de inversão (1 a 6%);
- serpentina: neste sistema, o xarope depois de preparado é bombeado através de uma serpentina aquecida com vapor. O xarope é cozido até a temperatura desejada (140 - 142°C). Ao sair da serpentina, o xarope entra em uma câmara de expansão onde o vapor é eliminado. A massa produzida, entra automaticamente em uma câmara de vácuo onde se retira o resto de umidade da massa e o resfriamento se processa (117 - 118°C), resultando num percentual de inversão de 0,5 - 2,5%;
- microfilme - a massa é precozida num sistema de serpentina e posteriormente passada para o microfilme, que é um trocador de calor de superfície raspada, constituído por um tubo de bronze com camisa a vapor e dotado de um rotor a alta velocidade montado no centro do tubo. Este sistema garante uma rápida troca de calor e evita qualquer sobrecocção, operando à temperaturas que variam de 148 - 152°C e tempo de passagem de 8 segundos, o que diminui o percentual de inversão (menor que 0,3%).

Após a concentração o xarope pode ser pingado em moldes metálicos e solidificado na forma final da bala, em túnel de resfriamento. Porém, o processo mais utilizado nas indústrias de bala tem sido a estampagem de um cordão plástico, conforme processo descrito a seguir.

Na temperagem é importante que a massa de açúcar cozido, independente do processo de cozimento, seja resfriada o mais rapidamente possível (85 - 90°C), em mesas com sistema de resfriamento, onde são adicionados o ácido, o corante e o aroma.

A mistura desses aditivos deverá ser feita com a menor agitação possível para evitar a formação de bolhas de ar que conferirão opacidade ao produto. Dois fatores são responsáveis pelo bom resfriamento da massa: a condutividade térmica do produto e a diferença de temperatura da massa e a mesa. Uma massa lisa, sem bolhas de ar tem sua condutividade térmica melhor do que aquelas com bolhas de ar. Quanto mais rápida a massa esfriar, menor será o grau de inversão da sacarose. A massa deverá permanecer nas mesas de resfriamento o suficiente para adquirir plasticidade ideal para ser conduzida à bastonadeira.

A função da bastonadeira é transformar a massa plástica em um cordão, que deverá alimentar uma trefila. A temperatura ideal de plasticidade é de 72 -75°C. A inclinação de uma bastonadeira deve ser o mais uniforme possível, para que os rolos cônicos forneçam um cordão de massa com diâmetro adequado para entrada na trefila.

A trefila tem como sua função principal regular o peso final do produto pela redução de diâmetro do bastão formado, desde a saída da bastonadeira até a entrada da máquina estampadora. Em seguida as balas seguem para a esteira de resfriamento (30 - 35°C), e posteriormente, para a sala climatizada de embalagem.

2.1.1. Recuperação de devoluções e reparas de balas duras

Segundo LEES & JACKSON (1973) e GROSSO (1972) algumas dificuldades na elaboração das balas duras e possíveis erros de processo levam a defeitos como granulação, opacidade, cor escura e outros, muitos dos quais resultam em produtos de descartes. A maior parte da produção de descartes se encontra nas primeiras fases de formação do cordão e na estampagem, devido a problemas operacionais, relacionados a plasticidade da bala.

O processo básico de recuperação como xarope consiste de dissolver o descarte na água, remover matéria estranha e pedaços de nozes e frutas, ajustar o pH e então adicionar carvão descolorante e filtrar. Com alguns confeitos tais como balas duras flavorizadas ácidas, fondants recheados de frutas, ou geléias de frutas, a proporção de açúcar invertido presente ou formado no processo de recuperação é considerável e é preferível converter o descarte em xarope de açúcar invertido. Este xarope pode ser usado na formulação original para substituir açúcar invertido, geralmente na faixa de 10% da formulação básica. (MINIFIE, 1989).

Uma prática muito difundida na indústria consiste em adicionar os restos de balas duras, rebarbas e devoluções por sementeira do descarte à pasta de calda de açúcar recém preparada sob vácuo ou em tacho aberto, homogeneizando tudo, colorindo e agregando ácido posteriormente. Este sistema deve ser totalmente desaconselhado, porque pode provocar a sementeira de cristais de sacarose na pasta de açúcar e isto junto com a manipulação adicional necessária para dissolver estes descartes pode provocar uma cristalização antecipada, em alguns casos já diretamente na mesa de resfriamento. (GROSSO, 1972)

Muito mais efetivo é utilizar estes descartes para preparar recheios ou reincorporá-los a calda, depois de haver convertido-os em um xarope, segundo o procedimento que segue.

Em um tacho colocam-se os descartes de balas evitando misturar demasiado os sabores, pois alguns deles são muito marcantes, neste caso, deve-se tratá-los separadamente e destiná-los a recheios aromatizados com aromas que mascaram o sabor original. Adiciona-se água suficiente para dissolução a frio, geralmente 40-50% de água em peso com relação ao peso das balas a dissolver. Mantém-se em agitação suave ou revolve-se periodicamente com ajuda de uma espátula grande até conseguir total dissolução.

Separadamente, prepara-se uma solução saturada de cal pouco ativa que se guarda em tonéis de madeira ou de aço inoxidável. Vai-se agregando esta solução ao xarope a frio, diminuindo a acidez até aproximar-se de um pH 6,0 ou 6,2 porém não mais alcalino para evitar fenômenos de fermentação ou reações indesejáveis.

Deixa-se em repouso e separa-se no dia seguinte por decantação o xarope existente na parte superior, cuidando para não remover o decantado composto por sais de cálcio proveniente de ácidos usados durante a fabricação. Dosa-se no refratômetro o teor de sólidos do xarope e com ajuda de um concentrador, pode-se elevá-los até 75-80%, em cujo caso pode substituir em 20% ao peso de glucose usado na fórmula que se alimenta ao cozinhador a vácuo.

A calda será mais adequada ao processamento se depois de haver seguido o procedimento anterior, diluída até 30-40% de sólidos, tratada com carvão animal como agente descolorante e filtrada com ajuda de um material filtrante (terra de infusórios, Filtercel, etc). O xarope resultante, límpido e neutralizado, pode ser usado no processo de elaboração para fondants, balas duras ou mastigáveis e recheios. Se o xarope for estocado, é aconselhável convertê-lo em um xarope invertido e concentrado de 75 a 78% de sólidos. (GROSSO, 1972)

Atualmente, a maioria das indústrias tem utilizado parte desses descartes, sob a forma de recheio de balas e de biscoitos. Em outras indústrias, onde a produção de descartes passou a ser um excedente crítico, tem-se retornado esses descartes à linha de produção, sob a forma de um xarope dissolvido a 65° Brix, na faixa de 10% do total da calda inicial.

No entanto, sem tratamento prévio, não é possível retornar mais que 10% do xarope. Minifie (1989) sugeriu uma das formas de tratamento, porém sem definir características de processo.

2.1.2. Corantes e aromas na indústria de balas duras

Os corantes podem ser naturais, modificados ou idênticos aos naturais, artificiais ou sintéticos, ou minerais (Tabela 1). E para se classificar um corante como satisfatório para a indústria de balas e caramelos ele deve ser: resistente ao dióxido de enxofre, resistente aos açúcares redutores, estável a luz e calor, estável em pH ácido, não degradável e estável em solução. (LEES & JACKSON, 1973; MOTHE, 1990). Os corantes mais utilizados em balas são os artificiais por apresentarem melhor as características anteriormente citadas, e as fórmulas estruturais dos corantes utilizados neste trabalho podem ser vistos na Figura 2.

Tabela 1 - Principais corantes utilizados em balas (Fonte: MOTHE, 1990)

NOME COMERCIAL	TIPO	ORIGEM
Vermelho Ponceau 4R	artificial	petroquímica
Vermelho 40	artificial	petroquímica
Vermelho eritrozina	artificial	petroquímica
Vermelho Bordeaux	artificial	petroquímica
Amarelo Crepúsculo	artificial	petroquímica
Amarelo Tartrazina	artificial	petroquímica
Azul indigotina	artificial	petroquímica
Azul Brilhante	artificial	petroquímica
Caramelo	modificado	carboidratos
Cochineal	natural	Cactus Cactti
Bixina / Norbixina	natural	Urucum
Beta Caroteno	idêntico ao natural	Sintetizado
Clorofila	natural	espinafre
Antocianinas	natural	Uvas/beterrabas
Dióxido de Titâneo	mineral	mineral

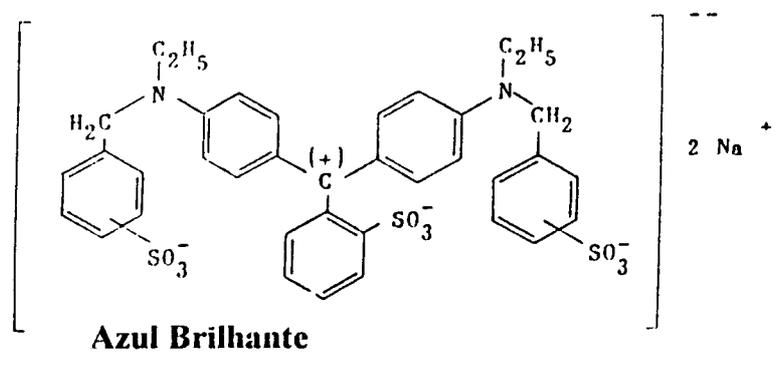
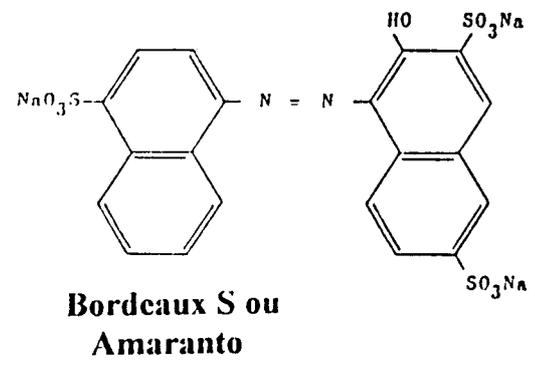
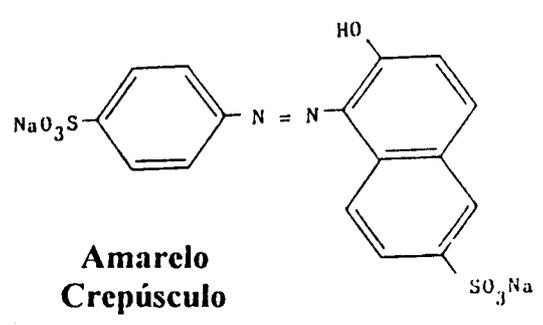
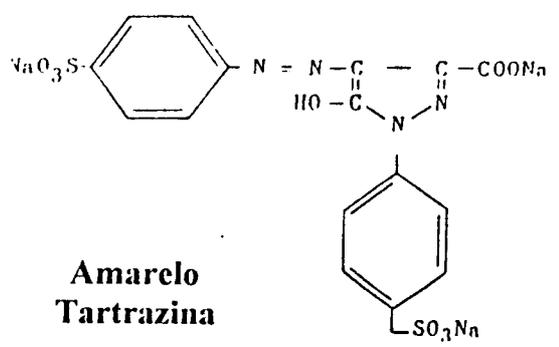
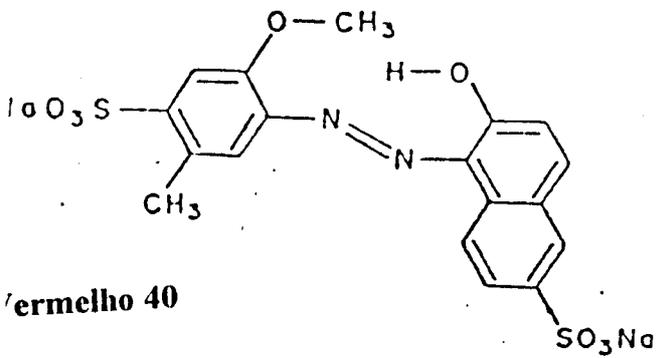


Figura 2 - Fórmulas estruturais dos corantes

Atualmente, o processo mais utilizado é incorporar cor e aromatizante sob a forma de uma solução concentrada. Os aromas são substâncias que se adicionam as balas e caramelos para intensificar, regenerar ou mascarar o sabor. Os aromas podem ser natural, artificial ou semelhante ao natural.

É extremamente importante a escolha do aroma, uma vez que ele deve ser compatível com o processo de fabricação, a fim de não haver modificações no sabor que se deseja. Algumas orientações devem ser observadas na escolha do aroma: temperatura de fabricação; temperatura de degustação; composição da bala (água, açúcar, leite); acidez do produto; estabilidade pretendida do produto; embalagem do produto (MOTHE, 1990).

2.2. DESCORAMENTO DE CALDA DE AÇÚCAR EM LEITO DE CARVÃO

Compostos coloridos associados ao açúcar, provenientes da planta e desenvolvidos durante o processo, são indesejáveis em muitos alimentos e bebidas, bem como podem contribuir desfavoravelmente com a cor, o gosto e o odor do produto final. Dessa forma, processos de descolorimento tem sido desenvolvidos para separar os compostos coloridos do xarope de açúcar. Vários materiais são empregados no processo onde os compostos de cor são adsorvidos do xarope de açúcar. Compostos carbonáceos como carvão animal são materiais naturalmente utilizados para descolorir xaropes de açúcar (KONEN, 1992).

O descolorimento de calda de açúcar em leitos de carvão de ossos envolve muitos processos onde a difusão toma parte. O processo total ocorre em três etapas, segundo ROMANI (1993).

- (1) Difusão externa: difusão através da solução, onde os corantes difundem-se através da calda até a superfície externa do carvão.
- (2) Difusão interna: difusão no interior dos poros do carvão. Os corantes difundem-se através dos poros de adsorvente, até um ponto da superfície interna do sólido onde a adsorção pode ocorrer.
- (3) Adsorção: o corante é retido na superfície do carvão através de forças atrativas de Van der Waals.

2.2.1. Adsorção

As operações de adsorção exploram a habilidade de certos sólidos em concentrar, sobre suas superfícies, substâncias específicas das soluções. Desta maneira, os compostos das soluções gasosas ou líquidas podem ser separados uns dos outros. Industrialmente, a separação de líquidos específicos incluem remoção de substâncias dissolvidas na gasolina, descoloração de produtos de petróleo e de soluções aquosas de açúcar, remoção de gosto e odor indesejáveis da água, e o fracionamento de misturas de hidrocarbonetos aromáticos e parafínicos. (TREYBAL, 1980)

O carvão pode ser considerado um material com milhões de poros, com uma grande área superficial como uma "esponja molecular". O processo onde uma superfície concentra moléculas através de forças físicas ou químicas é chamado de adsorção. A adsorção pode ser física ou química. (CARBOMAFRA, 1992)

Em termos gerais, para que haja uma adsorção eficiente é necessário uma compatibilidade entre o tamanho das moléculas a serem adsorvidas e o tamanho

dos poros. Por exemplo, um carvão à base de microporos possui baixa eficiência no descoramento, e alta eficiência na adsorção de gases que tem moléculas menores. (CARBOMAFRA, 1992).

A adsorção física ou adsorção de “Van der Waals” é um fenômeno reversível, sendo o resultado das forças intermoleculares de atração entre moléculas do sólido e da substância adsorvida. Na grande maioria das aplicações industriais de adsorção por carvão, a adsorção física predomina (TREYBAL, 1980; ROMANI, 1993).

A adsorção química é o resultado de interação química entre o sólido e a substância adsorvida. A intensidade da ligação química pode variar consideravelmente e a força coesiva é geralmente muito maior que a achada em adsorção física. O calor liberado durante a adsorção química é usualmente grande, da ordem do calor de reação química. O processo é frequentemente irreversível, e na dessorção da substância original geralmente verifica-se ter havido uma mudança química. Quando ocorre adsorção química, o carvão reage com moléculas de corante. Estas moléculas não são retiradas com água quente (TREYBAL, 1980; ROMANI, 1993).

Existe uma relação entre adsorbabilidade e solubilidade segundo STRAIN (1945) e CASSIDY (1951). A solubilidade de uma substância em uma outra depende da disposição com a qual as duas espécies moleculares podem se misturar. Isso se deve a associação do soluto ou solvente, solvatação de um componente pelo outro, ou dissociação de um ou mais componentes. Se aumentar a temperatura, tem-se uma diminuição da tensão superficial, e portanto aumenta a solubilidade. A adsorção de um soluto como o ácido acético, ácido fórmico, ácido benzóico e nitrobenzeno sobre a sílica gel é maior quanto menor sua solubilidade no solvente. Para um dado solvente, um soluto pode ser positivamente adsorvido (de uma solução diluída) ou negativamente adsorvido (de uma solução concentrada).

MANTELL (1945) relata que a maioria dos materiais coloridos encontrados em indústrias são carregados negativamente, e carvões simples descolorirão tais substâncias mais eficientemente a uma acidez mais alta de solução; substâncias opostamente carregadas, então, seriam melhor adsorvidas em soluções alcalinas, e substâncias anfóteras ao atingir seus pontos isoelétricos. A adsorção de materiais descarregados é menos afetada pela acidez ou alcalinidade. Os problemas são, entretanto, um tanto complexos, sendo difícil generalizar as regras.

2.2.2. Carvão ativado

O carvão ativado é um material poroso de origem natural. Sua principal característica e que o define é a grande área superficial interna desenvolvida durante a ativação, que pode ser física ou química, através de uma oxidação controlada dos átomos de carbono, utilizando vapor, gases e altas temperaturas.

A área interna deve ser acessível para a passagem do fluido ou ar, por isso, um carvão ativado eficiente deve possuir além de uma grande área superficial, uma boa distribuição de poros. Todos os carvões ativados possuem em sua estrutura interna, macroporos, poros médios e microporos.

O volume de poros varia consideravelmente com a matéria-prima e com os processos de ativação empregados. Todos os materiais que possuem alto percentual de carbono fixo podem ser ativados. As matérias-primas mais comuns utilizadas nos processos modernos são: madeiras, cascas de côco, carvão mineral, caroços de frutas, resíduos de petróleo, ossos de animais. Todos os materiais carbonáceos possuem um certo grau de porosidade (CARBOMAFRA, 1992).

O carvão ativado é produzido nas formas pulverizada, granulada ou peletizada. O carvão pulverizado tem uma distribuição de partículas menores do

que a malha 80 mesh (0,177 mm). Os carvões granulados e peletizados podem ser produzidos em vários tamanhos, que variam de 0,25 mm a 5,0 mm (CARBOMAFRA, 1992).

As utilizações dos tipos de carvão são bastante distintas. O carvão pulverizado é usado somente em adsorções em fase líquida, onde o carvão é misturado ao líquido a ser purificado. O carvão é removido desse líquido por filtração, sedimentação ou centrifugação.

O carvão granulado é empregado nas adsorções em fase líquida ou gasosa. As substâncias líquidas que podem ser tratadas com carvão ativado granulado apresentam normalmente baixa viscosidade e requerem baixo tempo de residência, ao inverso do pulverizado.

O carvão ativado granulado permite regenerações sucessivas, que podem ser realizadas através de vapor, solventes, ar comprimido, etc. Quando o processo é contínuo, normalmente se empregam duas ou mais colunas alternadas, uma processando a adsorção e a outra a dessorção. O carvão pulverizado não permite regenerações. (CARBOMAFRA, 1992)

O carvão mais comumente utilizado para soluções de açúcar é o carvão de ossos, que é um adsorvente misto contendo cerca de 10% de carvão e 90% de fosfato de cálcio de ossos (hidroxiapatita) e deriva da pirólise, ou seja, destilação destrutiva de ossos, normalmente de gado. É obtido de ossos limpos mecanicamente, os quais são primeiramente esmagados e reduzidos a pequenos pedaços e então degradados por extração com solventes orgânicos, sendo posteriormente carbonizados em fornos de aço de 750 a 950°C, cerca de oito horas. Depois de esfriado, é então triturado e classificado. Quanto mais duros e mais densos são os ossos, um produto de mais baixa adsorção e maior durabilidade é obtido (SMISEK & CERNY, 1970; ROMANI, 1993).

2.2.3. Propriedades do carvão ativado

As propriedades e referências físicas e químicas dos carvões ativados, como cinzas, densidade aparente, dureza, umidade, granulometria, são importantes para definição do emprego do produto. Assim como outras propriedades citadas a seguir (CARBOMAFRA, 1992).

- Número de iodo

Número de iodo é definido como os miligramas de iodo adsorvido por um grama de carvão. O número de iodo pode ser relacionado com a capacidade de adsorver substâncias de baixo peso molecular (refere-se à quantidade de microporos).

- Número de azul de metileno

É definido como os miligramas de azul de metileno adsorvidos por um grama de carvão ativado. O número de azul de metileno pode ser relacionado com a capacidade de adsorver substâncias com peso molecular médio (refere-se à quantidade de poros médios).

Propriedades como teor de compostos solúveis em água e ácidos; capacidade de adsorção de tetracloreto de carbono; índices de fenol, de descloração, de cloretos, de ferro e metais pesados, de abrasão; identificam o produto para aplicações específicas e por isso devem ser avaliadas em cada caso (CARBOMAFRA, 1992).

Estudos recentes têm mostrado que quando o filtro de carvão está pronto para a regeneração, há uma parte de volume de leito não utilizado, na qual o carvão não está saturado com corantes.

A coluna de carvão pode ser visualizada como tendo duas seções, conforme mostra a Figura 3. Há a zona de equilíbrio, onde há um equilíbrio entre os corantes no carvão e na solução de açúcar; e a zona de transferência de massa (ZTM), onde ocorre a adsorção dinâmica (descoloração).

Na linha de frente da ZTM, a cor da solução é igual a cor desejada. É geralmente a cor máxima tolerável na solução de açúcar efluente. Reduzindo a profundidade da ZTM, seria possível diminuir o volume de leito não utilizado, e assim, esgotar mais o carvão. Dependendo do tipo de carvão utilizado, acima de 50% da capacidade do adsorvente não é exaurida depois do ciclo ter sido completado (CHOU, 1990).

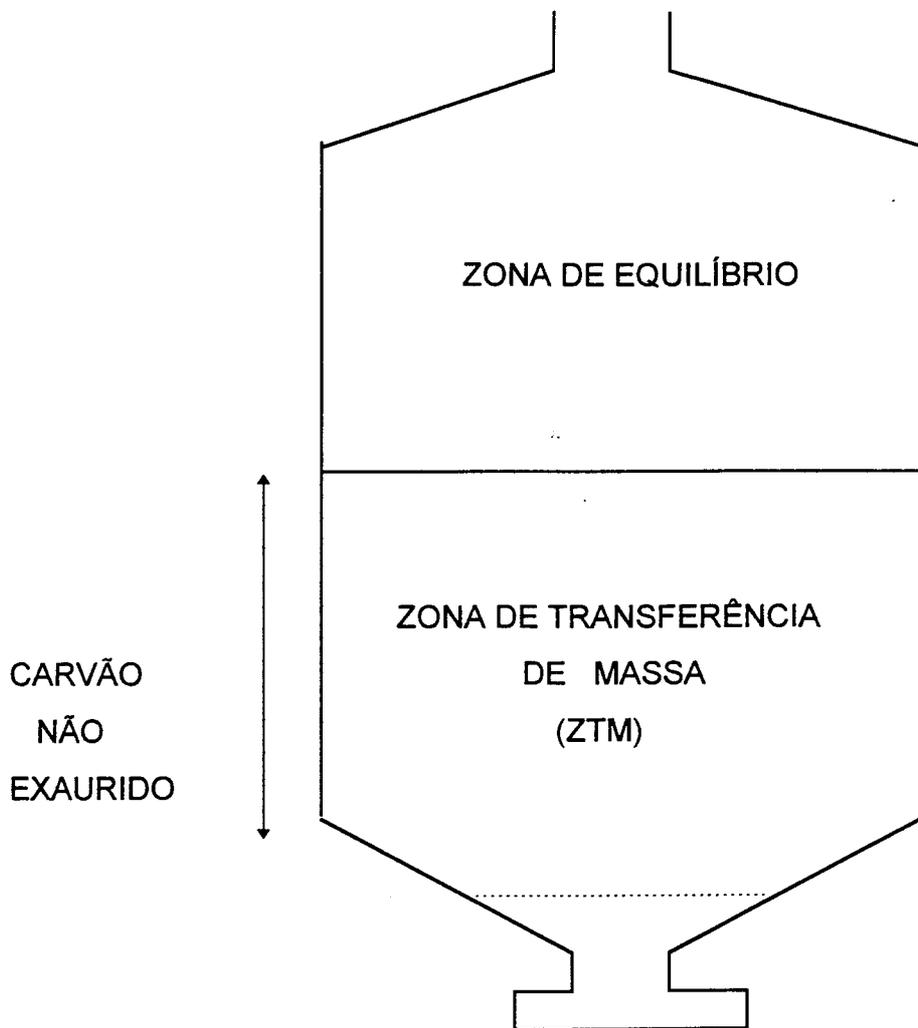


Figura 3 - Seções da coluna de carvão, segundo CHOU (1990)

2.2.4. Fatores que influenciam o descoramento de caldas de açúcar em leito de carvão

2.2.4.1. Temperatura do líquido

A eficiência da adsorção é geralmente função da temperatura de processo. Para avaliação laboratorial do carvão granular ativado para aplicações em fases líquidas, é recomendado investigar primeiro a temperatura de processo.

Se o grau de adsorção desejado não tem um esquema de temperatura já definido, então será necessário selecioná-lo, o que dependerá de fatores como: viscosidade, características de estabilidade térmica do líquido testado, viabilidade operacional de alteração de temperatura na planta (CALGON, 1988).

Quando se utiliza carvão para descolorir caldas de açúcar, para se obter o efeito máximo de descoramento, a temperatura mais indicada, na prática, tem sido de 80°C, utilizada pelas refinarias (BLOWSKI & BON, 1926; ROMANI, 1993).

2.2.4.2 Concentração do líquido

Verifica-se que para uma porcentagem de carvão constante, maior é o grau de descoramento, quanto mais diluída for a solução. Segundo GROSSO (1972), o ideal seria trabalhar na faixa de 30 a 40% de sólidos para o processo. No caso de calda de açúcar bruto, a maior parte do material corante está em estado coloidal e é facilmente removida por uma pequena porcentagem de carvão granular. A remoção de cor residual é muito mais difícil, requerendo aumento nas quantidades de carvão.

2.2.4.3 Acidez da calda

É um fato geralmente aceito que o aumento na acidez da calda de açúcar resulta em um maior grau de descoloração, e é frequentemente assumido que uma calda ácida é um pré-requisito para descoloração satisfatória.

Blowski apud ROMANI (1993) afirma que o aumento da descoloração em caldas ácidas é devido seguintes fatores:

- 1 - uma parte do material colorido age como indicador, tornando-se mais claro com o aumento da acidez.
- 2 - a solubilidade dos compostos formadores de cor é reduzida em soluções ácidas, tornando mais fácil o carvão adsorvê-los.
- 3 - o aumento da acidez fornece mais íons H^+ para o carvão adsorver, tornando-o carregado positivamente e dando mais poder para adsorver os radicais livres de polifenol carregados negativamente.

2.2.4.4. Tempo de contato

O tempo de contato , juntamente com a quantidade de calda, determinam o volume de leite e o volume de adsorvente. A exaustão do carvão ou a taxa de tratamento irá determinar o tamanho do sistema de reativação. A granulometria e a % de regeneração determinam a quantidade de carvão estocado. O tempo de contato do leite vazio é o volume de leite do carvão dividido pelo fluxo superficial do fluido através do adsorvente. O volume do adsorvente depende do volume do leite e da capacidade da coluna.

O espaço livre da coluna pode variar para acima de 50% para leitos fixos e sistemas de leitos expandidos. Se a expansão do leito não é requerida, mesmo com a retrolavagem para remoção dos sólidos coletados, o espaço livre de 20 - 30% pode ser adequado.

O tempo de contato pode variar mudando-se a profundidade do leito a uma taxa de fluxo constante, ou mudando-se a taxa a uma profundidade de leito constante. O efeito do tempo de contato sobre o comportamento é para alterar o tempo do ponto ótimo, que é definido como o ponto onde a concentração do soluto no adsorvente excede o objetivo do tratamento. A profundidade ótima de leito e os benefícios dependerão da influência do sistema individual e das características do leito de carvão (CLARK & LYKINS, 1991).

2.2.4.5. Tipos de leito

Os leitos para carvão granular ativado são classificados em leitos fixos e leitos móveis. Nos leitos fixos o carvão permanece em estado estacionário e pode operar em fluxo descendente ou ascendente.

Os leitos móveis, por outro lado, sempre operam em fluxo ascendente. Num leito móvel expandido, o adsorvente opera a um fluxo alto o suficiente para causar expansão desordenada do leito de carvão. Um leito pulsante, o segundo tipo de leito móvel, é periodicamente pulsado para descarregar uma porção de carvão exaurido do fundo do leito, enquanto uma porção de carvão novo é adicionada no topo. O líquido e o carvão se movem em contra-corrente. Sistemas múltiplos podem ser arranjados individualmente em série ou em paralelo, ou em combinação de ambos (CLARK & LYKINS, 1991).

2.2.4.6. Operação Descendente e Operação Ascendente

A operação descendente é apropriada quando o leito de carvão é para ser usado como um filtro de sólidos insolúveis, bem como, um adsorvente. Os sólidos insolúveis são periodicamente removidos por retrolavagem de modo idêntico ao usado em filtros de areia. Quando o carvão é precedido por filtração em areia, o sistema descendente exigirá um menor número de operações de retrolavagem.

Quando se tem interesse em manter o teor de sólidos, o processo de operação ascendente é o mais indicado, pois neste tipo de sistema o leito de carvão não é usado como filtro de sólidos (CLARK & LYKINS, 1991).

2.2.4.7. Fluxo Gravitacional e Fluxo Pressurizado

Fluxo gravitacional é indicado somente para fluxos descendentes a menos que a construção seja em declive e permita um gradiente hidráulico suficiente para fluxo ascendente de alimentação gravitacional.

Fluxo pressurizado pode ser usado tanto para fluxos ascendentes como descendentes, e executa cargas hidráulicas mais altas que com fluxo gravitacional. Esta carga mais alta reduz a área da seção transversal requerida e permite operações a concentrações mais altas de sólidos em suspensão com menos ou sem retrolavagem. Isto porque há suficiente espaço superior para superar o aumento da perda de pressão. (CLARK & LYKINS, 1991)

2.2.4.8. Retrolavagem

É o fluxo reverso do tratamento do efluente, através do leito de carvão para remover os sólidos suspensos acumulados.

Frequentemente, a retrolavagem depende da taxa de perda da parte livre superior e da taxa do aumento da concentração dos sólidos suspensos do efluente. A quantidade de água para retrolavagem depende da quantia e das características dos sólidos acumulados.

A frequência da retrolavagem deve ser selecionada para assegurar remoção adequada de sólidos e prevenção da compactação de sólidos acumulados.

Suplementos para retrolavagem são limpeza por ar e lavagem superficial. A limpeza por ar é a introdução do ar comprimido pelo fundo do leito, durante a retrolavagem, para aumentar turbulência e desprender sólidos depositados. Seu benefício deve ser levado contra o potencial para o aumento de perdas de carvão, dadas ao atrito abrasivo.

Limpeza superficial é a aplicação de jatos de água para lavar a superfície do leito e desprender os sólidos compactados. Sistemas de retrolavagem não usam necessariamente essas operações suplementares. (CLARK & LYKINS, 1991)

2.2.4.9. Sistemas de reativação

O principal objetivo da ativação é a criação de uma estrutura interna altamente porosa. Na ativação física esta porosidade é obtida pela remoção dos voláteis e oxidação dos átomos de carbono. Na ativação química a porosidade é obtida pela degradação da estrutura interna. (CARBOMAFRA, 1992)

Enquanto que o principal objetivo da reativação se volta a recuperação dos sítios ativos do material adsorvente, saturados durante o processo de adsorção.

Existem diversos tipos de técnicas de reativação: química, por vapor e térmica. Ambas, a química e reativação por vapor são usadas primariamente nos sistemas industriais designados para recuperar o adsorvente.

Reativação térmica é feita em quatro estágios: secagem, dessorção, pirólise e gaseificação. O carvão granular é geralmente transportado para o equipamento de reativação na água de lavagem para o forno de reativação. Secagem ocorre a temperatura de 100°C . A dessorção térmica seguida por pirólise de adsorvente orgânico ocorre a temperaturas superiores a de secagem. A gaseificação ocorre entre 649°C e 1038°C. Na etapa de dessorção, materiais voláteis que não são adsorvidos fortemente, são perdidos pelo aquecimento; orgânicos pesados são pirolizados, formando cadeia residual sobre o carvão. Finalmente durante o estágio de gasificação, os vapores desorvidos e os produtos gasosos da pirólise deixam os poros das partículas. Durante este estágio, a cadeia é queimada (calcinerada).

O carvão reativado geralmente não tem as mesmas características de adsorção como um carvão novo, dada parcialmente ao aumento dos tamanhos dos poros, durante a pirólise e a adsorção de alguns compostos inorgânicos da água

que não foi removida na reativação. Depois da reativação completada, o carvão quente é esfriado em tanques de água fria.

Existem quatro diferentes tipos de sistemas de reativação térmica: fornos rotativos, fornos de múltiplo aquecimento, fornos de leito fluidizado, e fornos infra-vermelho. O de aquecimento múltiplo é o método tradicional da reativação do carvão granular ativado, embora fornos de leito fluidizado e infra-vermelho têm sido aplicados mais freqüentemente, pois são mais intensivos, enquanto que fornos rotativos não parecem ser competitivos com as outras tecnologias (CLARK & LYKINS, 1991).

2.3. ESTUDO DA ESTABILIDADE DE BALAS DURAS

Define-se como vida útil, vida-de-prateleira ou "shelf-life" de um produto, o tempo durante o qual o produto mantém suas qualidades características, mesmo sob as mais variadas condições , a partir do momento em que se entrega ao mercado. É preciso conhecer os fatores que influenciam e afetam a vida útil dos produtos, a fim de tomar as medidas preventivas para cada caso (GIROLA, 1977).

Para prever a qualidade e o tempo de validade do produto, é necessário um conhecimento da taxa de deterioração em função das condições ambientais. Muitas reações ocorrem em função da qualidade inicial e condições de processo e são influenciadas pela temperatura, luz, permeabilidade da embalagem, condições de manipulação, de estocagem e de distribuição (LABUZA, 1982).

A previsão do final da vida útil do produto, baseada na perda da aceitabilidade, não significa necessariamente que o produto não seja comestível, somente que a qualidade padrão estabelecida para consumo foi ultrapassada. O problema é, portanto, duplo: estabelecer um padrão de inaceitabilidade; e determinar ou prever a perda que ocorre do ponto de distribuição ao ponto de consumo (LABUZA, 1982).

No caso específico de balas duras, deseja-se um produto de aspecto brilhante, vítreo, translúcido, seco; sem apresentar pegajosidade, melação, cristalização, aspecto opaco e aderência a embalagem. Visto isso, é importante lembrar que as balas duras são comparadas ao vidro, apresentando um estado intermediário entre completamente amorfo e cristalino.

Dessa forma, a manutenção de uma condição próxima ao estado amorfo é dada a altíssima viscosidade das balas a temperatura ambiente, enquanto que a mudança para o estado cristalino é dada através da redução da viscosidade, pelo aumento da temperatura ou aumento do teor de umidade. Por isso, estocagem sob condições quentes ou úmidas estimulam a cristalização das balas (MINIFIE, 1970).

Segundo HEISS (1959), GIROLA (1977) e MOTHE (1990), para uma conservação adequada de balas duras, as condições do produto inicial se baseiam em:

- A) umidade residual : 2,0 A 3,0%
- B) teor máximo de açúcares redutores: 16%
- C) teor mínimo de polissacarídeo: 20%
- D) aspecto brilhante, vítreo, seco

Nas balas duras, tanto o processo de cristalização como de pegajosidade (melação da bala) dependem da concentração das soluções de açúcar. "Doctors" como xarope de glucose e xarope de açúcar invertido retardam a germinação de

sementes de cristalização; e a escolha dentre esses dois xaropes dependerá de suas propriedades higroscópicas. (HEISS, 1959; LEES & JACKSON, 1973)

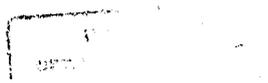
Deve-se atentar às condições climáticas de estocagem, principalmente temperatura e umidade relativa de equilíbrio. Umidade relativa de equilíbrio se define como a porcentagem de umidade relativa do ambiente, na qual o produto exposto não ganha e nem perde umidade. A grande diferença na umidade de equilíbrio é acentuada quando verificada para balas duras vitrificadas (25 - 30% URE) e o mesmo produto quando cristalizado (80 - 85% URE) (MINIFIE, 1970 ; GIROLA, 1977).

2.3.1. Vida-de-prateleira sob condições normais

O estudo da vida-de-prateleira é verificar o tempo de aceitabilidade do produto, pelo consumidor, quando estocado em condições normais de distribuição. A realização desses testes de vida útil, através de análises periódicas, é um processo muito caro e consome um tempo muito grande. Muitas vezes é impossível a realização de um teste deste tipo, devido ao tempo para prever ou especificar a validade do produto a ser comercializado.

2.3.2. Vida-de-prateleira sob condições aceleradas

O objetivo da vida-de-prateleira sob condições aceleradas é evitar a espera de meses ou anos para determinar a verdadeira durabilidade do produto, isto é, prever o tempo de aceitabilidade do produto pelo consumidor, durante distribuição normal pela projeção dos resultados de condições abusivas (altas temperaturas ou



umidades) para acelerar a taxa de perda de qualidade. (LABUZA, SCHIMIDT, 1988)

Para o caso específico de balas duras, o método dos dessecadores é o que apresenta melhores condições de controle e facilidade de comparação de dados. Esse método consiste na exposição de uma pequena amostra do produto alimentício a uma atmosfera de umidade relativa constante. Depois que o equilíbrio é atingido, o conteúdo de umidade é determinado. Encontra-se um grande número de soluções saturadas para este propósito, e tem-se a vantagem de manter constante a umidade desde que a quantidade de sal esteja além do nível de saturação. (MADI et alii, 1978).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Matéria-prima

Foram utilizados misturas de descartes de balas duras, de acordo com o material disponível fornecido pela indústria.

Realizou-se primeiramente o teste de otimização da coluna com as seguintes amostras: mistura de descartes de sabores morango, laranja, abacaxi, uva e seus respectivos corantes - vermelho 40, amarelo crepúsculo, amarelo tartrazina, vermelho 40 + azul brilhante. Esses descartes de sabores mistos vieram de lotes sem qualquer definição das quantidades de cada sabor, sendo portanto, provenientes de uma mistura aleatória, originada da produção estabelecida na época da requisição do material.

Posteriormente, para aplicação industrial foram utilizadas amostras de descartes sabor cereja com corante bordeaux S.

No total, 200 Kg de descartes de balas foram utilizados para a realização dos testes.

Testes de otimização da coluna amostra (corante respectivo)	Aplicação industrial amostra (corante respectivo)
descartes mistos de: morango (vermelho 40) laranja (amarelo crepúsculo) abacaxi (amarelo tartrazina) uva (vermelho 40 + azul brilhante)	cereja (bordeaux S)

3.1.2. . Material adsorvente

Para preenchimento da coluna foi utilizado um volume de 1400 ml de carvão animal granular, com especificações de acordo com a empresa TANAC:

- Número de iodo (mg/g) - mínimo	800,0
- Fenol (mg/g) - mínimo	3,2
- Adsorção de tetracloreto de carbono (%) - mínimo	40,0
- pH (sol. aq. 1%)	8,5-10,5
- Densidade aparente (g/cm ³)	0,300-0,400
- Umidade ao embalar (%) - máximo	6
- Abrasão (%) - mínimo	60
- Faixas de granulometria (mesh)	12 x 24

3.1.3. Reagentes

Foram utilizados reagentes com o grau de pureza exigido pelas análises: reagente de Fehling A, reagente de Fehling B, metanol anidro, reagente Karl Fischer, solução de NaOH 0,1 N, solução de ácido clorídrico 0,1N.

3.1.4 Equipamentos

No presente trabalho, além da vidraria e utensílios comumente encontrados em laboratórios, foram utilizados para os testes de descoloramento da calda e análises físico-químicas:

- Tanque dissolvedor
- Manta de aquecimento - FISATOM mod. 642
- 2 colunas de carvão ativado
- Bomba peristáltica - MASTERFLEX
- Tanque coletor
- Potenciômetro - MICRONAL B374
- Refratômetro - CARLZEISS / JENA
- Espectrofotômetro - BECKMAN DU-70
- Agitador com aquecimento - CORNING PC-320
- Balança analítica - OERTLING LA 164
- Aparelho de medida de umidade por reagente Karl Fischer - METHROM E408A

Para realização da aplicação industrial foram utilizados:

- Tanque Cool Mix de pesagem (marca TER BRAAK)
- Tanque pulmão com aquecimento
- Sistema de serpentina acoplado à câmara de expansão e concentração à vácuo (marca OTTO HANSEL, modelo SUCROMAT)
- Mesa de resfriamento
- Conjunto UNIPLAST de: Bastonadeira
 - Trefila
 - Estampadeira
 - Esteira de resfriamento
 - Embaladora

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Determinações físicas e químicas da calda e do produto acabado

3.2.1.1. pH

A determinação de pH da calda seguiu a norma 4.7.2. do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.1.2 Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis da calda foi determinado em função dos graus Brix, seguindo a norma 13.6.1 do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.1.3. Cor

A cor das caldas foi determinada pelo método espectrofotométrico, convertendo a leitura em unidades de cor ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis; WHALLEY, 1964).

3.2.1.4. Açúcares redutores

O teor de açúcares redutores das caldas e das balas foi determinado pelo método oficial 4.13.2 referenciado pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.1.5. Umidade

O teor de umidade das balas foi determinado pelo método oficial 4.5.3, método de Karl Fischer, referenciado pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.1.6. Análise sensorial

Durante o período de avaliação de vida-de-prateleira sob condições normais e aceleradas, foi realizada avaliação sensorial da aparência da bala quanto a translucidez, melação, aderência à embalagem e aspecto cristalizado.

3.2.2. Preparo da calda

Para a realização de testes de otimização da coluna, a calda foi preparada, diluindo-se a mistura de descartes de balas, sabores mistos de morango, abacaxi, laranja e uva, na proporção de balas:água de 3:1, diluição a frio, sob agitação, ajustando-se a concentração da calda para 55° e 65° Brix, conforme o estudo.

Para a realização da aplicação industrial, a calda foi preparada, diluindo-se os descartes de balas sabor cereja, na proporção de balas:água de 3:1, diluição a frio, sob agitação, ajustando-se a concentração da calda para 65°Brix.

3.2.3 Preparo da coluna

Foram utilizadas duas colunas em série, ambas de igual tamanho, apresentando dimensões: altura de 35 cm, diâmetro externo de 10,5 cm, diâmetro interno 10 cm e podem ser vistas na Figura 4.

As colunas de operação foram encamisadas termicamente com fio de resistência, isolante de amianto e folha de alumínio de acordo com o Anexo 1, com o propósito de manter constante a temperatura de processo.

A montagem dos filtros das colunas foi feita de acordo com o esquema apresentado na Figura .5



Figura 4 - Colunas de carvão com sistema isolante

Montagem do filtro:

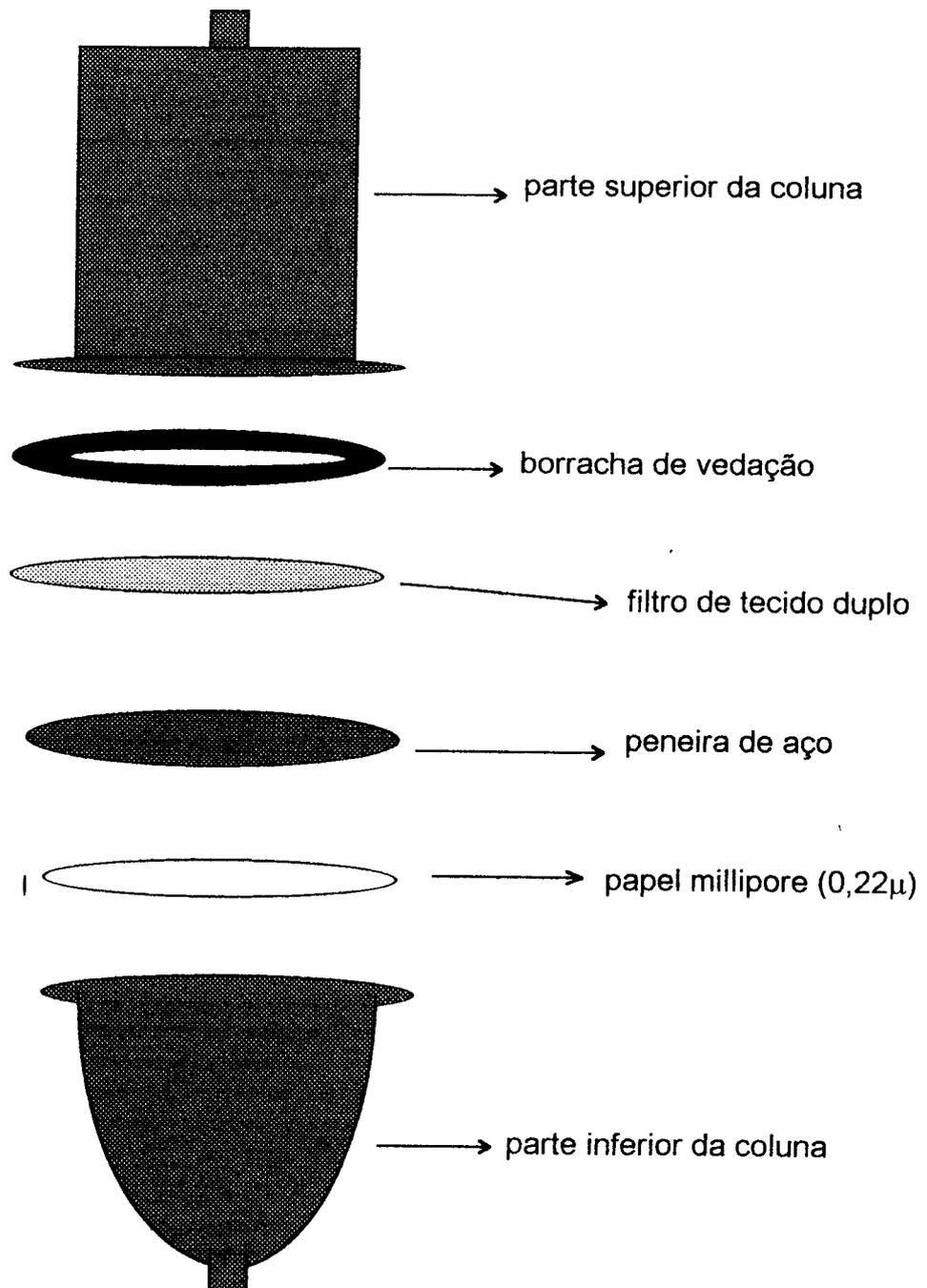


Figura 5 - Montagem do filtro da coluna

3.2.3.1- Ativação do material adsorvente

Primeiramente a coluna é enchida com o adsorvente, carvão de ossos, que é colocado a seco.

A quantidade de carvão granulado requerida para cada coluna foi de 700 ml, totalizando um volume total de leito do sistema de 1,4 litros de carvão.

Após enchimento das colunas, passou-se água quente por um período de 2 horas. Esta lavagem retira os finos e evita a formação de canais preferenciais na coluna, o que diminui o poder descolorante da mesma, pelo fato de um volume de calda não estar em contato regular com o carvão durante o tempo necessário a uma boa descoloração. O enchimento em coluna com água quente atenua em boa medida este inconveniente.

Posteriormente promove-se pressão na coluna para desaerar o leito de carvão, e conseqüente retirada de ar do interior dos poros do adsorvente, a fim de se manter os poros livres para adsorção das moléculas de corante (ROMANI, 1993).

A ativação da coluna foi feita através de fluxo pressurizado, descendente, com bombeamento de água quente através de bomba peristáltica, por um período de 2 horas.

3.2.3.2. - Lavagem da coluna

Após cada teste de descoramento da calda, as colunas foram lavadas conforme processo de ativação descrito anteriormente, com a finalidade de remover os compostos que ficaram adsorvidos nos sítios ativos.

3.2.3.3 - Processo de descoramento da calda

O processo de descoramento da calda foi realizado através da montagem de um sistema, que consistia de um tanque de entrada, de onde era feita alimentação de uma calda pré-aquecida.

A calda seguia para as colunas em série, com fluxo pressurizado e descendente, bombeada por uma bomba peristáltica. E finalmente era recolhida por um tanque de saída. O esquema pode ser visto na Figura 6.

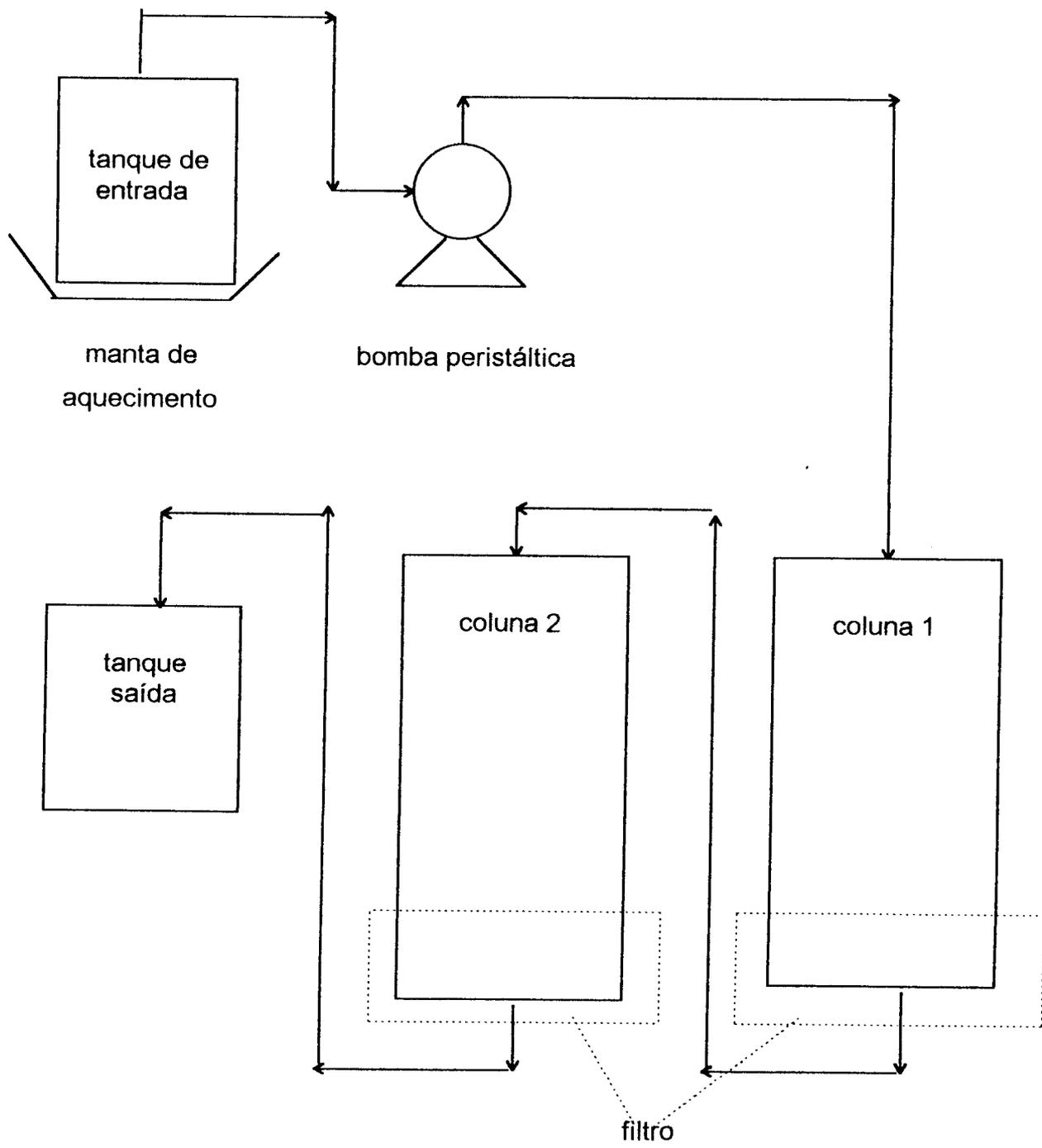


Figura 6 - Esquema do equipamento de descoramento de calda

3.2.4. - Otimização das condições operacionais da coluna

3.2.4.1. - Efeito da temperatura

O efeito da temperatura da calda, no processo de descoramento, foi avaliado através da comparação visual da redução da cor. Foram bombeadas caldas a 55° Brix, pH 4,5, numa taxa de aplicação de 2 bv. As temperaturas utilizadas foram 40, 60 e 80° C.

3.2.4.2. - Efeito da concentração

O efeito da concentração foi estudado em calda a pH 4,5, temperatura de operação de 80° C, nas taxas de aplicação de 2,5 bv, 4 bv, 5 bv, 8 bv e 10 bv, comparando-se uma operação a 55° Brix e outra a 65° Brix, sob as mesmas condições de processo.

3.2.4.3. - Efeito da taxa de aplicação e da concentração

O descoramento variou em função da taxa de aplicação, que no nosso estudo foi definido como o número de vezes que a calda atravessa o volume de leite por hora. No presente experimento com volume de leite de 1,4 litros, estudou-se o efeito das taxas de aplicação de 2,5, 4, 5, 8 e 10 vezes o volume de leite.

Após passagem da água quente para ativação da coluna, iniciava-se o bombeamento da calda aquecida a 80° C.

Para cada taxa de aplicação, a tomada de amostra era feita após o processo entrar em regime, em torno de 1 a 2 horas, que era comprovado pela leitura da concentração em graus Brix e cálculo da vazão.

O comportamento das caldas, nas diversas condições, foi avaliado pela determinação colorimétrica feita através de leitura no espectrofotômetro, convertida em unidades de cor ICUMSA. Este estudo foi feito em caldas a 55 e 65° Brix.

3.2.4.4. - Descoramento da calda alcalinizada a pH 6,0

Definidas as condições de operação de temperatura de 80° C, concentração de 65° C, trabalhou-se com calda proveniente de descartes com concentração , maior de corantes, apresentando cor inicial de 1302 unidades de cor ICUMSA e pH 3,5.

A calda foi alcalinizada com solução NaOH 0,1 N até pH 6,0.O efeito do descoramento da calda alcalinizada foi realizado nas taxas de aplicação de 2.5, 4, 5, 8, 10 bv.

3.2.4.5. - Efeito da taxa de aplicação no grau de inversão

Calda a 65° Brix, a 80° C, pH 3,5, foi submetida ao processo de descoramento a diversas taxas de aplicação de 2.5, 4, 5, 8, 10 bv. O processo de descoramento da calda foi determinado por unidades de cor ICUMSA e o grau de inversão por análise de açúcares redutores.

3.2.5 - Preparo da calda descorada para teste de aplicação industrial

O processo de reaproveitamento da calda foi avaliado, industrialmente, na produção de balas duras.

Foram utilizados 100Kg de descartes de balas sabor cereja, diluídos na proporção 3:1 (descartes:água), a frio, sob agitação, posteriormente, passados em peneiras para retirada de resíduos de materiais de embalagem.

A calda resultante à concentração de 65° Brix e pH de 3,5. foi processada conforme item 3.2.3.3. e Figura 7, sob condições de temperatura de 80° C e taxa de aplicação de 5 bv.

3.2.6. - Caracterização da calda para teste de aplicação industrial

A calda foi avaliada quanto a concentração, medida em graus Brix; quanto a cor, medida em unidades de cor ICUMSA; quanto ao pH e teor de açúcares redutores.

3.2.7. Aplicação industrial da calda na produção de balas duras

Foram produzidos dois tipos de balas duras: a bala padrão e a bala teste.

A bala padrão, constitui-se numa formulação básica de calda de sacarose, xarope de glucose e água, sem adição de calda de descartes.

A bala teste, constitui-se de uma formulação alternativa, contendo metade da calda básica anterior, completada com outra metade de calda de descartes ajustada a 80° Brix com sacarose.

As duas formulações utilizaram a mesma proporção de acidulante, corante e aromatizante. As formulações podem ser observadas na Tabela 2.

O processo para produção da bala padrão e da bala teste foi realizado de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 8.

Para ambos os casos, foram utilizados 200 Kg de calda transferidos para o tanque pulmão que alimentava o sistema de concentração.

O sistema de concentração utilizado foi o de aquecimento em serpentina e evaporação através do sistema "flash" (equipamento SUCROMAT da Otto Hansel).

Após atingir o ponto final de concentração (96-97%), a massa foi para a mesa de resfriamento a temperatura de aproximadamente 90° C , onde recebeu a adição de acidulante, corante e aromatizante.

A massa permaneceu em resfriamento até atingir 85° C, temperatura esta que conferiu plasticidade ideal para alimentar a bastonadeira.

Após a formação do cordão, e padronização deste na trefila, as balas foram estampadas em formato elíptico e resfriadas em esteira de resfriamento.

Após a bala atingir 30° C, foi embalada primeiramente por polipropileno perolado e externamente por polipropileno orientado metalizado, e ensacada em sacos de polietileno de espessura 60 micra.

Tabela 2 - Formulação da bala padrão e da bala teste

	sacarose sólida (Kg)	xarope de glucose (Kg)	água (Kg)	calda recuperada a 80° Brix (Kg)
Bala padrão	52	35	13	—
Bala teste	26	17,5	6,5	50

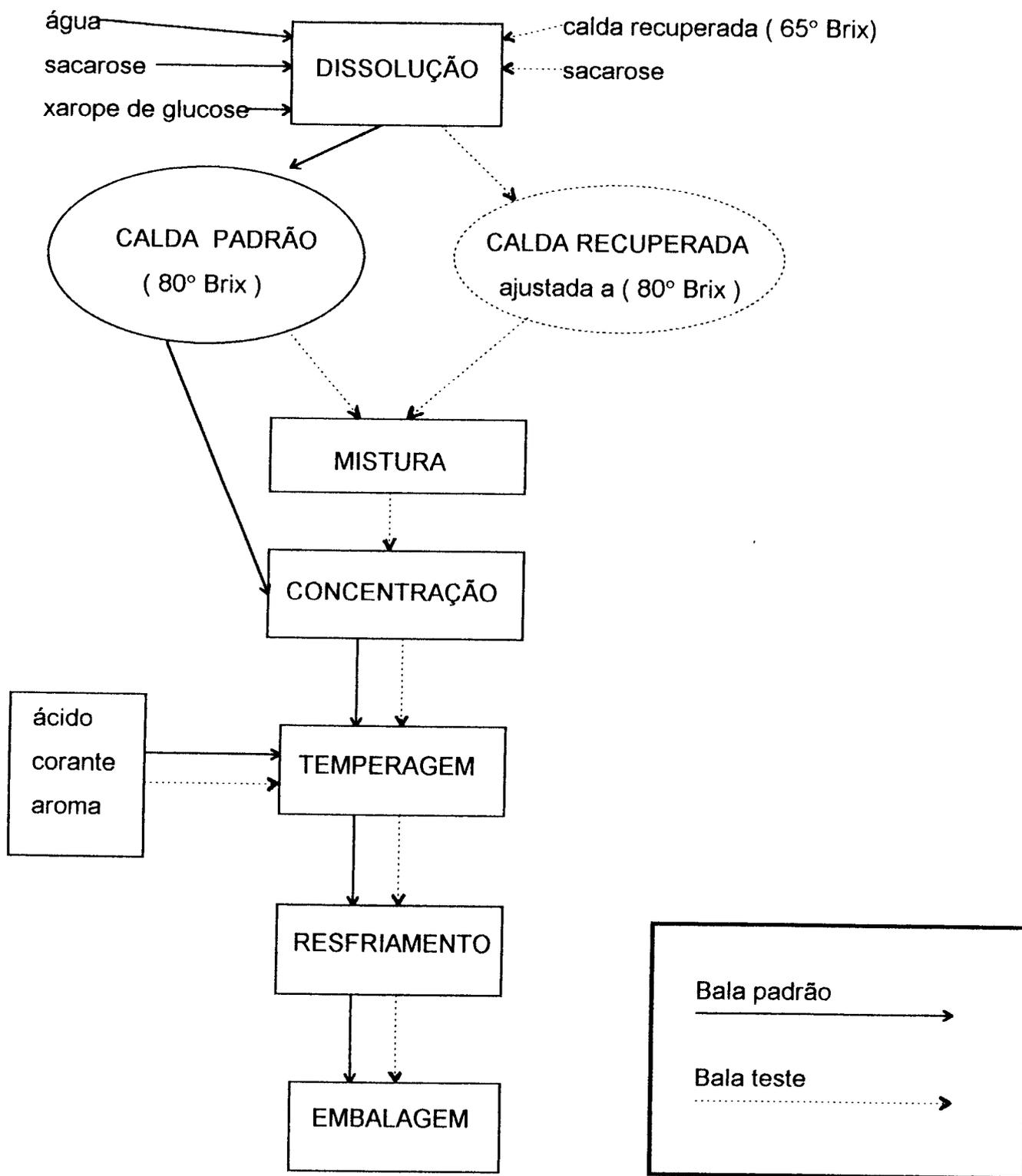


Figura 7 - Fluxograma da produção da bala padrão e da bala teste

3.2.8. Avaliação da vida-de-prateleira do produto acabado

A bala padrão e a bala teste foram envoltas unitariamente por uma embalagem em contato direto de polipropileno perolado, envoltas a seguir por polipropileno orientado metalizado (OPP), acondicionadas em embalagens de 1 Kg, conforme condições normalmente utilizadas no comércio, em sacos plásticos de polietileno de espessura de 60 micra.

Pode-se observar ,a seguir, a permeabilidade das embalagens ao vapor d'água, em (g/m².dia), referenciadas pelos trabalhos de MADI et alii (1978):

	Permeabilidade da embalagem em (g/m ² .dia)	
	25°C / 75% U.R.	38° / 90% U.R.
polietileno	4,0	12,5
polipropileno	1,3	5,3

As amostras foram analisadas sob condições normais de temperatura e umidade ambientes, registradas no Anexo 1. As balas foram guardadas em prateleiras da sala de estudo, durante os meses de fevereiro a julho de 1995. As determinações de teor de açúcares redutores e umidade foram realizadas semanalmente, durante o período de seis meses.

As amostras foram analisadas, paralelamente, sob condições aceleradas, utilizando-se o método do dessecador (ilustrado no Anexo 2), com solução saturada de sulfato de amônio (80% de U.R.E.) e acondicionamento em estufa a temperatura constante de 38° C. As análises realizadas foram de teor de açúcares redutores e umidade, realizados diariamente, por um período de sete dias, de acordo com o trabalho referenciado por Madi et alii, (1978).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.- ESTUDO DO DESCORAMENTO DE CALDAS PROVENIENTES DE DESCARTES DE BALAS DURAS.

4.1.1 - Caracterização da calda de descartes

A Tabela 3, mostra a composição das caldas de descartes.

Tabela 3 - Características das caldas de descartes de balas duras para estudo de otimização da coluna de carvão, e para produção de balas.

	calda utilizada para otimização da coluna de carvão	calda não tratada, para produção de balas
CONCENTRAÇÃO	65° Brix	65° Brix
pH original	4,5	3,5
CORANTES (0.01%)	Vermelho. 40, Amarelo crepúsculo, Amarelo tartrazina, Azul brilhante	Bordeaux S
SABORES	morango, laranja, abacaxi, uva	cereja
COR INICIAL a 65° Brix (unidades de cor ICUMSA)	1.169,77	1.302,00

4.1.2. Efeito da temperatura na redução de cor

O efeito da temperatura na redução de cor de calda de descartes de balas duras, com concentração de 55° Brix e pH 4,5, numa taxa de aplicação de 2,0 bv, pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4 - Efeito da temperatura na redução de cor de calda de descartes de balas duras, (calda para otimização da coluna), a pH 4,5 e a concentração de 55° Brix

TEMPERATURA		
40°C	60°C	80°C
redução desprezível da cor	redução desprezível da cor	boa redução da cor

Os resultados foram baseados na análise visual da cor. O efeito da temperatura foi muito significativo. De acordo com a tabela 4, verificou-se que sob as temperaturas de 40 e 60° C, a redução de cor foi desprezível.

À temperatura de 80°C, a redução de cor foi bastante acentuada, indicando ser esta a temperatura mais adequada para operação deste sistema.

4.1.3. - Efeito da taxa de aplicação e da concentração da calda na redução da cor.

O efeito da taxa de aplicação e das concentrações da calda a 55° Brix e a 65° Brix na redução da cor, em operação a 80° C, pode ser observado nas Figuras 8, 9, 10 e na Tabela 5.

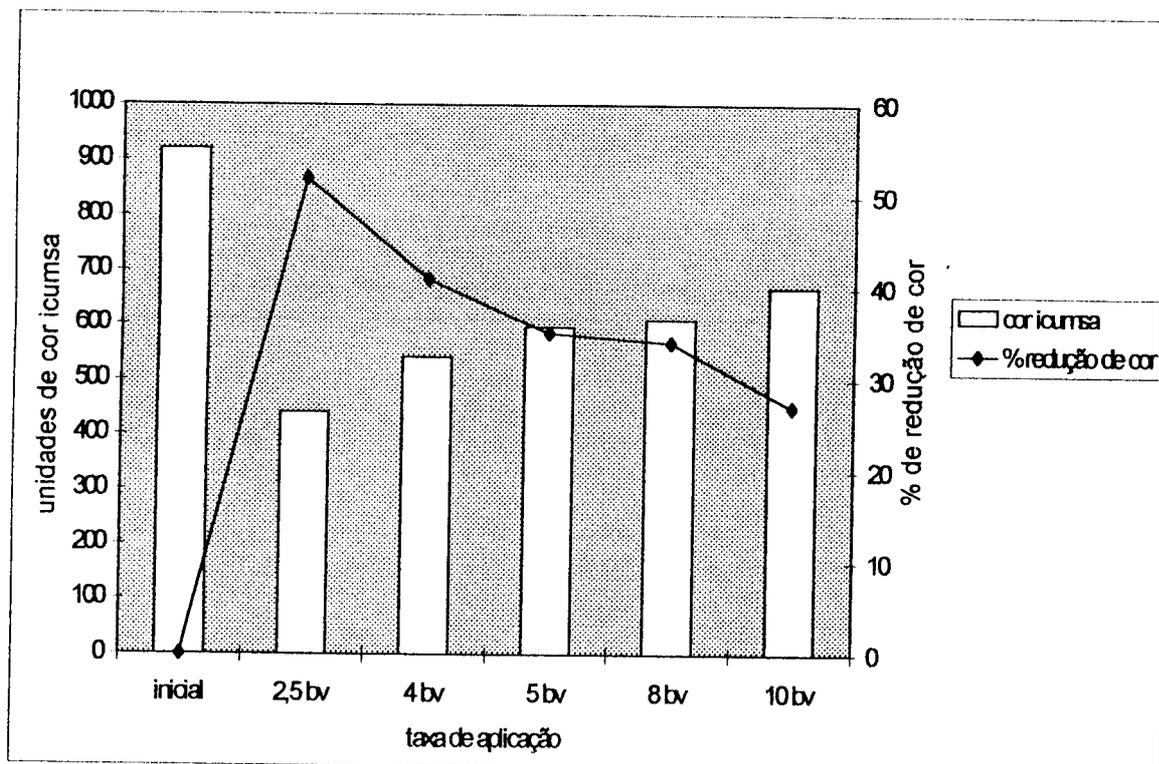


Figura 8 - Efeito da taxa de aplicação no descoramento da calda de descartes de balas duras a 55° Brix, pH 4,5 e temperatura de 80° C.

De acordo com a Figura 8, verifica-se que a calda a 55° Brix apresentou a maior redução de cor, da ordem de 52%, obtida sob a taxa de aplicação de 2,5 bv, e a menor redução de cor, da ordem de 27%, sob a taxa de aplicação de 10 bv..



Figura 9 - Aspecto visual do descoramento da calda a 55° Brix, pH 4,5 e temperatura de 80°C. Na ordem da esquerda para a direita: calda inicial, caldas com taxas de aplicação de 2,5 bv, 4 bv, 5 bv, 8 bv, 10 bv.

Foi observado um ótimo nível de descoramento, conforme Figura 9. De acordo com essa figura, pode-se observar também que a calda, mesmo sob taxa de aplicação de 10 bv e redução de cor de 27%, apresentou um bom nível de descoramento, por análise visual.

Sendo assim, conclui-se que em termos de eficiência de processo pode-se trabalhar com vazões de até 10 bv.

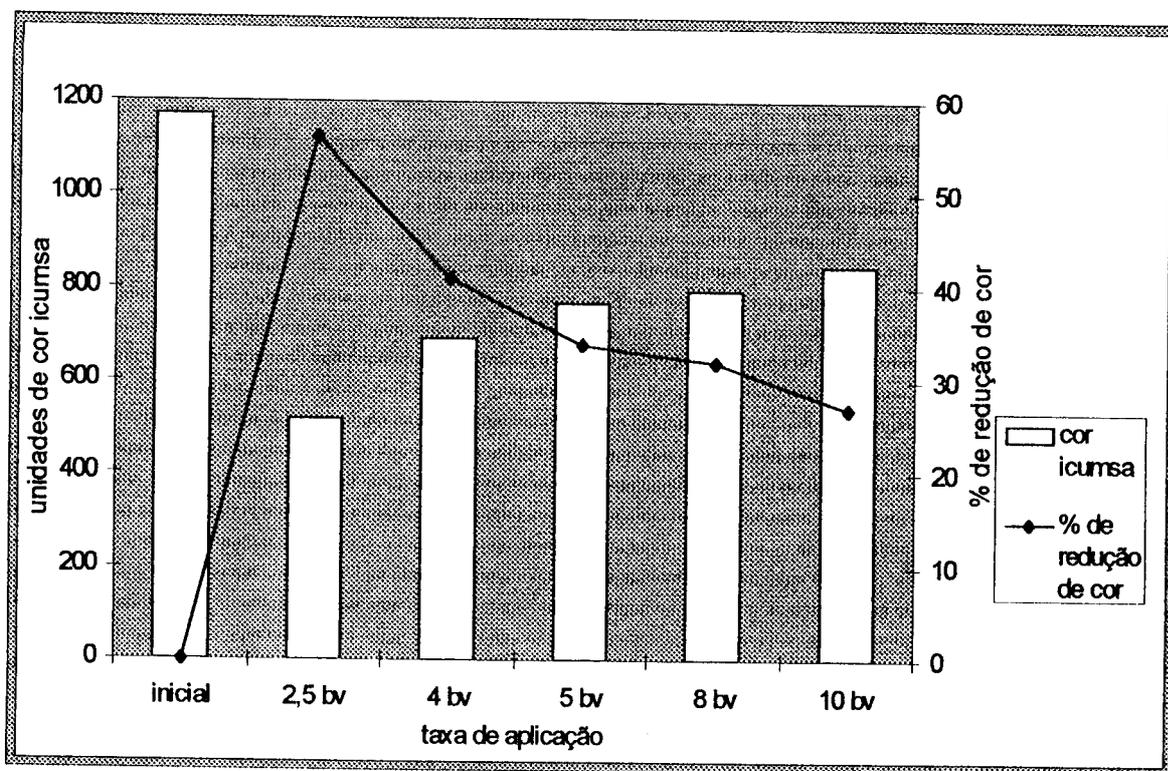


Figura 10 - Curva de descolorimento da calda a 65° Brix, a pH 4,5, em função da taxa de aplicação, sob temperatura de 80°C.

De acordo com a Figura 10, verifica-se que a calda a 65° Brix apresentou a maior redução de cor, da ordem de 56%, sob taxa de aplicação de 2,5 bv, e a menor redução de cor, da ordem de 27%, sob taxa de aplicação de 10 bv.

Assim, pode-se observar que as caldas a 55° Brix e a 65° Brix apresentaram comportamento semelhante, sob as mesmas condições de operação.

Os resultados da Tabela 5 mostram que o comportamento da redução de cor, nos dois processos, a 55° Brix e a 65° Brix, foi semelhante.

Tabela 5 - Efeito da concentração da calda e da vazão sobre a % de redução de cor, em leite de carvão animal.

	calda a 55° Brix	calda a 65° Brix
taxa de aplicação	% de redução de cor	% de redução de cor
inicial	0	0
2,5 bv	52	56
4 bv	41	41
5 bv	35	34
8 bv	34	32
10 bv	27	27

pH da calda 4,5

Optou-se, portanto, por trabalhar com a maior concentração (65° Brix) para se obter maior rendimento de operação, ou seja, recuperar mais descartes em menor tempo.

Além da redução da cor, houve também redução de gosto e aroma, devido a volatilização das essências (compostos voláteis), perda de atividade (características termolábeis), adsorção dos componentes durante o processo de descoramento, dada a temperatura de operação e características adsortivas do carvão animal.

4.1.4. - Efeito do pH na redução de cor da calda de descartes

4.1.4.1. - Calda com pH 3,5

Definidos as condições de operação de temperatura de 80° C, concentração de 65° Brix, trabalhou-se com calda proveniente de descartes com concentração maior de corantes, apresentando cor inicial de 1.302 unidades de cor ICUMSA e pH 3,5. A curva de descoramento da calda pode ser observada pela Figura 11.

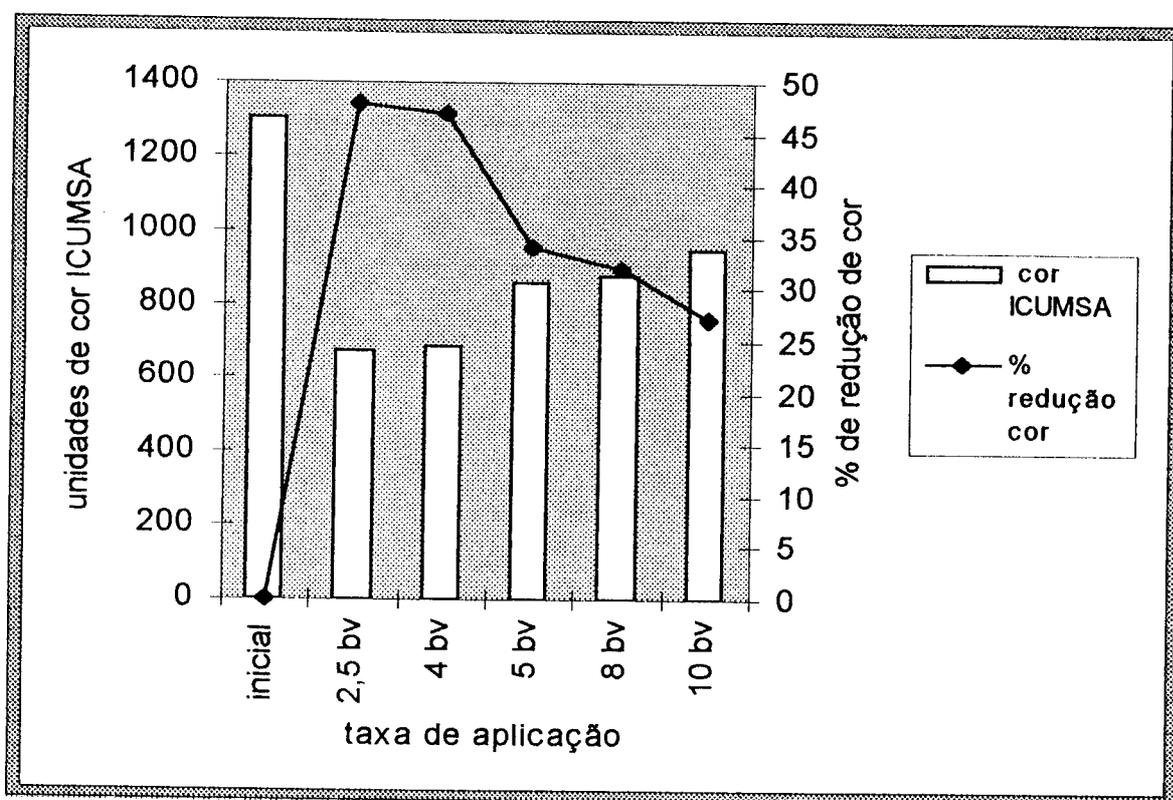


Figura 11 - Curva de descoramento da calda a 65° Brix, pH 3,5, em função da taxa de aplicação, sob temperatura de 80° C.

Observando-se a Figura 11, verifica-se que a calda a 65° Brix apresentou a maior redução de cor, da ordem de 48%, obtida sob a taxa de aplicação de 2,5 bv, e a menor redução de cor, da ordem de 27%, sob a taxa de aplicação de 10 bv..

O aspecto visual das caldas a 65° Brix, a pH 3,5, descoradas a temperatura de 80° C, com variação na taxa de aplicação de 2,5 bv, 4 bv, 5 bv, 8 bv, 10 bv, pode ser observado pela Figura 12.

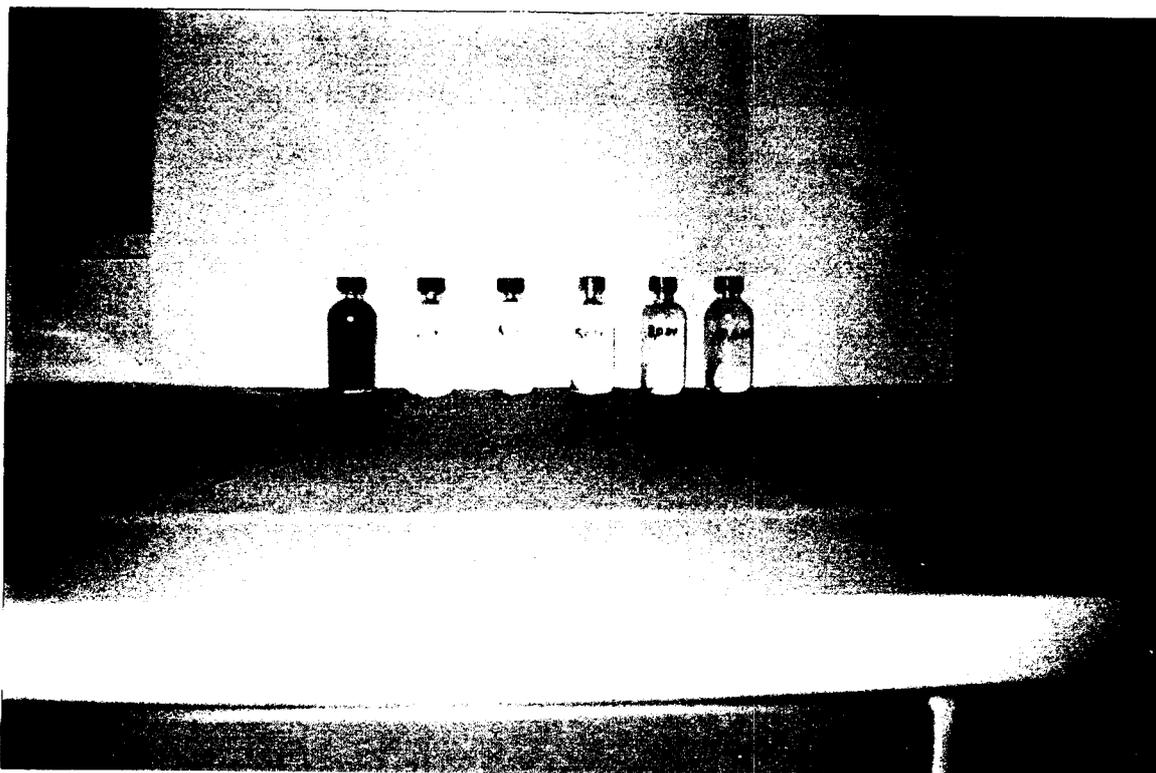


Figura 12 - Aspecto visual do descoramento da calda a 65°Brix, pH 3,5, e temperatura de 80°C. Na ordem de esquerda para direita: calda inicial, caldas com taxas de aplicação de 2,5 bv, 4 bv, 5 bv, 8 bv, 10 bv.

Através da Figura 12 acima, pode-se observar um bom nível de descoramento da calda, mesmo à maior taxa de aplicação, que foi de 10 bv. Nessa taxa máxima de aplicação, a redução de cor foi da ordem de 27%, determinada espectrofotometricamente, porém, visualmente, pode-se observar a grande diferença de cor existente entre a calda inicial e a calda recuperada.

4.1.4.2. - Calda com pH 6,0

Definidos as condições de operação de temperatura de 80° C, concentração de 65° Brix, trabalhou-se com calda proveniente de descartes com concentração maior de corantes, apresentando cor inicial de 1.302 unidades de cor ICUMSA, foi alcalinizada a pH 6,0. A curva de descoramento da calda pode ser observada pela Figura 13.

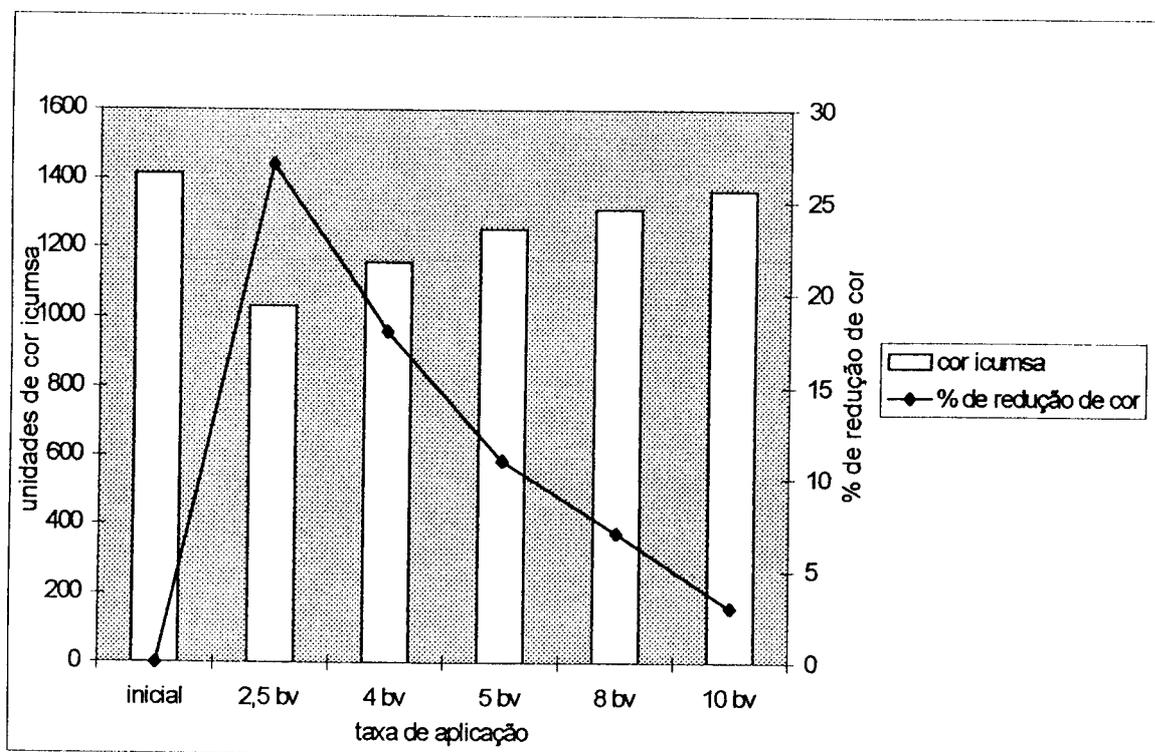


Figura 13 - Curva de descoramento da calda inicial a 65°Brix, pH 6,0, em função da taxa de aplicação, sob temperatura de 80°C.

Verifica-se através da Figura 13 que a calda a 65° Brix e alcalinizada a pH 6,0, não apresentou boa redução de cor, mesmo sob pequena taxa de aplicação de 2,5 bv.

A sua maior redução de cor, da ordem de 28%, pode ser igualada a menor redução de cor obtida com a calda não alcalinizada, sob as mesmas condições de processo.

Sendo assim, conclui-se com base na Figura 14, que em termos de eficiência de processo, não é aconselhável trabalhar com a calda alcalinizada.

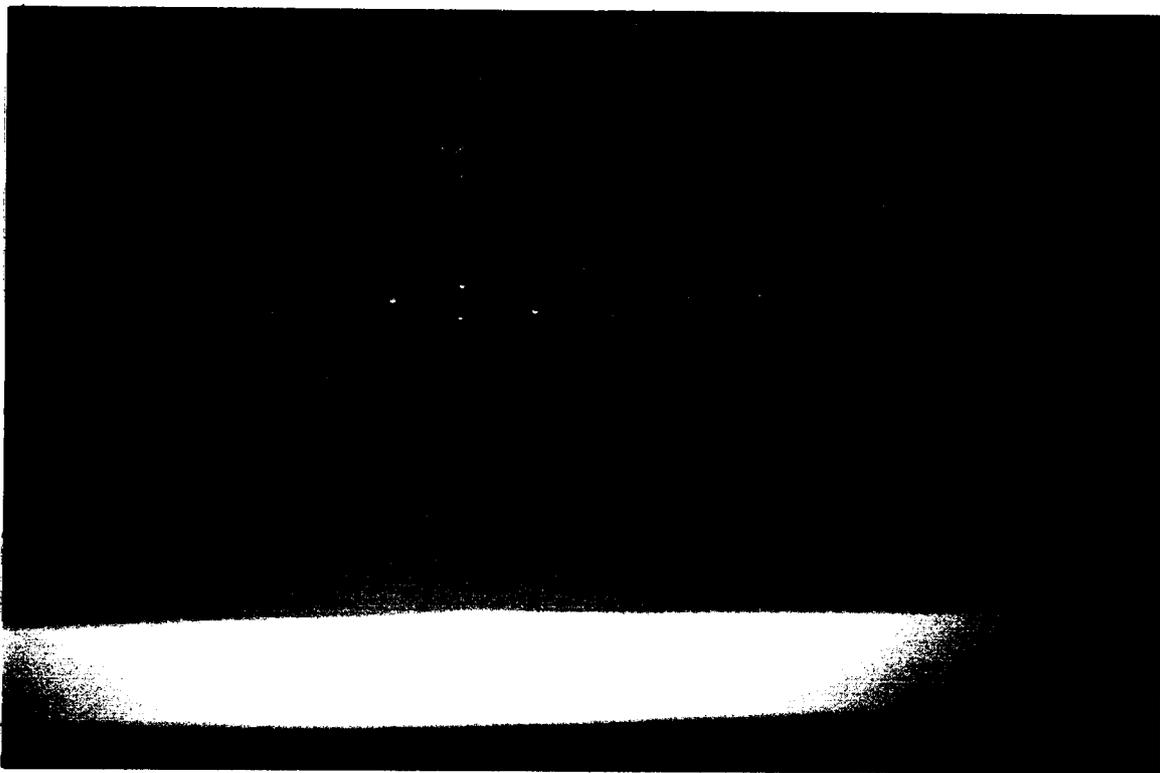


Figura 14 - Aspecto visual da clarificação da calda a 65°Brix, a pH 6,0, temperatura de operação de 80°C, com taxa de aplicação na ordem da esquerda para a direita: calda inicial, 2,5 bv, 4 bv, 5 bv, 8 bv, 10 bv.

O efeito do pH na redução da cor pode ser avaliado através da figura 15.

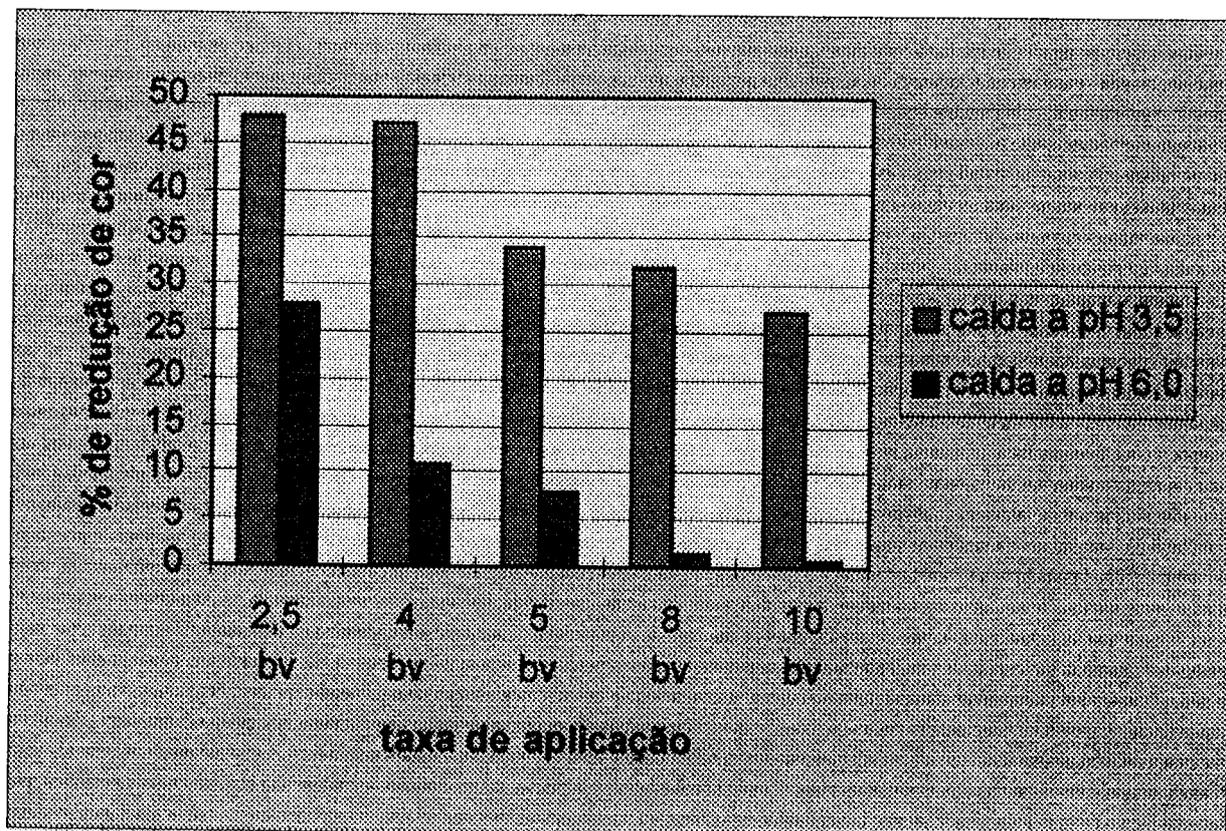


Figura 15 - Efeito do pH no descoramento da calda

Observou-se que a elevação do pH de 3,5 para 6,0, resultou numa baixa eficiência em relação ao descoramento da calda, mesmo quando se operou sob a menor taxa de aplicação de 2,5 bv.

Portanto, para o descoramento de caldas, verificou-se a impossibilidade de trabalhar com pH 6,0, o qual resultaria num menor grau de inversão, o que seria mais indicado para o processamento de balas duras.

4.1.5. - Efeito da taxa de aplicação sobre o grau de inversão.

O efeito da taxa de aplicação sobre o grau de inversão e redução de cor da calda a 65°Brix, a pH 3,5, a temperatura de 80° C, pode ser observado na Figura 16.

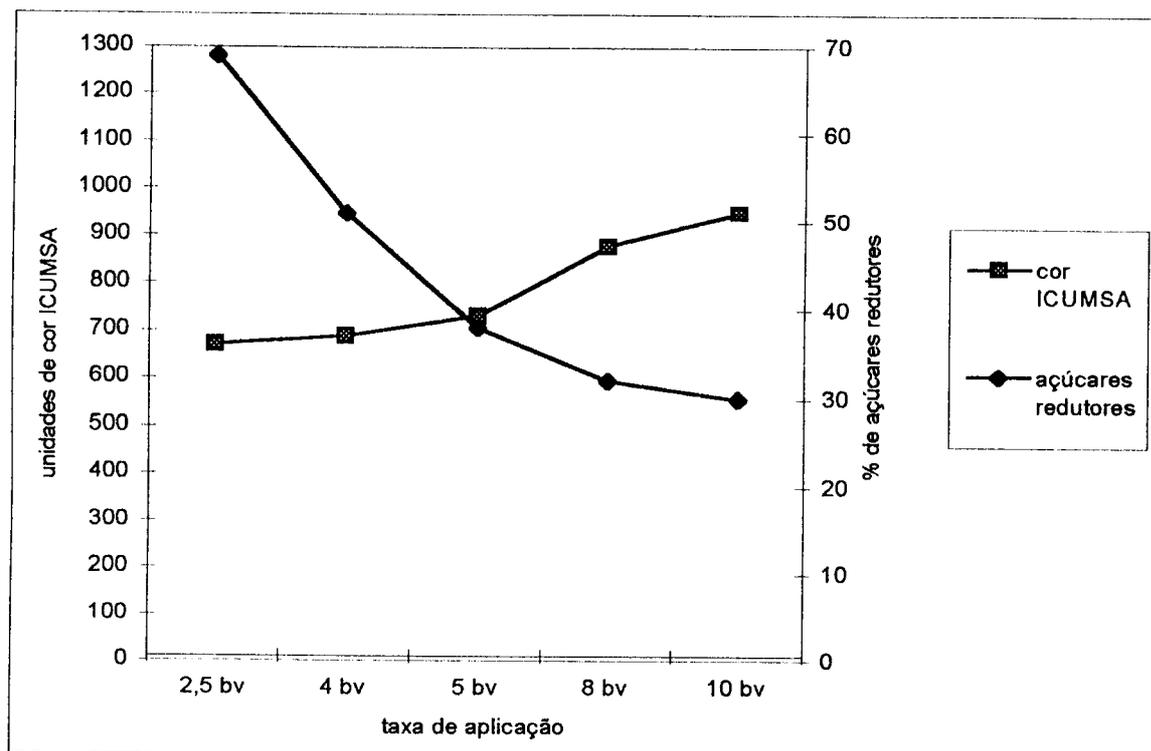


Figura 16 - Efeito da taxa de aplicação sobre o grau de inversão e redução da cor de calda a 65°Brix, pH 3,5, temperatura de operação de 80°C.

Observa-se que sob a menor a taxa de aplicação (2 bv), foi alcançada a maior redução de cor (48%). Por outro lado, a calda ao permanecer mais tempo a alta temperatura, sofre um maior grau de inversão (69%), que é indesejável para aplicação no processo de balas duras.

Sob taxa de aplicação máxima (10 bv), chegou-se ao menor grau de inversão com 29% de açúcares redutores, porém com a menor redução de cor de 27%.

Assim sendo, quando se tentou achar as melhores condições de redução de cor, taxa de aplicação e grau de inversão, verificou-se que essa situação foi alcançada a 5 bv, onde o teor de açúcares redutores de 38% fica próximo do mínimo, mas com uma redução de cor bastante significativa (34%), conforme pode ser visto na Figura 12.

Definidos os parâmetros de operação, torna-se necessário salientar a vantagem desse processo sobre o citado na literatura, em relação a massa de descartes recuperada.

Nesse processo é possível, com a utilização de equipamentos bem mais simples, recuperar uma calda a 65°Brix, enquanto que pelo processo de literatura, recupera-se a calda a 30-40°Brix, ou seja, com uma diluição maior, necessitando concentrar posteriormente para a mesma aplicação.

Além disso, pelos métodos da literatura, a utilização dos descartes se torna menos efetiva (menor quantidade de descarte reaproveitado por tempo), quando comparada ao processo desenvolvido nesse trabalho.

4.2- APLICAÇÃO INDUSTRIAL DA CALDA NA PRODUÇÃO DE BALAS DURAS

4.2.1. - Caracterização da calda

Foram recuperados 80 litros de calda para aplicação industrial, sob as condições de operação de: concentração a 65° Brix, pH 3,5, temperatura de 80° C e taxa de aplicação de 5 bv. A calda recuperada apresentou as seguintes características: 731,6 unidades de cor ICUMSA, 38% de açúcares redutores.

A aplicação da calda recuperada na produção de balas duras tem a vantagem da facilidade de operação em linha industrial, não exigindo nenhum ajuste de equipamento da linha convencional para produção das balas, necessitando apenas adequar a reformulação inicial para se trabalhar normalmente.

A massa inicial apresentou ótima plasticidade para trabalho e características de operação muito semelhantes a massa padrão

4.2.2. - Caracterização da bala padrão e da bala teste

As balas testes não apresentaram problema de formação de cordão, estampagem e principalmente problemas de deformação, que acarretariam problemas durante operação de embalagem.

A bala padrão e a bala teste formuladas e processadas segundo item 3.2.4. e 3.2.5. apresentaram características segundo Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 - Características da bala padrão e da bala teste

	Bala padrão	Bala teste
açúcares redutores (%)	15,70	18,29
polissacarídeo (%)	24,63	9,00
umidade (%)	3,01	3,36
aparência	translúcida e seca	translúcida e seca

Obs: o cálculo de teor de polissacarídeo pode ser visto no Anexo 2.

4.3 - AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO PRODUTO

O estudo tem o objetivo de analisar os efeitos do uso da calda recuperada sobre a qualidade de balas duras, propondo as melhores vias de aplicações, incentivando a diversificação da linha de produção para um produto alternativo, com reaproveitamento das perdas e conseqüente redução de custos.

A avaliação da estabilidade do produto foi baseada pelo tempo em que as balas mantiveram características adequadas de comercialização.

Para isso, foi necessário estabelecer padrões de consumo, representados pela Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Características de balas duras adequadas ou não ao consumo

balas adequadas ao consumo	balas não adequadas ao consumo
translúcida	opaca
vítrea	cristalizada
seca	melada
não adere a embalagem	grande aderência a embalagem

4.3.1. - Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições normais

A avaliação da vida-de-prateleira da bala padrão sob condições normais foi realizada durante um período de seis meses, através do teor de umidade e de açúcares redutores. Os resultados estão representados na Figura 17.

As condições de temperatura e umidade, no período do teste, de fevereiro a julho de 1995, estão apresentados no Anexo 3.

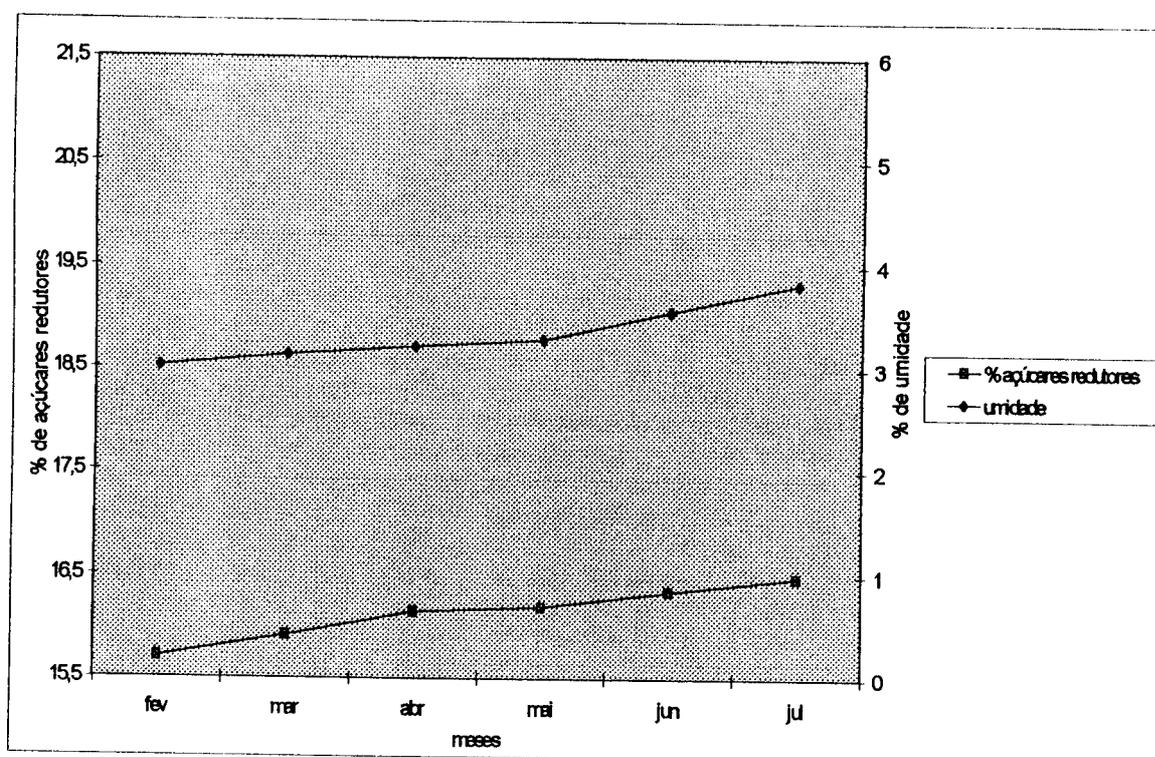


Figura 17 - Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições normais

Observa-se que na bala padrão, a porcentagem de umidade e de açúcares redutores aumentaram lentamente, apresentando boas características de comercialização, dentro do período dos seis meses.

O teor de umidade inicial foi de 3,01%, chegando até 3,82%. O aumento do teor de umidade durante o período foi de 27%.

Quanto ao teor de açúcares redutores, o valor inicial foi de 15,7%, chegando até 16,48%. O aumento do teor de açúcares redutores durante o período foi de 5%.

A partir do sexto mês, as balas começaram apresentar superfície cristalizada e, conseqüentemente opaca, início de melação e moderada aderência a embalagem.

4.3.2. - Vida-de-prateleira da bala teste sob condições normais

A avaliação da vida-de-prateleira da bala teste sob condições normais foi realizada durante um período de seis meses, através do teor de umidade e de açúcares redutores. Os resultados estão representados na Figura 18.

As condições de temperatura e umidade, no período do teste, de fevereiro a julho de 1995, estão apresentados no Anexo 3.

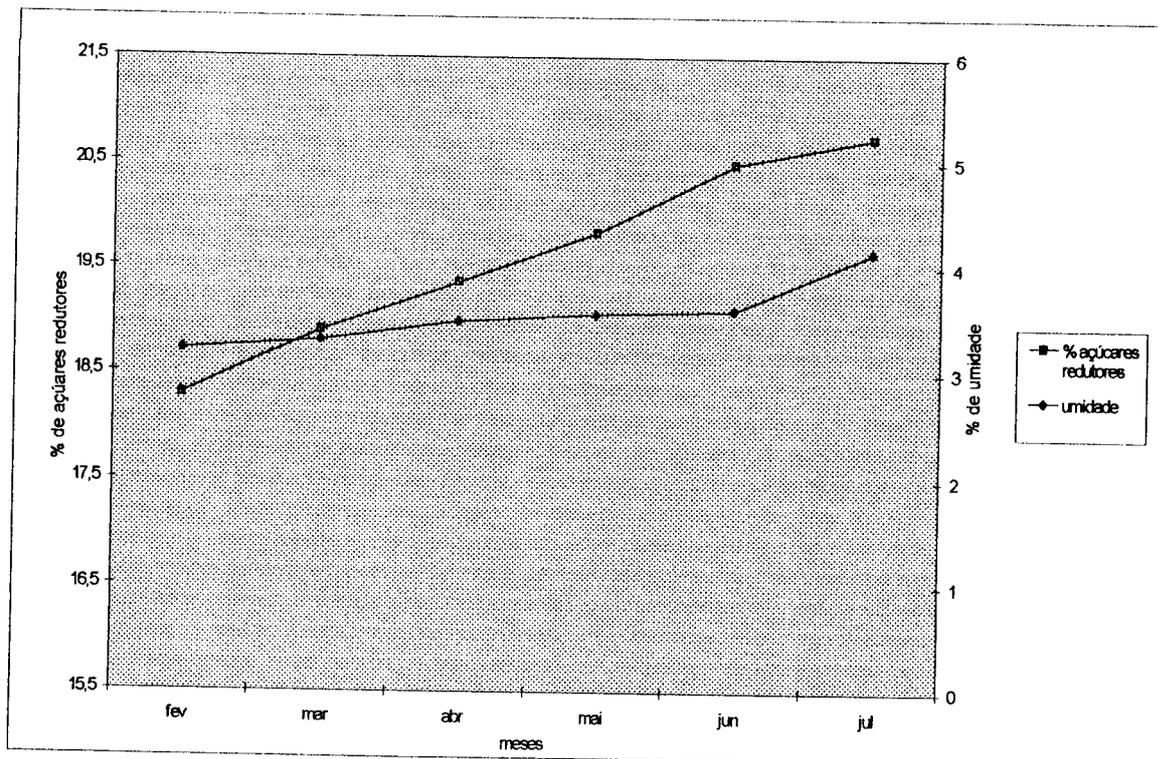


Figura 18 - Vida-de-prateleira da bala teste sob condições normais

O teor de umidade inicial foi de 3,21%, chegando até 4,14%. O aumento do teor de umidade durante o período foi de 29%.

Quanto ao teor de açúcares redutores, o valor inicial foi de 18,29%, chegando até 20,73%. O aumento do teor de açúcares redutores durante o período foi de 13%.

Essas características da bala teste conduziram a um comportamento semelhante ao da bala padrão, porém em um intervalo de tempo mais reduzido, ou seja, enquanto que a estabilidade da bala padrão foi aceitável durante o período de seis meses, a da bala teste foi aceitável durante o período de três meses, devido as mudanças ocorridas durante a estocagem, já citadas anteriormente.

Entretando, apesar da redução do tempo de vida-de-prateleira, este processo implica numa redução de custo na formulação original (utilização de 50% a menos de xarope de glucose), permitindo a comercialização do produto final por um preço reduzido e conseqüentemente, num intervalo de tempo mais curto.

O comportamento das balas está relacionado com as condições climáticas da região de Campinas, durante o período de fevereiro a julho de 1995, que podem ser observadas no Anexo 3. Condições estas, dentro do padrão observado para a região, nos últimos 5 anos, conforme ilustra Anexo 4.

Tem-se as médias anuais de temperatura e umidade relativa do período que compreende 1990 a 1995, apresentadas no Anexo 4, para comprovar a estabilidade climática característica da região com o passar dos anos, sem grandes oscilações.

4.3.3. - Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições aceleradas

A avaliação da vida-de-prateleira da bala padrão sob condições aceleradas foi realizada durante um período de seis dias, através do teor de umidade e de açúcares redutores.

Os resultados estão representados na Figura 19. As condições de temperatura e umidade estão apresentados no Anexo 5.

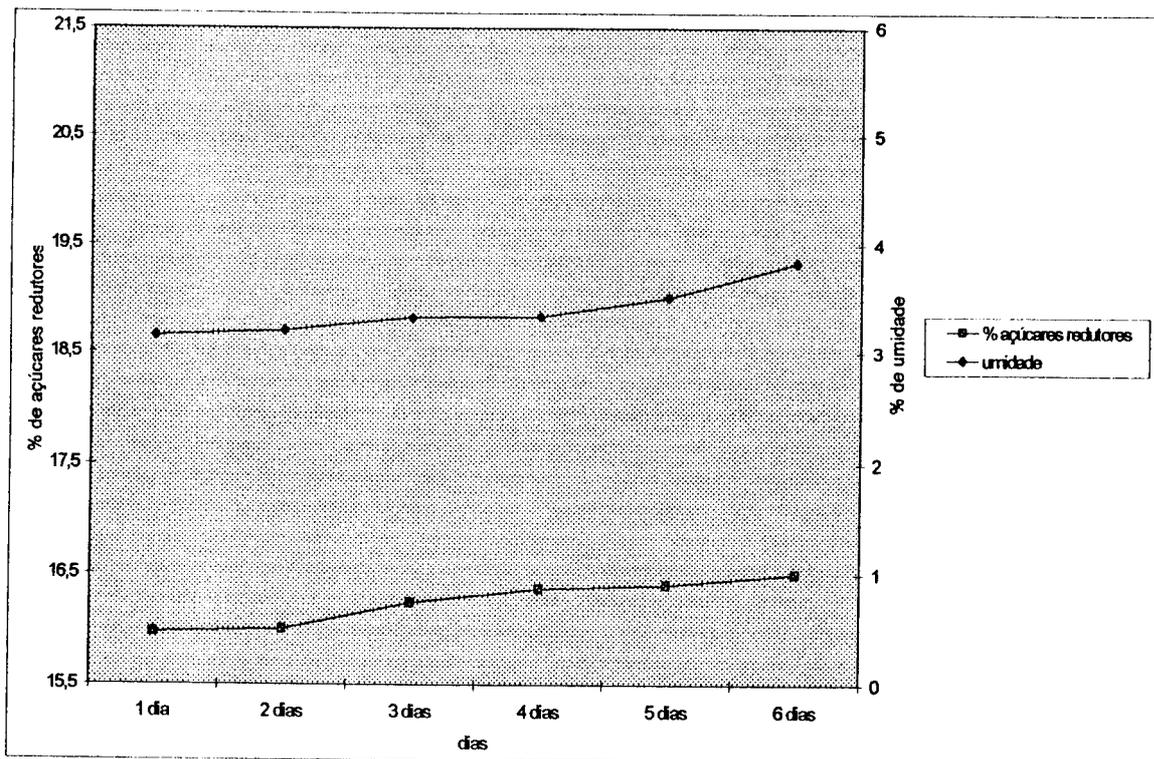


Figura 19 - Vida-de-prateleira da bala padrão sob condições aceleradas (temperatura de 38°C e umidade relativa de 80%)

O teor de umidade inicial foi de 3,15%, chegando até 3,83%. O aumento do teor de umidade durante o período foi de 21%.

Quanto ao teor de açúcares redutores, o valor inicial foi de 15,97%, chegando até 16,57%. O aumento do teor de açúcares redutores durante o período foi de 4%.

Observou-se que, sob condições aceleradas, os resultados diários de açúcares redutores e de umidade apresentaram valores muito próximos aos valores médios mensais de açúcares redutores e umidade, encontrados sob condições normais.

Da mesma forma foi possível verificar um comportamento muito semelhante de mudanças físicas do produto, durante o período de acondicionamento.

4.3.4. - Vida-de-prateleira da bala teste sob condições aceleradas

A avaliação da vida-de-prateleira da bala teste sob condições aceleradas foi realizada durante um período de seis dias, através do teor de umidade e de açúcares redutores.

Os resultados estão representados na Figura 19. As condições de temperatura e umidade estão apresentados no Anexo 5.

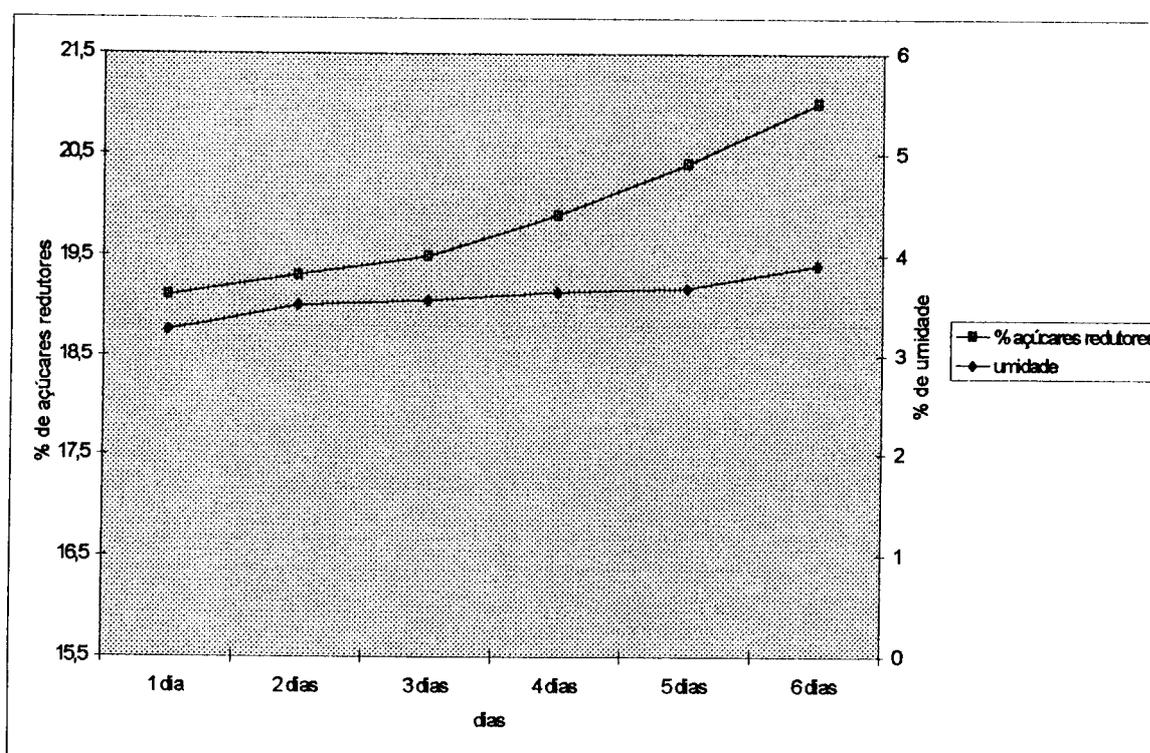


Figura 20 - Vida-de-prateleira da bala teste sob condições aceleradas (temperatura de 38°C e umidade relativa de 80%)

O teor de umidade inicial foi de 3,25%, chegando até 4,14%. O aumento do teor de umidade durante o período foi de 27%. Quanto ao teor de açúcares redutores, o valor inicial foi de 19,1%, chegando até 21%. O aumento do teor de açúcares redutores durante o período foi de 10%.

Observou-se que, sob condições aceleradas, os resultados diários de açúcares redutores e de umidade apresentaram valores muito próximos aos valores médios mensais de açúcares redutores e umidade, encontrados sob condições normais.

Da mesma forma foi possível verificar um comportamento muito semelhante de mudanças físicas do produto, durante o período de acondicionamento.

4.3.5. - Relação entre condições normais e aceleradas

É muito importante para a indústria prever, em pouco tempo, o comportamento esperado do produto em condições normais.

Deve-se, portanto estabelecer condições aceleradas de temperatura e umidade relativa de equilíbrio que correlacionem com a estabilidade de balas sob condições normais.

Neste trabalho, utilizou-se condições aceleradas de temperatura constante de 38° C e umidade relativa de equilíbrio de 80% (anexo 4). Dessa forma, foi possível correlacionar os dias sob condições aceleradas aos meses sob condições normais, representados pelas Figuras 21, 22, 23 e 24.

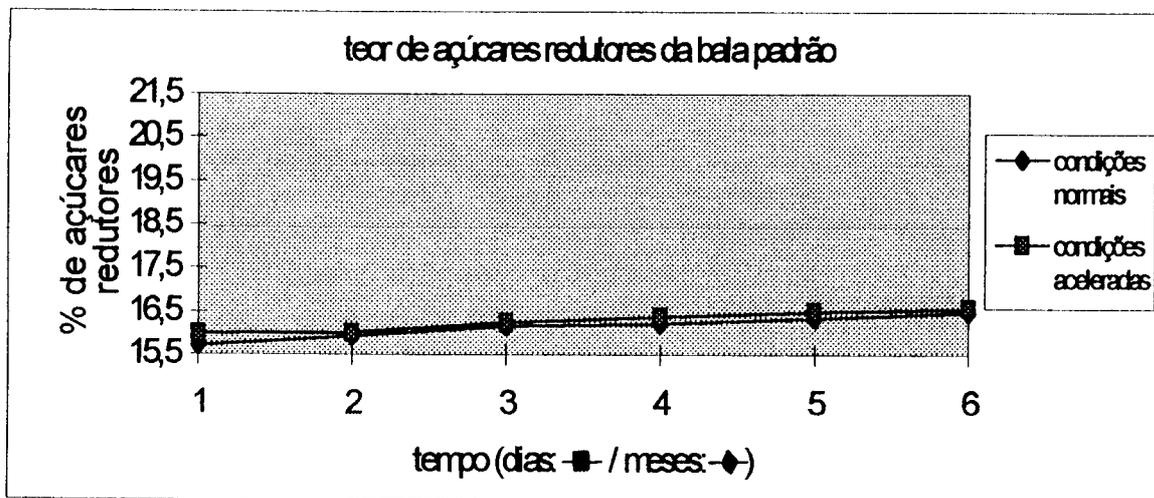


Figura 21 - Teor de açúcares redutores da bala padrão sob condições normais e aceleradas

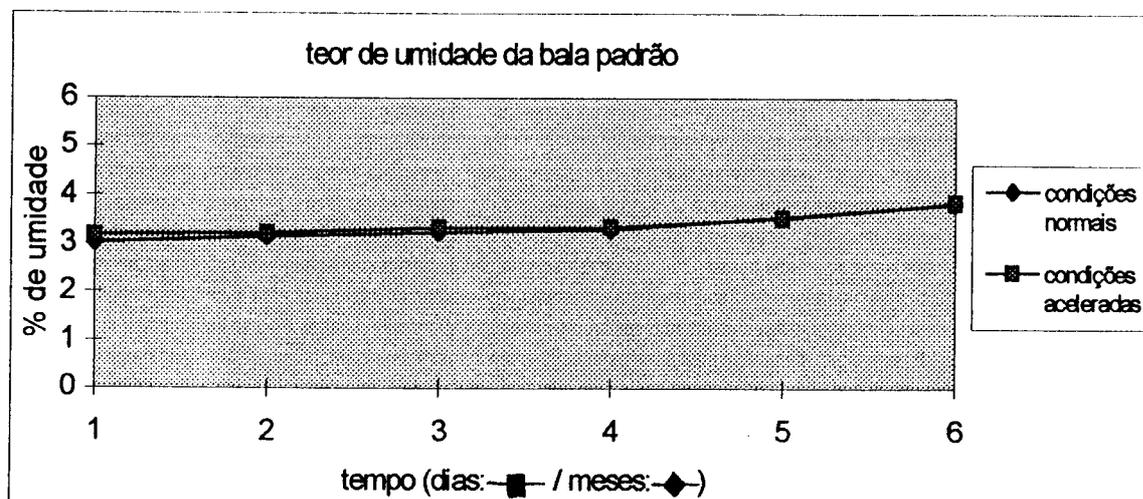


Figura 22 - Teor de umidade da bala padrão sob condições normais e aceleradas

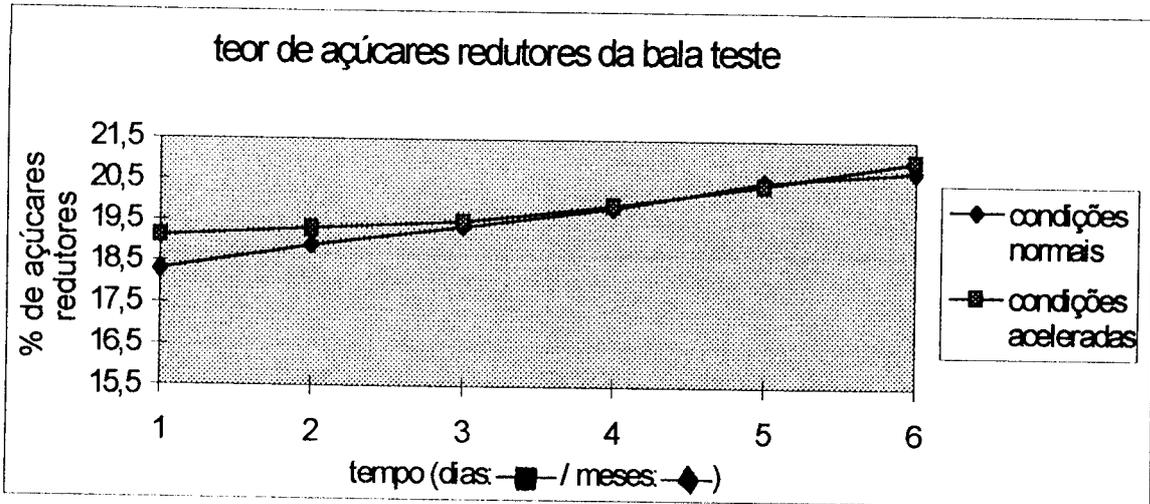


Figura 23 - Teor de açúcares redutores da bala teste sob condições normais e aceleradas

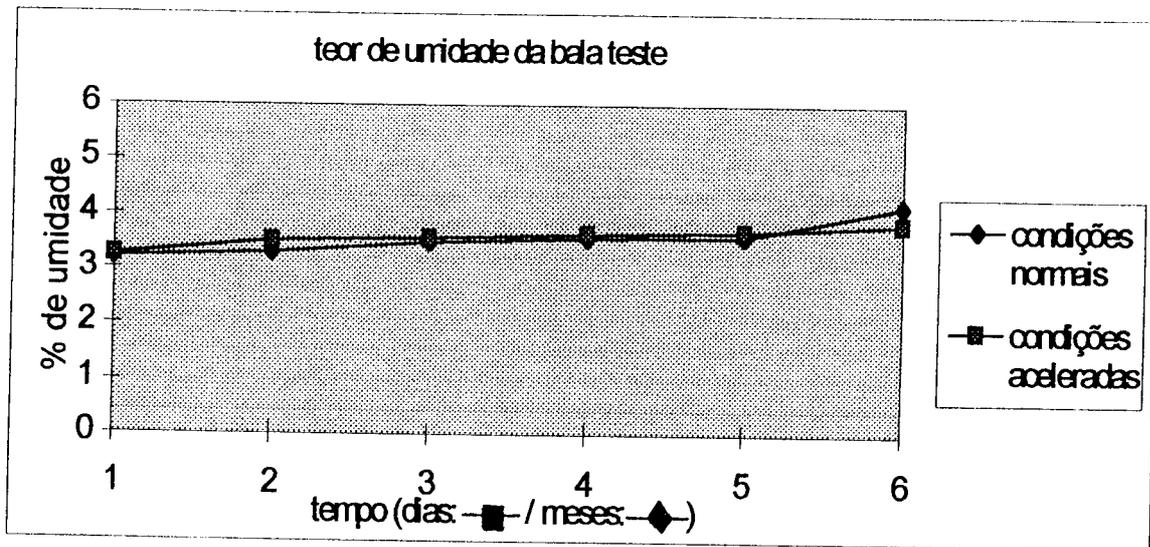


Figura 24 - Teor de umidade da bala teste sob condições normais e aceleradas

Observando-se os dados, é possível correlacionar os dias aos meses, de acordo com a comparação e equivalência dos valores dos resultados obtidos, sob as duas condições. Portanto, chega-se a seguinte correlação:

	Condições aceleradas	Condições normais
Bala padrão	1 dia	1 mês
Bala teste	1 dia	1 mês

Foi possível traçar um perfil de comportamento da estabilidade dos produtos testados, avaliando resultados de umidade e teor de açúcares redutores, sob condições normais e aceleradas.

Sendo assim, chegou-se a conclusão que para os produtos estudados, um dia sob condições aceleradas corresponde a um mês sob condições normais.

A aplicação desse xarope para fabricação específica de balas duras é limitada, devido ao grau de açúcares redutores, diminuindo a estabilidade do produto.

Esse trabalho constitui-se de resultados que podem ser analisados e aprimorados, a medida que se pode correlacionar especificações finais dos produtos a seu possível comportamento, analisando as condições aceleradas e tomando-se os resultados como uma previsão para os meses consecutivos a produção.

A calda recuperada pode ampliar seu leque de aplicação se for comparada aos xaropes de açúcar invertido, que podem ser utilizados para aplicações industriais como matéria-prima para fabricação de bolachas e biscoitos, balas e chicletes, bebidas quentes, compotas, panificadoras, sorvetes (como agente anti-cristalizante), colas, detergentes, sucos, achocolatados.

Na produção de alimentos, o produto pode ser utilizado como elemento adoçante e para dar corpo aos enlatados.

5. CONCLUSÕES

Verificou-se que o processo de descoramento de caldas provenientes de descartes de balas duras com corantes artificiais (vermelho 40, amarelo crepúsculo, amarelo tartrazina, azul brilhante, bordeaux S), em leite de carvão animal ativado, sob condições de processo de 80°C, taxa de aplicação mínima de 2,5 bv, com pH de 3,5 a 4,5 e concentração de 65°Brix, resulta numa redução de cor de 56%.

Verificou-se ainda, que mesmo na máxima taxa de aplicação de 10 bv, a redução de cor de 27% foi aceitável para o processamento de balas duras.

O aumento do pH da calda original de 3,5 para 6,0 confere menor grau de inversão durante o processo, porém não é uma técnica indicada, pois além de conferir maior cor inicial, resulta numa calda com redução máxima de cor de apenas 28% sob taxa de aplicação de 2,5 bv (maior tempo de retenção) e 0,8% de redução de cor a 10 bv.

Calda recuperada com alta redução de cor, porém com alto grau de inversão (69% de açúcares redutores), pode ser obtida na taxa de aplicação de 2,5 bv. Este produto apresenta grande potencial de aplicação em recheios de balas e bombons, produção de fondant, "marshmallow", sorvetes, coberturas e produtos de panificação.

Sob a taxa de aplicação de 5 bv, foi possível otimizar o processo, visando obter as melhores condições conjuntas de redução de cor (34%), taxa de aplicação e grau de inversão (38% de açúcares redutores).

A substituição de 50% da calda padrão por calda recuperada e ajustada a 80°Brix com sacarose, resultou em balas com 18,29% de açúcares redutores, 3,36% de umidade e 9% de polissacarídeos e aparência translúcida e seca igual ao da bala padrão. Sob as mesmas condições de processo, a bala padrão apresentou 15,7% de açúcares redutores, 3,01% de umidade e 24,63% de polissacarídeos.

A massa da bala formulada com calda recuperada apresentou o mesmo comportamento que a da bala padrão. As condições de operação na bastonadeira, na igualadora, na estampadeira, no túnel de resfriamento e na embaladeira, foram as mesmas para a bala padrão e a bala teste, não exigindo ajustes em nenhum destes equipamentos.

Através do estudo de estabilidade do produto acabado foi possível verificar que a bala padrão apresentou vida-de-prateleira de seis meses, enquanto que a bala formulada com calda recuperada (50% de substituição) apresentou vida-de-prateleira de três meses. O uso de 50% a menos de xarope de glucose possibilita a comercialização do produto com preço reduzido.

Foi possível traçar um perfil de comportamento da estabilidade da bala padrão e da bala formulada com calda recuperada, através dos resultados de umidade e de açúcares redutores, sob condições aceleradas (T=38°C, 80% U.R.) e condições normais da região de Campinas. Verificou-se que um dia sob condições aceleradas (T=38°C, 80% U.R.) corresponde a um mês de armazenamento sob condições normais.

Enfim, foi possível reunir nesse trabalho, dados para um processo industrial alternativo de baixo investimento, que contribuiu para a solução de um problema de caráter técnico e sanitário. O processo de recuperação de descartes proposto, permite a produção de uma calda que pode ser reutilizada, sem reajuste de equipamentos, na produção de balas duras com menor custo e, boas características de comercialização por 3 meses.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos **Compêndio da legislação de alimentos**. Consolidação das normas e padrões de alimentos; atos do Ministério da Saúde. São Paulo, 1978, v.1/A.

02. BENNET, M.C.; LIMPSFIELD,C. Clarification processes.
SIT -Symposium cane sugar refining - Methods of purification.
Sugar Journal, Dezembro, 1990. p (8 - 11).

03. BILLMEYER, F.W.; SALTZMAN,M. **Principles of color technology**,
2. ed., New York : Willey Interscience, 1981. 240 p.

04. BLOWSKI, A.A. ; BON, J.H. Decolorizing carbons.
Industrial and Engineering Chemistry, v.18, n.1, p.32-42, 1926

05. CALGON CARBON CORPORATION. **For liquid phase applications**
Pittsburgh, 1988. 7 p.

- 06 CARBOMAFRA S.A., INDÚSTRIAS QUÍMICAS **Introdução ao carbono ativado**
Curitiba, 1992. 27 p.

07. CARPENTER, F.G.; ROBERTS, E.J. Colorant formation under refining conditions. **Sugar Journal**, v.39, n.1, p. 41 - 43, Junho, 1976.
08. CASSIDY, H.G. **Technique on organic chemistry: Adsorption and chromatography**. New York: Interscience, 1951. v. 5, 360 p.
09. CHARMON, C.D.; VADEZKY, E.; LANGWILL, K.E.; McCLOSKEY, K.E.; SCHUEMANN, H.W. **Twenty Years of Confectionery and Chocolate progress** Westport: AVI Publishing, 1970. 775 p.
10. CHOU, C.C. Cane sugar refining - where are we going ? **Sugar Journal**, Junho, 1990. p. 14 - 19.
11. CLARK, R.M.; LYKINS Jr, B.W. **Granular activated carbon - design, operation and cost**. Michigan: Lewis, 1991. Cap.2 ,341 p.
12. GIROLA, J.A. **Tecnologia de alimentos açucarados: curso intensivo** São Paulo: CELACADE (Centro Latino Americano de Capacitacion y Desarrollo de Empresas Alimentarias), 1977, 74 p.
13. GROSSO, A.L. **Técnica de elaboracion moderna de confituras**. 2. ed. Buenos Aires: SAICF, 1972. 251 p.

14. GUTTERSON, M. **Manufacturing processes.** Confectionery products.
Noyes: NDC, 1969. 323 p.

15. HEISS, R. Prevention of stickiness and graining in stored hard candies.
Food Technology, v. 13, p. 433-439, 1959.

16. HERSKA, A. **Food industry wastes:** disposal and recovery.
London: Applied Science, 1981. 246 p.

17. INSTITUTO AGRONÔMICO. Seção de Climatologia. **Dados da região de Campinas das médias de temperaturas e umidades relativas:** janeiro- julho / 1995. Campinas, 1995. 2 p. (Folheto).

18. KONEN, J.C.; WILSON, J.R. **Replacing carbonaceous adsorbents with acrylic and styrenic strong base anion resins in cane sugar decolorization applications.** Bangkok: International Society of Sugar Cane Technologists, 1992.

19. LABUZA, T.P. **Shelf-life dating of foods.** Connecticut: Food & Nutrition Press, 1982, 500 p.

20. LA LANDE, W.A. Bauxite as a sugar refining adsorbent.
Industrial Engineering Chemistry., v. 33, n.10, 1941.

21. LESS, R.; JACKSON, E.B. **Sugar confectionery and chocolate manufacture.** Aylesbury: Ed. Leonard Hill Books, 1973, 379 p.
22. MADI, L.F.C.; CABRAL, A.C.D.; SOLER, R.M.; ORTIZ, S.A.
Embalagens de produtos alimentícios. São Paulo: Coordenadoria da Indústria e Comércio, 1983. 338 p.
23. MADI, L.F.C.; QUAST, D.G.; SOLER, R.M.; GAZETA, E.F.; ORTIZ, S.A.; ALVIM, D.D.
Técnicas de laboratório para embalagens para alimentos: embalagens flexíveis. Campinas: ITAL, 1978. (várias paginações).
24. MANTELL, C.L. **Adsorption.** New York: Mc Graw-Hill, 1945.
25. MINIFIE, B.W. **Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology,** 3. ed.. London: Longman Group, 1989. 904 p.
26. MOTHE, J.R.A. **Tecnologia da fabricação de balas e caramelos.**
São Paulo: CEAPIA - Centro de Apoio ao Profissional e Indústria de Alimentos, 1990. 83 p.
27. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise.** 3. ed. São Paulo, 1985. v.1.

28. PARADA, E.A.; OLIVEIRA, M.G.; MICHELOTO, P.P. Sistemas de tratamento das águas residuárias versus geração de resíduos sólidos industriais; In CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTROLE E PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL. **Resumo**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993. p.21-26.
29. QUAST, D.G. Físico-química da água em alimentos desidratados. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos**, n. 13, p.1-25, 1968.
30. QUAST, D.G.; TEIXEIRA, R.O. Atividade de água em alguns alimentos de teor intermediário de umidade. **Coletânea do Itai**, v. 6, p. 203-232, 1975.
31. QUAST, D.G.; TEIXEIRA, R.O. Isotermas de adsorção de umidade em alimentos. **Coletânea do Itai**. v. 8, tomo I, p. 141-197, 1977.
32. RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. São Paulo: Edições Loyola, 1987. 320 p.
33. ROLFE, E.J. **Intermediate moisture foods**. London: Applied Science, 1976 306 p.

34. ROMANI, S.C. **Adsorção de material corante de caldas de açúcar em leitos de carvão de ossos.** São Paulo, 1993. 84p. Tese (Doutorado)
Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
35. SMISEK, M.; CERNY, S. **Active carbon manufacture: properties and applications.** Amsterdam: Elsevier, 1970. 457p.
36. STRAIN, H.H. **Chromatographic adsorption analysis.** New York: Interscience, 1942. 222 p.
37. TANAC. **Manual de especificações técnicas do carvão ativado granulado.** São Paulo, 1975.
38. TATEO, F. **Atualização em tecnologia de produção de balas, frutas açucaradas, gelatinas.** Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1978. 66 p.
39. TREYBAL, R.E. **Mass-transfer operations.** 3.ed. New York: Mc Graw Hill, 1980. 784p.

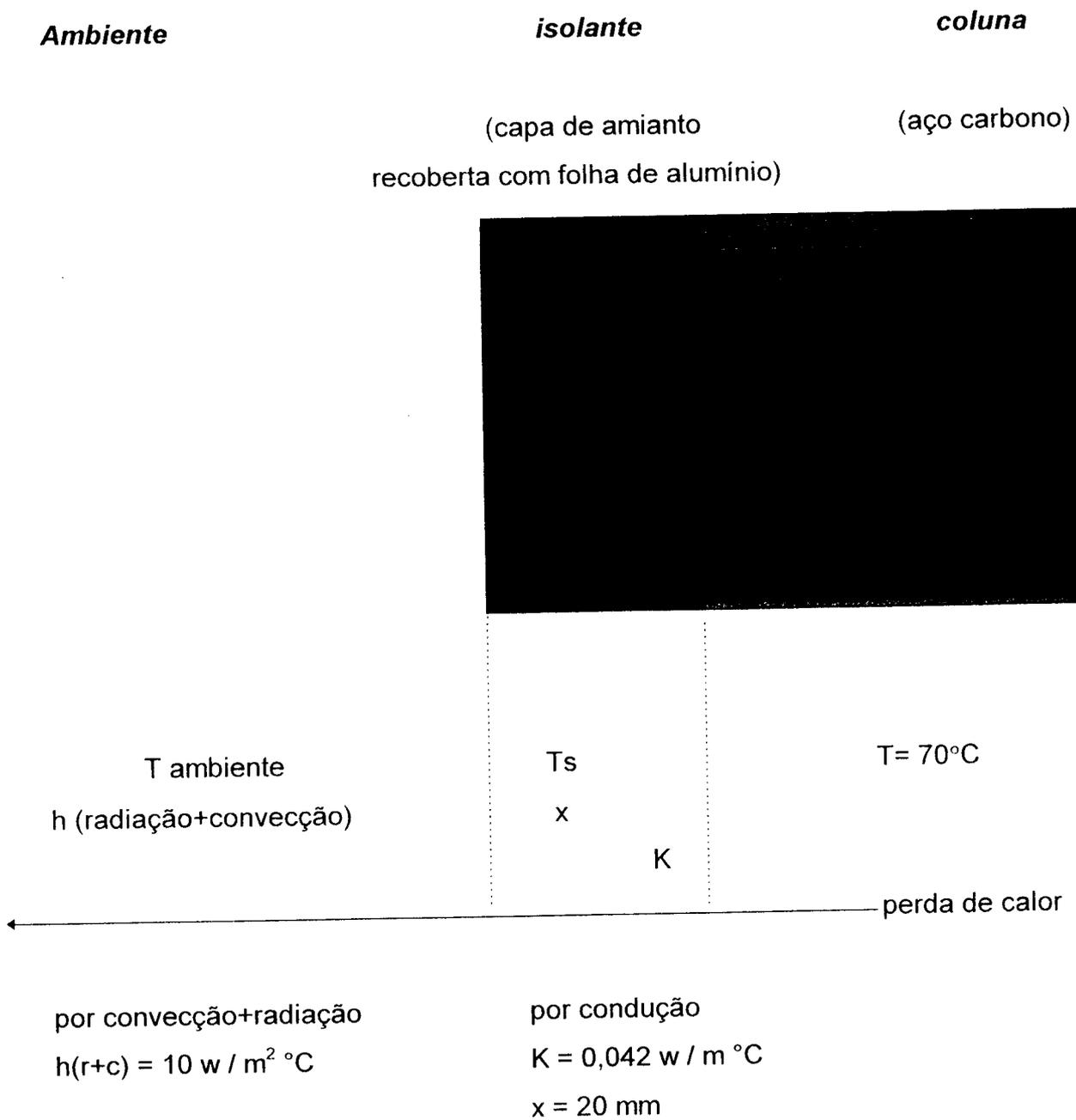
40. VON SPERLING, E. Critérios limnológicos para a disposição final de resíduos líquidos industriais. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTROLE E PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL. **Resumo**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993. p. 19-20

41. WALFORD, J. **Developments in food colours 2**. New York: Elsevier , 1984. 257 p.

42. WHALLEY, H.C. S. **ICUMSA methods of sugar analysis**. Amsterdam: Elsevier, 1964. p. 57-58.

ANEXO 1 - ENCAMISAMENTO TÉRMICO DA COLUNA

Cálculo da camisa de aquecimento da coluna:



$$Q (\text{convecção+radiação}) = Q (\text{conduzido})$$

$$h(r+c) A (T_s - T_{\text{amb}}) = K A \frac{(70 - T_s)}{x}$$

$$Q (\text{convecção+radiação}) = Q (\text{conduzido})$$

$$h(r+c) A (T_s - T_{\text{amb}}) = K A \frac{(70 - T_s)}{x}$$

$$10 (T_s - 25) = 0,042 \frac{(70 - T_s)}{0,02}$$

$$T_s = 32,8^\circ\text{C}$$

$$Q (\text{perdido na parte isolada}) = h(r+c) A (T_s - T_{\text{amb}})$$

$$= 10 \cdot [2\pi (0,0525 + 0,02) 0,35] 7,81$$

$$= 12,45 \text{ w}$$

$$Q (\text{perdido na parte não isolada}) = h(r+c) A (70 - T_{\text{amb}})$$

$$= 10 \cdot 2\pi (0,115 \cdot 0,015 \cdot 4)(70 - 25)$$

$$= 19,5 \text{ w}$$

$$Q (\text{perdido total}) = 12,45 + 19,5 = 31,95 \text{ w}$$

$$\text{com segurança de 30\%} = 41,6 \text{ w}$$

$$\text{Potência} = Q \text{ (perdido total)} = \frac{V^2}{R}$$

Para Voltagem 110V:

$$41,6 = \frac{110^2}{R}$$

$$R = 291\Omega$$

R = resistividade específica × comprimento

especificação do fio { $\varnothing = 0,15 \text{ mm}$

(Kantel A 1330) { resistividade específica = $78,66 \Omega / \text{m}$

$$291 = 78,66 \times \text{comprimento}$$

comprimento = 3,7 m de fio necessário para encamisar a coluna isolada com amianto e folha de alumínio (espaçamento entre fios de 0,5 cm)

ANEXO 2 - CÁLCULO DO TEOR DE POLISSACARÍDEO

Considerando-se a composição do xarope de glucose (80° Brix) na base seca de 73% de polissacarídeos; a % de umidade final da bala padrão determinada experimentalmente de 3,01% , determinou-se os valores teóricos de % de polissacarídeos conforme cálculos a seguir, representados nas Tabelas 1a e 2a .

BALA PADRÃO - Resultado analítico: 3,01% de umidade

Tabela 1a - Composição da calda da bala padrão

matéria-prima	peso bruto (Kg)	sólidos totais (Kg)	polissacarídeos (Kg)
sacarose	60	60	-----
glucose	40	32	23,36
água (30% do açúcar)	18	----	-----
TOTAL	118	92	23,36

COMPOSIÇÃO FINAL

CÁLCULOS:

Assumindo umidade residual de 3,01% (resultado da análise pós-produção)

água \longrightarrow 3,01%

$$\text{peso final} = \frac{\text{sólidos totais}}{100 - \text{umidade}} \times 100 = \frac{92}{100 - 3,01} \times 100 = 94,85$$

$$\% \text{ polissacarídeo} = \frac{23,36}{94,85} \times 100 = 24,63$$

Por comparação às especificações técnicas, com base no teor de polissacarídeo = 20% (mínimo), chega-se a conclusão que o produto se encontra dentro das condições técnicas de produção, segundo dados da literatura.

BALA TESTE

Resultados analíticos : 3,36% de umidade

Tabela 2a - Composição da calda da bala teste

matéria-prima	peso bruto (Kg)	sólidos totais (Kg)	polissacarídeos (Kg)
sacarose	30 + 50	80	-----
calda de reparas	46	29,9	-----
glucose	20	16	11,68
água	9	-----	-----
TOTAL	155	125,9	11,68

Cálculos:

Assumindo umidade residual de 3,36%

água \longrightarrow 3,36%

$$\text{peso final} = \frac{\text{sólidos totais} \times 100}{100 - \text{umidade}} = \frac{125,9 \times 100}{100 - 3,36} = 130$$

$$\% \text{ polissacarídeo} = \frac{11,68}{130} \times 100 = 9,0$$

Por comparação às especificações técnicas, com base no teor de polissacarídeo = 20% (mínimo), chega-se a conclusão que o produto se encontra fora das condições técnicas de produção, porém, apresentando características de um produto comercializável.

ANEXO 3 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO DE CAMPINAS

Considerações climáticas da região durante o período dos testes

(dados do IAC - Instituto Agronômico de Campinas)

Baseou-se nos valores obtidos pela Seção de climatologia do Instituto Agronômico das médias de temperaturas e umidades relativas, durante os meses de janeiro a agosto de 1995, na região de Campinas, que podem ser observadas pelas Tabelas 3a e 4a.

Tabela 3a - Temperaturas médias

Seção de climatologia agrícola - Estação Experimental de Campinas								
LAT. 22° 6' S			LONG. 47° 05' W			ALT. 694 m		
DADOS MENSAIS - TEMPERATURAS MÉDIAS $(T_{max} + T_{min})/2$								
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
1995	25,6	24,1	23,8	22,1	19,8	18,7	19,9	22,1

Tabela 4a - Umidades relativas médias

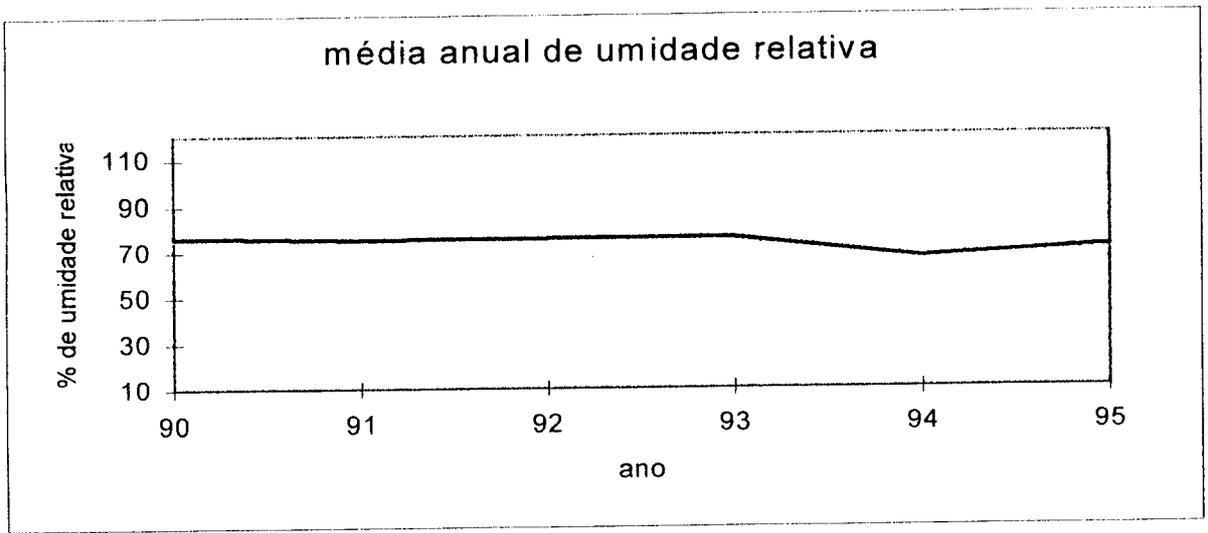
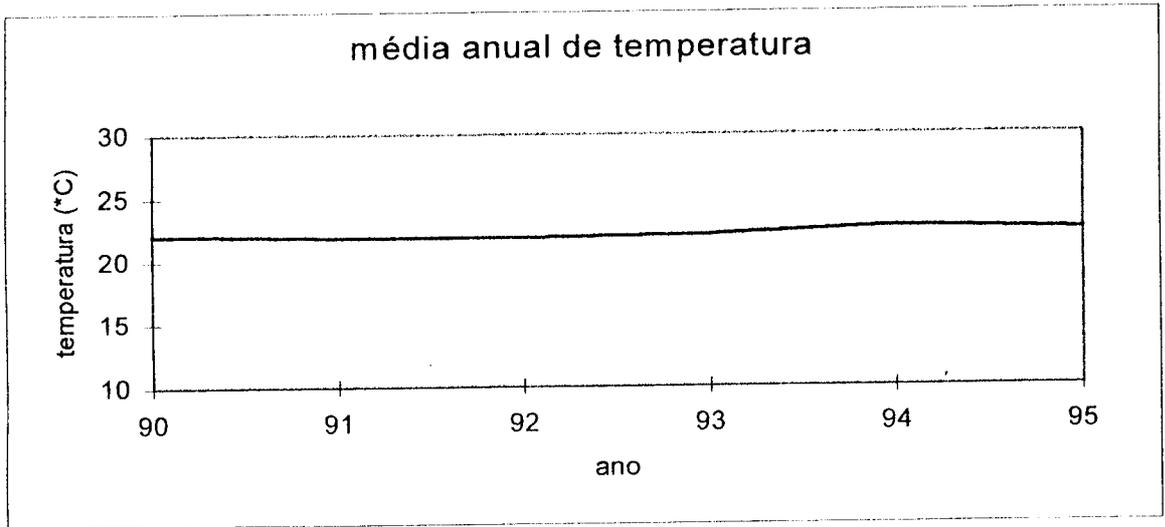
Secretaria de Meteorologia e Agricultura - Estação Experimental de Campinas

LAT. 22° 54' S LONG. 47° 05' W ALT. 694m

DADOS MENSIS: UMIDADE RELATIVA MÉDIA %

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.
1995	75,9	85,0	77,4	74,6	76,3	66,5	66,1	65,7

**ANEXO 4 - MÉDIAS ANUAIS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA
DA REGIÃO DE CAMPINAS, NO PERÍODO QUE
COMPREENDE OS ANOS DE 1990 A 1995
(DADOS FORNECIDOS PELO INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS)**



ANEXO 5 - MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA VIDA-DE-PRATELEIRA SOB CONDIÇÕES ACELERADAS

Método dos dessecadores

Procedimento:

Preparo das soluções saturadas: lavar com água destilada o dessecador e secá-lo. Adicionar a quantidade de sal desejada e adicionar água até que se forme uma solução com um mínimo de precipitado possível. Colocar o anteparo sobre a solução e acondicionar as amostras de bala, embaladas unitariamente e em saquinhos de embalagem utilizada comercialmente (polietileno 60 micra). Fazer uma amostragem para cada processo de bala = 10 saquinhos com 10 unidades de bala em cada um; foram avaliados três processos diferentes, portanto 30 saquinhos de balas. Colocar o dessecador com a solução saturada e com as amostras numa estufa a temperatura de 38°C, obtendo-se, assim, uma umidade relativa de equilíbrio de 80%. Fazer análises diárias de uma amostragem/ processo (1 saquinho de bala/dia) × 3 processos diferentes, durante sete dias consecutivos, baseando-se nas análises de umidade por Karl Fischer e teor de açúcares redutores po Fehling do produto, em triplicata (portanto, 18 análises diárias, ou seja, 126 análises em uma semana).

O esquema do método pode ser observado pelas Figuras 1a e 2a, apresentadas a seguir.

MÉTODO DOS DESSECADORES

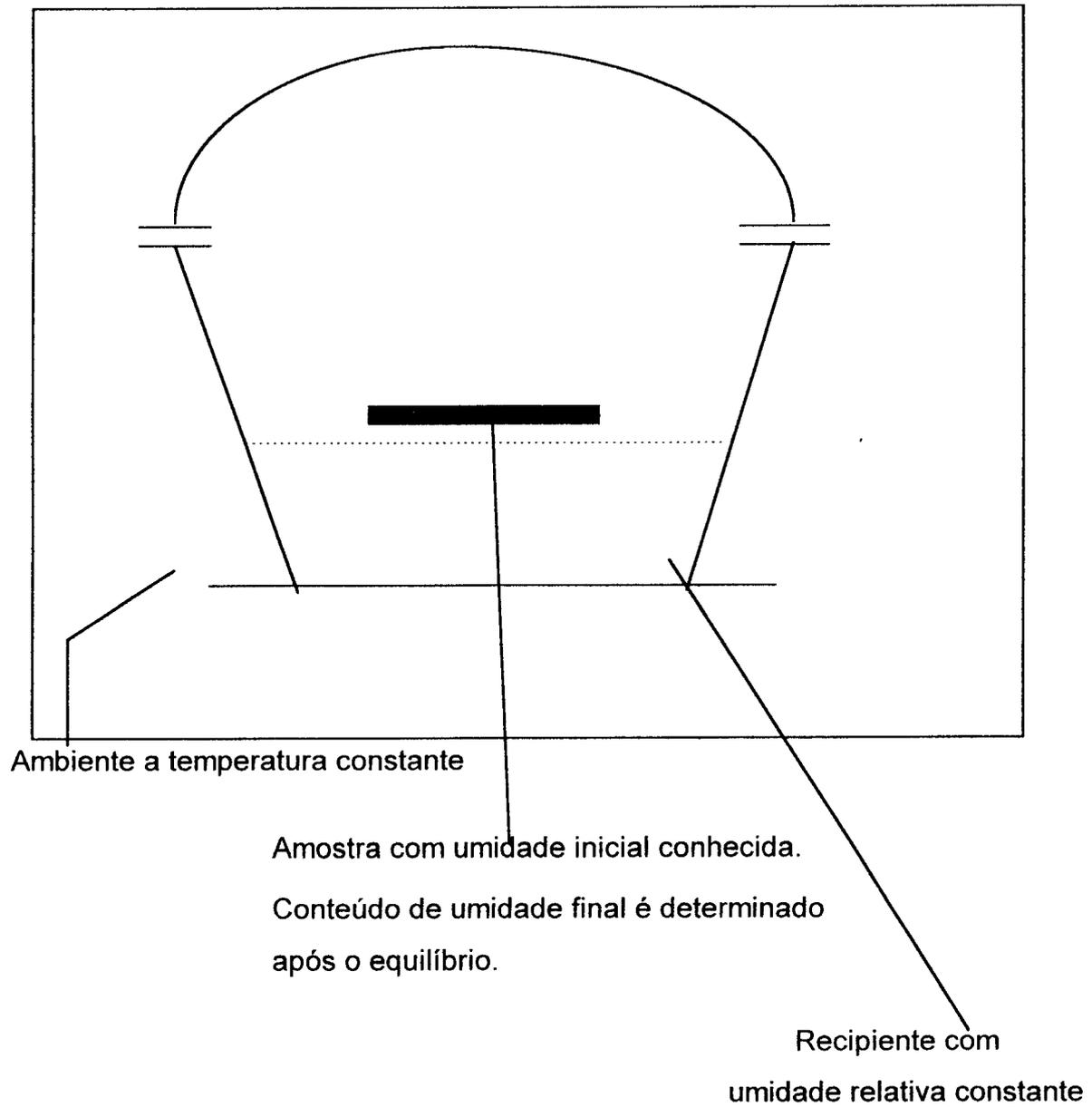


Figura 1a - Método dos dessecadores

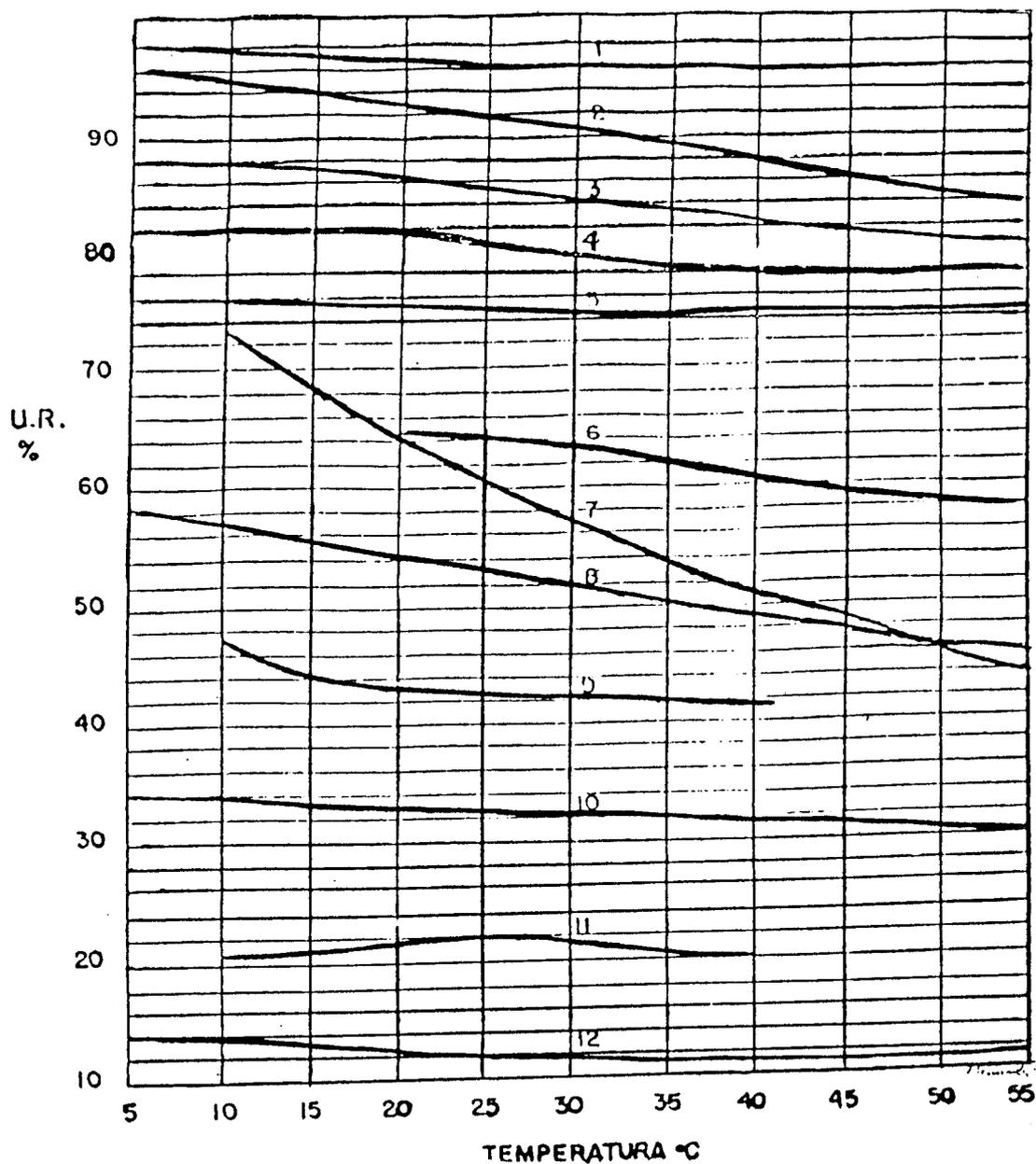


Figura 2a - Gráfico das soluções saturadas e suas respectivas umidades relativas a determinada temperatura