

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO DE CERVEJA COM EXTRATO DE MALTE
NAS FORMAS DE XAROPE E PÓ: ANÁLISE
FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL E ENERGÉTICA**

MURIS SLEIMAN

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção de título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU-SP
Fevereiro – 2002

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**PRODUÇÃO DE CERVEJA COM EXTRATO DE MALTE
NAS FORMAS DE XAROPE E PÓ: ANÁLISE
FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL E ENERGÉTICA**

MURIS SLEIMAN

Orientador: Prof. Dr. Waldemar Gastoni Venturini Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção de título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

**BOTUCATU-SP
Fevereiro – 2002**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA
UNESP - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S632p Sleiman, Muris, 1971-
Produção de cerveja com extrato de malte nas formas
de xarope e pó: análise físico-química, sensorial e
energética / Sleiman, Muris. -- Botucatu, [s.n.], 2002
viii, 110 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Pau-
lista, Faculdade de Ciências Agronômicas
Orientador: Waldemar Gastoni Venturini Filho
Inclui bibliografia

1. Cerveja 2. Extrato de malte 3. Indústria - Con-
sumo de energia 4. Tecnologia de bebidas I. Venturi-
ni Filho, Waldemar Gastoni II. Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho (Campus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agronômicas III. Título

Palavras-chave: Mosto cervejeiro; Energia elétrica; Energia
térmica; Microcervejaria

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PRODUÇÃO DE CERVEJA COM EXTRATO DE MALTE NAS FORMAS DE
XAROPE E PÓ: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL E ENERGÉTICA.

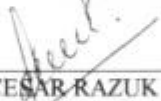
ALUNO: MURIS SLEIMAN

ORIENTADOR: PROF. DR. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO



PROF. DR. PAULO CESAR RAZUK



PROF. DR. JORGE HORII

Data da Realização: 01 de fevereiro de 2002.

A meus pais

Germinda e Antoine

pelo exemplo de vida, honestidade,
perseverança, pela formação e imenso amor em mim depositados

OFEREÇO

À minha noiva

Juliana

pelo amor, companheirismo e atenção
durante o desenvolvimento deste trabalho

DEDICO

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Bem-aventurado o homem que encontra sabedoria, e o homem que adquire conhecimento, pois ela é mais proveitosa do que a prata, e dá mais lucro do que o ouro. (Provérbios 3:13-14)

O homem sábio é forte, e o homem de conhecimento aumenta a força. (Provérbios 24:5)

Quem é como o sábio? Quem sabe a interpretação das coisas? A sabedoria faz brilhar o seu rosto, e muda-se a dureza do seu rosto. (Eclesiastes 8:1)

Melhor é a sabedoria do que as armas de guerra,...(Eclesiastes 9:18)

Ora, se algum de vós tem falta de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá liberalmente,...(Tiago 1:5)

SENHOR, em nome de **JESUS CRISTO**, agradeço pela proteção e por me orientar durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é a somatória de uma série de esforços, nossos e daqueles que nos ampararam em diversas etapas da jornada. Compartilho a alegria desta realização com:

Professor Waldemar G. Venturini Filho, pela amizade, pela laboriosa e competente orientação, colaborando brilhantemente para a realização deste trabalho.

A FAPESP, pelo auxílio concedido durante a realização deste trabalho (Processo nº 99/08429-7).

Professores Jorge Horii, Paulo Cezar Razuk e Waldemar G. Venturini Filho pelas sugestões apresentadas na Defesa dessa Dissertação.

Professoras Marli Teixeira de Almeida Minhoni e Marney Pascoli Cereda, pela colaboração no Exame Geral de Qualificação.

Professor Paulo Cezar Razuk, pela amizade e sugestões apresentadas na análise energética.

Sr. Edson Patrocínio, proprietário da Harmo Darin (Mec Bier), pelo seu entusiasmo, confiança e atenção dispensada durante a instalação e manutenção dos equipamentos da cervejaria piloto.

CEMEQ / UNESP – Núcleo de Botucatu, pela imediata assistência técnica quando necessitamos de manutenção nos equipamentos.

Andressa Milene Parente Nogueira e Teófanos Vicente Trombini pelo auxílio na realização das análises químicas, pela amizade e constantes colaborações.

Professores Angelo Catâneo e Isabel de Carvalho, pela amizade e apoio recebidos.

CERAT / UNESP pela colaboração com as análises em HPLC e a Luiz Henrique Urbano por ter auxiliado na identificação dos açúcares.

Painelista da análise sensorial: Andressa Milene Parente Nogueira, Anselmo Ribeiro, Gilberto Winckler, Jayme Laperuta Filho, Marcos Norberto Tavares, Ruberval César Campagna, Silvio Sabatini Simonetti Scolástico, Teófanos Vicente Trombini e Wilson Emílio.

Professores Angelo Catâneo, Antenor Pasqual, Flávio Cezar A. Tavares, Jayme de Toledo Piza e Almeida Neto, Paulo Cezar Razuk, Sérgio Hugo Benez e Waldemar Gastoni Venturini Filho pelos ensinamentos transmitidos.

Mestre Cervejeiro Nikolaus Bauernebl pelos ensinamentos práticos.

Cervejaria Belco S/A, nas pessoas dos Srs. Júlio Schincariol, Dinael Bocces e Wagner S. D. Silva, pela concessão de levedura cervejeira.

Sr. Elton Chaud da Novartis Consumer Health Ltda, a Primo Schincariol Indústria de Cervejas e Refrigerantes S/A, a Corn Products Brasil e a Duas Rodas Industrial Ltda pela concessão de matérias-primas.

AmBev pela autorização e recepção durante visita em uma de suas unidades.

Sr. Frank Nohel da Cooperativa Agrária, pelo fornecimento de dados econômicos referentes ao malte.

Toda a equipe do Laboratório de Bebidas da FCA pelo apoio.

Sra. Célia Regina Inoue, Sra. Maria Inês Andrade e Cruz e todos os demais funcionários da Biblioteca, pelo auxílio prestado durante as revisões bibliográficas e nos serviços de biblioteca.

Sessão de Pós Graduação da FCA.

Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial e Departamento de Produção Vegetal – Horticultura, pelo apoio.

Rosária Alves, Rosemeire Pessoa Penaloza e Wellington Rodrigo de Almeida pela colaboração e atendimento prestados.

Antoine Elias Sleiman, Germinda A. Dorini Sleiman e Nádia Sleiman, pela presença constante e pelo amor com que sempre fui agraciado.

Juliana Rossi Moretti pelo amor e carinho recebidos.

Todas as demais pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. Importância econômica e social da cerveja	7
2.2. Definição de cerveja segundo a Legislação	8
2.3. Aspectos nutricionais.....	9
2.4. Matérias primas cervejeiras	10
2.4.1. Água.....	10
2.4.2. Malte	10
2.4.3. Extrato de malte.....	11
2.4.3.1. Produção	12
2.4.3.2. Características químicas e microbiológicas	13
2.4.3.3. Utilização industrial.....	17
2.4.4. Lúpulo.....	18
2.4.5. Adjuntos.....	19
2.4.6. Aditivos	20
2.4.6.1. Corantes	20
2.5. Levedura cervejeira.....	21
2.6. Processo de produção de cerveja	22
2.6.1. Maltagem.....	22
2.6.2. Recebimento do malte.....	24

2.6.3.	Moagem.....	24
2.6.4.	Mosturação.....	25
2.6.5.	Filtração do mosto.....	25
2.6.6.	Fervura.....	26
2.6.7.	Clarificação do mosto.....	27
2.6.8.	Resfriamento do mosto.....	27
2.6.9.	Aeração.....	28
2.6.10.	Fermentação.....	28
2.6.11.	Resfriamento da cerveja.....	29
2.6.12.	Maturação.....	29
2.6.13.	Centrifugação.....	29
2.6.14.	Filtração da cerveja.....	30
2.6.15.	Pasteurização.....	30
2.6.16.	Envasamento.....	31
2.7.	Consumo de energia em cervejaria.....	31
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1.	Produção de cerveja.....	34
3.1.1.	Materiais	34
3.1.2.	Métodos	34
3.1.2.1.	Planejamento experimental.....	34
3.1.2.2.	Protocolo de fabricação.....	35
3.1.2.3.	Análise física e química	38
3.1.2.4.	Análise sensorial.....	39
3.1.2.5.	Acompanhamento microbiológico.....	40
3.2.	Avaliação energética	40
3.2.1.	Energia elétrica	41
3.2.2.	Energia térmica	44
3.3.	Tempo de processamento.....	47
3.4.	Preço das matérias primas	48

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1. Análises das matérias primas.....	49
4.2. Análises dos mostos sem adjunto.....	54
4.3. Análises dos mostos com adjunto.....	58
4.4. Análises físico-químicas das cervejas sem adjunto.....	63
4.5. Análises físico-químicas das cervejas com adjunto.....	68
4.6. Análise sensorial das cervejas.....	73
4.7. Acompanhamento microbiológico.....	73
4.8. Avaliação Energética.....	78
4.8.1. Consumo de energia elétrica.....	78
4.8.2. Consumo de energia térmica.....	82
4.9. Tempos das operações.....	84
4.10. Preço das matérias primas.....	85
5. CONCLUSÕES	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
APÊNDICE	96

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Vitaminas típicas contidas no extrato de malte em pó.....	14
2 Carboidratos presentes no extrato de malte.....	14
3 Aminoácidos contidos no extrato de malte em pó, calculado por 100g de proteína....	15
4 Minerais típicos contidos no extrato de malte.....	16
5 Características microbiológicas de extrato de malte.....	16
6 Análises de malte, extrato de malte em pó, extrato de malte em xarope e adjunto usados na fabricação de cerveja.....	50
7 Perfil de açúcares (%) e as concentrações (%) encontradas nas matérias primas.....	51
8 Comparação entre os mostos de malte, extrato de malte em pó e em xarope.....	55
9 Comparação entre os mostos de malte, extrato de malte em pó e xarope, com adjunto.....	58
10 Perfil de açúcares nos mostos.....	59
11 Concentração (g/100 mL) de açúcares fermentescíveis nos mostos.....	60
12 Comparação entre as cervejas de malte, extrato de malte em pó e em xarope.....	64
13 Comparação entre as cervejas de malte, extrato de malte em pó e em xarope, com adjunto.....	69
14 Perfil de açúcares nas cervejas.....	70
15 Concentração (g/100 mL) de açúcares fermentescíveis nas cervejas.....	71
16 Análise sensorial das cervejas de malte, extrato de malte em pó e em xarope pelo teste de escala hedônica.....	75

17	Análise sensorial das cervejas de malte, extrato de malte em pó e em xarope com adjunto pelo teste de escala hedônica.....	76
18	Viabilidade celular, realizada no início e término da fermentação.....	77
19	Consumo de energia elétrica dos motores usados na produção de mosto de malte.....	79
20	Consumo de energia elétrica dos motores usados na produção de mosto de extrato..	80
21	Conversão energética de kW.h para kcal.....	81
22	Calor sensível e calor latente requeridos na produção de mosto de malte.....	82
23	Calor sensível e calor latente requeridos na produção de mosto de extrato de malte.....	83
24	Balanco final do consumo energético para a produção de mosto de malte e de extrato.....	84
25	Tempos das operações para um ciclo de produção de mosto de malte e de extrato...	85
26	Preços das principais matérias primas utilizadas na fabricação das cervejas.....	86
27	Preço corrigido do extrato, em função da eficiência de mosturação do malte.....	86
28	Características físico-químicas do extrato de malte em pó e em xarope.....	97
29	Características microbiológicas do extrato de malte em pó e em xarope.....	97
30	Concentração de açúcares do adjunto, segundo o fabricante.....	97
31	Características da água.....	98
32	Análise física e química dos mostos produzidos com malte.....	101
33	Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte em pó.....	101
34	Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte na forma de xarope.....	102
35	Análise física e química dos mostos produzidos com malte e adjunto.....	102

36	Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte em pó e adjunto.....	103
37	Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte na forma de xarope e adjunto.....	103
38	Temperaturas de fermentação.....	104
39	Análise física e química das cervejas produzidas com malte.....	104
40	Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte em pó.....	105
41	Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte na forma de xarope.....	106
42	Análise física e química das cervejas produzidas com malte e adjunto.....	107
43	Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte em pó e adjunto.....	108
44	Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte na forma de xarope e adjunto.....	109
45	Dias de Fermentação.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Extrato de malte nas formas de pó e xarope	12
2 Fluxograma de operações unitárias da fabricação de cerveja	23
3 Mosturação. A - por infusão; B – por decocção de três fervuras.....	25
4 Processo de mosturação	36
5 Tanques de fermentação da planta piloto.	37
6 Fluxograma de produção de mosto de malte. Amarelo = caminho do malte e posteriormente do mosto, azul = caminho de água quente, verde = caminho de água fria, vermelho = linha de vapor e rosa = retorno de condensado.	42
7 Fluxograma de produção hipotética de mosto utilizando-se extrato de malte na forma de xarope. Amarelo = caminho do mosto, azul = caminho de água quente, verde = caminho de xarope, vermelho = linha de vapor e rosa = retorno de condensado.	43
8 Cromatogramas dos padrões de açúcares indicando seus tempos de retenção: I – maltotriose, II – maltose, III – glicose e IV – frutose.....	52
9 Cromatogramas das matérias primas (I – extrato de malte em pó; II – extrato de malte em xarope e III – adjunto). As letras indicam o tipo de açúcar presente: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose e E – frutose.	53
10 Cromatogramas dos mostos produzidos sem adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose e E – frutose.....	57

- 11 Cromatogramas dos mostos produzidos com adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose e E – frutose..... 62
- 12 Cromatogramas das cervejas sem adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose, E – frutose, W e Y – produtos não identificados, possivelmente oriundos do processo de fermentação 67
- 13 Cromatogramas das cervejas com adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose, E – frutose, W e Y – produtos não identificados, possivelmente oriundos do processo de fermentação. 72
- 14 Roteiro prático para produção de cerveja em planta piloto.....96
- 15 Mosturação dos mostos de malte sem adjunto e malte com adjunto 99
- 16 Fermentação dos mostos de malte sem adjunto e (I) e com adjunto (II).100
- 17 fermentação dos mostos de extrato de malte em pó sem adjunto (I) e com adjunto (II). ...100
- 18 Fermentação dos mostos de extrato de malte em xarope sem adjunto (I) e com adjunto (II)100

RESUMO

A utilização de matérias primas alternativas vem sendo um dos principais fatores de redução de custos na fabricação de cerveja. A introdução do adjunto xarope de maltose, como substituto do milho e do arroz é um exemplo clássico dessa redução, pois simplifica operações e uniformiza a matéria prima. Atualmente, são produzidos extratos de malte na forma de xarope e na forma de pó, os quais apresentam açúcares fermentescíveis e não fermentescíveis, em proporções semelhantes às encontradas nos mostos de malte, podendo ser usado na produção de diferentes tipos de cerveja. O objetivo deste trabalho foi comparar aspectos físico-químicos e sensoriais da produção de cerveja, quando se utilizou malte e seus extratos na forma de xarope e pó. Também foi avaliado o consumo de energia elétrica e térmica na produção de mostos cervejeiros fabricados com malte e com extrato de malte na forma de xarope. Os tratamentos, com três repetições cada, foram: a) malte; b) malte e adjunto; c) extrato de malte na forma de xarope; d) extrato de malte na forma de xarope e adjunto; e) extrato de malte na forma de pó; f) extrato de malte na forma de pó e adjunto. O fermento cervejeiro utilizado foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, de baixa fermentação. Os extratos de malte na forma de pó e de xarope apresentaram perfil de carboidratos semelhantes ao mosto de malte, mas indicaram a presença de um agente inibidor da fermentação, oriundo da matéria prima ou resultante do processo fermentativo, que resultaram em cervejas com menor fermentabilidade. Mostos produzidos a partir de extratos em pó e em xarope resultaram em cervejas escuras e quando associados ao adjunto, em cervejas claras. A aceitabilidade das cervejas não foi afetada pelos tratamentos; porém, houve diferenças sensoriais específicas em função das matérias primas de origem. Com o uso do extrato de

malte conseguiu-se uma redução de 56,9 % no consumo de energia elétrica e 52,6 % no consumo de energia térmica, sendo que o consumo energético total foi de 52,8 %, em relação ao processo que utilizou o malte. O tempo de mosturação caiu de 5,76 h na produção do mosto de malte, para 3,09 h na fabricação do mosto de extrato. Concluiu-se que o uso de extratos de malte diminui o consumo de energia elétrica e térmica na mosturação, reduz investimento em equipamentos industriais, diminui o consumo de combustível, padroniza a matéria prima usada no processo, aumenta a produtividade da mosturação, elimina a geração de subproduto de malte, e ainda oferece a possibilidade de produção de diferentes tipos de cervejas em microcervejarias localizadas em centros urbanos.

BEER MANUFACTURE WITH MALT EXTRACTS ON SYRUP AND POWDER FORMS: PHYSICAL, CHEMICAL, SENSORIAL AND ENERGETIC ANALYSES. (Botucatu, 2002) 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MURIS SLEIMAN

Adviser: WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

SUMMARY

The use of alternative raw materials has been one of the main factors of cost reduction in beer manufacture. The introduction of high maltose syrup, as corn and rice substitute, is a classical example of this, as it is used in order to simplify the procedures and standardize the raw material. Nowadays, malt extracts are produced on syrup and powder forms, which are present fermentable and non-fermentable carbohydrates in the same proportion to those found in the brewery wort. This fact can propose the manufacture of different kinds of beer. The purpose of this work was to compare physical, chemical and sensorial characteristics of beer, when malt and malt extracts on syrup or powder forms were used. An evaluation of the electrical and thermal consumption has also been made to compare the brew wort produced with malt and malt extract syrup. The treatments with three repetitions each one were: malt, malt extracts on syrup and powder forms with and without powder brewing maltose adjunct. The lager yeast applied has been the *Saccharomyces cerevisiae*. The powder and syrup malt extracts have showed a carbohydrates profile similar to the malt wort, but in the both extracts the presence of a fermentation inhibitor agent was indicated (from the

raw material or the fermentation process), which produced beers with less fermentability. Beers made with worts from powder and syrup became dark and when the adjunct was added, the beers were pale. The acceptance of the beers wasn't affected by the treatments, but in a sensorial way, there were specific differences according to the raw material. The utilization of malt extract syrup has reduced 56.9 % of the electrical energy consumption, 52.6 % of the thermal energy consumption and 52.8 % of the total energy consumption, when compared to malt wort. The mashing time came from 5.76 h for malt wort production to 3.09 h for malt extract wort. It can be concluded that the use of malt extract reduces electrical and thermal consumption of energy on mashing, the industrial equipment investment, the fuel consumption, standardizes the raw material, increases the productivity in the mashing procedure, eliminates the malt waste production and also offers the possibility of different types of beer production in microbrewery, located in town centers.

Keywords: wort, brew, microbrewery, electrical energy, thermal energy

1. INTRODUÇÃO

Após a globalização da economia, as empresas buscam cada vez mais estabelecerem-se e consolidarem-se num mercado mundial de competitividade e satisfação do cliente. Um dos aspectos fundamentais na busca da competitividade é a redução dos custos das empresas, sem comprometer a qualidade de seus produtos. Uma das formas para se reduzir custos na fabricação de cerveja é a introdução de novas matérias primas. Um exemplo clássico é a substituição do milho e do arroz por xarope de maltose, que além de reduzir custos, simplifica operações, facilita o manuseio e confere uniformidade à matéria prima, conforme afirma Bradee (1977).

Segundo Paik et al (1991), a maioria das microcervejarias não tem experiência ou recursos para analisar a compra de matérias primas cervejeiras com qualidade ou uniformidade devido à pequena escala de operação.

Essa pesquisa, direcionada para as microcervejarias localizadas nos centros urbanos, pode ter aplicabilidade também em cervejarias de grande porte. Por outro lado, com a execução desse trabalho pretende-se aumentar o leque de possibilidades de aplicação do extrato* de malte, tanto em xarope quanto em pó.

A produção de cerveja utilizando extratos de malte vem ao encontro dos interesses do público consumidor, cada dia mais exigente, em conhecer produtos diferenciados com novas características sensoriais. Acredita-se que as microcervejarias estão mais adaptadas para atender essa demanda de mercado, conforme afirma Tschope (2001).

O presente trabalho tem como objetivo produzir cervejas com extrato de malte na forma de pó e xarope e compara-las físico-química e sensorialmente com cerveja fabricada a partir de malte. Também, foi comparado o consumo energético na produção de mosto cervejeiro utilizando-se o malte na forma de grão e o extrato de malte na forma de xarope.

* A palavra **extrato** neste trabalho tem dois significados: **1º) ~de malte:** quando se referir ao produto derivado do próprio malte, através de processamento industrial, o qual pode se apresentar na forma de xarope e pó. **2º) ~real; ~aparente; preço corrigido do~ ; ~primitivo:** quando se referir à quantidade de sólidos solúveis presente na matéria prima, no mosto ou na cerveja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância econômica e social da cerveja

Segundo Ristow (1999), o Brasil é o quarto produtor mundial de cerveja. Os três maiores são os Estados Unidos, China e Alemanha com 24, 15,4 e 11 bilhões litros/ano, respectivamente conforme mostra Sindicato Nacional da Indústria de Cervejas (1999c). A produção brasileira em 2000, segundo Sindicato Nacional da Indústria de Cervejas (2001) foi de 8,2 bilhões litros.

De acordo com Sindicato Nacional da Indústria de Cervejas (2001), nos últimos cinco anos, o setor cervejeiro brasileiro ofereceu mais de 130 mil postos diretos e indiretos de trabalho, numa rede de mais de 1,5 mil revendedores que atendem mais de 1 milhão de pontos de venda. Jardim (1999) afirma que os investimentos na indústria superaram

R\$ 2,5 bilhões. Em 1998, as duas maiores companhias cervejeiras do país juntas tiveram um faturamento de R\$ 10,3 bilhões e empregaram mais de 16 mil funcionários distribuídos por suas 50 fábricas.

Em 1999, iniciaram-se as negociações para a fusão entre a Companhia Cervejaria Brahma S/A e Companhia Antarctica Paulista. Surgiu a AmBev, que passaria a ocupar o terceiro lugar mundial entre as cervejarias com maior volume de vendas do planeta conforme Jardim (1999). Um *out-door*, em uma de suas unidades, mostra que seu objetivo é chegar no ano de 2005 como a maior empresa de bebidas do mundo.

O mercado brasileiro de cerveja é bastante variável, apresentando flutuações de acordo com a política econômica e com o poder aquisitivo da população, mas em geral, o consumo per capita está em 50 litros/ano conforme Sindicato Nacional da Indústria de Cervejas (1999a), porém segundo Vannuchi et al (2001) o consumo é restrito a 45,08 % da população brasileira. As cervejas importadas representaram em 1997 apenas 1 % de participação no mercado nacional e as exportações de cerveja brasileira são da ordem de 1,5 % da produção nacional de acordo com Sindicato Nacional da Indústria de Cervejas (1999b). Esses números mostram o potencial de crescimento ainda existente, tanto para o mercado nacional quanto para o internacional.

2.2. Definição de cerveja segundo a Legislação

Para Brasil (1997), cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica de mosto oriundo de malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo. A legislação brasileira classifica a cerveja em função do: processo de fermentação, e or

de extrato primitivo, cor, teor alcoólico e teor de malte na formulação. A legislação cita *extrato primitivo* como sendo a quantidade de sólidos solúveis apresentada pelo mosto de malte de origem da cerveja, ou seja, antes do início do processo fermentativo.

Segundo Brasil (1997), a cerveja ainda pode ser denominada de acordo com o seu tipo: Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, München, Bock, Malzbier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Alt, etc.

2.3. Aspectos nutricionais

O valor energético da cerveja pode variar de 420 Kcal/litro, conforme Vannuchi et al (2001) a 450 Kcal/litro, conforme Tschope (2001). Segundo Tschope (2001) ela apresenta em sua composição, carboidratos, proteínas, álcool, sais minerais, vitaminas, principalmente as do complexo B.

O pH em torno de 4, a presença de álcool, resinas amargas do lúpulo, CO₂ e a ausência de oxigênio, inibem o desenvolvimento de microorganismos patogênicos ao homem. Em função das resinas amargas solubilizadas do lúpulo, a cerveja é uma bebida altamente diurética e saudável quando ingerida com moderação - 1g álcool / Kg de peso / dia, conforme cita Tschope (2001). Entretanto, a ingestão de cerveja é desaconselhável em certos casos, tais como: para motoristas antes de dirigir, para pessoas que apresentam quantidade de ácido úrico no sangue acima do normal, para crianças, para mulheres grávidas ou em fase de amamentação e para pessoas que fazem uso de medicamentos.

2.4. Matérias primas cervejeiras

2.4.1. Água

Segundo Venturini Filho (2000), a água, como matéria prima cervejeira, deve apresentar requisitos básicos como a potabilidade, transparência, ausência de cor, odor, estar livre de qualquer sabor estranho, apresentar ausência de nitratos, metais pesados e amoníaco. Na fonte, a água deve apresentar alcalinidade máxima de 50 mg.L⁻¹ (ou 50 ppm), podendo-se trabalhar com pH na faixa de 4 a 9 e possuir aproximadamente 50 mg.L⁻¹ de cálcio.

Além disso, de acordo com Bernstein e Willox (1977) a água deve assegurar um pH desejável na mistura de malte e adjunto durante a mosturação, promover a extração dos componentes amargos e aromáticos do lúpulo, bem como uma boa coagulação do *trub** durante a fervura do mosto, a fim de permitir uma fermentação asséptica e desenvolver cor, aroma e sabor característicos do tipo de cerveja a ser fabricada

2.4.2. Malte

Malte é o produto oriundo do processo denominado maltagem em que grãos de cereais germinam sob condições ambientais controladas e dirigidas a fim de se

* *Trub* é a denominação dada ao material mucilaginoso que coagula ao final da fervura, composto por resinas do lúpulo, proteínas e taninos do malte, conforme citam Venturini Filho(2000) e Hough (1985).

produzir enzimas, que serão utilizadas na conversão das matérias primas em mosto cervejeiro. Venturini Filho (2000) cita que o principal cereal utilizado na maltagem é a cevada, uma gramínea da espécie *Hordeum vulgare* L. Hough et al (1971) citam que alguns países utilizam o sorgo e trigo entre outros para produzirem maltes desses cereais.

O malte pode apresentar-se sob diferentes formas (tamanho e coloração) para a produção de cerveja, conferindo à bebida diferença de sabor, odor e cor. Lewis e Young (1995) classificaram o malte cervejeiro em cristal, *carapils*, âmbar, chocolate e torrado. Pode-se encontrar ainda outras nomenclaturas como caramelo citada por Hough et al (1971) e ainda *carastan*, Munique, *brown* e *black malt* mencionados por Hardwick (1995).

O malte usado para cerveja tipo Pilsen deve apresentar peso de 100 grãos próximo a 35,1 g, em base seca conforme Hardwick (1995). Reinold (1995) descreve que o malte deve conter umidade entre 4 e 5 %, extrato moagem fina de no mínimo 80 %, viscosidade à 8,6 °Plato (ou 8,3 °Brix) no máximo de 1,62 mPA, poder diastático mínimo de 350 WK (Windisch-Kolbach), pH entre 5,5 e 6,0, cor após fervura 6,0 a 7,5 EBC (European Brewery Convention), proteína total no máximo de 11,5 %, nitrogênio solúvel no malte 610 a 800 mg/100g

2.4.3. Extrato de malte

O extrato de malte é produzido nas formas de xarope e pó são apresentados na Figura 1. Brasil (1997) define extrato de malte como o resultado da desidratação total ou parcial do mosto de malte até o estado sólido ou pastoso, devendo apresentar as propriedades do mosto de malte, quando reconstituído.



Figura 1: Extrato de malte nas formas de pó e xarope

De acordo com American Brewmaster (1999), empresas produtoras de extrato de malte, já oferecem esse produto à produtores artesanais de cerveja e às microcervejarias, como substituto para o tradicional malte, nos Estados Unidos e na Europa.

2.4.3.1. Produção

O malte de cevada, após ser triturado, é misturado com água. Cozido sob temperaturas e tempos pré-definidos, o amido é convertido em açúcares fermentescíveis e não fermentescíveis, pelo seu sistema diastático (α - e β -amilases). Alcançado o correto grau de hidrólise do amido, a mistura é filtrada e submetida a evaporação à vácuo, a fim de concentra-la num xarope com 80 % de extratos solúveis. Os processos de filtragem, resfriamento e embalagem finalizam a fabricação do xarope conforme Hickenbottom (1996) e Anderson (1995).

O extrato em pó, por sua vez, é produzido por *spray drying*. Dependendo das temperaturas usadas, tanto o xarope quanto o pó podem conter alta, média ou nenhuma atividade enzimática. Podem ser adicionadas enzimas para sua padronização, a fim de contribuir quase que exclusivamente com a atividade enzimática pois, durante a secagem, as enzimas são destruídas pelo calor (80 - 85 °C) utilizado no processo como cita Hough

(1991). Para Hickenbottom (1996) extratos não diastáticos são usados extensivamente e são barateadores de produção, pois são produzidos pelo processo de evaporação em tríplice efeito.

Cor, sabor e aroma também podem ser controlados no processamento. Ambos extratos de malte podem conter sólidos solúveis oriundos do amido de milho, arroz, aveia, trigo, painço, centeio e sorgo utilizados como adjuntos; além de maltes especiais que conferem cor, sabor e aroma diferenciados. Quando os adjuntos são adicionados obtém-se extratos de malte mais suaves e mais doces conforme descreve Hickenbottom (1996). Segundo Reinold (1997) os extratos produzidos podem ser lupulados ou não.

2.4.3.2. Características químicas e microbiológicas

As duas formas de extratos de malte apresentam características básicas como aroma, sabor, cor, concentração de sólidos e atividade enzimática que podem ser ajustadas durante sua produção para diferentes fins. De acordo com Hickenbottom (1996), as características químicas e sensoriais de ambos são equivalentes.

O xarope de malte apresenta baixa atividade de água (A_w): 0,70-0,75 em 80,5 % de sólidos, o que contribui para a inibição de crescimento microbiano. Outros fatores favorecem a estabilidade do produto, como pH, pressão osmótica, acidez e temperaturas de processamento. Em temperatura inferior a 38,4 °C (ou 100 °F) o extrato de malte pode ser estocado por período de vários meses mantendo sua integridade conforme descreve Hickenbottom (1996). Os Quadros 1 a 4 apresentam quantidades de vitaminas, carboidratos, aminoácidos e minerais contidos no extrato de malte, calculados por 100 g de

sólidos, enquanto que o Quadro 5 mostra as características microbiológicas apresentadas pelos extratos.

Quadro 1: Vitaminas típicas contidas no extrato de malte em pó.

Vitamina	Quantidade
B1	0,51 mg
B2	0,4 mg
B6	0,28 mg
B12	6,9 µg
C	< 1,3 mg
Ácido Pantotênico	0,42 mg
Biotina	5,4 µg
Niacina	9,8 mg
Ácido Fólico	58 µg
Inositol	45 mg

Fonte: Hickenbottom (1996).

Quadro 2: Carboidratos presentes no extrato de malte.

Açúcar	Hickenbottom (1996)	Pollock (1979)
	(%)	(%)
Frutose	1 – 2	0,9
Glucose	7 – 10	6,0
Sacarose	1 – 3	4,6
Maltose	39 – 42	53,3
Maltotriose	10 – 15	18,5
Dextrinas	25 – 30	16,6

Quadro 3: Aminoácidos contidos no extrato de malte em pó, calculado por 100g de proteína.

Aminoácido	Quantidade (g)
Alanina	5,6
Arginina *	4,0
Asparagina	9,3
Cistina*	1,5
Fenilalanina*	4,7
Glicina	5,2
Glutamina	20,2
Histidina*	2,6
Isoleucina*	3,5
Leucina*	6,7
Lisina*	3,7
Metionina*	1,9
Prolina	11,4
Serina	5,4
Treonina*	4,2
Triosina*	2,5
Triptofano*	2,3
Valina*	5,3
<i>Total dos Aminoácidos</i>	100 g
<i>Total de Aminoácidos Essenciais</i>	42,9 g

* = Aminoácidos Essenciais;

Fonte: Hickenbottom (1996).

Quadro 4: Minerais típicos contidos no extrato de malte.

Mineral	Quantidade
Cálcio	8,2 mg
Cloretos	58 mg
Cobre	0,27 mg
Cromo	< 6,4 µg
Ferro	< 0,65 mg
Flúor	266 µg
Fósforo	39 mg
Iodo	< 1,90 µg
Magnésio	93 mg
Manganês	0,20 mg
Níquel	24 µg
Potássio	405 mg
Selênio	< 13 µg
Silício	28 mg
Sódio	11 mg
Vanádio	< 13 µg
Zinco	< 0,13 mg

Fonte: Hickenbottom (1996).

Quadro 5: Características microbiológicas de extrato de malte.

Análise microbiológica	UFC.G⁻¹ *
Contagem total em placa	< 5.000
Leveduras	< 10
Bolores	< 10
Coliformes	Negativo
<i>Escherichia coli</i>	Negativo em 10 g
Salmonella	Negativo em 25 g

* **UFC.G⁻¹** = Unidades formadoras de colônias por grama de amostra;

Fonte: Hickenbottom (1996).

2.4.3.3. Utilização industrial

De acordo com Anderson (1995), Hickenbottom (1996) e American Brewmaster (1999), atualmente há produtos diferenciados no mercado, como os extratos de malte na forma de pó e de xarope destinados aos mais variados usos. American Brewmaster (1999) cita ainda xaropes de trigo e de arroz.

O xarope de malte tem sido largamente utilizado. Hegazy (1996) cita seu emprego em bolos, Huber (1993) cita seu uso em geléias, pré-misturas, *marzipan*, Anderson (1995) descreve em pães e biscoitos e segundo Thorburn (1991) pode ser empregado em bebidas maltadas. Para Hickenbottom (1996) sua utilização é mais ampla, sendo usado em massas de pizzas, panquecas, roscas, sorvetes, bolachas, pudins, cereais matinais, produtos farmacêuticos, alimentos infantis, e em laxativos pediátricos. Rhee e Kim (1988) citam sua utilização em fermentação de bebidas lácticas por *Lactobacillus acidophilus* e Yu e Rhi (1982) em culturas de *Lactobacillus lactis* e *Streptococcus diacetilactis*.

A adição de extrato de malte em pó, na fermentação de produtos de panificação, contribui para o adoçamento, concentração de sais minerais e proteínas solúveis, tipo de condicionamento da massa, e promove uma intensa atividade da levedura; o que acelera o processo, adiciona sabor e aroma ao produto final, além de promover melhor retenção de gases, maior volume, firmeza rápida e redução no tempo de forno. Diferentes extratos de malte em pó são utilizados na panificação de pães escuros. Cereais matinais apresentam características de aroma e sabor melhoradas quando se utilizam extratos de malte;

panquecas e biscoitos tipo *waffles* geralmente usam extratos em pó não diastático como uma de suas matéria prima, conforme Hickenbottom (1996).

Segundo Hough (1985) extratos de malte de diferentes tipos, vêm sendo usados intensamente em cervejarias artesanais e Hickenbottom (1996) cita sua aplicação em microcervejarias, por permitirem a produção de tipos diferentes de cervejas. Segundo Reinold (1999), o extrato de malte vem sendo colocado em cervejas, após sua filtração, com o objetivo de ajustar coloração, corpo e paladar da bebida.

O uso de xarope de malte como substituto ao malte em cervejaria foi proposto por Salmanova et al. (1989) e por Thorburn (1991). Em sua patente, Svozilek (1996) inclusive cita equipamentos para esse fim. Ahvenainen e Kuhanen (1993) apresentaram mostos fabricados com malte e um xarope de amido derivado de cevada maltada. Suihko et al. (1993) produziram mostos com diferentes extratos primitivos, usando 70 % de extrato de malte e 30 % de uma mistura de xarope de cevada e açúcar invertido em cervejas *high gravity*.

2.4.4. Lúpulo

Segundo Hough (1985) o lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma planta dióica da família *Cannabiaceae*, que confere amargor e aroma característicos à cerveja. A planta feminina é rica em glândulas de resinas (15 %) que conferem o sabor amargo e em óleos essenciais (0,5 %) que são responsáveis pelo aroma.

O lúpulo também atua como anti-séptico, ajuda na coagulação de proteínas e estabilidade da espuma conforme cita Grant (1977) e do produto conforme Reinold (1997). É encontrado no mercado sob as formas de flor seca, *pellets* e extrato de lúpulo, sendo

as duas últimas as formas mais utilizadas, atualmente; devido à estabilidade por longos períodos e sua riqueza em humulona, componente responsável pelo amargor.

2.4.5. Adjuntos

De acordo com Venturini Filho (2000) adjuntos, são matérias primas secundárias, que atuam como fonte de carboidratos ao mosto cervejeiro, com a finalidade de substituir parcialmente o malte na produção de cerveja. Segundo Stewart (1995) a Lei alemã da Pureza estabelece que cerveja deve ser produzida somente com malte, lúpulo e água, e usando-se levedura cervejeira. O uso de adjunto seria algo não apropriado.

Para Bradee (1977), a utilização de adjuntos contribui com a redução do custo de produção da cerveja, confere uniformidade à matéria prima. Pollock (1979) cita que seu uso proporciona melhor estabilidade físico-química à cerveja, reduzindo-lhe a turvação e Lewis e Young (1995), citam o uso de adjunto como responsável por tornar a cerveja mais clara e de sabor e aroma mais delicado, haja visto que reduzem as concentrações de sólidos solúveis do malte.

Os adjuntos são classificados em amiláceos e açucarados, conforme o tipo de carboidrato que predomina em sua composição. São exemplos de adjuntos amiláceos o arroz, o milho citados por Stewart (1995) e a mandioca descrita por Venturini Filho (1993); enquanto que xarope de cereais (oriundo principalmente de milho) e xarope de glicose e frutose (oriundos de cana-de-açúcar ou de beterraba sacarina) são exemplos de adjuntos açucarados conforme Venturini Filho (2000). Brasil (1997) permite a utilização de cereais maltados ou não (cevada, arroz, trigo, centeio, milho, aveia e sorgo) e de carboidratos de origem vegetal transformados ou não.

2.4.6. Aditivos

A FAO (Food and Agricultural Organization), citada por Evangelista (1998), define aditivos como sendo substâncias não nutritivas que apresentam a finalidade de melhorar a aparência, o sabor, a textura e o tempo de conservação dos alimentos e bebidas.

Alguns aditivos podem ser adicionados tanto ao mosto quanto à cerveja, porém não lhes pode ser dada a mesma importância que as matérias primas anteriormente citadas. Entre eles estão o uso de algumas enzimas específicas durante a mosturação, conforme Ventutini Filho (2000), agentes estabilizantes citados por Newton e Ault (1971) e corantes mencionados por Evangelista (1998), podendo-se destacar o caramelo, dentre eles.

2.4.6.1. Corantes

Um dos principais corantes usados na indústria alimentícia é o caramelo, que é um polímero de alto peso molecular, solúvel em água, mas insolúvel na maioria dos solventes orgânicos. É preparado comercialmente por aquecimento de açúcar e em seu uso cervejeiro apresenta-se com coloração de 40.000 EBC conforme Hough et al (1971).

Para Hough et al (1971), a reação de Maillard ocorre entre compostos aminados (principalmente aminoácidos) e açúcares redutores, em soluções submetidas à elevadas temperaturas, podendo ocorrer durante a fervura do mosto. Segundo Bobbio e Bobbio (1992) é uma reação complexa que pode tomar caminhos distintos, resultando em

diferentes produtos finais; ela pode ser prejudicial quando alguns de seus compostos interferem negativamente na cor e sabor de alimentos.

Compostos corantes finais produzidos durante a caramelização não são similares àqueles resultantes da reação de Maillard, pois as proteínas não estão envolvidas diretamente na caramelização conforme citam Kearsley e Dziedzic (1995). Segundo Bobbio e Bobbio (1995), entre os compostos formados na reação de Maillard, alguns tem particular importância, pois conferem forte atividade redutora e acidez comparável ao ácido acético.

2.5. Levedura cervejeira

A levedura é a responsável pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, metabolizando os açúcares fermentescíveis para produzir álcool, CO₂ e energia na forma de ATP (adenosina tri-fosfato) e calor.

Segundo Hough (1985) as leveduras são classificadas de acordo com seu comportamento durante o processo fermentativo, podendo decantar ao fundo do fermentador, ou flotar na superfície do mosto em fermentação. A denominação comumente usada no meio cervejeiro para designar seu comportamento é, respectivamente, de baixa fermentação (*bottom*) ou alta fermentação (*top*) conforme citam Venturini Filho (2000), Reinold (1997) e Russel (1995). A levedura de baixa fermentação, é a responsável pela produção da cerveja Pilsen, a mais consumida no Brasil, conforme Venturini Filho (2000).

Segundo Russel (1995), no passado, a nomenclatura das espécies de leveduras variava em função de características fenotípicas, nutricionais ou outros critérios que resultavam em classificações distintas, como *Saccharomyces uvarum*, *Saccharomyces*

cerevisiae, *Saccharomyces carlsbergensis*, etc. Atualmente, o uso de técnicas de DNA, mostrou seqüências de bases comuns entre elas e levou os taxonomistas a convergirem-nas numa única espécie: *S. cerevisiae*.

2.6. Processo de produção de cerveja

O processo de produção de cerveja será apresentado sucintamente, na forma de um fluxograma de operações unitárias conforme a Figura 2, com entrada de matérias primas e coadjuvantes de produção e saídas de subprodutos.

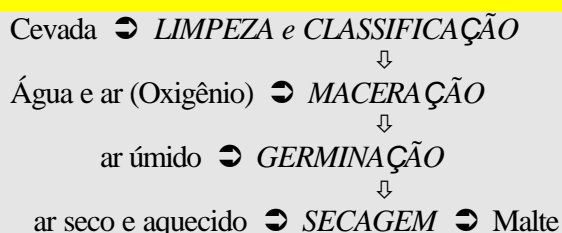
2.6.1. Maltagem

De acordo com Venturini Filho (2000), a maltagem é o processo através do qual se eleva o conteúdo enzimático dos grãos de cevada ou de outro cereal com a finalidade de hidrolisar macromoléculas como amido, proteínas, etc. durante a fase de produção do mosto cervejeiro. A maltagem do grão de cevada, que ocorre na maltaria, é dividida em três etapas: maceração, germinação e secagem.

A maceração da cevada limpa e classificada se dá em tanques cilíndricos verticais, onde também se injeta água, à temperatura de 5 a 18 °C, substituída a cada 6 - 8 horas, e oxigênio, necessário à respiração do embrião do grão. Essa etapa encerra-se em torno de 48 horas, quando há o aparecimento da radícula, com o grão atingindo 42 – 48 % de umidade. A cevada macerada é colocada em germinadores que são atravessados por um fluxo vertical de ar úmido, mantendo a temperatura dos grãos entre 15 e 21 °C. Essa fase encerra-se entre 3 e 6 dias, quando a estrutura embrionária atinge dois terços do comprimento

do grão. A germinação é interrompida pela secagem dos grãos de malte, que ocorre em secadores, que trabalham com fluxo de ar quente, para a remoção da umidade do grão. É nessa fase que se incorpora a maior parte do sabor característico do malte ao grão.

MALTAGEM



PRODUÇÃO DE MOSTO E CERVEJA

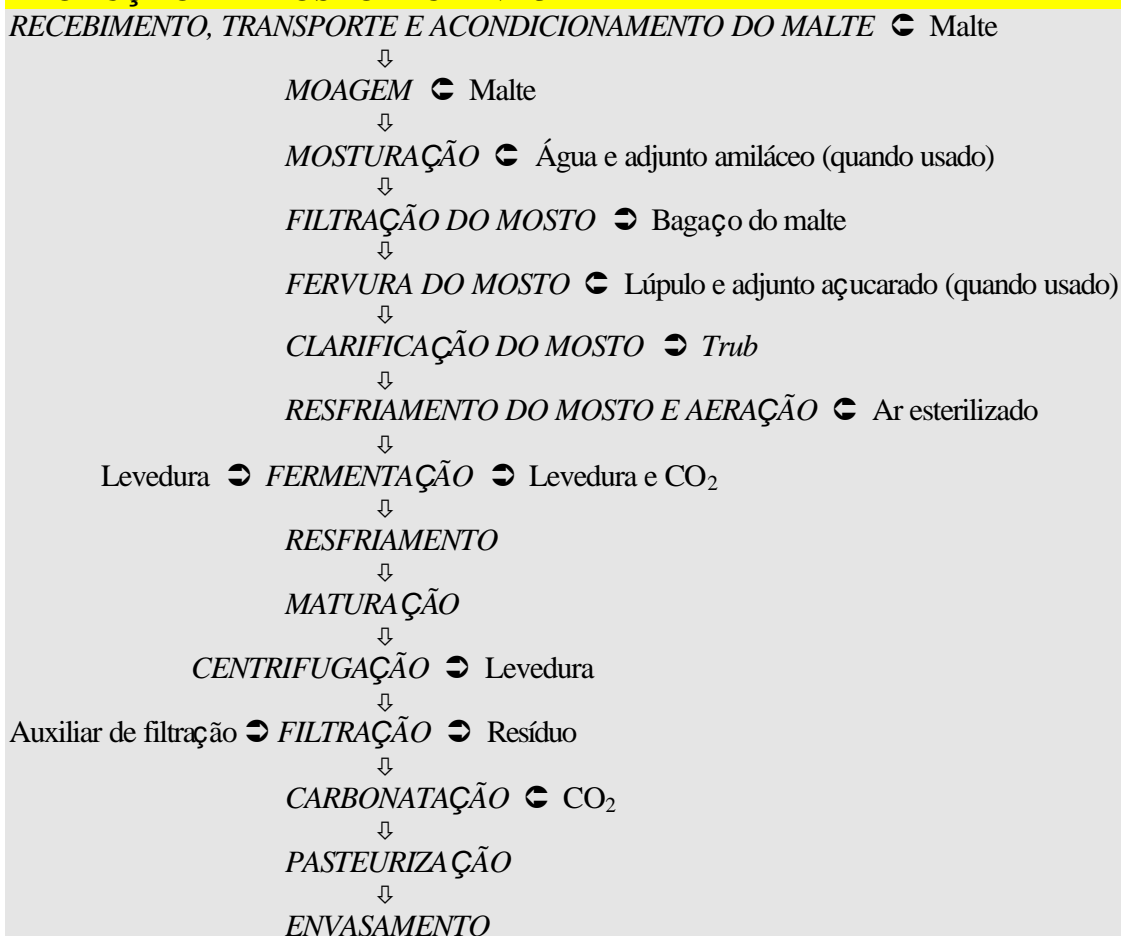


Figura 2: Fluxograma de operações unitárias da fabricação de cerveja

2.6.2. Recebimento de malte

O malte é transportado à granel até as cervejarias industriais e é descarregado em moegas que contém elevadores, normalmente do tipo “caneca”, os quais transportam os grãos até silos de armazenamento. No caso das microcervejarias, normalmente, é recebido já embalado em sacos contendo aproximadamente 50-60 kg.

Em ambos os casos o malte é pesado, antes de se iniciar o processo de produção propriamente dito, a fim de se medir a quantidade que se deve introduzir à cada formulação.

2.6.3. Moagem

A moagem tem por objetivos triturar o malte, expondo o endosperma amiláceo à ação enzimática. As cascas do malte moído, serão utilizadas como camada filtrante para a posterior filtração do mosto.

Esta operação pode ser realizada com o malte seco ou úmido. A moagem a seco é realizada em moinhos de rolos, discos ou martelos, enquanto que a moagem realizada com malte umedecido acontece exclusivamente em moinhos de rolos, conforme descreve Venturini Filho (2000). O número de rolos dos moinhos varia de dois a seis, de acordo com a necessidade de cada cervejaria industrial e microcervejaria. No caso de planta piloto utiliza-se moinhos de dois rolos.

2.6.4. Mosturação

Durante o processo de produção de mosto, as enzimas do malte (α - e β -amilases) hidrolizam o amido dos grãos de malte e do adjunto amiláceo (quando este for usado) em açúcares fermentescíveis e dextrinas infermentescíveis, produzindo o mosto.

A mosturação pode ocorrer pelo processo de infusão (Figura 3A) ou por decocção (Figura 3B), sendo que neste último há a possibilidade de se trabalhar com uma, duas ou três fervuras. Esse processo se dá em tanques cilíndricos de aço inoxidável, cuja relação altura:diâmetro deve ficar próximo de 1,5:1,0, conforme afirma Tschope (2001). Esse tanque é deve ser dotado de um sistema de aquecimento e um sistema de agitação, o qual deve ser capaz de movimentar a massa contida em seu interior.

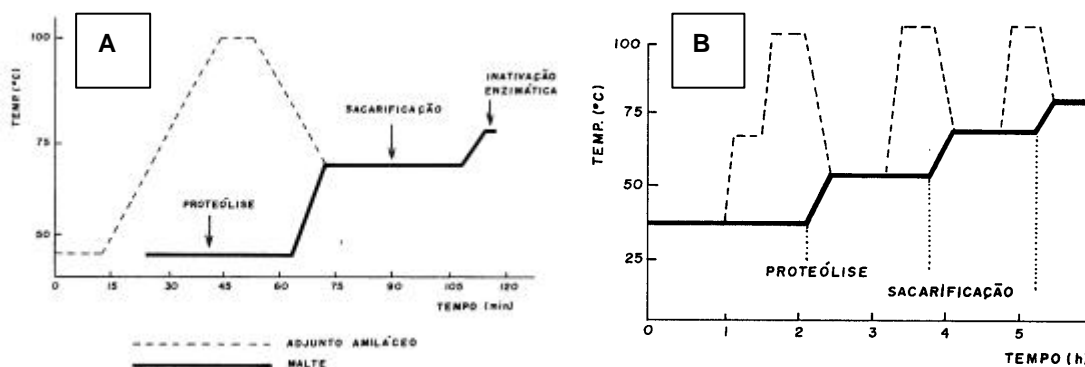


Figura 3: Mosturação. A - por infusão; B - por decocção de três fervuras.

Fonte: Venturini Filho (2000).

2.6.5. Filtração do mosto

A filtração tem por objetivo separar o mosto clarificado do bagaço de malte ou torta, que constitui-se no meio filtrante. Essa operação é dividida em duas etapas: Na

primeira a fração líquida atravessa a torta e é conduzida ao fervedor, originando o mosto primário. Na segunda etapa, ocorre a lavagem da torta com água quente a fim de se extrair o máximo possível de sólidos solúveis, que é conduzido ao mesmo fervedor e o mosto passa a receber a nomenclatura de mosto secundário ou misto.

Segundo Venturini Filho (2000), a filtração se dá em vários tipos de equipamentos. No Brasil o mais utilizado é a tina de filtração, construída em aço inoxidável, que apresenta um fundo falso, simulando uma peneira. No interior das tinas de filtração, há válvulas para entrada e aspersão de água, e um rastelo giratório que corta a torta, movido com um motor elétrico.

2.6.6. Fervura

A fervura tem por objetivos: extrair aroma e sabor amargo do lúpulo, dissolver o adjunto açucarado (quando utilizado), esterilizar, concentrar, desenvolver cor, inativar enzimas e coagular proteínas presentes no mosto.

De acordo com Tschope (2001) essa operação se dá em caldeiras de aço inoxidável com sistemas de aquecimento que podem ser internos, externos, por camisas ou combinados. Segundo Venturini Filho (2000), sob pressão atmosférica a fervura deve durar de 60 a 120 minutos e para Reinold (1997) o tempo não deve superar 150 minutos.

Nas microcervejarias, a caldeira de fervura normalmente é o mesmo recipiente onde se realiza a mosturação. Nas cervejarias industriais esse equipamento não é dotado de sistema de agitação, porém seu formato favorece a formação de correntes de convecção, responsáveis pela troca de calor.

2.6.7. Clarificação do mosto

A clarificação do mosto se dá através da retirada do *trub*. Essa operação é realizada num tanque, comumente denominado, *whirlpool*. O mosto é bombeado tangencialmente à parede interna do *whirlpool*. Com esse movimento tangencial, as partículas sólidas de maior massa, principalmente resinas do lúpulo, proteínas coaguladas e taninos do malte são depositadas no centro do fundo cônico do tanque, de onde são retiradas.

Em planta piloto, o *whirlpool* é o mesmo tanque usado na fervura. Nas microcervejarias, esse tanque situa-se na parte inferior da tina de filtração ou num tanque específico para esse fim, como ocorre nas grandes indústrias.

2.6.8. Resfriamento do mosto

De acordo com Reinold (1997), o mosto deve ser resfriado para a temperatura de 10 a 15 °C, a fim de realizar a inoculação da levedura cervejeira com sucesso. O resfriamento também favorece a sedimentação de partículas sólidas presentes no mosto.

Essa operação é realizada através de trocadores de calor, principalmente os de placas, que apresentam um estágio de resfriamento com água fria e outro com solução etanol ou água gelada ou vaporização direta de agente refrigerante, até a temperatura desejada, conforme afirma Reinold (1997).

2.6.9. Aeração

O objetivo da aeração é proporcionar oxigênio para a reprodução da levedura. Ela é realizada através de injeção de ar esterilizado ou oxigênio, diretamente na tubulação por onde o mosto é bombeado para os fermentadores. A quantidade máxima de oxigênio, segundo Tschope (2001), é de 9 mg de O₂ / litro de mosto. Segundo Venturini Filho (2000), além da respiração celular, o oxigênio é requerido para a síntese de ácidos graxos insaturados e esteróis, que compõem a membrana intracelular da levedura.

2.6.10. Fermentação

É nesta fase que ocorre a transformação dos açúcares fermentescíveis em álcool e CO₂, além da síntese de compostos de aroma e sabor característicos de cerveja. Para Knudsen (1977), a temperatura ideal para as cervejas de baixa fermentação é de 8 a 11 °C. A fermentação dura de cinco a sete dias, conforme cita Reinold (1997).

Segundo Venturini Filho (2000) a fermentação pode ser conduzida por processo contínuo ou descontínuo, sendo este último mais utilizado. O processo fermentativo descontínuo ocorre em tanques cilíndricos fechados de aço inoxidável, com fundo cônico e sua capacidade varia de 5 x 10 L (piloto) até 1 x 10⁶ L (indústria). Esses tanques, denominados fermentadores/maturadores, apresentam sistema de refrigeração, isolante térmico e painéis eletrônicos controladores de temperatura.

2.6.11. Resfriamento da cerveja

Normalmente é o mesmo agente refrigerante do mosto, que percorre a tubulação de refrigeração no próprio tanque (normalmente meia cana) com a finalidade de diminuir a temperatura para 0°C, conforme Hough (1991). Nesse momento, também se faz a retirada da levedura decantada no fundo cônico do fermentador.

2.6.12. Maturação

A maturação tem por objetivos refinar o sabor da cerveja pela redução do teor de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, carbonatar parcialmente o produto, evitar a ocorrência de oxidações que possam comprometer sensorialmente a bebida e clarificar o líquido através de deposição do fermento e outros materiais em suspensão.

Segundo Venturini Filho (2000) a maturação normalmente é feita a 0 °C e tem a duração de duas a quatro semanas. Ela é feita sob pressão e ocorre no mesmo tanque onde se fermenta a cerveja.

2.6.13. Centrifugação

É nessa fase que ocorre a separação da levedura da cerveja maturada. Segundo Reinold (1997) existem centrífugas de câmaras e de pratos, sendo esta última a mais apropriada para o uso cervejeiro. Normalmente as microcervejarias não realizam esta operação.

2.6.14. Filtração da cerveja

Esta operação é a responsável pela retirada de complexos protéicos precipitados e fermento remanescente, obtendo-se um líquido livre de turvação e com maior estabilidade físico-química.

Segundo Venturini Filho (2000), os tipos de filtros mais utilizados pelas cervejarias são os filtros de terra diatomácea, os quais podem ser constituídos de folhas verticais ou horizontais. Reinold (1997) cita outros tipos tais como filtro de massa, filtro de placas, filtro de velas, filtro *bag*. Para Venturini Filho (2000) podem ser usados filtros de membranas orgânicas ou minerais, que são capazes de reter leveduras e bactérias, eliminando a operação de pasteurização do processo de produção.

2.6.15. Pasteurização

Segundo Reinold (1997) pasteurização é o processo que impede o desenvolvimento de microorganismos já existentes no produto, ou seja, promove estabilidade biológica à cerveja.

Venturini Filho (2000) cita dois métodos usados nas cervejarias: o primeiro seria realizado em túnel de pasteurização, que ocorre após o envasamento da cerveja. O segundo, seria a *flash* pasteurização, que é realizada antes do envasamento, em trocadores de calor de placas modificados. Este último método é mais exigente quanto aos cuidados que se deve tomar durante o envase.

As microcervejarias não realizam esta operação, por oferecem o chope como produto principal. Chope é a cerveja não pasteurizada.

Venturini Filho (2000) define unidades de pasteurização (UP) como o efeito de morte microbiológica quando a cerveja é aquecida a 60 °C / 1 minuto, sendo necessárias 15 a 20 UP num pasteurizador de túnel e 40 a 60 UP num *flash* pasteurizador. Para Reinold (1997) 13,7 UP são necessárias para se atingir uma pasteurização eficiente, porém recomenda 18 a 20 UP como medida de segurança para pasteurização em túnel.

2.6.16. Envasamento

É o acondicionamento do produto em lata, garrafa ou barril. Nas cervejarias, esta operação, é realizada em enchedoras rotativas livre de contato manual. As microcervejarias envasam seu produto somente em barril.

2.7. Consumo de energia em cervejaria.

Segundo Limoni Filho (1998), as cervejarias brasileiras desenvolvem trabalhos, visando economia de energia, porém não os publica.

Venturini Filho (1993) determinou a quantidade de calor requerido na mosturação pelos métodos de duas massas e de infusão, sendo que o autor fez uma simulação utilizando *grits* de milho e fécula de mandioca como adjunto, respectivamente. O autor admitiu, para fins de cálculos, que não houve perdas de massa na forma de vapor d'água durante a mosturação, nem perdas da calor através das paredes dos tanques e também não

havendo produção e consumo de energia térmica nas reações de hidrólise do amido. Nessa avaliação, Venturini Filho (1993) usou como modelo uma cervejaria industrial com capacidade de 20.000 L de mosto / ciclo. O autor verificou que a mosturação com uso de fécula de mandioca pelo processo de infusão consome 17,60 % menos energia térmica em relação ao processo de duas massas, devido ao fato deste último eliminar a fase de cozimento do adjunto.

Limoni Filho (1998) comparou o consumo de energia nos setores de armazenamento e mosturação, quando se empregou arroz partido e xarope de maltose, como adjunto de malte, na produção de cerveja. O autor tomou por base dados de cervejaria industrial com capacidade de produção diária em torno de 1.000.000 L. Seus resultados mostraram que a substituição do arroz partido pelo xarope de maltose reduziu em 30,34 % o consumo de energia elétrica no armazenamento e transporte do material até a sala de mosturação. Durante a mosturação a redução no consumo de energia elétrica foi de 34,20 %, enquanto que térmica foi de 7,66 %, resultando numa redução energética total de 8,24 % e aumento de 12,54 % na capacidade produtiva da cervejaria.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental e as análises foram realizados no Laboratório de Bebidas, do Departamento de Gestão e Tecnologia, da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Câmpus de Botucatu. O Laboratório de Bebidas conta com planta piloto para produção de cervejas, fabricados em aço inoxidável, pela Harmo Darin (Mec Bier), empresa fabricante e fornecedora de equipamentos para microcervejarias, sediada na cidade de Pompéia – SP.

A avaliação energética foi feita numa microcervejaria comercial, localizada na região de central do estado de São Paulo.

3.1. Produção de cerveja

3.1.1. Materiais

As matérias primas utilizadas na produção de cerveja foram:

- *água*, da rede pública filtrada em carvão ativo,
- *malte*, do tipo cristal, adquirido em cervejaria industrial,
- *extrato de malte na forma de xarope*, fornecido pela Novartis Consumer Health Ltda,
- *extrato de malte em pó*, fornecido pela Novartis Consumer Health Ltda,
- *extrato de lúpulo*, adquirido em cervejaria industrial e
- *adjunto açucarado na forma de maltose em pó*, fornecido por Corn Products Brasil.

Foi adotado o adjunto na forma de pó, devido a maior facilidade de manuseio em escala laboratorial, quando comparado ao xarope correspondente.

Como fermento cervejeiro, foi utilizada a levedura de baixa fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, coletada em fermentadores industriais contendo cerveja em processo de maturação.

3.1.2. Métodos

3.1.2.1. Planejamento experimental

Na produção de cerveja tipo Pilsen, seis formulações de matérias primas foram utilizadas:

- a) malte em grão,
- b) malte e adjunto,
- c) extrato de malte em xarope,
- d) extrato de malte em xarope e adjunto,
- e) extrato de malte em pó e
- f) extrato de malte em pó e adjunto.

Assim o experimento, inteiramente casualizado, constou de seis tratamentos com três repetições cada, perfazendo dezoito parcelas experimentais. Os resultados das análises físico-químicas dos mostos e das cervejas e a análise sensorial foram submetidos ao Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

3.1.2.2. Protocolo de fabricação

No tratamento em que se usou malte em grãos, ele foi triturado em moinho de dois rolos, sendo que apenas um se move associado a motor elétrico. A moagem foi realizada a seco, ou seja; sem adição de água nesta fase, pois em testes preliminares percebeu-

se que o malte umedecido poderia dificultar sua moagem e permanecer apenas levemente esmagado.

Posteriormente, foi adicionada água ao malte moído e mosturado pelo processo de infusão, conforme a Figura 4. Ao final da mosturação, realizou-se o teste do iodo, para confirmação da sacarificação do amido.

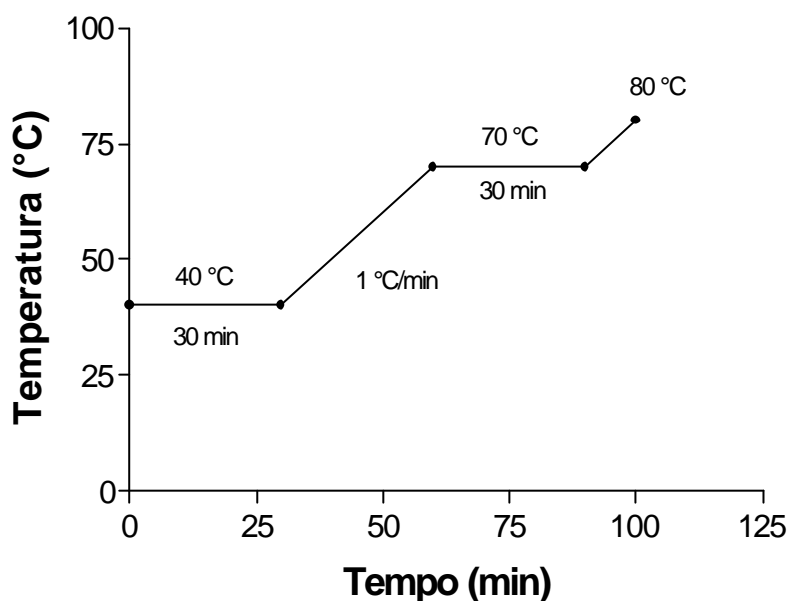


Figura 4: Processo de mosturação

Em seguida, o mosto foi separado do bagaço de malte através de filtração convencional sob pressão atmosférica, usando o próprio bagaço de malte (torta) como elemento filtrante. Ao final da filtração do mosto primário, a torta foi lavada com água à temperatura de 80 °C, para a obtenção do mosto misto. Este foi fervido sob pressão atmosférica, por 60 minutos, sendo que 15 minutos após o início de ebulição, foi adicionado extrato de lúpulo. Após a fervura, realizou-se a retirada do *trub* por decantação (*whirlpool*), seguido de filtração em pano de algodão limpo e esterilizado.

O mosto clarificado foi resfriado a 8 °C em tanques fermentadores, mostrados na Figura 5, seu teor de extrato foi corrigido para 12 °Brix com adição de água e foi



retirada amostra para as análises físico-químicas. Em seguida, o mosto foi inoculado com levedura cervejeira centrifugada e colocado para fermentar à temperatura de 10 °C.

Figura 5: Tanques de fermentação da planta piloto.

A levedura usada nos testes foi adquirida em cervejaria industrial localizada próxima a Botucatu. A inoculação foi realizada na forma de fermento centrifugado a 3.000 rpm / 3 minutos (1.413 G*) na proporção de 1 % m/m, o que corresponde à 0,2 g de fermento seco por 100 g de mosto, visto que o fermento centrifugado apresentou umidade igual a 80 %.

A fermentação transcorreu até o valor de 1 °Brix acima da atenuação limite, e então, foi engarrafada e levada ao *freezer*, na temperatura 0 °C por 14 dias, a fim de maturar a cerveja. No 15º dia iniciaram-se as análises.

* G = número de gravidade, conforme a equação citada por Earle (1968):

$$G = \frac{F_c}{F_g} = \frac{0,011 \times r \times N^2}{g}$$

onde: F_c / F_g = força centrífuga / força da gravidade, r = raio da centrífuga (m), N = rotações por minuto (rpm) e g = aceleração da gravidade (m/s^2).

Nos tratamentos em que foram usados os extratos de malte em pó ou em xarope, estas matérias primas foram diluídas em água à temperatura ambiente. Após a diluição, o mosto foi fervido, decantado, filtrado, resfriado e inoculado conforme a descrição anterior.

Quando da utilização do adjunto açucarado, este também foi diluído em água à temperatura ambiente e entrou no processo na etapa de fervura do mosto. A proporção de adjunto em relação ao malte ou seus derivados foi de 1 para 1 na base do extrato.

3.1.2.3. Análise física e química

No malte em grão, nos extratos de malte e no adjunto foram realizadas as seguintes determinações: acidez total conforme American Society of Brewing Chemists – ASBC (1958), turbidez segundo Pollock (1981), pH, cor, umidade, matéria seca, teor de extrato, odor, fermentabilidade, velocidade de sacarificação, velocidade de filtração e poder diastático, de acordo com European Brewery Convention – EBC (1987); sendo que as três últimas determinações foram realizadas somente para o malte.

No mosto foram analisados o teor de extrato, pH, cor, fermentabilidade, amargor conforme EBC (1987), turbidez conforme Pollock (1981), acidez total de acordo com ASBC (1958), açúcares redutores e açúcares redutores totais (AR e ART), baseado em Cecchi (1999), porém a hidrólise das amostras foi feita com 10mL de HCl concentrado, em banho maria Dubnoff, sob fervura por 2 horas.

As análises realizadas nas cervejas foram: extrato aparente, extrato real, fermentabilidade aparente, fermentabilidade real, álcool, pH, cor e amargor segundo EBC (1987), acidez total, CO₂ de acordo com ASBC (1958), espuma conforme De Clerk (1958), turbidez conforme Pollock (1981), AR e ART baseado em Cecchi (1999), sendo a hidrólise foi feita da mesma forma como no mosto.

A partir dos valores de AR e ART calculou-se os valores de dextrinas presentes nas cervejas, através da equação 1.

$$D = (ART - AR) \times 0,9 \quad (1)$$

Onde: D = dextrinas (% m/v)

AR = açúcares redutores presentes na cerveja (% m/v)

ART = açúcares redutores totais presente na cerveja (% m/v)

0,9 = Fator de correção dextrina / glicose

As matérias primas, os mostos e as cervejas foram submetidos à análise em cromatografia líquida. O aparelho de HPLC (*high performance liquid chromatography*) usado nesta análise é da marca *Varian*, modelo *Pro Star*, detetor IR (índice de refração), fase móvel água deionizada e filtrada em membrana da marca *Millipore Teflon* de 0,22 µm e coluna da marca *Bio Rad*, *Aminex HPX 42A*. O fluxo do eluente foi de 0,6 mL/minuto, com temperatura de 80 °C.

3.1.2.4. Análise sensorial

A análise sensorial das cervejas foi realizada através de teste de aceitabilidade (escala hedônica estruturada), conforme Moraes (1993). O painel sensorial foi composto por 9 provadores, de ambos os sexos, previamente selecionados através de teste triangular, utilizando duas marcas comerciais de cerveja.

Os testes sensoriais foram conduzidos em cabines individuais, sob luz vermelha. As amostras foram apresentadas na temperatura de geladeira, em copo de vidro e contendo aproximadamente 50 mL de líquido com espuma.

3.1.2.5. Acompanhamento microbiológico

No início da fermentação foi realizada contagem de leveduras e viabilidade celular, através de microscópio óptico. Para isso foi utilizada câmara de Neubauer e o corante azul de metileno, conforme COPERSUCAR (1987). No final da fermentação foi realizada apenas a segunda análise.

3.2. Avaliação energética

A avaliação energética foi realizada através de um estudo de caso em microcervejaria localizada na região central do estado de São Paulo, que fabrica cerveja (chope) de puro malte. Os cálculos foram feitos para o consumo de energia elétrica e térmica requerida em um ciclo de produção de mosto de puro malte. A partir dos dados coletados no

estudo anterior, estimou-se o consumo de energia elétrica e térmica para o mosto fabricado com extrato de malte na forma de xarope. Preferiu-se o xarope ao pó, pelo fato desse apresentar maiores exigências tecnológicas, ou seja; pela necessidade de um tanque de aquecimento durante seu armazenamento e da necessidade de uma bomba para enviá-lo ao processo.

Os fluxogramas de produção de mosto de malte e de mosto de extrato de malte em xarope estão mostrados nas Figuras 6 e 7.

3.2.1. Energia elétrica

O consumo de energia elétrica foi calculado em função da potência e do tempo de funcionamento de cada motor, associado ao equipamento usado no processo de fabricação, conforme Yamamoto (1977):

$$C = P \times t \quad (2)$$

Onde: C = consumo de energia elétrica (kW.h);

P = potência do motor (kW);

t = tempo de funcionamento do motor (h).

Alguns motores apresentavam suas potências expressas em *cv*. A conversão foi feita através da equação 3:

$$kW = cv \times 0,736 \quad (3)$$

Onde: kW = potência do motor (kW)

cv = potência do motor (cv)

0,736 = fator de conversão

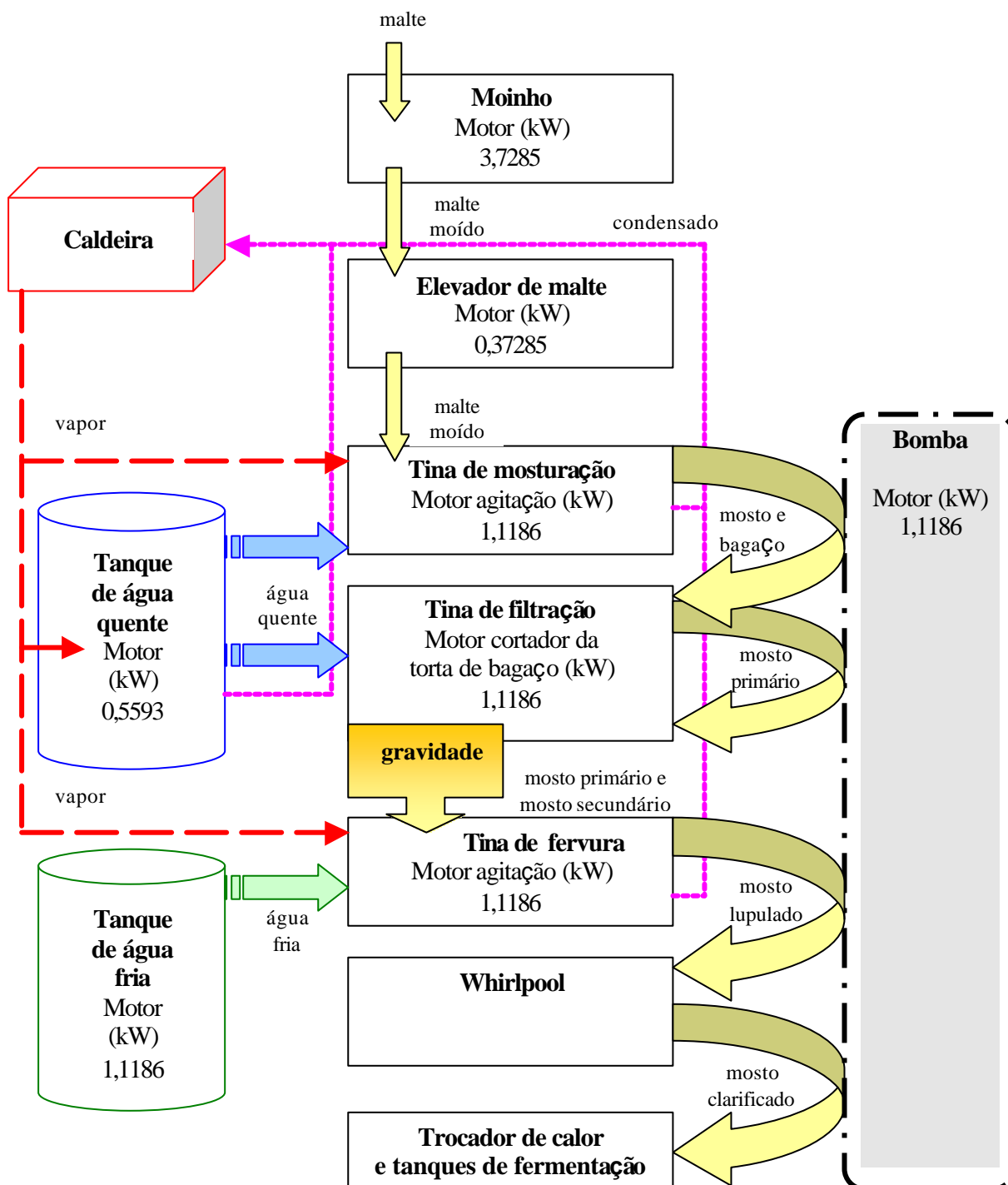


Figura 6: Fluxograma de produção de mosto de malte. Amarelo = caminho do malte e posteriormente do mosto, azul = caminho de água quente, verde = caminho de água fria, vermelho = linha de vapor e rosa = retorno de condensado.

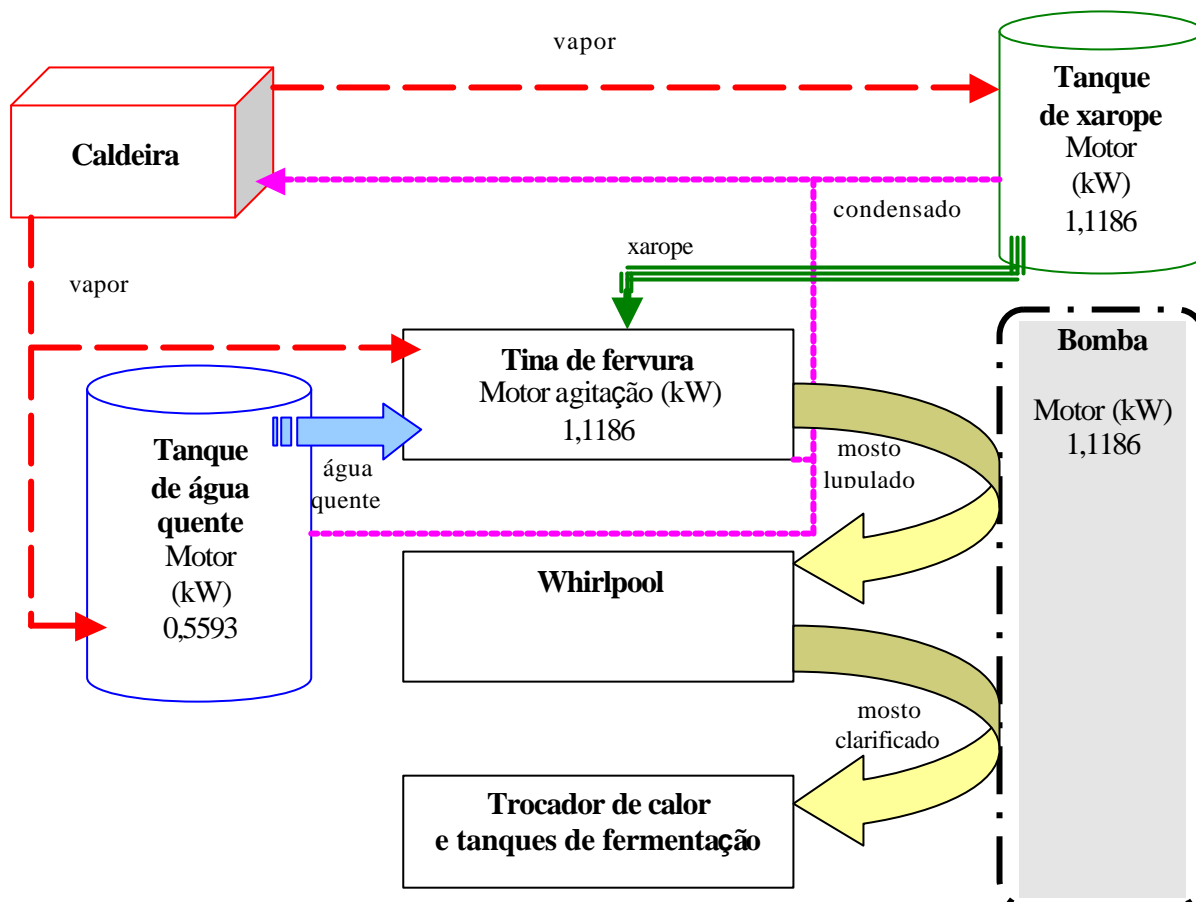


Figura 7: Fluxograma de produção hipotética de mosto utilizando-se extrato de malte na forma de xarope. Amarelo = caminho do mosto, azul = caminho de água quente, verde = caminho do xarope, vermelho = linha de vapor e rosa = retorno de condensado.

A redução de consumo de energia elétrica (RCe), com a utilização de extrato de malte ao invés de malte, foi calculada a partir da equação 4:

$$RCe = \frac{CM - CX}{CM} \times 100 \quad (4)$$

Onde: RCe = redução de consumo de energia elétrica (%)

CM = consumo de energia elétrica para o mosto produzido com malte (kW.h)

CX = consumo de energia elétrica para o mosto produzido com extrato de malte (kW.h)

Para o balanço energético, os resultados de consumo de energia elétrica, expressos em kW.h, foram transformados em kcal, através da equação 5.

$$kcal = kW.h \times 860,4207 \quad (5)$$

Onde: $kcal$ = Consumo de energia elétrica (kcal)

$kW.h$ = Consumo de energia elétrica (kW.h)

860,4207 = Fator de conversão

3.2.2. Energia térmica

Com a finalidade de calcular a vazão média e o volume de vapor produzido pela caldeira da microcervejaria, bem como seu destino (mosturação, aquecimento de água para lavar o bagaço de malte, fervura e aquecimento de água para o ciclo seguinte) foi realizada uma série de leituras de nível no tanque de retorno de condensado - localizado

próximo à caldeira. Porém, devido à grande distância entre a caldeira e os tanques de mosturação, fervura, etc., houve dificuldade em se verificar com exatidão o destino dado ao vapor, pois ocorrem várias operações (mosturação, aquecimento de água, fervura, etc.) simultâneas. Como os controles destas operações não são automatizados, foi impossível fazer qualquer tipo de registro de dados de processo, no que diz respeito ao destino do vapor produzido.

Devido às pequenas dimensões do tanque de retorno de condensado (diâmetro = 47 cm e altura = 58,5 cm) havia a necessidade de se introduzir água da rede pública à caldeira, o que torna praticamente impossível o cálculo de vapor gerado sem a existência de um medidor de vazão em linha.

O consumo de energia térmica foi calculado em função do requerimento de calor pelo produto (mistura água/malte e mosto cervejeiro) necessário para seu aquecimento ou fervura durante a mosturação.

A energia térmica requerida para o aquecimento da mistura água/malte foi calculada pela equação do calor sensível (6), de acordo com Razuk (1990).

$$Q_s = m \times c \times \Delta T \quad (6)$$

Onde: Q_s = quantidade de calor sensível (kcal);

m = massa de produto (kg);

c = calor específico (kcal / kg °C);

ΔT = variação da temperatura do produto (°C);

Na produção de mosto de malte, bem como na hipotética produção de mosto do extrato em xarope, em microcervejaria, há aquecimento de água na primeira fabricação da semana, e as fabricações seguintes utilizam-se de água quente regenerada no trocador de calor que resfria mosto para a fermentação. Em função disso, estimou-se que são realizados 10 fabricações por semana e chegou-se a equação 7. Para a produção de mosto de extrato de malte em xarope, estimou-se um tanque de armazenamento dessa matéria prima, o qual forneceria 144 kg de xarope por ciclo de fabricação, e deve receber calor sensível até a temperatura de 60 °C.

$$Q_s = \frac{m \times c \times \Delta T}{10} \quad (7)$$

Onde: 10 = número de fabricações na semana.

A energia térmica requerida para a fervura do mosto foi calculada através da equação do calor latente (8), conforme Razuk (1990).

$$Q_l = m \times h_{lv} \quad (8)$$

Onde: Q_l = quantidade de calor latente (kcal);

m = massa de água evaporada (kg);

h_{lv} = calor latente da água (kcal / kg).

A redução de consumo de energia térmica, em função do uso do extrato de malte na forma de xarope, foi calculado através da equação 9:

$$RCt = \frac{QM - QX}{QM} \times 100 \quad (9)$$

Onde: RCt = redução de consumo de energia térmica (%)

QM = consumo de energia térmica ($Q_s + Q$) requerida por ciclo de fabricação de mosto de malte (kcal)

QX = consumo de energia térmica ($Q_s + Q$) requerida por ciclo de fabricação de mosto de extrato de malte (kcal)

3.3. Tempo de processamento

Com a utilização do extrato de malte ao invés do malte, calculou-se a redução no tempo de um ciclo de produção de mosto, pela equação 10:

$$RT = \frac{TM - TX}{TM} \times 100 \quad (10)$$

Onde: RT = redução de tempo (%)

TM = tempo de um ciclo de produção de mosto de malte (h)

TX = tempo de um ciclo de produção de mosto de extrato de malte em xarope (h)

3.4. Preço das matérias primas

Foi realizado um levantamento de preço das principais matérias primas usadas neste trabalho. No que diz respeito ao malte, foi feita correção de seu preço em função das perdas de extrato durante o processamento, que ocorre principalmente com a retirada do bagaço e *trub*.

Nesse item foi utilizado os conceitos de rendimento e eficiência de mosturação, conforme as equações 11 e 12.

$$h = \frac{M_{ss}}{M_m} \quad (11)$$

Onde: h = Rendimento de mosturação (kg / kg)

M_{ss} = Massa de sólidos solúveis (extrato) no mosto (kg)

M_m = Massa de malte (kg)

$$E_f = \frac{M_{ss}}{M_{ssm}} \times 100 \quad (12)$$

Onde: E_f = Eficiência de mosturação (%)

M_{ss} = Massa de sólidos solúveis (extrato) no mosto (kg)

M_{ssm} = Massa de sólidos solúveis (extrato) do malte (kg)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises das matérias primas

As análises realizadas no malte estão relacionadas no Quadro 6. O valor de pH está próximo ao citado por Venturini Filho (1993), que é de 5,93 e dentro da faixa de 5,5 a 6,0, conforme Reinold (1995). Não foi encontrada na literatura consultada qualquer referência para a acidez total e atenuação limite para malte.

O resultado de umidade está acima dos citados por Venturini Filho (2000) - 4 a 6 %. O valor de umidade de 9 % não interfere negativamente na qualidade do malte, que foi estocado câmara fria. Nesse teor de umidade e na temperatura de refrigeração, o malte não sofreu decomposição microbiana e nem ataque de insetos.

Reinold (1997) cita como valores médios para extrato 80,5 % de sólidos solúveis e Venturini Filho (2000) cita uma faixa de 75,3 a 80,0 % de seu peso seco. O

grau de fermentabilidade aparente encontrado está um pouco acima dos valores citados por Hough (1991), entre 73,7 e 76,7 %. O valor de poder diastático está acima do citado por Venturini Filho (2000), que é de 244,19 WK para malte brasileiro e próximo ao valor de 350 WK, mencionado por Reinold (1995). A faixa de valor encontrada para a velocidade de sacarificação está próxima à citada por Reinold (1997), que é de 10 a 15 minutos.

Quanto à cor, o valor apresentado está dentro da faixa citada por Reinold (1995), que é de 6,0 a 7,5 EBC.

Quadro 6: Análises de malte, extrato de malte em pó, extrato de malte em xarope e adjunto usados na fabricação de cerveja.

Análise	Malte	Pó	Xarope	Adjunto
pH	5,76	5,34 *	5,33 *	4,59 *
Acidez total (g ác. Láctico / 100 mL) pu**	0,17	0,14 *	0,14 *	0,01 *
Teor de extrato (°Brix) pu**	85,0	99,0 *	79,0 *	97,75 *
Umidade (%)	9,0	3,40	25,11	3,45
Matéria seca (%)	91,0	96,60	74,89	96,55
Fermentabilidade aparente (%)	79,29	68,27	63,82	--
Fermentabilidade real (%)	64,23	55,30	51,69	--
Atenuação limite (°Brix)	3,0	3,8	4,3	--
Cor (EBC)	7,4	43,9 *	39,0 *	0,075 *
Turbidez (NTU)	13	15,5 *	19 *	1,05 *
Poder diastático (WK) ps***	338,46	--	--	--
Velocidade de sacarificação (min.)	15-20	--	--	--
Velocidade de filtração	Normal	--	--	--
Odor	Normal	Característico de malte	Característico de malte	Isento

* análises realizadas inicialmente com solução 10% do produto; ** pu = peso úmido; *** ps = peso seco.

Para os demais resultados do Quadro 6, pode-se afirmar que o adjunto apresentou valores baixos de acidez total, umidade, cor e turbidez, sendo constituído basicamente de carboidratos, com predominância de maltose, maltotriose e dextrinas, conforme verificado na Figura 9 e no Quadro 7.

O adjunto e o extrato de malte em pó apresentaram teor de umidade abaixo de 3,5 %, o que garantiu a sua conservação fora de ambiente refrigerado. Os extratos de malte na forma de pó e xarope tiveram fermentabilidade inferior e coloração superior aos do malte.

A Figura 8 mostra os cromatogramas padrões de frutose, glicose, maltose e maltotriose, com seus respectivos tempos de retenção. A Figura 9 apresenta os cromatogramas dos extratos de malte em pó, em xarope e do adjunto, os quais mostraram perfis semelhantes, com predomínio de maltose nos três casos. O adjunto apresentou maior concentração de maltotriose, quando comparado com os extratos de malte.

Quadro 7: Perfil de açúcares (%) e as concentrações (%) encontradas nas matérias primas.

Açúcar	Extrato de malte em pó		Extrato de malte em xarope		Adjunto	
	<i>Perfil (%)</i>	<i>C* (%)</i>	<i>Perfil (%)</i>	<i>C* (%)</i>	<i>Perfil (%)</i>	<i>C* (%)</i>
Frutose	0,5	0,6	0,6	0,6	-	-
Glicose	9,0	5,3	9,4	5,4	1,9	1,2
Maltose	55,6	43,3	53,7	40,7	51,2	41,5
Maltotriose	12,8	13,4	14,5	14,8	28,2	30,9
Dextrinas (outros)	22,1		21,8		18,7	
Total	100	62,6	100	61,60	100	73,5

* *C* = Concentração (%)

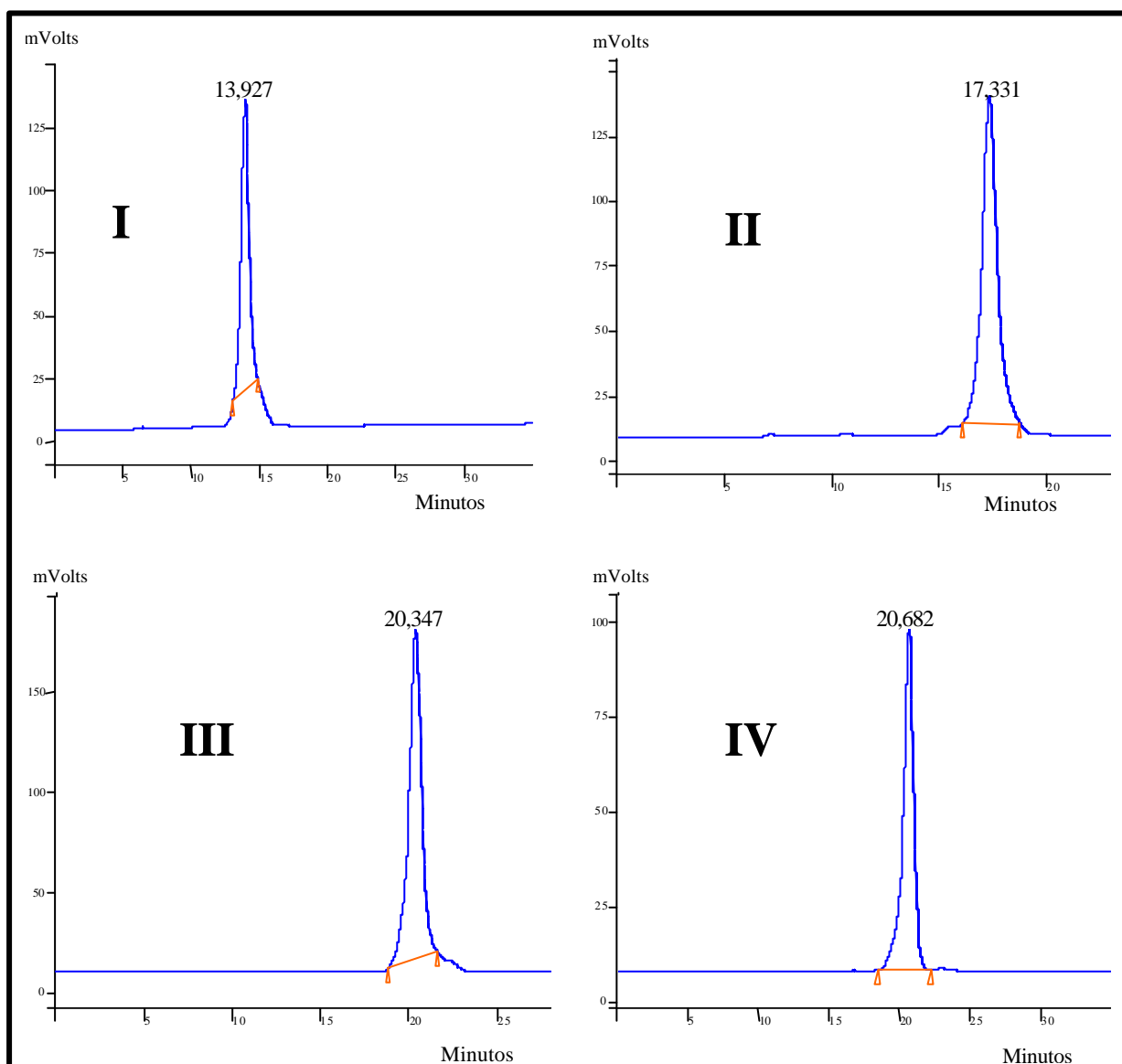


Figura 8: Cromatogramas dos padrões de açúcares indicando seus tempos de retenção:

I – maltotriose, II – maltose, III – glicose e IV – frutose.

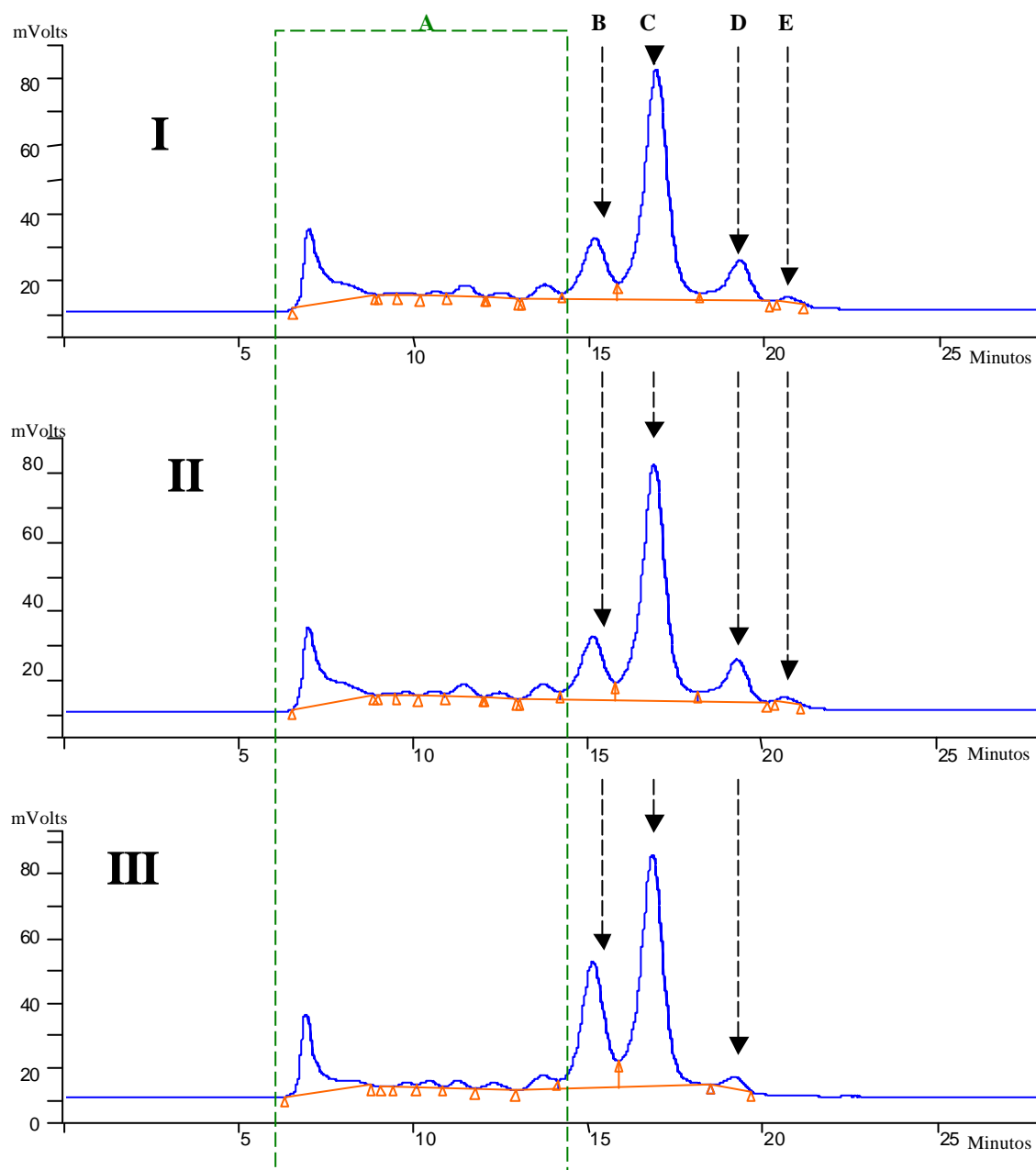


Figura 9: Cromatogramas das matérias primas (I – extrato de malte em pó; II – extrato de malte em xarope e III – adjunto). As letras indicam o tipo de açúcar presente: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose e E – frutose.

4.2. Análises dos mostos sem adjunto

Os valores de extrato do Quadro 8, para os mostos produzidos com malte, extratos em pó e em xarope, apresentaram-se iguais entre si, pois foram corrigidos para 12 °Brix. Esses resultados mostram que o protocolo de fabricação, desenvolvido em pré-testes, foi eficiente no controle desse parâmetro durante a produção dos mostos. Cervejas fabricadas com mostos a 12 °Brix são classificadas como *comum* pela legislação brasileira em vigor, conforme Brasil (1997).

Os valores encontrados para AR e ART foram iguais para os três tratamentos como é mostrado no Quadro 8. Isso indica que os três mostos poderiam apresentar perfis semelhantes de açúcares, o que foi confirmado com o exposto na Figura 10 e no Quadro 10, o qual apresenta a concentração relativa de açúcares nos mostos. No mosto de malte, a taxa de fermentabilidade mostrou valores próximos aos citados por Hough (1991), que estão entre 73,7 e 76,7 %; enquanto que para os mostos produzidos com os extratos em pó e xarope, os valores foram inferiores. Paik et al. (1991), encontraram tempo de fermentação maior em 93 % dos 44 diferentes mostos fabricados com extrato de malte, quando comparados ao tempo de fermentação de um mosto de malte. A fermentabilidade está diretamente associada à atenuação limite, que indica o teor de extrato final da fermentação do mosto; assim, valores mínimos de atenuação estão associados à fermentabilidade elevada. Para explicar esses resultados, foram levantadas duas hipóteses.

A primeira hipótese seria a presença de agente inibidor nos extratos de malte, oriundo da caramelização parcial dos açúcares. Para Bobbio e Bobbio (1995), na caramelização dos açúcares, vários compostos são produzidos: ácidos orgânicos, aldeídos,

cetonas, etc., que podem afetar negativamente a fermentação, através de mecanismos de inibição da atividade metabólica da levedura. A segunda hipótese levantada seria que o agente inibidor possa ter se formado durante a fermentação, através do metabolismo da levedura cervejeira.

Quadro 8: Comparação entre os mostos de malte, extrato de malte em pó e em xarope.

	Malte	Pó	Xarope
Extrato (°Brix)	12,1 a	12,1 a	12,0 a
AR (% m/v)	5,78 a	5,64 a	5,64 a
ART (% m/v)	9,83 a	10,02 a	9,69 a
Atenuação limite (°Brix)	3,1 b	4,3 a	4,6 a
Fermentabilidade (%)	74,57 a	64,20 b	61,27 b
pH	5,60 a	5,36 bc	5,19 d
Acidez total (% m/v)	0,17 b	0,26 a	0,24 a
Cor (EBC)	20,0 c	44,0 a	43,3 a
Turbidez (NTU)	19 a	8b c	0,9 d
Amargor (UA)	18 a	21 a	23 a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de pH estão dentro das faixas apresentadas por diferentes autores (5,0 a 6,0 – Hardwick, 1995 e 5,0 a 5,6 – Hough, 1985) para mostos de malte. Paik et al (1991) encontraram uma faixa de pH de 4,60 a 5,70, sendo 5,13 seu valor médio para os 44 mostos produzidos com diferentes extratos de malte. Segundo Meilgaard (1978), este parâmetro não sofre influência direta com alterações no extrato do mosto. Os valores encontrados para acidez total apresentam relação inversa com as leituras de pH e estão acima da faixa encontrada por Venturini Filho (1993). Os parâmetros mencionados indicam que os

mostos produzidos com extratos de malte são mais ácidos, provavelmente devido a presença de ácidos orgânicos formados durante a caramelização de seus açúcares, conforme citações de Bobbio e Bobbio (1995), o que reforçaria a hipótese da presença de um fator inibidor nesses mostos.

A hipótese da presença de agente inibidor em função de açúcares parcialmente caramelizados, nos mostos produzidos com extrato, pode ser reforçada pela sua cor mais escura em relação ao mosto de malte, cujo valor encontrado foi praticamente a metade dos demais. De acordo com Reinold (1997), a caramelização dos açúcares pode ocorrer também durante a fervura do mosto, assim como consequência da reação de Maillard conforme Hough et al (1971), causando seu escurecimento. Anderson (1995) cita a reação de Maillard como uma reação natural de escurecimento que promove desenvolvimento de cor em xaropes. Para Pollock (1981), o desenvolvimento da cor durante a fervura se deve à reação de Maillard, à oxidação de substâncias fenólicas e à caramelização de açúcares.

Maior valor de turbidez foi encontrado no mosto de malte, que indica presença de material de natureza coloidal (proteínas, polifenóis, complexos proteína-polifenóis, glucanos, etc) em maior concentração em relação aos mostos fabricados com extrato em pó e em xarope. A turbidez dos mostos produzidos com extratos é menor que a das suas respectivas matérias primas conforme mostra o Quadro 6. Isso se deve provavelmente, à retirada de proteínas associadas à polifenóis, na forma de *trub* conforme Hough (1985).

Com relação ao amargor, os mostos dos três tratamentos foram iguais entre si. Entretanto, o mosto de malte apresentou valor abaixo da faixa (20 – 40 UA) proposta por Meilgaard (1978), enquanto que os mostos produzidos com extratos em pó e em xarope apresentaram valores dentro desse padrão.

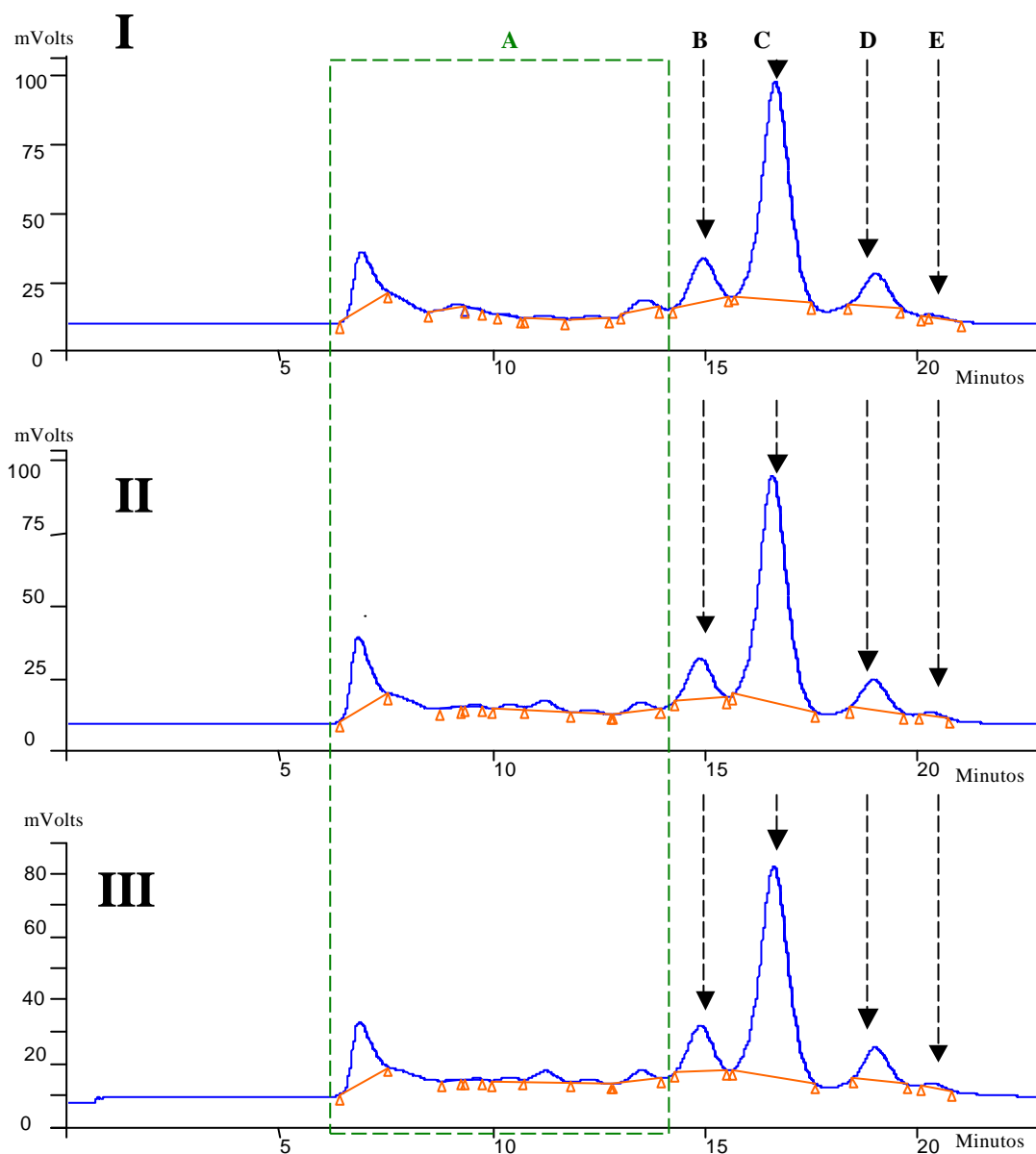


Figura 10: Cromatogramas dos mostos produzido sem adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose e E – frutose.

4.3. Análises dos mostos com adjunto

Os valores encontrados no Quadro 9 para extrato aparente e real, AR, ART, cor e amargor tiveram comportamento semelhante aos mostos sem adjunto discutidos no Quadro 8; sendo que as considerações feitas aqui, são as mesmas que foram feitas anteriormente.

Observou-se que a utilização do adjunto foi responsável pela redução da intensidade de cor dos mostos nos três tratamentos, quando comparados com os mostos que não fizeram uso do adjunto. Venturini Filho (2000) e Bradde (1977) descreveram que o uso de adjuntos resulta em cervejas com menor intensidade de cor.

Quadro 9: Comparação entre os mostos de malte, extrato de malte em pó e xarope, com adjunto.

	Malte + adjunto	Pó + adjunto	Xarope + adjunto
Extrato (°Brix)	12,1 a	11,8 a	12,1 a
AR (% m/v)	5,85 a	5,68 a	5,87 a
ART (% m/v)	11,67 a	11,01 a	11,56 a
Atenuação limite (°Brix)	2,7 b	2,9 b	3,3 b
Fermentabilidade (%)	77,63 a	75,20 a	72,93 a
pH	5,48 ab	5,20 cd	5,11 d
Acidez total (% m/v)	0,10 c	0,10 c	0,15 b
Cor (EBC)	12,0 d	29,0 b	24,3 bc
Turbidez (NTU)	12 b	20 a	3 cd
Amargor (UA)	18 a	25 a	21 a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O adjunto forneceu açúcares fermentescíveis e infermentescíveis conforme citado por Hardwick (1995) e por Pollock (1979), aproximando os perfis de carboidratos dos três tipos de mostos produzidos conforme os Quadros 10 e 11 e a Figura 11. Dessa forma, as diferenças de fermentabilidade e atenuação limite dos mostos observadas no Quadro 8, não foram constatadas no Quadro 9.

Quadro 10: Perfil de açúcares nos mostos.

	Tempo de Retenção (min)	Malte	Pó	Xarope	Malte + Adjunto	Pó + Adjunto	Xarope + Adjunto
Dextrinas (%)	6,8 - 14,0	15,4	18,8	18,8	15,5	16,1	13,7
Maltotriose (%)	14,8 - 15,5	11,1	9,2	10,6	17,9	18,3	20,5
Maltose (%)	16,5 - 17,2	64,8	64,4	62,0	62,0	60,3	61,8
Glicose (%)	18,9 - 19,7	8,3	7,1	8,0	4,6	5,0	4,0
Frutose (%)	20,3 - 21,0	0,1	0,5	0,5	-	0,3	0,0
Total		99,7	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0

Notou-se que a proporção de dextrinas nos mostos fabricados com extrato em pó e em xarope foi reduzida quando se adicionou o adjunto, conforme é mostrado no Quadro 10. Isso se deve pelo fato do adjunto possuir menor quantidade de dextrina em relação aos extratos. O mesmo aconteceu para o teor de glicose nos três mostos. Por outro lado, a quantidade de maltotriose elevou-se, devido a altos teores deste carboidrato no adjunto, enquanto as proporções de maltose praticamente não se alteraram. No Quadro 11 percebe-se um aumento da concentração de açúcares fermentescíveis nos mostos com adjunto em relação aos demais. A identificação de açúcares infermentescíveis (dextrinas), bem como a

quantificação de suas concentrações nas análises cromatográficas, não foi possível, em função da ausência de padrões.

Na Figura 11, os picos A, B, C, D e E foram identificados com padrões cromatográficos, como sendo respectivamente: dextrinas, maltotriose, maltose, glicose e frutose. Pollock (1979) identificou mais de 15 diferentes carboidratos para xaropes de cevada e de malte. Isso sugere que os picos A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7 possam ser açúcares com grau de polimerização (GP) 4, 5, 6, 7, 8, 9 e acima de 9, respectivamente.

Quadro 11: Concentração (g/100 mL) de açúcares fermentescíveis nos mostos.

	Malte	Pó	Xarope	Malte + Adjunto	Pó + Adjunto	Xarope + Adjunto
Maltotriose	1,4	1,2	1,2	2,4	2,3	2,6
Maltose	6,0	6,0	5,2	6,2	5,7	5,8
Glicose	0,6	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3
Frutose	0,0	0,1	0,1	-	0,0	0,0
Total	7,9	7,8	7,0	8,9	8,4	8,7

Os valores de pH e acidez total encontrados nos mostos produzidos com o adjunto, comportaram-se de forma semelhante aos mostos sem adjunto, isto é, houve uma relação inversa entre esses parâmetros, exceção feita ao mosto produzido com o extrato de malte em pó. Esse resultado parece anômalo sugerindo erro de análise; mas, os Quadros 35 e 37, localizados no apêndice, mostram que essa possibilidade não existiu dado ao baixo coeficiente de variação observado nessas análises. Neste trabalho de dissertação, todos os resultados considerados atípicos motivaram a repetição de análises.

Como os valores de turbidez dos mostos foram relativamente baixos, pequenas alterações na leitura representaram elevadas fontes de variação (Quadros 35 e 37). O adjunto apresenta a menor turbidez dentre todas as matérias primas usadas na produção de mosto, conforme já apresentado no Quadro 6. Com o seu emprego, esperava-se a redução da turbidez em relação aos mostos sem adjunto, entretanto, isso apenas foi observado para o mosto que fez uso de malte.

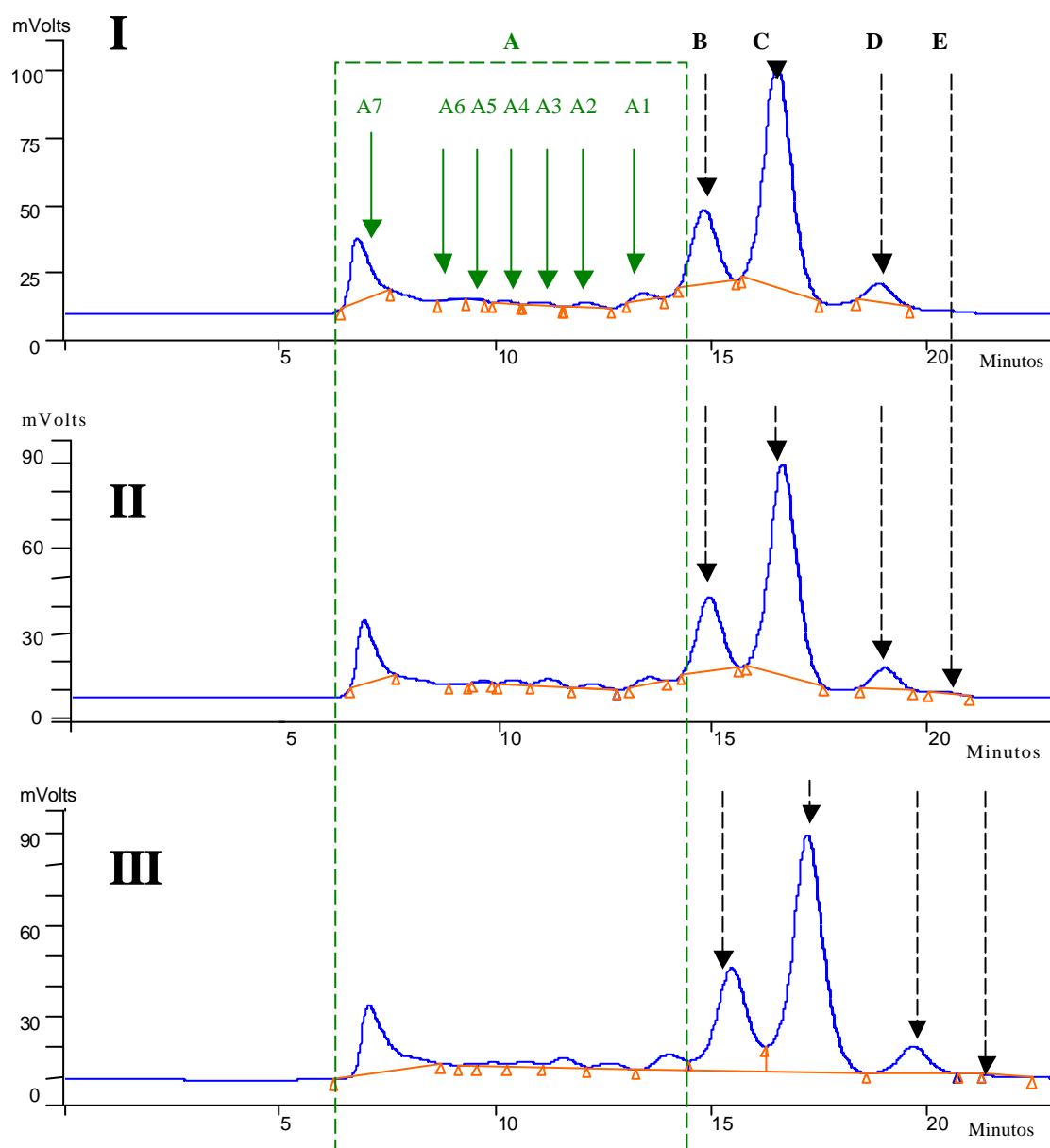


Figura 11: Cromatogramas dos mostos produzidos com adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose e E – frutose.

4.4. Análises físico-químicas das cervejas sem adjunto

Observando-se o Quadro 12, verifica-se que as cervejas produzidas com pó e com xarope, apresentam valores de extrato aparente e real maiores que o da cerveja de malte, porém somente este tratamento se encontra dentro dos limites citados por Compton (1978), que são de 2,0 – 3,1 e 3,7 – 4,8 °Brix, respectivamente. Elevados valores de extrato aparente e real, são decorrentes de fermentabilidade aparente e real reduzidas. Menores valores de fermentabilidade nas cervejas produzidas com extratos de malte, deve ser devido à presença de agente inibitório nesses mostos ou resultante do processo fermentativo, conforme discutidos no item referente aos mostos. Segundo Compton (1978), valores de extrato real elevados podem afetar cor, corpo e espuma da cerveja.

Como resultado da menor fermentabilidade, a cerveja que fez uso do extrato na forma de xarope, apresentou teor alcoólico mais baixo em relação à cerveja de malte. Apenas a cerveja produzida com extrato em xarope ficou dentro dos limites mencionados por Compton (1978), que são de 3,4 – 3,9 °GL. Porém, todos os tratamentos estão dentro da faixa proposta por Hardwick (1995), que é de 2,5 – 5,0 °GL.

A cerveja fabricada com extrato na forma de xarope apresentou maior teor de AR e ART em relação à cerveja de malte, indicando que uma parcela dos açúcares fermentescíveis do xarope não foi metabolizado pela levedura cervejeira, o que contribuiu para a menor fermentabilidade dessa cerveja. Por outro lado, não se observou diferença na concentração de dextrina nos três tratamentos, de acordo com o Quadro 12, o que seria confirmado mais tarde pela análise cromatográfica observada no Quadro 14 e na Figura 12.

Quadro 12: Comparação entre as cervejas de malte, extrato de malte em pó e em xarope.

	Malte	Pó	Xarope
Extrato aparente (°Brix)	3,0 d	4,2 ab	4,7 a
Extrato real (°Brix)	4,5 c	5,5 ab	6,0 a
Álcool (°GL)	4,6 a	4,1 ab	3,8 b
AR (% m/v)	0,78 c	1,08 bc	1,27 ab
ART (% m/v)	3,32 b	3,67 b	4,52 a
Dextrina (% m/v)	2,54 ab	2,59 ab	3,25 a
Fermentabilidade ap. (%)	75,07 a	65,43 cd	60,72 d
Fermentabilidade real (%)	62,57 a	54,41 cd	50,13 d
pH	4,54 a	4,68 a	4,71 a
Acidez total (% m/v)	0,19 abc	0,22 ab	0,24 a
Cor (EBC)	10,8 cd	31,7 b	41,4 a
Turbidez (NTU)	8 ab	10 a	1,7 b
Amargor (UA)	13,0 ab	17,3 a	17,3 a
Espuma (s)	102 cd	83 d	133 ab
CO ₂ (v/v)	3,4 a	3,1 a	3,4 a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Compton (1978) cita pH na faixa de 3,8 a 4,7 para as cervejas de baixa fermentação. Nos três tratamentos os valores foram iguais entre si e dentro desses limites. A proximidade dos valores ao limite superior pode ser dada em função de autólise de leveduras, que pode gerar um incremento ao valor de pH, conforme afirma Hardwick (1995); entretanto, esse fato não ficou evidenciado na avaliação sensorial dessas cervejas. Para Reinold (1997) o pH da cerveja depende do pH do mosto, do poder tampão e da formação de ácidos durante a fermentação. Os resultados para acidez total, também revelaram-se iguais entre si, porém acima da faixa de 0,09 – 0,15 %, proposta por Compton (1978). Segundo Hardwick (1995) o ácido carbônico, resultante da reação entre o CO₂ e a água, eleva a acidez da bebida. Os

valores de CO₂ nas cervejas apresentaram-se iguais entre si, porém acima da faixa de 2,4 – 2,8 volumes proposta por Compton (1978). A elevada concentração de CO₂ na cerveja pode ter contribuído para a elevação de sua acidez. Pollock (1981) afirma que a maioria dos ácidos presentes na cerveja, já existiam no mosto, porém em proporções distintas, e suas concentrações variam em função da matéria prima utilizada, da variedade da cevada maltada e das condições de maltagem.

Com relação à cor, as cervejas apresentaram coloração de diferentes intensidades, sendo que a cerveja de malte foi a mais clara e a cerveja de extrato na forma de xarope foi a mais escura. Percebe-se que nos tratamentos com malte e com pó, a cor da cerveja diminuiu em relação ao seu respectivo mosto, chegando a 46 e 28 % de redução, respectivamente. Segundo De Clerk (1957), isto ocorre devido à eliminação de material corante na espuma durante o processo fermentativo, ação redutora da levedura sobre as moléculas oxidadas de tanino e redução dos valores de pH. Segundo Hardwick (1995) há uma série de cores aceitáveis para cerveja, sendo as mais comuns aquelas com amarelo primário misturado a baixas concentrações de vermelho. Brasil (1997) classifica cervejas *claras* como sendo as que contém até 20 unidades EBC e como cervejas *escuras* acima deste valor. Portanto, pode-se verificar no Quadro 12, que a cerveja de malte é classificada como *clara* enquanto que as produzidas com os extratos, como *escuras*. Paik et al (1991) citaram que os extratos de malte, analisados por eles, foram produzidos para cervejas de baixa fermentação, porém estas cervejas mostraram-se muito escuras.

Da mesma forma que ocorreu no mosto, a cerveja fabricada com extrato em xarope apresentou a menor turbidez. Comparando a turbidez dos mostos apresentadas no Quadro 8 com as respectivas cervejas do Quadro 12, observou-se que o

processo fermentativo acarretou diminuição de turbidez no tratamento com malte e, o inverso aconteceu nos demais tratamentos. Esses resultados mostram que o processo fermentativo (fermentação e maturação), da forma como foi conduzido, pode elevar ou diminuir a turbidez da cerveja em relação ao mosto, em função da natureza da matéria prima usada como fonte de extrato. É possível que as partículas causadoras de turbidez presentes no mosto de malte sejam de maior tamanho em relação às presentes nos mostos de fabricados com os extratos e que tenham ficadas retidas no fundo cônico do fermentador após a fermentação, ou foram separadas na centrifugação das cervejas antes das análises. De acordo com Venturini Filho (2000), durante a maturação da cerveja, realizada a 0 °C, ocorre remoção de material amorfo e de substâncias que causam turbidez a frio na cerveja.

As cervejas de malte, de extrato em pó e em xarope não diferenciaram-se pelo amargor. Seus valores estão dentro da faixa proposta por Compton (1978), que é de 10 – 23 UA. As cervejas apresentaram menos amargor em relação aos respectivos mostos em todos os tratamentos. Segundo Reinold (1997), cerca de 30 % das substâncias amargas são eliminadas na camada superior da espuma e com a levedura, durante o processo fermentativo.

O tempo de retenção da espuma foi igual para as cervejas de malte e de extrato em pó; porém inferiores ao valor da cerveja de xarope. É provável, que o maior teor de sólidos solúveis dessa cerveja tenha contribuído para melhorar a estabilidade de sua espuma, conforme previsto por Compton (1978). Segundo Hardwick (1995), cerveja é um sistema de duas fases, no qual há grande quantidade de substâncias coloidais, como os polipeptídeos, glicoproteínas, peptídeos, polifenóis e dextrinas. Quando a cerveja é vertida num copo, estas substâncias são arrastadas juntamente com bolhas de CO₂ e formam uma espuma estável na superfície da cerveja.

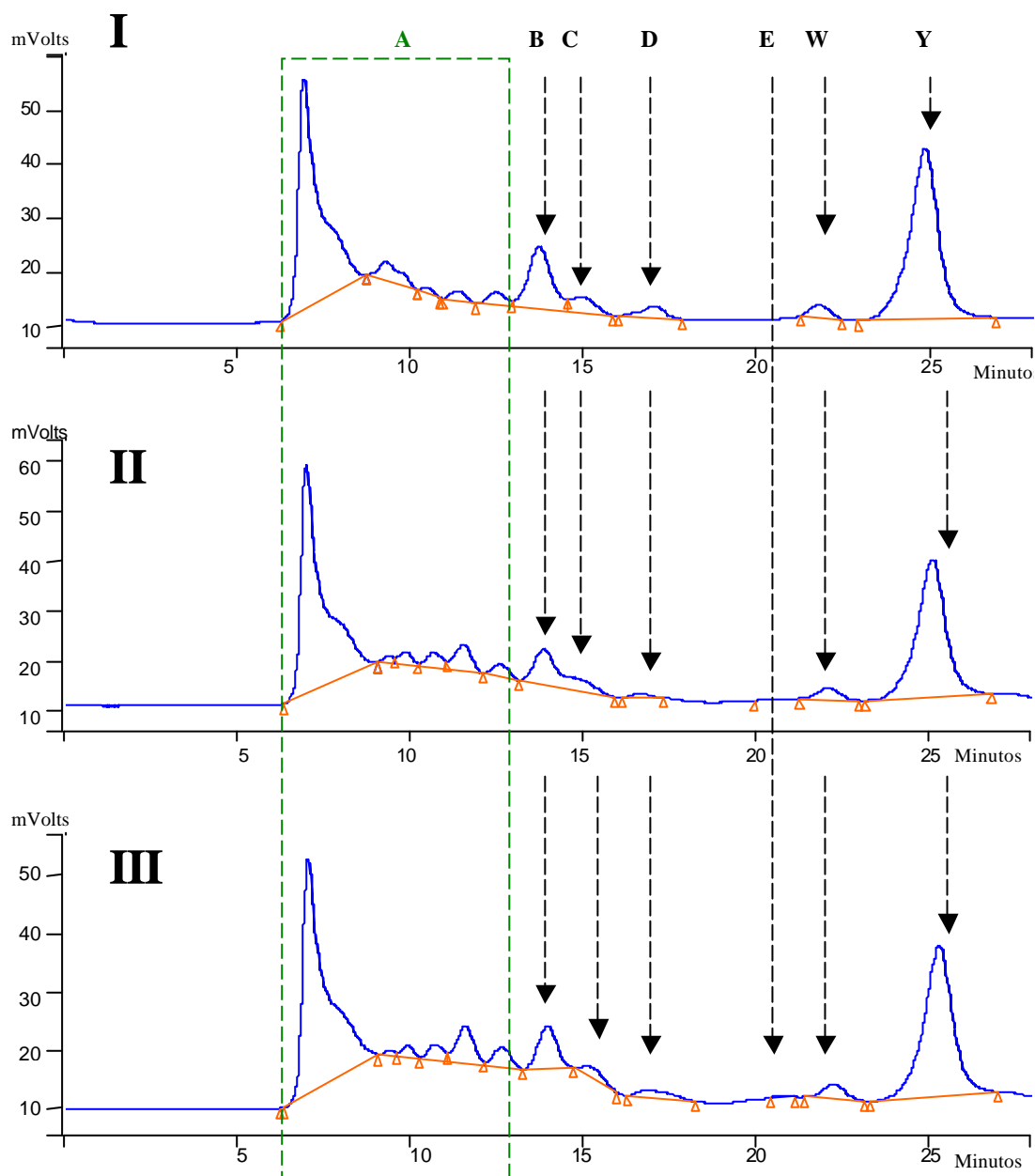


Figura 12: Cromatogramas das cervejas sem adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose, E – frutose, W e Y – produtos não identificados, possivelmente oriundos do processo de fermentação.

4.5. Análises físico-químicas das cervejas com adjunto

A presença do adjunto na formulação aproximou os perfis de carboidratos nos mostos, como verificado anteriormente no Quadro 10, reduzindo as diferenças químicas (extratos, fermentabilidades, álcool, AR e ART) entre as cervejas conforme é observado no Quadro 13. Como consequência, a fermentabilidade aparente e real na cerveja produzida com extrato de malte na forma de xarope cresceu, equiparando-se àquela feita com malte. Por outro lado, para as cervejas de malte e extrato em pó, notou-se que a introdução do adjunto não afetou o processo fermentativo.

Como a fermentabilidade aparente e real das cervejas de malte e extrato em pó não sofreram influência do adjunto, suas concentrações de álcool mantiveram-se inalteradas. Houve um acréscimo de fermentabilidade somente na cerveja produzida com xarope, igualando o teor alcoólico nos três tratamentos com adjunto. Esse aumento foi responsável pela diminuição do seu teor de extrato aparente e real.

Na presença do adjunto, os valores de AR e ART foram iguais para os três tratamentos. A partir desses valores calculou-se os teores de dextrinas presentes nas cervejas, mostrados no Quadro 13, tornando possível se observar a semelhança entre os três tratamentos. Posteriormente, esses resultados foram confirmados pelos cromatogramas da Figura 13 e pelos valores apresentados nos Quadros 14 e 15.

A acidez total decresceu, pois o adjunto apresenta menor concentração de ácidos em relação às demais matérias primas, conforme visto anteriormente no Quadro 6. Também houve uma tendência de queda de pH em relação aos tratamentos sem adjunto, sendo que a cerveja produzida com malte apresentou pH mais baixo. Apesar disso, todos os valores

permaneceram dentro do limite proposto por Hardwick (1995) que é de 3,9 e 4,5. O fato do pH e da acidez das cervejas com adjunto caírem simultaneamente, pode ser devido ao fato do adjunto possuir baixo poder tamponante, como pode ser observado do Quadro 6.

Quadro 13: Comparação entre as cervejas de malte, extrato de malte em pó e em xarope, com adjunto.

	Malte + adjunto	Pó + adjunto	Xarope + adjunto
Extrato aparente (°Brix)	3,3 cd	4,1 ab	3,8 bc
Extrato real (°Brix)	4,8 c	5,5 ab	5,1 bc
Álcool (°GL)	4,5 a	4,1 ab	4,3 ab
AR (% m/v)	1,20 ab	1,46 a	1,23 ab
ART (% m/v)	3,82 ab	3,92 ab	4,05 ab
Dextrina (% m/v)	2,62 ab	2,46 b	2,82 ab
Fermentabilidade ap. (%)	72,92 ab	65,62 cd	68,79 bc
Fermentabilidade real (%)	60,22 ab	53,73 cd	57,74 bc
pH	3,93 c	4,22 b	4,16 b
Acidez total (% m/v)	0,14 d	0,17 bcd	0,17 bcd
Cor (EBC)	5,6 d	13,3 cd	19,0 c
Turbidez (NTU)	6 ab	8 ab	3 b
Amargor (UA)	12,1 b	17,0 ab	14,3 ab
Espuma (s)	147 a	122 abc	119 bc
CO ₂ (v/v)	2,4 ab	1,6 b	3,0 a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Percebeu-se uma taxa de redução de cor, entre 22 e 54%, nas cervejas com adjunto, sendo que os três tratamentos apresentaram-se com cores menos intensa que as cervejas sem adjunto, conforme relatado por Venturini Filho (2000). Embora a cerveja

produzida com extrato de malte em xarope tivesse apresentado intensidade mais escura em sua coloração em relação às cervejas de malte e extrato em pó, todas foram consideradas *claras* pela legislação, pois suas cores estão abaixo de limite de 20 EBC conforme estipula Brasil (1997).

Quadro 14: Perfil de açúcares nas cervejas.

	Tempo de Retenção (min)	Malte	Pó	Xarope	Malte + Adjunto	Pó + Adjunto	Xarope + Adjunto
Dextrinas (%)	6,813 - 12,660	44,4	53,4	53,7	48,4	44,3	49,3
Maltotriose (%)	13,642 - 13,977	11,1	9,0	5,9	8,8	6,3	7,7
Maltose (%)	14,930 - 15,185	2,7	-	1,5	9,8	10,3	8,1
Glicose (%)	16,378 - 17,024	1,9	0,6	1,9	1,3	1,7	0,1
Frutose (%)	19,298 - 20,728	-	-	0,1	-	-	0,0
W* (%)	21,711 - 22,246	1,7	2,2	2,5	2,6	1,5	2,2
Y* (%)	24,812 - 25,309	38,2	34,8	34,4	29,1	35,8	32,5
Total		100	100	100	100	99,9	99,9

* W e Y – produtos não identificados, possivelmente oriundos do processo de fermentação.

Com relação à turbidez houve decréscimo para as cervejas de malte e extrato em pó, quando comparadas ao Quadro 12, conforme previsto por Hardwick (1995) e Compton (1978); entretanto, isso não foi observado para a cerveja elaborada com extrato em xarope. Assim, nos três tratamentos a turbidez tornou-se igual com a introdução do adjunto.

A presença do adjunto causou uma pequena diminuição de amargor das cervejas, porém os valores para os três tratamentos foram iguais entre si, na presença e na ausência do adjunto.

Os valores encontrados para CO₂ na cerveja fabricada com extrato em pó mostrados nos Quadros 13 e 43 (este último mostrado no apêndice) sugerem que pode ter havido menor produção deste gás, em função da menor fermentabilidade ocorrida nesta cerveja.

A adição de adjunto contribuiu para melhorar a estabilidade de espuma das cervejas de malte e extrato em pó, mas, não interferiu no tratamento com extrato na forma de xarope. Esses resultados são de difícil explicação, pois o uso de adjunto diminui a concentração de proteínas, glicoproteínas, peptídeos e polifenóis, responsáveis pela estabilidade da espuma da cerveja, conforme previsto por Hardwick (1995).

Quadro 15: Concentração (g/100 mL) de açúcares fermentescíveis nas cervejas.

	Malte	Pó	Xarope	Malte + Adjunto	Pó + Adjunto	Xarope + Adjunto
Maltotriose	0,8	0,6	0,4	0,2	0,5	0,5
Maltose	0,1	-	0,1	0,2	0,6	0,4
Glicose	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Frutose	-	-	0,0	-	-	0,0
Total	1,0	0,6	0,5	0,4	1,2	0,9

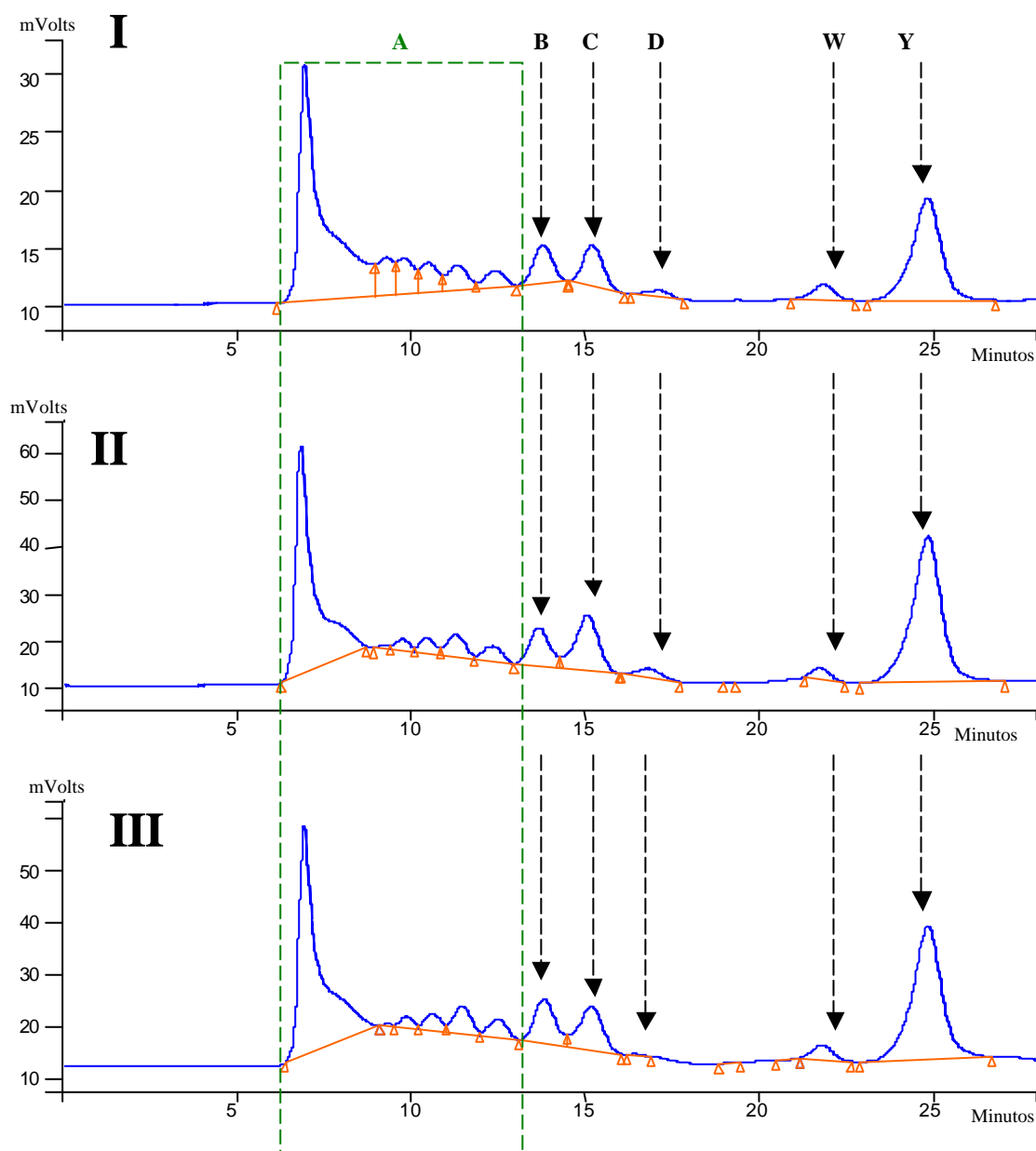


Figura 13: Cromatogramas das cervejas com adjunto (I – malte; II – extrato de malte em pó e III – extrato de malte em xarope). As letras indicam o tipo de açúcar: A – dextrinas (outros), B – maltotriose, C – maltose, D – glicose, E – frutose, W e Y – produtos não identificados, possivelmente oriundos do processo de fermentação.

4.6. Análise sensorial das cervejas

As cervejas fabricadas com malte, extrato de malte em pó e na forma de xarope apresentaram características sensoriais (cor, sabor e corpo) diferentes e específicas para cada tipo de matéria prima empregada nas suas formulações. Apesar disso, os resultados da análise sensorial mostraram que essas cervejas apresentaram a mesma aceitabilidade, segundo mostra o Quadro 16.

O Quadro 17 mostra que a aceitabilidade das cervejas foi igual para todos os tratamentos que fizeram uso do adjunto. Entretanto, observou-se uma diminuição da intensidade de cor, de sabor e principalmente de corpo dessas cervejas. Essas observações foram feitas pelo painel sensorial e pelo autor, que acumulou experiência como degustador em cervejaria industrial, apresentando-se plenamente habilitado a realizar testes sensoriais dessa natureza.

4.7. Acompanhamento microbiológico

Embora a levedura utilizada dentro de cada repetição, fosse de mesma origem e geração, entre as repetições houve necessidade de usar novos lotes de fermento. De acordo com o Quadro 18, as contagens no início de cada fermentação variaram de 8,5 a 11,7 x 10⁶ células/mL de mosto. Venturini Filho (2000) relata que a concentração de levedura cervejeira no início da fermentação deve estar dentro do intervalo de 5 a 15 x 10⁶ células/mL, sendo que o nível ótimo situa-se na média dessa faixa.

O Quadro 18 mostra que os tratamentos com extratos de malte não interferiram na viabilidade da levedura cervejeira, e quando se introduziu o adjunto também

não houve influência. Apesar do extrato de malte em pó e em xarope mostrarem menor fermentabilidade de seus mostos, o que evidencia a presença de algum agente inibidor do processo fermentativo, este agente não interferiu negativamente na viabilidade celular; ou seja, não alterou a taxa de mortalidade das células durante a fermentação.

Quadro 16: Análise sensorial das cervejas de malte, extrato de malte em pó e extrato de malte em xarope pelo teste de escala hedônica.

Provedor	1ª Repetição			2ª Repetição			3ª Repetição			Média por provedor		
	Malte	Pó	Xarope	Malte	Pó	Xarope	Malte	Pó	Xarope	Malte	Pó	Xarope
1	6	3	1	3	1	1	5	1	2	4,67	1,67	1,33
2	3	5	4	2	6	4	7	3	4	4,00	4,67	4,00
3	5	7	4	7	6	5	7	5	4	6,33	6,00	4,33
4	2	5	3	4	4	3	2	5	5	2,67	4,67	3,67
5	8	8	7	6	7	4	7	7	7	7,00	7,33	6,00
6	4	2	1	6	3	3	2	4	1	4,00	3,00	1,67
7	3	5	1	-	-	-	1	2	5	2,00	3,50	3,00
8	7	8	5	7	8	7	7	5	8	7,00	7,00	6,67
9	6	7	5	7	6	6	6	6	6	6,33	6,33	5,67
Aceitabilidade										4,89a	4,91a	4,04a

Letras diferentes indicam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quadro 17: Análise sensorial das cervejas de malte, extrato de malte em pó e extrato de malte em xarope com adjunto pelo teste de escala hedônica.

Provador	1ª Repetição			2ª Repetição			3ª Repetição			Média por provador		
	Malte + adjunto	Pó + adjunto	Xarope + adjunto	Malte + adjunto	Pó + adjunto	Xarope + adjunto	Malte + adjunto	Pó + adjunto	Xarope + adjunto	Malte + adjunto	Pó + adjunto	Xarope + adjunto
1	2	1	4	3	3	2	4	4	2	3,00	2,67	2,67
2	3	4	7	3	3	4	7	4	6	4,33	3,67	5,67
3	7	6	5	5	3	4	6	4	5	6,00	4,33	4,67
4	2	6	6	3	4	3	7	2	5	4,00	4,00	4,67
5	8	7	7	6	7	8	8	7	6	7,33	7,00	7,00
6	4	7	6	6	4	2	7	3	2	5,67	4,67	3,33
7	8	5	3	8	6	2	7	5	5	7,67	5,33	3,33
8	7	3	8	6	3	8	4	1	2	5,67	2,33	6,00
9	5	6	5	7	5	4	7	4	6	6,33	5,00	5,00
Aceitabilidade										5,56a	4,33a	4,70a

Letras diferentes indicam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quadro 18: Viabilidade celular, realizado no início e término da fermentação.

Amostra	Contagem (10 ⁶ cel/mL)	Viabilidade inicial (%)	Viabilidade final (%)
Malte – rep.1	9,9	60,6	75,5
Malte – rep.2	10,6	79,6	85,5
Malte – rep.3	10,8	58,3	52,2
Média	10,4 a	66,2 a	71,1 a
Pó - rep.1	9,6	57,9	69,8
Pó – rep.2	9,8	72,5	70,9
Pó - rep.3	11,1	59,8	49,1
Média	10,2 a	63,4 a	63,3 a
Xarope - rep.1	9,5	61,7	74,6
Xarope - rep.2	10,2	76,1	76,4
Xarope - rep.3	11,7	61,1	54,3
Média	10,5 a	66,3 a	68,4 a
Malte + adjunto - rep.1	8,9	59,3	47,3
Malte + adjunto - rep.2	9,6	65,2	61,6
Malte + adjunto - rep.3	10,4	79,0	76,7
Média	9,6 a	67,8 a	61,9 a
Pó + adjunto – rep.1	8,8	58,7	49,4
Pó + adjunto – rep.2	9,7	64,5	63,8
Pó + adjunto – rep.3	10,2	80,2	82,7
Média	9,6 a	67,8 a	65,3 a
Xarope + adjunto - rep.1	9,5	61,5	49,5
Xarope + adjunto - rep.2	10,1	67,0	67,5
Xarope + adjunto - rep.3	10,6	82,9	89,4
Média	10,1 a	70,5 a	68,8 a
Média geral	10,1	67,0	66,5
Desvio padrão	0,76	10,18	15,8
CV (%)	7,56	15,19	23,69

4.8. Avaliação Energética

4.8.1. Consumo de energia elétrica

A partir dos dados de potência de motores e seus respectivos tempos de funcionamento, calculou-se o consumo de energia elétrica para a produção de mosto de malte (Quadro 19) e de extrato de malte na forma de xarope (Quadro 20), em um ciclo de fabricação simulada.

Pode-se observar no Quadro 19 que a moagem e a mosturação representam 50,2 % do total de energia elétrica consumida no processo. Em uma cervejaria de nível industrial, Limoni Filho (1998) encontrou 43,2 % para essas operações. Quando se utiliza o extrato de malte na produção de mosto tanto a moagem quanto a mosturação deixam de ser realizadas.

Considerando o consumo de energia elétrica para produção de mosto de malte em um ciclo de fabricação igual à 4,98 kW.h, segundo o Quadro 19 e sabendo que o volume médio ao final da fervura é de 925 litros, tem-se o gasto de 5,38 kW.h/m³. Quando se utiliza o extrato de malte, o consumo cai para 2,32 kW.h/m³. A redução no consumo de energia elétrica, em consequência do uso de extrato de malte na forma de xarope foi de 56,9 %, quando comparado com a produção do mosto de malte.

Quadro 19: Consumo de energia elétrica dos motores usados na produção de mosto de malte.

Operação	Motor	Potência do motor (kW)	Tempo (h)	Consumo (kW.h)	Participação (%)
Moagem	Moinho	3,7285	0,37	1,3795	27,7
Transporte	Elevador de malte moído	0,37285	0,39	0,1454	2,9
Transporte	Bomba de água quente	0,5593	0,17	0,0951	1,9
Mosturação	Agitador	1,1186	1,0	1,1186	22,5
Transporte	Bomba de transferência para tina de filtração	1,1186	0,13	0,1454	2,9
Filtração	Bomba de circulação do mosto	1,1186	0,13	0,1454	2,9
Filtração	Bomba de água fria para limpeza do fervedor	1,1186	0,04	0,0447	0,9
Transporte	por gravidade	-	-	-	-
Filtração	Bomba água quente para lavar a torta	0,5593	0,03	0,0168	0,3
Filtração	Corte da torta do bagaço	1,1186	0,02	0,0224	0,5
Fervura	Agitador ligado durante aquecimento	1,1186	1,07	1,1969	24,0
Transferência para Clarificação	Bomba para <i>Whirlpool</i>	1,1186	0,08	0,0895	1,8
Transferência para Fermentação	Bomba de mosto	1,1186	0,52	0,5817	11,7
Total	por ciclo de produção			4,98	100,0

Quadro 20: Consumo de energia elétrica dos motores usados na produção de mosto de extrato.

Operação	Motor	Potência do motor (kW)	Tempo (h)	Consumo (kW.h)	Participação (%)
Fervura	Bomba de água quente	0,5593	0,17	0,0951	4,4
Fervura	Aquecimento com agitador ligado	1,1186	1,07	1,1969	55,7
Fervura	Bomba de xarope	1,1186 *	0,17 *	0,1902	8,8
Transferência para Clarificação	Bomba para <i>whirlpool</i>	1,1186	0,08	0,0895	4,1
Transferência para Fermentação	Bomba de mosto	1,1186	0,52	0,5817	27,0
Total	Por ciclo de produção			2,15	100,0

* = Supondo bomba de xarope de 1,1186 kW funcionando por 0,17 h.

O uso do extrato de malte dispensa o uso de moinho, transportador de malte moído, tina de mosturação e tina de filtração, o que reduz os investimentos iniciais na construção de uma cervejaria. Como o setor de moagem é dispensável no processo de fabricação de cerveja com o extrato de malte, o risco de explosão torna-se praticamente nulo, em função da eliminação da poeira do malte.

Quadro 21: Conversão energética de kW.h para kcal.

Operação	Motor	Malte		Extrato de malte	
		Consumo (kW.h)	Consumo (kcal)	Consumo (kW.h)	Consumo (kcal)
Moagem	Moinho	1,3795	1186,95	-	-
Transporte	Elevador de malte moído	0,1454	125,1052	-	-
Transporte	Bomba de água quente	0,0951	81,82601	0,0951	81,82601
Mosturação	Agitador	1,1186	962,4666	-	-
Transporte	Bomba de transferência	0,1454	125,1052	-	-
Filtração	Bomba de circulação do mosto	0,1454	125,1052	-	-
Filtração	Bomba de água fria	0,0447	38,46081	-	-
Transporte	por gravidade	-	-	-	-
Filtração	Bomba água quente	0,0168	14,45507	-	-
Filtração	Corte da torta do bagaço	0,0224	19,27342	-	-
Transporte	Bomba de xarope	-	-	0,1902	163,652
Fervura	Agitador	1,1969	1029,838	1,1969	1029,838
Transferência	Bomba para <i>Whirlpool</i>	0,0895	77,00765	0,0895	77,00765
Transferência	Bomba de mosto	0,5817	500,5067	0,5817	500,5067
Total		4,98	4284,895	2,15	1849,905

4.8.2. Consumo de energia térmica

A partir dos resultados de calor sensível e calor latente requeridos na produção de mosto de malte, do Quadro 22, calculou-se os valores de calor sensível e calor latente para a produção de mosto de extrato de malte em xarope, mostrados no Quadro 23.

Quadro 22: Calor sensível e calor latente requeridos na produção de mosto de malte.

Operação	Massa (kg)	Calor específico (kcal/kg °C)	Δ T (°C)	H _{lv} (kcal/kg a 100 °C)	Q (kcal)	Participação (%)
Aquecimento de água para mosturação	540	1,0	20 (44 – 24)	-	1080*	1,1
Mosturação	693	0,9	54,5 (80 – 25,5)	-	33992	35,1
Aquecimento de água para filtração	450	1,0	56 (80 – 24)	-	25200	26,0
Aquecimento do mosto antes da fervura	950	0,9	27 (97 – 70)	-	23085	23,8
Fervura	25	-	-	538,9	13473**	13,9
Total					96830	100,0

* equação 7;

** calor latente

Quanto maior o número de fabricações durante a semana, menor será a influência do aquecimento de água da primeira fabricação, na participação total do consumo de energia térmica.

Com o uso de extrato de malte, a redução de consumo de energia térmica, durante a fabricação de mosto, foi de 52,6 %, conforme mostram os Quadros 22 e 23, enquanto que a redução energética total foi de 52,8 %, equivalente a 53355 kcal, como pode ser observado no Quadro 24.

Quadro 23: Calor sensível e calor latente requeridos na produção de mosto de extrato de malte.

Operação	Massa (kg)	Calor específico (kcal/kg °C)	ΔT (°C)	H_{lv} (kcal/kg a 100 °C)	Quantidade de calor (kcal)	Participação (%)
Aquecimento do tanque de xarope	144*	0,6	36 (60 – 24)	-	3110	6,8
Aquecimento do xarope	144	0,6	20 (80 – 60)	-	1728	3,8
Aquecimento da água	806	1,0	56 (80 – 24)	-	4514 **	9,8
Aquecimento do mosto antes da fervura	950	0,9	27 (97 – 70)	-	23085	50,3
Fervura	25	-	-	538,9	13473 ***	29,3
Total					45910	100,0

* tanque de xarope com aquecimento;

** equação 7; *** calor latente

O Quadro 24 mostra que a participação da energia elétrica representa menos de 5 % no consumo total de energia, independentemente da matéria prima utilizada para a produção do mosto cervejeiro. Esse fato torna-se relevante em épocas de contenção de consumo de energia elétrica, como acontece atualmente no Brasil. O fato do índice de consumo de energia

elétrico ser baixo, quando comparado ao térmico, pode orientar os projetistas de tanques aquecidos para microcervejarias, com relação ao tipo de aquecimento a ser empregado.

Quadro 24: Balanço final do consumo energético para a produção de mosto de malte e de extrato

	Malte (kcal)	Participação (%)	Extrato de malte (kcal)	Participação (%)
Energia elétrica	4285	4,2	1850	3,9
Energia térmica	96830	95,8	45910	96,1
Total	101115	100,0	47760	100,0

O uso do extrato de malte dispensa o uso da tina de mosturação e da tina de filtração, que fazem uso de calor sensível, em contrapartida, há a necessidade de se introduzir um tanque aquecido para armazenamento do extrato de malte.

Em consequência da utilização do extrato de malte para produção de mosto cervejeiro, há menor consumo de combustível fóssil e de produtos químicos usados no tratamento de água na caldeira. Elimina-se a geração do resíduo de malte, quando se faz uso de extratos de malte, favorecendo sua introdução principalmente em microcervejarias localizadas em centros urbanos.

4.9. Tempos das operações

Com o uso do extrato de malte, o tempo de um ciclo de mosturação seria reduzido em 46,4 % ou em 2,67 horas (160,2 minutos), como pode ser observado no Quadro 25.

Quadro 25: Tempos das operações para um ciclo de produção de mosto de malte e de extrato.

Operação	Malte		Extrato de malte	
	Tempo (h)	%	Tempo (h)	%
Moagem	0,33	5,7	-	-
Mosturação	1,53	26,5	-	-
Transferência para tina de filtração	0,13	2,3	-	-
Filtração do mosto	1,00	17,4	-	-
Aquecimento do mosto antes da fervura	0,5*	8,7	0,83*	26,9
Fervura	1,17	20,3	1,16	37,5
Transferência e repouso no <i>whirlpool</i>	0,58	10,1	0,58	18,8
Transferência p/ fermentador	0,52	9,0	0,52	16,8
Total	5,76	100,0	3,09	100,0

* Parte do aquecimento do mosto de malte antes da fervura ocorre simultaneamente à filtração do mosto secundário. Em função disso, foi adicionado 0,33 h (20 minutos) para o cálculo no mosto de extrato de malte em xarope.

4.10. Preço das matérias primas

O preço do extrato de xarope e de pó são maiores que o preço corrigido do extrato do malte, conforme o Quadro 26. Isso não implica dizer que os custos de produção de uma cerveja feita com extrato de malte em xarope ou até mesmo em pó, sejam mais elevados. Deve-se realizar um estudo econômico do custo de produção de cerveja para cada tipo de matéria prima, levando-se em conta seus custos diretos e indiretos.

Observa-se no Quadro 27, que quanto menor a escala de produção de mosto, maiores foram as perdas, e conseqüentemente mais caro o preço do extrato do malte, mas isso não pode ser generalizado como uma regra.

Quadro 26: Preços das principais matérias primas utilizadas na fabricação das cervejas.

Matéria prima	Preço do produto (R\$ / kg)	Extrato (°Brix)	Preço extrato (R\$ / kg)
Malte	0,85	85	1,00
Pó	3,89	99	3,93
Xarope	1,95	79	2,47

Segundo Paik et al (1991), os extratos de malte são caros devido às matérias primas usadas, produção, embalagem e transporte. Levando-se em conta o fato de que as cervejarias norte-americanas são normalmente feitas com adjuntos, algumas variações de extratos de malte misturados a adjuntos líquidos tem sido fabricadas.

Quadro 27: Preço corrigido do extrato, em função da eficiência de mosturação do malte.

Malte	Preço extrato (R\$ / kg)	Rendimento da mosturação (%)	Eficiência da mosturação (%)	Preço corrigido do extrato (R\$ / kg)
Indústria	1,00	78 *	92	1,09
Microcervejaria	1,00	71,5 *	84	1,19
Laboratório	1,00	55	65 **	1,54

* Fonte: Tschope (2001); ** Média dos dados obtidos na planta piloto do Laboratório de Bebidas

5. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais em que foi conduzido esse trabalho, pode-se tirar as seguintes conclusões:

Os extratos de malte nas formas de pó e de xarope apresentam perfis de carboidratos semelhantes ao mosto de malte, atestando sua qualidade como matéria prima cervejeira; porém, os resultados indicam que essas matérias primas apresentam agente inibidor do processo fermentativo. Em relação ao malte, os extratos em pó e em xarope alteram algumas características físicas e químicas do mosto cervejeiro; a coloração, acidez e atenuação limite são maiores, enquanto que a turbidez, pH e a fermentabilidade são menores.

A presença do adjunto na formulação, aumenta a fermentabilidade de ambos os extratos de malte, o que indica redução da influência do agente inibidor de fermentação

nesses mostos. O uso do adjunto acarretou diminuição da cor e da acidez dos mostos, em todos os tratamentos.

Da mesma forma que nos mostos, as cervejas fabricadas com extrato de malte em pó e em xarope apresentam menor fermentabilidade em relação àquela fabricada com malte. As cervejas produzidas com extratos de malte apresentam maior intensidade de cor e são classificadas como *escuras* pela legislação brasileira. O uso do extrato em pó e em xarope não altera o pH e a acidez total das cervejas, em relação a cerveja produzida com malte. A cerveja fabricada com extrato em xarope apresenta maior estabilidade de espuma.

A utilização do adjunto melhorou a fermentabilidade da cerveja fabricada com extrato em xarope, mas não alterou a fermentabilidade das cervejas produzidas com o extrato em pó e da cerveja fabricada com malte. O adjunto não interfere na intensidade de cor da cerveja fabricada com malte, porém, diminui a coloração das cervejas fabricadas com extrato em pó e em xarope, que são classificadas como *claras* pela legislação brasileira. O pH é menor para todas as cervejas fabricadas com adjunto.

Todas as cervejas fabricadas apresentaram a mesma aceitabilidade; porém, com diferenças sensoriais próprias, de cor, de sabor e de corpo, intrínsecas às matérias primas de origem.

Nenhum dos tratamentos afeta a viabilidade celular.

A utilização do extrato de malte na forma de xarope, na produção de mosto cervejeiro, reduziu em 56,9 % o consumo de energia elétrica e 52,6 % o consumo de energia térmica, perfazendo uma redução energética total de 52,8 %, quando comparado ao processo que utilizou o malte. Tanto para a produção do mosto de malte quanto para o de extrato de malte, a energia térmica representa mais de 95 % do consumo energético total. O percentual de

participação da energia elétrica cai de 4,2 para 3,9 % quando se substitui o malte pelo extrato de malte na produção de mosto cervejeiro. Quando se usa o extrato de malte como matéria prima, obtém-se um ganho de produtividade na produção do mosto cervejeiro.

Extratos de malte na forma de pó e xarope oferecem às microcervejarias a possibilidade de produção de diferentes tipos de cervejas; podendo ser usados como matéria prima principal ou associados ao malte. O uso de extrato de malte dispensa alguns equipamentos do processo de fabricação de mosto cervejeiro, possibilitando a redução de custos durante a implantação da microcervejaria.

Os resultados das análises química e sensorial evidenciam a possibilidade do uso desses extratos, na fabricação de cerveja em microcervejarias, podendo também serem utilizados em cervejarias industriais de grande porte.

O uso de extrato de malte na forma de xarope e pó abre um novo nicho de mercado para as indústrias fabricantes, aumentando o leque de aplicações dessa matéria prima, o que poderia contribuir para o seu barateamento, em função do aumento da demanda.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

AHVENAINEN, J., KUHANEN, J. Method for the fermentation of beer. United-States-Patent, 1993. In: *FSTA CD-ROM*. (Abstract 94-04-H0210).

AMERICAN BREWMASTER. Do micro-brewers & pub brewers know something about beer that we don't - you bet!. Disponível em: <<http://www.americanbrewmaster.com/genm.htm>>. Acesso em: 25 maio 1999.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. *Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists*. Madison, 1958. 209p.

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Normas para a elaboração de dissertações e teses. Botucatu, 1997. 35p.

- ANDERSON, J. Malt – the essential flavour. *Confectionery production* v. 61, n. 3, p. 216-8, 1995.
- BERNSTEIN, L., WILLOX, I.C. Água. In: BRODERICK, H.M. (Dir.). *El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera*. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 2, p. 18-28.
- BOBBIO, P.A., BOBBIO, F.O. *Química do processamento de alimentos*. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 151p.
- BRADDEE, L.H. Adjuntos. In: BRODERICK, H.M. (Dir.). *El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera*. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 4, p. 53-82.
- BRASIL. Decreto n. 2.314, de 04 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Boletim IOB*, n.38, p.11-30, 1997.
- CECCHI, H. M. *Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos*. Campinas: Ed. Unicamp, 1999. 212p.
- COMPTON, J. Beer quality and taste methodology. In: BRODERICK, H.M. (Ed.). *The practical brewer: a manual for the brewing industry*. 2.ed. Madison: Impressions, 1978. cap. 15, p. 288-308.
- COPERSUCAR. *Fermentação*. São Paulo, 1987. 434p.
- CORN PRODUCTS BRASIL. Xarope desidratado de alta maltose Mor-Rex[®] 1557. São Paulo, 2001. 1p.
- DE CLERCK, J. *A textbook of brewing*. London: Chapman & Hall, 1957. v.1, 587p.
- DE CLERK, J. *A textbook of brewing*. London: Chapman & Hall, 1958. v.2, 650 p.
- EARLE, R.L. *Ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1968. p.268-9.

- EUROPEAN BREWERY CONVENTION. *Analytica – EBC*. 4.ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 1987. 271p.
- EVANGELISTA, J. *Tecnologia de Alimentos*. São Paulo: Atheneu, 1998. 652p.
- GRANT, H.L. Lúpulo. In: BRODERICK, H.M. (Dir.) *El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera*. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 8, p. 164-88.
- HARDWICK, W.A. *Handbook of brewing*. New York: Marcel Dekker, 1995. 714p.
- HEGAZY, N.A. Effect of malt syrup in layers cakes. *Egyptian J. Food Sci.*, v.23, n.1-2, p.89-97, 1996. In: *CAB Abstr. CD-ROM*, v.5, 1996/7. (Abstract 970308670).
- HICKENBOTTOM, J.W. Processing, types, and uses of barley malt extracts and syrups. *Cereal Foods World*, v.41, n.10, p.788-90, 1996.
- HOUGH, J. S. *The biotechnology of malting and brewing*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 159 p.
- HOUGH, J. S. *The biotechnology of malting and brewing*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 168p.
- HOUGH, J. S., BRIGGS, D.E., STEVENS, R. *Malting and brewing science*. London: Chapman & Hall, 1971. 678p.
- HUBER, H. Baking additives, baking mixtures, convenience products. *Brot- & Backwaren*, v.41, n.5, p.24-8, 1993. In: *FSTA CD-ROM*. (Abstract 94-06-M0119).
- JARDIM, L. Na guerra global. *Veja*, v. 1605, n.27, p. 128-32, 1999.
- KEARSLEY, M.W., DZIEDZIC, S.Z. *Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 275p.

- KNUNDTSEN, F.B. Fermentación: principios y practica. In: BRODERICK, H.M. (Dir.) *El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera*. 2.ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 10, p. 203–29.
- LEWIS, M.J., YOUNG, T.W. *Brewing*. London: Chapman & Hall, 1995. 260p.
- LIMONI FILHO, G. *Avaliação energética da substituição do arroz partido por xarope de maltose em cervejaria*. Botucatu, 1998. 233p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- MEILGAARD, M. Wort Composition. In: BRODERICK, H.M. (Ed.). *The practical brewer: a manual for the brewing industry*. 2.ed. Madison: Impressions, 1978. cap. 6, p. 99 – 116.
- MORAES, M.A.C. *Métodos para avaliação sensorial dos alimentos*. 8.ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 1993. 93p.
- NEWTON R., AULT, R. G. Brewing hygiene and biological stability of beers. In: FINDLAY, W.P.K. (Ed). *Modern Brewing Technology*. London: Macmillan, 1971. cap. 8, p. 198-218.
- NOVARTIS. Product Specification. São Paulo, 2001. 1p. (cod.: 520039/520055)
- NOVARTIS. Especificação técnica. São Paulo, 1999. 1p. (cod.: 510009/510017)
- PAIK, J., LOW, N.H., INGLEDEW, W.M. Malt extract: relationship of chemical composition to fermentability. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. v.49, n.1, p.8-13, 1991.
- POLLOCK, J.R.A. *Brewing Science*. London: Academic Press. v.1, 1979. 604p.
- POLLOCK, J.R.A. *Brewing Science*. London: Academic Press. v.2, 1981. 666p.
- RAINBOW, C. Brewer's yeasts. In: ROSE, A. H., HARRISON, J. S. (Ed.). *The yeasts*. London: Academic Press, v.3, 1970. cap. 4, p. 147 – 224.
- RAZUK, P. C. *A termodinâmica e a transmissão de calor aplicadas à agroindústria canavieira*. Botucatu:FCA - UNESP, 1990. 234p.

- REINOLD, M. R. *O processo de elaboração do mosto*. São Paulo: Aden, 1995. 47p.
- REINOLD, M.R. *Manual prático de cervejaria*. São Paulo: Aden, 1997. 214p.
- REINOLD, M. R. Como otimizar o uso das matérias-primas na fabricação de cerveja. *Engarrafador Moderno*, n.64, p.48-50, 1999.
- RHEE, S.K., KIM, K.C. Lactic acid fermentation of barley malt syrup by Lactobacillus acidophilus. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, v.31, n.3, p.255-60, 1988. In: *AGRIS CD*, 1989/1990. (Abstract 89-080108).
- RISTOW, J. *Dados estatísticos sobre cerveja*. [Comunicação pessoal]. Mensagem recebida por <btarquit@bot.zaz.com.br> em 8 junho 1999.
- RUSSEL, I. Yeast. In: HARDWICK, W.A. (Ed.). *Handbook of Brewing*. New York: Marcel Dekker, 1995. Cap. 10, p. 169-202.
- SABESP. Laudo de análises físico-químicas e bacteriológicas. Botucatu, 2001. 1p.
- SALMANOVA, L.S., TERESHINA, E.V., POLYAKOVA, L.F. Syrups as substitute for sugar and malt in brewing. *Pishchevaya-Promyshlennost' USSR*, n. 5, 55-7, 1989. In: *FSTA CD-ROM*. (Abstract 90-08-H0020).
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERVEJAS. Mercado brasileiro de cervejas por região. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 7 junho 1999a.
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERVEJAS. O peso das importadas. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 7 junho 1999b.
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERVEJAS. Sindicerv propõe novo modelo tributário para o setor. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 7 junho 1999c.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERVEJAS. Disponível em:

<<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 7 junho 2001.

STEWART, G. G. Adjunts. In: HARDWICK, W.A. (Ed.). *Handbook of Brewing*. New York:

Marcel Dekker, 1995.. cap.7, p. 121-32.

SUIHKO, M.L., VILPOLA, A., LINKO, M. Pitching rate in high gravity brewing. *J. Inst.*

Brewing, v.99, n. 4, p.341-6, 1993. In: *FSTA CD-ROM*. (Abstract 93-10-H0024).

SVOZILEK, I. Method of brewing using malt concentrate, hops extract, and the respective

equipment. *Czech-Patent*, 1996. In: *FSTA CD-ROM*. (Abstract 97-09-H0233).

THORBURN, W.C. Malt extracts: a fresh approach. *European-Food-&-Drink-Review*; Autumn,

115, 17-8, 1991. In: *FSTA CD-ROM*. (Abstract 92-06-T0006).

TSCHOPE, E.C. *Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia*. São Paulo:

Aden, 2001. 223p.

VANNUCHI, C., SILVA, C., ALVES FILHO, F. Desce mais um!!!. *Isto é*, n. 1634, p. 72-9,

2001.

VENTURINI FILHO, W. G. *Fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de*

cerveja. Botucatu, 1993. 233p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) –
Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

VENTURINI FILHO, W. G. *Tecnologia de cerveja*. Jaboticabal: Funep, 2000. 83 p.

YAMAMOTO, U. *Estudos de física*. São Paulo: Moderna, 1977. 260p.

YU, T.J., RHI, J.W. Studies on preparation of lactic acid fermented beverage from a malt syrup.

Korean J. Food Sci. Technol., v. 14, n.1, p. 57-62, 1982. In: *AGRIS CD*, 1981/1985. (Abstract
83-935188).

APÊNDICE

Experimento _____ Data ____/____/____

- Moer **4,0 kg de malte cervejeiro**. Massa malte _____ kg
- Misturar o malte moído em **16,0 kg de água filtrada** e mosturar Massa água _____ kg
- Como o agitador sempre ligado, programar a temperatura conforme os valores em destaque na tabela abaixo, controlando manualmente a resistência.

Time	T°C Ideal	T°C Real	Time	T°C Ideal	T°C Real	Time	T°C Ideal	T°C Real	Time	T°C Ideal	T°C Real	Time	T°C Ideal	T°C Real	Time	T°C Ideal	T°C Real
0	34		17	40		34	44		51	61		68	70		85	70	
1	40		18	40		35	45		52	62		69	70		86	70	
2	36		19	40		36	46		53	63		70	70		87	70	
3	40		20	40		37	47		54	66		71	70		88	70	
4	40		21	40		38	48		55	65		72	70		89	70	
5	40		22	40		39	49		56	66		73	70		90	80	
6	40		23	40		40	50		57	67		74	70		91	71	
7	40		24	40		41	51		58	68		75	70		92	72	
8	40		25	40		42	52		59	69		76	70		93	73	
9	40		26	40		43	53		60	70		77	70		94	74	
10	40		27	40		44	54		61	70		78	70		95	75	
11	40		28	40		45	63		62	70		79	70		96	76	
12	40		29	40		46	56		63	70		80	70		97	77	
13	40		30	40		47	57		64	70		81	70		98	78	
14	40		31	55		48	58		65	70		82	70		99	79	
15	40		32	42		49	59		66	70		83	70		100	80	
16	40		33	43		50	60		67	70		84	70		<i>teste do iodo</i>		

- Lavar a tina de mosturaÇão com aproximadamente **7,0 kg de água** e filtrar o mosto primário.
 - Ao final da filtraÇão, lavar a torta de filtro com **9,0 kg de água a 80°C**.
 - Terminada a lavagem, medir:

massa de mosto secundário (kg)		massa de bagaÇo (kg)	
teor extrato mosto secundário (°Brix)		extrato da torta lavada (°Brix)	
massa extrato mosto secundário (kg)			
- Ferver por **90 - 120 minutos**. Adicionar **lúpulo** em *pellets* da seguinte forma:

4 g = 15 minutos 8 g = 30 minutos 4 g = 45 minutos
- No mosto lupado, medir:

massa de mosto (kg)		massa extrato mosto (kg)	
teor extrato mosto (°Brix)			
- Utilizar o whirlpool, por 5 minutos com a bomba ligada e aguardar por mais 60 minutos.
 - Proceder a correÇão do teor de extrato para 12,0°Brix e em seguida medir:

massa de mosto (kg)		massa de <i>trub</i> (kg)	
teor extrato mosto (°Brix)		extrato no <i>trub</i> (°Brix)	
massa extrato mosto (kg)		massa extrato no <i>trub</i>	
- Reprogramar a temperatura do fermentador para **10°C** para recebimento da levedura.
- Inocular o mosto com **levedura cervejeira** centrifugada na proporÇão de **1,0% m/m**
- Dar início ao teste de atenuaÇão final (fermentaÇão rápida).
- Medir:

AtenuaÇão Limite <AL> (°Brix)		Início MaturaÇão <AL + 1°Brix>	
-------------------------------	--	--------------------------------	--
- Engarrafar e levar ao *freezer* **0°C**, para que ocorra a maturaÇão
- A maturaÇão transcorrerá por 14 dias.
- No 15º dia proceder as análises.

Figura 14: Roteiro prático para produção de cerveja em planta piloto

Quadro 28: Características físico-químicas do extrato de malte em pó e em xarope.

Características físico-químicas	Pó *	Xarope **
Proteínas	3.00 – 6.00 %	2,30 a 5,00%
Lipídios	Máx. 1,50%	Máx. 1,00%
Cinzas	Máx. 2,00%	Máx. 2,50%
Carboidratos totais	Mín. 88.00 %	Mín. 72,00%
Açúcares redutores como maltose	Mín. 60,00%	Mín. 50,00%

* Fonte: Novartis (2001); ** Fonte: Novartis (1999).

Quadro 29: Características microbiológicas do extrato de malte em pó e em xarope.

UFC.G ⁻¹	Pó *	Xarope **
Contagem total de Mesófilos	-	< 10.000
Mofos/Leveduras	< 100	< 100
Coliformes Totais	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i>	Negativo	Negativo
Salmonella	Negativo (UFC.25 G ¹)	Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i>	Negativo	-
Clostridium sulfito redutor	20	-
<i>Bacillus cereus</i>	1000	-

* Fonte: Novartis (2001); ** Fonte: Novartis (1999).

Quadro 30: Concentração de açúcares do adjunto, segundo o fabricante*.

Açúcares	Mínimo (% base seca)	Máximo (% base seca)
Glicose	-	12
Maltose	42	-
Maltotriose	10	-
Dextrinas (outros)	23	28

Fonte: * Corn Products Brasil (2001).

*Quadro 31: Características da água **

Parâmetro	Resultado
Dureza total	43 mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade total	19 mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade bicarbonato	19 mg CaCO ₃ /L
pH	7,70
Cor aparente	5,0 UC
Turbidez	0,50 NTU
Condutividade específica	74,0 mS/cm
Ferro total	< 0,02 mg/L
Nitratos	0,01 mg N/L
Sulfatos	11,48 mg SO ₄ /L
Fluoretos	0,74 mg/L
Cloretos	1,5 mg/L
Alumínio	0,03 mg/L
Manganês	< 0,05 mg/L
Coliformes totais	< 1 NMP/100 ml
Coliformes fecais	< 1 NMP/100 ml

* *Fonte:* Sabesp (2001).

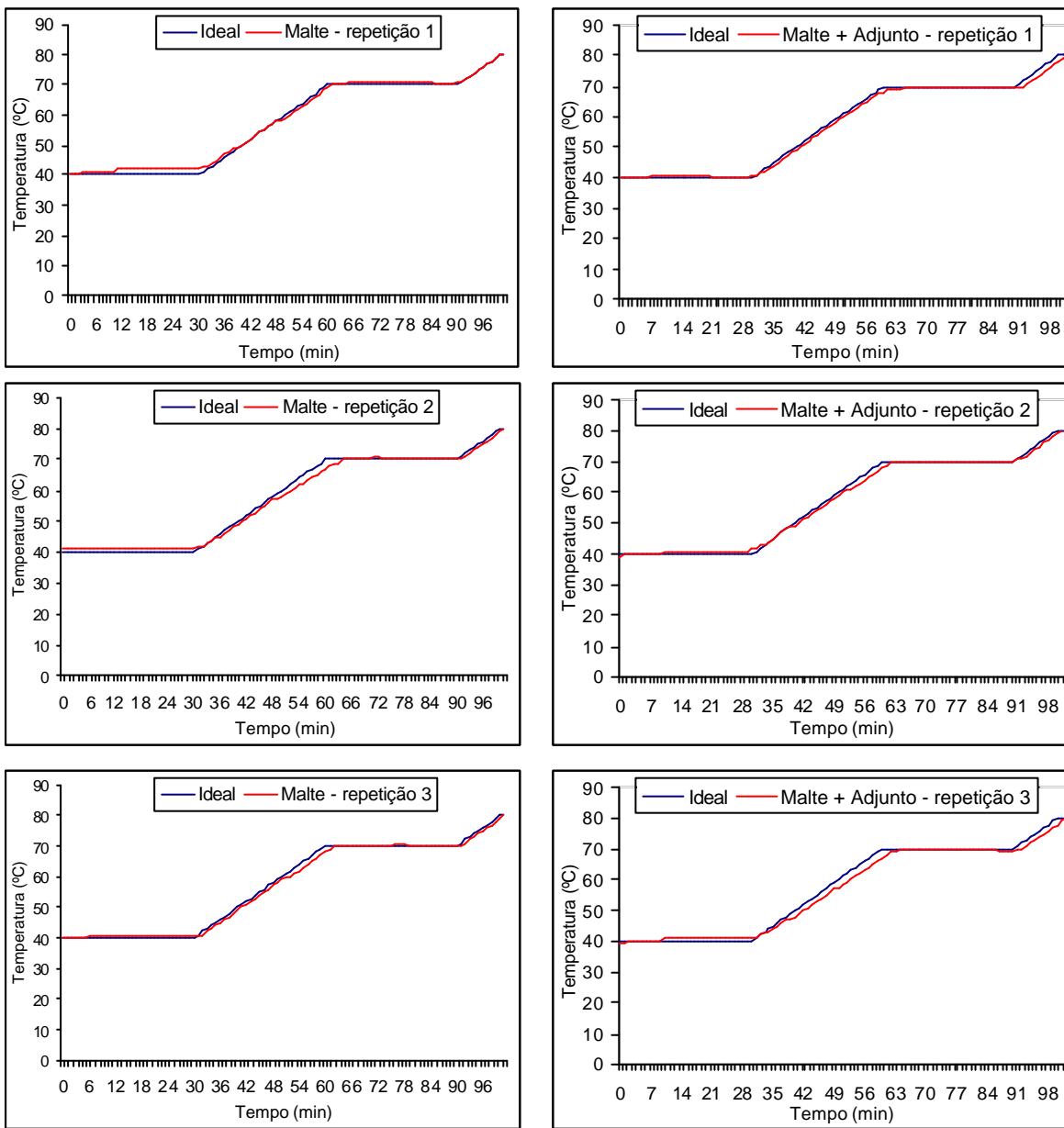


Figura 15: Mosturação dos mostos de malte sem adjunto e malte com adjunto.

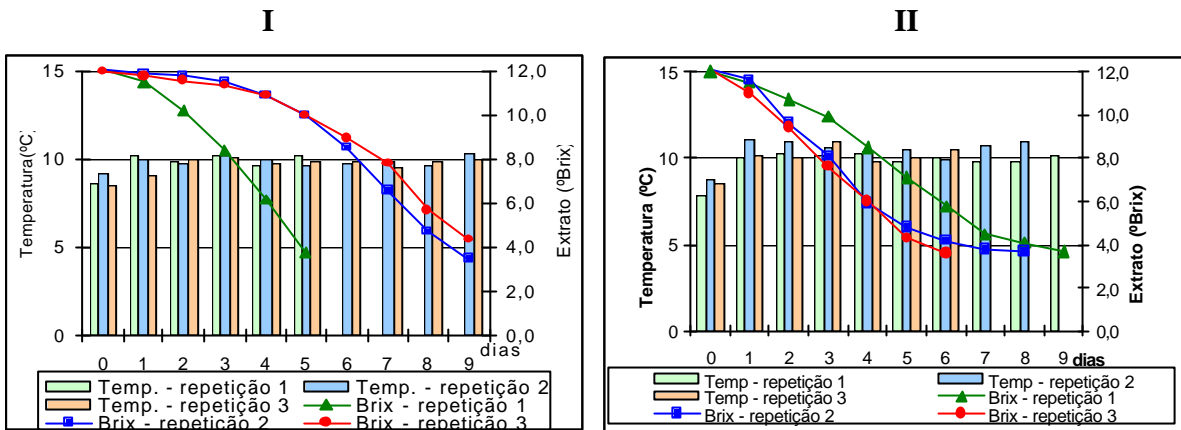


Figura 16: Fermentação dos mostos de malte sem adjunto (I) e com adjunto (II).

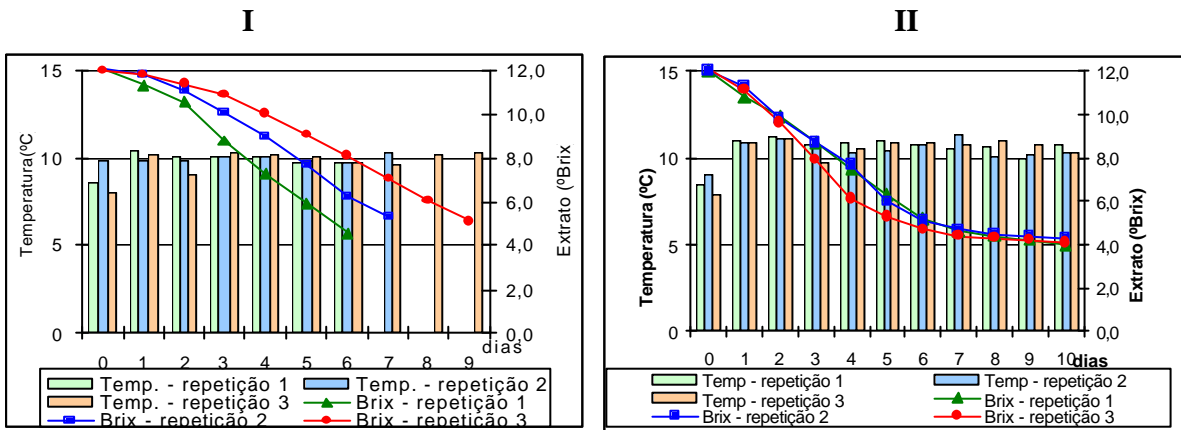


Figura 17: Fermentação dos mostos de extrato de malte em pó sem adjunto (I) e com adjunto (II).

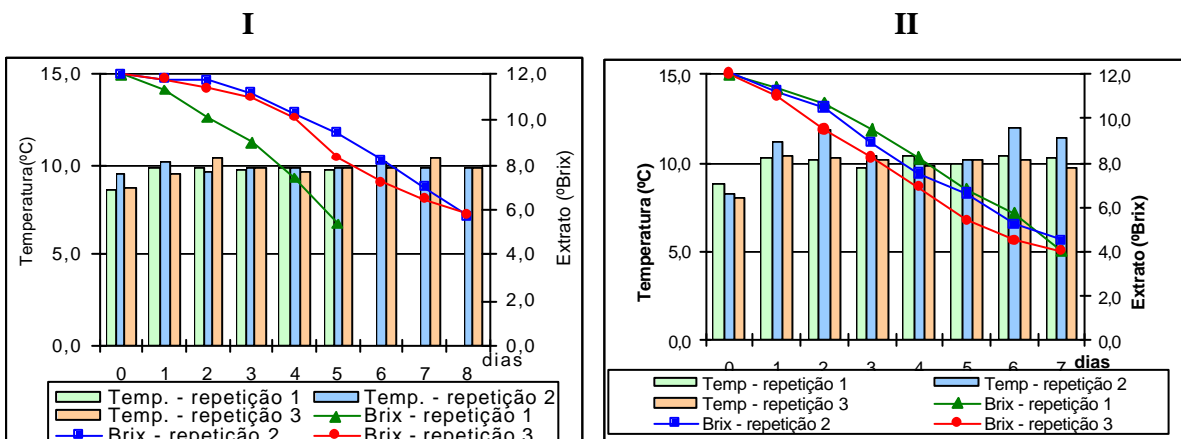


Figura 18: Fermentação dos mostos de extrato de malte em xarope sem adjunto (I) e com adjunto (II).

Quadro 32: Análise física e química dos mostos produzidos com malte.

Análise	Malte	Malte	Malte	Média	Desvio	CV
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,0	12,1	0,06	0,48
AR (% m/v)	5,66	5,84	5,84	5,78	0,10	1,78
ART (% m/v)	10,89	10,30	8,29	9,83	1,36	13,86
Atenuação limite (°Brix)	3,1	2,9	3,2	3,1	0,15	4,98
Fermentabilidade (%)	74,38	76,03	73,33	74,57	1,36	1,83
pH	5,64	5,61	5,55	5,60	0,04	0,78
Acidez total (% m/v)	0,18	0,18	0,16	0,17	0,01	7,84
Cor (EBC)	21,0	20,6	18,5	20,0	1,34	6,70
Turbidez (NTU)	20	19	17	19	1,53	8,18
Amargor (UA)	19	17	17	18	1,15	6,54

Quadro 33: Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte em pó.

Análise	Pó	Pó	Pó	Média	Desvio	CV
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,1	12,1	0,00	0,00
AR (% m/v)	5,86	5,76	5,29	5,64	0,30	5,40
ART (% m/v)	10,57	10,10	9,40	10,02	0,59	5,89
Atenuação limite (°Brix)	3,9	4,8	4,3	4,3	0,45	10,41
Fermentabilidade (%)	67,77	60,33	64,46	64,20	3,73	5,81
pH	5,36	5,33	5,39	5,36	0,03	0,61
Acidez total (% m/v)	0,27	0,27	0,25	0,26	0,01	3,90
Cor (EBC)	44,4	45,0	42,6	44,0	1,25	2,83
Turbidez (NTU)	8	8	8	8	0,21	2,66
Amargor (UA)	20	20	23	21	1,82	8,66

Quadro 34: Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte na forma de xarope.

Análise	Xarope	Xarope	Xarope	Média	Desvio	CV
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Extrato (°Brix)	12,1	11,8	12,0	12,0	0,15	1,28
AR (% m/v)	5,59	5,60	5,74	5,64	0,08	1,44
ART (% m/v)	10,72	9,43	8,93	9,69	0,92	9,54
Atenuação limite (°Brix)	4,4	4,7	4,8	4,6	0,21	4,49
Fermentabilidade (%)	63,64	60,17	60,00	61,27	2,05	3,35
pH	5,22	5,14	5,21	5,19	0,04	0,79
Acidez total (% m/v)	0,22	0,25	0,24	0,24	0,01	5,86
Cor (EBC)	43	44	43	43,3	0,65	1,50
Turbidez (NTU)	1	0,9	0,8	0,9	0,08	8,39
Amargor (UA)	22	21	25	23	2,07	9,14

Quadro 35: Análise física e química dos mostos produzidos com malte e adjunto.

Análise	Malte +	Malte +	Malte +	Média	Desvio	CV		
	adjunto	adjunto	adjunto				Padrão	(%)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3					
Extrato (°Brix)	12,0	12,1	12,1	12,1	0,06	0,48		
AR (% m/v)	5,58	5,92	6,06	5,85	0,25	4,25		
ART (% m/v)	11,18	12,12	11,70	11,67	0,47	4,04		
Atenuação limite (°Brix)	2,6	2,7	2,8	2,7	0,10	3,70		
Fermentabilidade (%)	78,33	77,69	76,86	77,63	0,74	0,95		
pH	5,49	5,49	5,46	5,48	0,02	0,32		
Acidez total (% m/v)	0,10	0,10	0,09	0,10	0,01	9,79		
Cor (EBC)	10	12	14	12,0	2,28	19,01		
Turbidez (NTU)	15	15	5	12	5,51	46,66		
Amargor (UA)	18	16	19	18	1,18	6,71		

Quadro 36: Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte em pó e adjunto.

Análise	Pó + adjunto Rep. 1	Pó + adjunto Rep. 2	Pó + adjunto Rep. 3	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Extrato (°Brix)	11,4	12,0	12,1	11,8	0,38	3,20
AR (% m/v)	5,33	5,67	6,03	5,68	0,35	6,16
ART (% m/v)	10,75	11,20	11,08	11,01	0,23	2,12
Atenuação limite (°Brix)	2,9	3,0	2,9	2,9	0,06	1,97
Fermentabilidade (%)	74,56	75,00	76,03	75,20	0,76	1,00
pH	5,29	5,07	5,25	5,20	0,12	2,23
Acidez total (% m/v)	0,11	0,10	0,10	0,10	0,01	4,98
Cor (EBC)	28	30	29	29,0	1,00	3,45
Turbidez (NTU)	20	19	20	20	0,58	2,94
Amargor (UA)	24	26	24	25	1,15	4,68

Quadro 37: Análise física e química dos mostos produzidos com extrato de malte na forma de xarope e adjunto.

Análise	Xarope + adjunto Rep. 1	Xarope + adjunto Rep. 2	Xarope + adjunto Rep. 3	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Extrato (°Brix)	12,1	12,1	12,0	12,1	0,06	0,48
AR (% m/v)	5,92	5,72	5,98	5,87	0,14	2,31
ART (% m/v)	11,30	11,30	12,08	11,56	0,45	3,92
Atenuação limite (°Brix)	3,3	3,4	3,1	3,3	0,15	4,68
Fermentabilidade (%)	72,73	71,90	74,17	72,93	1,15	1,57
pH	5,13	5,05	5,14	5,11	0,05	0,97
Acidez total (% m/v)	0,15	0,14	0,15	0,15	0,01	6,14
Cor (EBC)	21	25	27	24,3	3,06	12,56
Turbidez (NTU)	2	2	4	3	0,87	34,64
Amargor (UA)	24	27	13	21	7,37	34,55

Quadro 38: Temperaturas de Fermentação.

	Malte	Pó	Xarope	Malte + Adjunto	Pó + Adjunto	Xarope + Adjunto
Repetição 1	10,0	10,1	9,8	10,0	10,7	10,2
Repetição 2	10,0	10,0	9,9	10,6	10,6	11,0
Repetição 3	9,8	10,0	9,9	10,3	10,7	10,1
Média	9,9	10,0	9,8	10,3	10,7	10,4
Desvio padrão	0,12	0,04	0,08	0,31	0,06	0,50
CV (%)	1,16	0,37	0,79	0,03	0,01	0,05

Quadro 39: Análise física e química das cervejas produzidas com malte.

Análise	Malte	Malte	Malte	Média	Desvio Padrão	CV (%)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Extrato aparente (°Brix)	3,0	2,7	3,3	3,0	0,30	10,00
Extrato real (°Brix)	4,7	4,4	4,5	4,5	0,15	3,37
Álcool (°GL)	4,7	4,6	4,4	4,6	0,17	3,79
AR (% m/v)	0,79	0,76	0,78	0,78	0,01	1,55
ART (% m/v)	3,36	3,47	3,12	3,32	0,18	5,45
Dextrina (% m/v)	2,57	2,71	2,34	2,54	0,19	7,34
Fermentabilidade ap. (%)	75,00	77,69	72,50	75,07	2,59	3,46
Fermentabilidade real (%)	61,57	63,64	62,50	62,57	1,04	1,65
pH	4,57	4,59	4,46	4,54	0,07	1,58
Acidez total (% m/v)	0,18	0,18	0,21	0,19	0,02	11,05
Cor (EBC)	10,0	11,6	10,7	10,8	0,80	7,45
Turbidez (NTU)	8	9	7	8	1,00	12,50
Amargor (UA)	13	12	14	13,0	1,29	9,82
Espuma (s)	103	94	111	102	8,50	8,28
CO ₂ (v/v)*	3,2	3,2	3,9	3,4	0,40	11,77

* volume de CO₂/volume de cerveja.

Quadro 40: Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte em pó.

Análise	Pó	Pó	Pó	Média	Desvio	CV
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Extrato aparente (°Brix)	4,1	4,1	4,4	4,2	0,17	4,12
Extrato real (°Brix)	5,5	5,5	5,6	5,5	0,03	0,52
Álcool (°GL)	4,4	4,1	3,8	4,1	0,30	7,37
AR (% m/v)	1,05	1,06	1,12	1,08	0,04	3,52
ART (% m/v)	3,38	3,92	3,70	3,67	0,27	7,41
Dextrina (% m/v)	2,33	2,86	2,58	2,59	0,27	10,24
Fermentabilidade ap. (%)	66,53	66,12	63,64	65,43	1,56	2,39
Fermentabilidade real (%)	54,55	54,55	54,13	54,41	0,24	0,44
pH	4,65	4,72	4,67	4,68	0,03	0,73
Acidez total (% m/v)	0,22	0,20	0,24	0,22	0,02	9,21
Cor (EBC)	25	31	39	31,7	7,02	22,18
Turbidez (NTU)	5	10	16	10	5,76	57,43
Amargor (UA)	16	17	19	17,3	1,61	9,36
Espuma (s)	81	90	79	83	5,70	6,82
CO ₂ (v/v)	2,8	3,3	3,3	3,1	0,29	9,21

Quadro 41: Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte na forma de xarope.

Análise	Xarope	Xarope	Xarope	Média	Desvio	CV
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3		Padrão	(%)
Extrato aparente (°Brix)	4,5	4,7	4,9	4,7	0,20	4,26
Extrato real (°Brix)	5,8	6,0	6,1	6,0	0,15	2,56
Álcool (°GL)	3,9	3,8	3,6	3,8	0,19	5,01
AR (% m/v)	1,20	1,29	1,32	1,27	0,06	5,05
ART (% m/v)	4,11	4,82	4,64	4,52	0,37	8,17
Dextrina (% m/v)	2,91	3,53	3,32	3,25	0,31	9,68
Fermentabilidade ap. (%)	62,81	60,17	59,17	60,72	1,88	3,10
Fermentabilidade real (%)	52,07	49,15	49,17	50,13	1,68	3,35
pH	4,72	4,73	4,69	4,71	0,02	0,47
Acidez total (% m/v)	0,23	0,23	0,25	0,24	0,01	3,24
Cor (EBC)	39,4	45,4	39,5	41,4	3,44	8,29
Turbidez (NTU)	1,7	1,8	1,5	1,7	0,15	9,17
Amargor (UA)	17	17	18	17,3	0,58	3,33
Espuma (s)	128	138	132	133	5,03	3,79
CO ₂ (v/v)	3,3	3,7	3,3	3,4	0,24	7,11

Quadro 42: Análise física e química das cervejas produzidas com malte e adjunto.

Análise	Malte + adjunto Rep. 1	Malte + adjunto Rep. 2	Malte + adjunto Rep. 3	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Extrato aparente (°Brix)	3,4	3,6	2,8	3,3	0,42	12,74
Extrato real (°Brix)	4,8	5,2	4,5	4,8	0,35	7,27
Álcool (°GL)	4,4	4,3	4,9	4,51	0,30	6,67
AR (% m/v)	1,29	1,37	0,94	1,20	0,23	18,91
ART (% m/v)	4,04	3,84	3,58	3,82	0,23	6,03
Dextrina (% m/v)	2,75	2,47	2,64	2,62	0,14	5,43
Fermentabilidade ap. (%)	71,67	70,25	76,86	72,92	3,48	4,77
Fermentabilidade real (%)	60,42	57,02	63,22	60,22	3,10	5,15
pH	3,92	3,81	4,05	3,93	0,12	3,06
Acidez total (% m/v)	0,13	0,14	0,15	0,14	0,01	10,30
Cor (EBC)	5	6,6	5,2	5,6	0,88	15,70
Turbidez (NTU)	5	8	6	6	1,33	21,71
Amargor (UA)	12	13,5	10,9	12,1	1,31	10,76
Espuma (s)	134	157	151	147	11,93	8,10
CO ₂ (v/v)	2,4	1,7	3,2	2,4	0,75	30,84

Quadro 43: Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte em pó e adjunto.

Análise	Pó + adjunto Rep. 1	Pó + adjunto Rep. 2	Pó + adjunto Rep. 3	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Extrato aparente (°Brix)	4,0	4,2	4,0	4,1	0,115	2,84
Extrato real (°Brix)	5,3	5,5	5,7	5,5	0,160	2,91
Álcool (°GL)	3,8	4,2	4,3	4,1	0,274	6,71
AR (% m/v)	1,46	1,47	1,45	1,46	0,013	0,90
ART (% m/v)	4,06	4,10	3,61	3,92	0,268	6,84
Dextrina (% m/v)	2,60	2,62	2,17	2,46	0,257	10,45
Fermentabilidade ap. (%)	64,91	65,00	66,94	65,62	1,15	1,75
Fermentabilidade real (%)	53,29	54,58	53,31	53,73	0,74	1,38
pH	4,25	4,30	4,12	4,22	0,09	2,20
Acidez total (% m/v)	0,15	0,17	0,20	0,17	0,02	13,60
Cor (EBC)	13,4	14,0	12,4	13,3	0,81	6,09
Turbidez (NTU)	8	8	7	8	0,46	6,03
Amargor (UA)	16	18	17	17,0	1,00	5,88
Espuma (s)	118	108	140	122	16,37	13,42
CO ₂ (v/v)	1,6	1,6	1,6	1,6	0,03	1,82

Quadro 44: Análise física e química das cervejas produzidas com extrato de malte na forma de xarope e adjunto.

Análise	Xarope + adjunto Rep. 1	Xarope + adjunto Rep. 2	Xarope + adjunto Rep. 3	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Extrato aparente (°Brix)	4,0	3,8	3,5	3,8	0,25	6,68
Extrato real (°Brix)	5,4	5,0	4,9	5,1	0,26	5,19
Álcool (°GL)	4,11	4,32	4,56	4,33	0,23	5,22
AR (% m/v)	1,34	1,26	1,10	1,23	0,12	9,87
ART (% m/v)	3,85	3,88	4,43	4,05	0,33	8,10
Dextrina (% m/v)	2,50	2,62	3,33	2,82	0,45	15,83
Fermentabilidade ap. (%)	66,94	68,60	70,83	68,79	1,95	2,84
Fermentabilidade real (%)	55,37	58,68	59,17	57,74	2,06	3,58
pH	4,19	4,09	4,20	4,16	0,06	1,46
Acidez total (% m/v)	0,15	0,18	0,18	0,17	0,02	9,38
Cor (EBC)	17,6	19,6	19,7	19,0	1,18	6,25
Turbidez (NTU)	2,8	2,8	3,0	2,8	0,10	3,67
Amargor (UA)	16	17	10	14,3	3,79	26,41
Espuma (s)	114	113	129	119	8,96	7,55
CO ₂ (v/v)	3,1	2,9	2,9	3,0	0,12	3,89

Quadro 45: Dias de Fermentação.

	Malte	Pó	Xarope	Malte + Adjunto	Pó + Adjunto	Xarope + Adjunto
Repetição 1	5	6	5	9	10	7,5
Repetição 2	9	7	8	8	10	7,5
Repetição 3	9	9	8	6	10	7
Média	7,7	7,3	7,0	7,7	10,0	7,3
Desvio padrão	2,31	1,53	1,73	1,53	0,00	0,29
CV (%)	30,12	20,83	24,74	0,20	0,00	0,04

APOIO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo



Processo nº 99/08429-7