

Nova formulação de cerveja: efeito da  
concentração de gengibre na atividade fermentativa  
das leveduras

Marta Cordeiro da Fonseca

**Projeto de Final de Curso**

Orientadores

Prof<sup>a</sup> Eliana Flávia Camporese Sérvulo, D.Sc.

Prof<sup>a</sup> Selma Gomes Ferreira Leite, D. Sc.

Fevereiro de 2006

# **NOVA FORMULAÇÃO DE CERVEJA: EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE GENGIBRE NA ATIVIDADE FERMENTATIVA DAS LEVEDURAS**

*Marta Cordeiro da Fonseca*

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química,  
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de engenheiro químico.

Aprovado por:

---

Ana Lúcia Vendramini, D. Sc.

---

Maria José Guimarães, D. Sc.

---

Paula Salles, M. Sc.

Orientado por:

---

Eliana Flávia Camporese Sérvulo, D. Sc.

---

Selma Gomes Ferreira Leite, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Fevereiro de 2006

### **Ficha Catalográfica**

Fonseca, Marta Cordeiro.

Nova formulação de cerveja: efeito da concentração de gengibre na atividade fermentativa das leveduras/ Marta Cordeiro da Fonseca Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2006.

**Aos meus pais, irmão e avó.**

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de engenheiro químico.

## **NOVA FORMULAÇÃO DE CERVEJA: EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE GENGIBRE NA ATIVIDADE FERMENTATIVA DAS LEVEDURAS.**

Marta Cordeiro da Fonseca

Fevereiro, 2006.

Orientadores: Prof<sup>a</sup> Eliana Flávia Camporese Sérvulo, D. Sc.  
Prof<sup>a</sup> Selma Gomes Ferreira Leite, D. Sc.

A cerveja no Brasil, e em muitos outros países, é considerada a bebida alcoólica mais popular. Por definição, esta bebida resulta da fermentação alcoólica de extrato aquoso de malte, previamente hidrolisado, na presença de lúpulo. Uma vez que na fabricação da cerveja é permitida adição de outras matérias-primas, não existe um único tipo desta bebida. Isso estimula a criação de fórmulas que alterem a sua composição final, de forma que sejam lançados novos produtos no mercado. O gengibre é uma erva de origem asiática usada em condimentos, bebidas, produtos farmacêuticos e de perfumaria. É também consumido *in natura*, sobretudo em pratos orientais, pelo seu sabor forte. Esta especiaria contém vitaminas A, B e C e sais minerais como cálcio, ferro e fósforo. Ademais, apresenta propriedades que indicam seu uso como estimulante digestivo, bem como no tratamento de doenças respiratórias, como asma e bronquite. Já existem bebidas que usam o gengibre como a gengibirra dos portugueses ou, ainda, o *ginger ale* dos ingleses e norte americanos. Experimentos combinando diferentes concentrações de gengibre (2,5 a 9,5 g/L) e lúpulo (0,05 a 0,15 g/L) foram realizados em frascos Erlenmeyers de 500 mL de capacidade, a fim de estudar o efeito do gengibre na atividade fermentativa de leveduras de alta fermentação considerando, principalmente, as determinações de etanol produzido e de substrato consumido. Nas diferentes condições ensaiadas, não foi verificado efeito inibitório ou estimulante do gengibre no metabolismo da levedura cervejeira uma vez que as cinéticas dos processos, bem como as concentrações finais de etanol e substrato, e os valores de pH e de cor foram semelhantes ao da cerveja normal, isto é, produzida apenas com lúpulo, sem adição de gengibre. Os mostos fermentados, nas diferentes formulações, apresentaram cor clara (EBS 8,5) e alto teor alcoólico (6°GL), características de cerveja Ale.

# ÍNDICE

<b>1. Introdução</b>	9
<b>2. Objetivo</b>	12
<b>3. Revisão Bibliográfica</b>	13
3.1. Cerveja	13
3.2. Histórico	13
3.3. Mercado	14
3.4. Composição Química da cerveja	15
3.5. Tipos de Cerveja	16
3.6. Matérias-primas	18
3.6.1. Água	18
3.6.2. Malte	20
3.6.3. Complementos de Malte (adjuntos)	21
3.6.4. Lúpulo	22
3.6.5. Gengibre	23
3.7. Microrganismo	23
3.8. Tecnologia de produção da cerveja	24
3.8.1. Moagem do malte e dos adjuntos	24
3.8.2. Mosturação	25
3.8.3. Filtração	26
3.8.4. Fervura e Lupulagem	26
3.8.5. Resfriamento	26
3.8.6. Fermentação	27
3.8.7. Maturação	29
3.8.8. Filtração	30
3.8.9. Envasamento	30
3.8.10. Pasteurização	30
3.7. Curiosidades sobre a cerveja	31
<b>4. Material e Métodos</b>	33
4.1. Material	33
4.1.1. Matérias-primas	33
4.1.2. Cultura microbiana	34
4.2. Métodos	35
4.2.1. Planejamento experimental	35
<i>Mosturação</i>	36
<i>Filtração</i>	38
<i>Lupulagem</i>	38
<i>Fermentação</i>	38
4.3. Determinações Analíticas	39
<b>5. Resultados e Discussão</b>	41
<b>6. Conclusões</b>	50
<b>7. Referências Bibliográficas</b>	51
<b>Anexo 1</b>	53
<b>Anexo 2</b>	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1 – Produção de cerveja no mercado brasileiro (bilhões de litros/ano) -----	15
(1) Planta de cevada-----	20
(2) Grão de cevada – Fonte[4]-----	20
(3) Cevada germinada (malte) -----	20
(4) Lúpulo na forma de “pellets” -----	22
(5) Gengibre-----	23
(6) Levedura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) -----	24
(7) Malte moído -----	25
(8) Tanque de mostura-----	25
(9) Tanque de mostura (durante liquefação e sacarificação)-----	26
(10) Tanques fechados de fermentação – Fonte [2]-----	27
(11) Fermentação na superfície do mosto -----	28
Fig. 4.1. Relação temperatura e tempo durante a liquefação e a sacarificação do amido do malte para preparo do mosto cervejeiro-----	37
Fig. 5.1 Evolução da produção de CO <sub>2</sub> para os diferentes sistemas estudados-----	42

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Composição centesimal dos principais grupos de cerveja -----	16
Tabela 3.2. Características da água para uso na indústria cervejeira – Fonte: [2, 15] -	19
Tabela 4.1. Matriz do primeiro planejamento -----	36
Tabela 5.1. Concentração de CO <sub>2</sub> (g/L) determinada no decorrer do processo fermentativo para as diferentes proporções lúpulo/gengibre testadas -----	41
Tabela 5.2. Teor de etanol calculado a partir do valor médio de CO <sub>2</sub> acumulado decorridos 6 dias de processo fermentativo -----	44
Tabela 5.3. Teor de etanol determinado nos mostos fermentados no 6º dia de processo -----	45
Tabela 5.4. Efeito da concentração de gengibre no consumo de substrato pela levedura cervejeira -----	46
Tabela 5.5. Análises de teor de substrato realizadas na indústria cervejeira para os diferentes sistemas estudados -----	47
Tabela 5.6. Influência da concentração de gengibre nos valores de coeficiente de rendimento -----	47
Tabela 5.7. Efeito do gengibre no pH do mosto após fermentação -----	48
Tabela 5.8. Variação da cor para as diferentes cervejas produzidas -----	49

# 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o Ministério da Agricultura é o órgão responsável pelo estabelecimento de normas de identidade e qualidade para bebidas alcoólicas e não-alcoólicas. De acordo com o decreto 2314 de 1997, desse Ministério, a cerveja é a bebida obtida pela fermentação do malte de cevada e água potável por ação de levedura, com adição de lúpulo<sup>[1]</sup>.

Segundo os historiadores, a cerveja é a bebida alcoólica mais antiga do mundo, pois há vestígios de sua existência datados de 8 mil anos a.C<sup>[2]</sup>. No entanto, até hoje, a região, a época e a maneira como a cerveja nasceu são um mistério.

A bebida, com características organolépticas semelhantes às das atualmente consumidas, teve sua origem na Europa durante a Idade Média<sup>[3]</sup>. Naquela época, os monges produziam cervejas dos mais variados tipos e estilos, embora acreditassem ser o processo de fabricação, “um milagre divino”. Também se atribui a eles, o emprego de lúpulo na fabricação da cerveja. A adição deste vegetal mudou sensivelmente o sabor e o aroma da bebida, acentuando a “característica” e a “personalidade” das melhores cervejas encontradas hoje em dia.

Existem duas principais famílias de cervejas, que diferem basicamente quanto ao processo de fermentação: **Ale e Lager**<sup>[2]</sup>. Até meados do século 19, toda cerveja era produzida com um tipo de fermento que subia para o topo do tanque em forma de espuma. Esse método foi chamado de *top fermentation* e, por isso, recebeu a denominação de "alta fermentação", no Brasil. Todas as cervejas do tipo Ale são produzidas a partir deste tradicional processo, que resulta em cervejas encorpadas, de sabores acentuados e cores diferenciadas. Alguns exemplos dos estilos da família são: Porter, Stout, Bitter, Weissbier, Bass, Malzbier, Burton, Barley Wine, Pale, India Pale,...

Por volta de 1835, surgiu um novo tipo de fermento, que ficava depositado no fundo do tanque durante o processo<sup>[2]</sup>. Este método ficou conhecido como *bottom fermentation*, de onde veio a denominação "baixa fermentação". Em 1842, na cidade de Pilsen, Alemanha, foi produzido um novo estilo de cerveja Lager, mais clara que as tradicionais, que veio a ser o tipo de cerveja mais consumido no mundo. Atualmente, cerca de 60% de todas as cervejas e chopps Pilsen produzidos no mundo são deste tipo. No Brasil, o consumo de cerveja Pilsen representa 98% do mercado, devido principalmente ao clima favorável. Além da Pilsen, outros

exemplos de cerveja Lager são representados por: Bock, Dortmunder, Vienna, Ice, Draft, Light e Chopp<sup>[3]</sup>.

O Brasil conta hoje com mais de 60 cervejarias, compreendendo as de médio e grande porte<sup>[4]</sup>. Apenas 3 grandes grupos - Ambev, Kaiser e Schincariol - concentram mais de 90% do mercado, mesmo assim, o mercado cervejeiro está estimulando o surgimento de novas cervejarias regionais e microcervejarias, já perfazendo mais de 40 unidades.

O potencial de consumo brasileiro da cerveja evolui à medida que aumenta o número de indivíduos com idade própria ao consumo da bebida e, também, como consequência do aumento do poder aquisitivo<sup>[7]</sup>. De acordo com a BREWTECH\*, uma empresa nacional de tecnologia cervejeira, existe no mercado uma demanda por produtos com características diferenciadas<sup>[8]</sup>. Este segmento do mercado é sucesso em todo o mundo. Obviamente, a quantidade comercializada de cervejas diferenciadas é bem menor do que os produtos elaborados em grande escala. Contudo, é um mercado de interesse crescente, com possibilidades de boa lucratividade. Por exemplo, nos Estados Unidos, em 2003, foram comercializados 7,8 milhões de hectolitros de cervejas especiais gerando um faturamento de US\$ 3,5 bilhões.

Há muitos anos, as cervejas sazonais são comuns nos Estados Unidos e na Europa. Estes mercados mais maduros permitem o surgimento de produtos específicos. No entanto, esses produtos mais sofisticados causam estranheza aos novatos neste segmento, como é o caso do consumidor brasileiro.

Por exemplo, os supermercados americanos oferecem aos consumidores opções como as cervejas de abóbora durante as festas do *Halloween*<sup>[9]</sup>. No Natal, podem ser encontradas cervejas frisantes, ou seja, borbulhantes como o champanhe. No verão, as cervejas de cereja aparecem nas prateleiras, sendo substituídas, no outono, pelas cervejas de canela e noz moscada.

A diversidade de bebidas sazonais também é grande na Europa, onde são encontradas cervejas de diversas cores e aromas<sup>[10]</sup>. No verão, são comuns as refrescantes, bebidas frutificadas feitas de trigo, mais leve do que a cevada.

Uma explicação para o sucesso das cervejas artesanais pode ser a mesma dada para o vinho a mais de uma década: o consumidor se tornou mais exigente e, por conseguinte, passou a conhecer melhor o produto.

Antes, existia um mercado para as cervejas importadas, que são diferenciadas como as artesanais. Hoje, o público que admirava as cervejas importadas pode contar com a produção

nacional de novas alternativas. Produtos diferenciados, de alta qualidade e com um atendimento personalizado são as principais estratégias adotadas pelas micro e pequenas empresas para competir no concorrido e concentrado mercado brasileiro de cerveja.

De acordo com representantes do setor, as marcas regionais já têm participação relevante, em torno de 11-12%<sup>[10]</sup>. Além disso, o Brasil ainda deve ser considerado um mercado em desenvolvimento no setor de produtos diferenciados, pois muito pouco foi feito até o momento. De modo que, existe um campo muito promissor para o desenvolvimento de outros tipos de cerveja, em termos de aroma, sabor e cor.



## 2. OBJETIVO

Atualmente, existe um mercado consumidor disposto a experimentar produtos com novas características sensoriais. Segundo Tschope<sup>[11]</sup>, as microcervejarias estão mais adaptadas para atender essa demanda de mercado. Há algum tempo que elas vêm experimentando diferentes matérias-primas com o intuito de produzir diferentes tipos de cervejas e, assim, atrair mais consumidores<sup>[12]</sup>..

Este projeto teve por objetivo analisar o efeito de substituições parciais de lúpulo por gengibre na atividade fermentativa da levedura. A adição da raiz de gengibre ao mosto a ser fermentado visa obter uma cerveja diferenciada, menos amarga e ligeiramente “picante”.

Não foi feita a substituição total do lúpulo pelo gengibre para não descaracterizar a bebida, uma vez que o lúpulo contribui para potencializar as características organolépticas (aroma e paladar), em especial o amargor, do produto final. Por outro lado, o sabor e o aroma fortemente ativo do gengibre pode, dependendo da quantidade a ser adicionada, mascarar os outros constituintes da bebida.

Especificamente foram realizados experimentos, variando as concentrações de gengibre e lúpulo, respectivamente com valores máximos de 9,5 g/L e 0,15 g/L e mínimos de 2,5 g/L e 0,05 g/L, com o intuito de verificar o efeito da concentração do gengibre na capacidade fermentativa da levedura de alta fermentação pela determinação do rendimento e produtividade do processo. Adicionalmente, foram quantificados os constituintes do mosto normalmente analisados para avaliar a qualidade das cervejas produzidas. Esses resultados foram comparados a cerveja normal, ou seja, a obtida apenas pela adição de lúpulo, sem gengibre.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. CERVEJA

A cerveja é a bebida resultante da fermentação alcoólica de mosto de cereal, geralmente a cevada, que deve estar na forma germinada, o que lhe confere a denominação de malte. O mosto pode ainda ser adicionado de outro cereal (milho, arroz, aveia ou trigo), germinado ou não. O cereal mais importante para obtenção de cerveja de boa qualidade é a cevada germinada, que nessa forma é denominada de malte<sup>[14]</sup>.

A adição de lúpulo ao mosto é obrigatória visto conferir à bebida o aroma e, em especial, o sabor (amargor), característicos da bebida. Após hidrólise do amido (carboidrato constituinte do malte) pelas enzimas nele presentes, e atividade de uma cultura de leveduras (fermento cervejeiro) ocorre a produção de etanol.

Os diferentes tipos de cerveja comercializados apresentam teor alcoólico de 0,5 a 7%, ou mais em alguns casos<sup>[15]</sup>. A cerveja mais apreciada pelos consumidores brasileiros, a Pilsen, apresenta em torno de 4% (v/v) em etanol.

#### 3.2. HISTÓRICO<sup>[2]</sup>

O surgimento da cerveja se deve a um processo acidental, posteriormente aperfeiçoado por egípcios e sumérios, ao longo de 3 mil anos<sup>[3]</sup>. Na verdade, quase todos os povos primitivos elaboravam algum tipo de bebida alcoólica equivalente a cerveja.

Em Sumério, a palavra cerveja significa pão líquido, pois os ingredientes para preparo de ambos são praticamente os mesmos. A seguir, será apresentado um histórico resumido, apresentando os registros mais relevantes no que concerne o fabrico da cerveja.

- 6000 a.C.** Registros dos primeiros indícios históricos de uma bebida fermentada feita à base de cereais, na civilização Suméria.
- 5400 a.C.** O registro da construção, no Egito, da primeira cervejaria.
- 3000 a.C.** O Código de Hammurabi, um dos textos mais antigos da Humanidade, legisla o fabrico, condena o fabricante que for desastrado e regula uma ração diária de cerveja para os trabalhadores e suas famílias (Babilônia).
- 1000 d.C.** Tem início a produção em maior escala da cerveja na Europa, permitindo a sua difusão. A cerveja é bebida pelos povos Celtas, Germanos e Escandinavos.
- 1070 d.C.** O lúpulo foi introduzido na fabricação pelos monges em substituição às outras ervas então usadas.
- Séc. VII** Originalmente de produção doméstica, a cerveja começa a ser produzida por

- artesãos especializados.
- Séc. XII** Expansão da produção na Europa, em pequenas fábricas de cerveja e nos mosteiros e abadias. Surgem as primeiras Confrarias da Cerveja.
- Séc. XVI** É decretada, na Alemanha, a Lei de Pureza, que determina os ingredientes que podem ser usados na fabricação de cerveja: cevada, lúpulo, malte e água.
- Séc. XVIII** Com a Revolução Industrial, a produção começa a ser feita em grande escala e o consumo expande-se.
- Séc. XIX** Descoberta do processo de fermentação baixa, a cerveja torna-se mais clara, suave e duradoura.
- 1808** A cerveja aportou aqui no Brasil trazida pela Família Real Portuguesa.
- 1888** No Brasil, foi construída a primeira cervejaria, no Rio de Janeiro.
- Séc. XX e XXI** Com a evolução da tecnologia, as cervejarias passam da fase empírica para a científica. Um cervejeiro moderno é engenheiro, químico ou microbiologista e conta com todos os recursos técnicos e sanitários para a elaboração de um produto tecnicamente perfeito.

### 3.3 MERCADO<sup>[5,6]</sup>

Dados fornecidos pelo Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja mostram que a produção nacional teve um incremento nos primeiros anos de implantação do Plano Real (1994/1995), porém o nível vem se mantendo no mesmo patamar desde então, especialmente porque, ao se levar em conta o baixo poder aquisitivo de boa parte dos consumidores, o preço do produto é alto<sup>[5]</sup> (Figura 1.1). Na saída da fábrica, o custo da bebida é de R\$ 0,60 por litro, um dos menores do mundo. Porém até chegar ao consumidor final a cerveja sofre a incidência de uma série de tributos. No mercado de cerveja, o Brasil aparece em 5º lugar a nível mundial com produção de 8,5 bilhões de litros anuais, atrás da China (27 bilhões de litros/ano), Estados Unidos (23,6 bilhões de litros/ano), Alemanha (8,5 bilhões de litros/ano) e Rússia (9 bilhões de litros/ano).

Os maiores consumidores de cerveja, no que tange o consumo *per capita*/ano, são a República Checa (158 litros/habitante.ano), a Alemanha (117,7 litros/habitante.ano) e o Reino Unido (101,5 litros/habitante.ano). Apesar do consumo brasileiro, em torno de 50 litros *per capita*/ano, não estar entre os maiores do mundo, o mercado apresenta um crescimento médio anual de 4%, enquanto que a Europa Ocidental no mesmo período (1990-1998) apresentou uma redução média anual de -0,7% e os Estados Unidos de -0,3%<sup>[5, 6]</sup>.



**Figura 3.1. Produção de cerveja no mercado brasileiro (bilhões de litros/ano).**

A distribuição da produção de cerveja no Brasil não é feita de modo uniforme, de modo que existe uma concentração mais acentuada nos estados mais industrializados da União, como a região Sudeste que conta com 57,5% da produção, referentes a 46 milhões de hectolitros anuais. As outras regiões, como a região Nordeste fica com 17,3% da produção (13,88 milhões de hectolitros), a região Sul, com 14,8% (11,80 milhões de hectolitros), a região Centro-Oeste com 7,5% (5,97 milhões de hectolitros) e a região Norte com 2,9% (2,35 milhões de hectolitros)<sup>[6]</sup>.

### 3.4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CERVEJA<sup>[5, 15, 17]</sup>

A cerveja possui alto valor nutritivo. Dentre seus constituintes tem-se: vitaminas, sais minerais, carboidratos e proteínas, além do álcool que, se consumido sem exagero, também é benéfico<sup>[16]</sup>. A composição das cervejas permite ainda indicá-las como repositoras de eletrólitos.

As cervejas são bebidas que possuem 400 kcal/L, o que corresponde a aproximadamente 15% das necessidades diárias de um adulto. Os sais minerais incluídos em sua composição - 0,4 g/L - correspondem a 10% das necessidades de um ser humano

Além disso, as cervejas são ricas em vitaminas, sobretudo as do chamado complexo B. A vitamina B<sub>1</sub> auxilia no funcionamento dos músculos, nervos e cérebro; a B<sub>2</sub> colabora para a manutenção dos tecidos; a B<sub>5</sub> atua no metabolismo dos carboidratos e gorduras; os minerais, como cálcio e fósforo, são essenciais para a composição dos ossos; e o potássio, junto com o cálcio, assegura, entre outros benefícios, o bom funcionamento do coração.

Ao contrário das demais bebidas alcoólicas, segundo Tschope<sup>[11]</sup>, a cerveja proporciona um aumento da diurese, provocado pelas resinas amargas do lúpulo solubilizadas.

Entretanto, sua ingestão é desaconselhável para determinadas pessoas, como as que apresentam hiperuricoemia (quantidade excessiva de ácido úrico no sangue).

As cervejas podem ser classificadas pelo teor de álcool, de extrato, pelo malte e de acordo com o tipo de fermentação: alta e baixa. Existe ainda uma classificação pela legislação brasileira. Uma cerveja de alto teor alcoólico pode apresentar 7% (v/v). O teor de extrato, que corresponde a quantidade de carboidratos, por sua vez, pode determinar a quantidade de calorias e, junto com o tipo de malte, a cor da cerveja. Em geral, o teor de extrato primitivo, teor inicial de carboidratos, varia de 11 a 13,5% (p/v). As denominações "baixa fermentação" (Larger) e "alta fermentação" (Ale) se referem à posição em que fica o levedo no tanque, no final da fermentação. A Tabela 3.1 apresenta a composição em valores médios dos principais grupos de cerveja.

**Tabela 3.1. Composição centesimal dos principais grupos de cerveja**

<b>ANÁLISES</b>	<b>LARGER</b>	<b>ALE</b>
<b>Densidade</b>	1,016	1,014
<b>Umidade</b>	90	88
<b>CO2</b>	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6
<b>Álcool</b>	2 - 6 (4,6*)	4,5 - 5
<b>Extrato</b>	6	5
<b>Proteínas</b>	0,7	0,5
<b>Maltose</b>	1,0	1,0
<b>Dextrina</b>	3,5	2,0
<b>Glicerol</b>	0,1	0,3
<b>Ácido láctico</b>	0,2	0,3
<b>Cinzas</b>	0,2	0,3

(\*) – cerveja Pilsen; Cinzas - cálcio, fósforo, enxofre, etc  
 Fonte:[15]

### 3.5. TIPOS DE CERVEJA

Extrato é a fração solubilizada composta basicamente de açúcares, dextrinas, proteínas, aminoácidos, polifenóis e minerais presentes no mosto cervejeiro, resultantes da degradação enzimática das matérias-primas (KUNZE, 1996). De modo que, **extrato ~real;**

**~primitivo e ~aparente:** se refere à quantidade de sólidos solúveis presente na matéria-prima, no mosto ou na cerveja, respectivamente<sup>[15]</sup>.

As cervejas podem ser classificadas de acordo com os seguintes critérios<sup>[2, 7]</sup>:

### **1. Tipo de Fermentação**

\* Cerveja de Alta Fermentação (Ale): obtida pela ação de levedura cervejeira que emerge a superfície do líquido durante a fermentação tumultuosa.

\* Cerveja de Baixa Fermentação (Lager): obtida pela ação de levedura cervejeira que se deposita no fundo do tanque durante ou após a fermentação tumultuosa.

### **2. Teor de Extrato Primitivo**

\* Cerveja Fraca: quando fabricada a partir de mosto com teor de extrato primitivo igual ou maior que 7% e menor que 11% em peso.

\* Cerveja Normal ou Comum: quando produzida a partir de mosto com teor de extrato primitivo igual ou maior que 11% e menor que 12,5% em peso.

\* Cerveja Extra: quando fabricada a partir de mosto com teor de extrato primitivo igual ou maior que 12,5% e menor que 14% em peso.

\* Cerveja Forte: quando produzida a partir de mosto com teor de extrato primitivo maior que 14% em peso.

### **3. Cor**

\*Cerveja Clara: cor correspondente a menos de 15 unidades EBC (*European Brewery Convention*).

\* Cerveja Escura: cor correspondente a 15 ou mais unidades EBC.

### **4. Teor Alcoólico**

\*Cerveja Sem Álcool: conteúdo de álcool menor ou igual a 0,5% (p/p).

\*Cerveja de Baixo Teor Alcoólico: conteúdo maior que 0,5% e menor que 2,0% (p/p).

\*Cerveja de Médio Teor Alcoólico: conteúdo igual ou maior que 2,0% e menor que 4,5% (p/p).

\*Cerveja de Alto Teor Alcoólico: conteúdo igual ou maior que 4,5% até 7,0% (p/p).

### **5. Teor de Extrato Aparente (final)**

Baixo - até 2% em peso.

Médio - 2 a 7% em peso.

Alto - mais de 7% em peso.

### **3.6. MATÉRIAS-PRIMAS**

As matérias-primas essenciais para a fabricação de cerveja são: água, malte, e lúpulo. Atualmente, com exceção da Alemanha, cereais como milho, arroz e trigo também são utilizados em substituição parcial ao malte. O açúcar, em pequenas proporções, também pode ser utilizado. Além disso, outros componentes também podem ser utilizados, para obtenção de formulações específicas.

#### **3.6.1. Água<sup>[2, 6, 7, 9]</sup>**

É um fator importante a ser considerado e, praticamente, define o local de instalação da cervejaria visto que a água fora do padrão pode comprometer a ação das enzimas do malte e a qualidade da cerveja. Por isso, antigamente, a composição da água era por demais valorizada. Atualmente, a tecnologia de tratamento de águas evoluiu de tal forma que é possível adequar a composição de qualquer água às características desejadas, através da adição de produtos químicos e/ou pela remoção de substâncias por processos químicos e físicos (usados no tratamento convencional) e até pela desmineralização parcial em resinas trocadoras de cátions e ânions.

No entanto, o custo para alterar a composição salina da água normalmente é muito alto, motivo pelo qual as cervejarias ainda hoje consideram a qualidade da água disponível como fator determinante da localização de suas fábricas. É imprescindível que seja potável. No Brasil, a maioria das regiões dispõe de águas suaves e adequadas à produção das cervejas Lager.

O mais importante é, sem dúvida, a quantidade, pois a indústria cervejeira consome grandes volumes de água. Em geral, para cada 100 litros de cerveja há um consumo de 1000 litros de água, incluindo água para a fabricação industrial. Na formulação da cerveja, a água representa de 80 a 90% em média, e ainda outros 5 a 20 volumes gastos nos processos industriais. No entanto, cada tipo de cerveja requer água de diferenciada composição em minerais. Por exemplo, a cerveja "Pilsen" é produzida com água mole, isto é, contendo poucos

sais minerais. A cerveja tipo "Ale" é produzida com água dura, que tem maior quantidade de sais minerais.

Em termos gerais, a água para produção de cervejas deve possuir as características apresentadas na Tabela 3.2. Em se tratando de água da rede pública, há que se eliminar os resíduos de cloro, pois a sua presença em teores maiores que 0,5 ppm de  $\text{ClO}^-$  pode reduzir a atividade do fermento. O ferro atua como mineral pró-oxidante no produto acabado.

O pH também tem grande importância. A água alcalina favorece a extração de corantes do malte (da casca e do endosperma), substâncias amargas do malte e do lúpulo e substâncias fenólicas do lúpulo (taninos) que aumenta a adstringência e risco de turvação da bebida. O pH elevado também compromete a ação das enzimas do malte (amilases e proteases) durante a mosturação e a ação das leveduras na fermentação, que atuam melhor em pH ácido, além de favorecer contaminações e favorecer a dissolução de matérias indesejáveis das cascas e do malte. A correção do pH alcalino pode se dar através da remoção dos sais de metais alcalinos e alcalinos terrosos (que se encontram principalmente na forma de carbonatos) por precipitação, ou por filtração em resinas trocadoras de cátions, ou ainda pela adição de ácidos como lático e fosfórico. De um modo geral o ideal é pH entre 5 a 5,5 para obter a máxima atividade de enzimas amilolíticas e proteolíticas.

**Tabela 3.2. Características da água para uso na indústria cervejeira**

<b>Parâmetro</b>	<b>Especificação</b>
Sabor	insípida
Odor	inodora
pH	6,5-8,0
Turbidez NTU	menor que 0,4
Matéria Orgânica (mg $\text{O}_2$ /L)	0-0,8
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	50-150
Dureza Total (mg $\text{CaCO}_3$ /L)	18-79
Sulfatos (mg/L)	1-30
Cloretos (mg/L)	1-20
Nitratos (mg/L)	ausente
Cálcio (mg/L)	5-22
Ferro (mg/L)	menor que 1,0
Magnésio (mg/L)	1-6
$\text{CO}_2$ livre (mg/L)	0,5-5

Fonte: [2, 15]

### 3.6.2. Malte<sup>[2, 6, 7, 10]</sup>

Este termo designa o produto resultante da germinação controlada de cereais, sendo que o mais comum é o de cevada. Maltes de outros cereais devem ser acrescidos do nome do cereal.

O malte é obtido a partir de cevadas de variedades especificamente selecionadas. Qualquer cereal pode ser malteado, sendo que a escolha deve levar consideração, entre outros fatores, o teor de amilopectina e o valor econômico de cada cereal. Entre os de maior teor de amilopectina encontram-se, pela ordem: cevada, centeio, trigo, aveia, milho e arroz<sup>[4]</sup>.

A cevada é uma planta da família das Gramíneas, parente próxima do trigo, cujo cultivo deve ser feito em climas temperados. No Brasil, a cevada é produzida em algumas partes do Rio Grande do Sul durante o inverno, e na América do Sul, a Argentina é grande produtora.

Os grãos mais protéicos dão um malte com maior teor de enzimas, e são preferíveis pois promovem uma hidrólise mais intensa dos amidos, resultando em maior teor de açúcar fermentescíveis e menor teor de dextrinas. Ademais, pequenos teores de proteínas são necessários para dar estabilidade à espuma na cerveja. Todavia os grãos mais protéicos tendem a aumentar o resíduo de proteínas na cerveja, aumentando o risco de turvação. A transformação da cevada em malte é feita na Maltaria. Este processo consiste, basicamente, em colocar o grão de cevada em condições favoráveis à germinação. Normalmente, os grãos são previamente macerados em água até que atinja a umidade necessária. É muito importante não deixar faltar oxigênio aos grãos, e o uso do ácido giberélico, na proporção de 0,25 ppm, na água de maceração, associado a uma abrasão mecânica dos grãos, pode aumentar o teor de  $\alpha$ -amilase produzida pelas células da aleurona.

Nesta fase, o amido do grão apresenta-se em cadeias menores que na cevada, o que o torna menos duro e mais solúvel, e, no interior do grão, formam-se enzimas que são fundamentais para o processo de fabricação da cerveja.



(1)



(2)



(3)

Tão logo tenha início a germinação do grão, o processo é interrompido por meio de secagem a temperaturas controladas (50 a 100°C), de modo a reduzir o teor de umidade (< 5%), dando-lhe grande estabilidade e minimizando os riscos de deterioração durante o armazenamento<sup>[18]</sup>. O tempo e a velocidade do aquecimento depende do tipo de malte a obter. A principal transformação que ocorre nesta etapa é a formação da cor e aroma do malte, devido principalmente a reação de “Maillard” que ocorre devido ao grande teor de aminoácidos e açúcares presentes. Para obtenção de malte tostado (cervejas escuras) a secagem é feita a temperatura de 200 a 300°C.

Existem mais de 30 tipos de malte, o que permite as cervejarias a possibilidade de formular os mais variados tipos de cerveja. As cervejarias brasileiras preferem não utilizar malte de uma só procedência, mas uma mistura de diversos maltes com o objetivo de obter um mosto mais padronizado.

### **3.6.3. Complementos de Malte (Adjuntos)<sup>[9, 15, 19-22]</sup>**

Parte do malte pode ser substituída por cereais malteados ou não, e por carboidratos. As fontes de carboidratos utilizadas em substituição ao malte são chamadas “adjuntos”. Esses são adicionados ao malte, em proporções balanceadas, como fonte secundária de carboidratos para o processo de fermentação, podendo assim reduzir parcialmente os custos de produção.

A utilização dos adjuntos resulta em cervejas mais leves e de coloração mais suave, adequadas para o consumo em locais de clima quente. Em geral, os cereais não malteados não são essenciais para a fabricação da cerveja, mas fornecem carboidratos ao mosto cervejeiro complementando o extrato, importante para obtenção do grau alcoólico desejado<sup>[4]</sup>.

No Brasil, como na maioria dos países, é costume substituir parte do malte por outros cereais. Este procedimento pode ser economicamente vantajoso, se o cereal substituto for mais barato que o malte, e ainda permite a obtenção de uma cerveja mais leve e suave comparativamente àquela produzida exclusivamente a partir de malte. embora seja possível utilizar qualquer outra fonte de amido com esta finalidade<sup>[2]</sup>.

Os complementos mais comuns são o milho, o arroz, o trigo e a própria cevada não-malteada. No Brasil, de início são descartados o trigo e a cevada por serem quase totalmente importados. As indústrias cervejeiras têm dado preferência aos cereais não maltados,

normalmente o griz de milho e a quirera de arroz, pela disponibilidade, pelo menor valor comercial e alto teor de amido<sup>[23, 24]</sup>.

Nos últimos anos, as cervejarias brasileiras têm, progressivamente, substituído os adjuntos amiláceos por adjuntos açucarados na forma de xarope de (alta) maltose. A razão desta substituição é fundamentalmente econômica, uma vez que a utilização de xarope de maltose, como adjunto de malte, dispensa a fase de hidrólise do amido, necessária para a produção do mosto cervejeiro, sendo quase completamente convertidos em álcool. Assim, economiza-se energia na forma de calor e eletricidade, além de mão-de-obra e espaço físico, uma vez que o uso de reatores para cozimento e hidrólise de amido torna-se dispensável. Além disso, o uso de xarope permite o controle adequado da fermentabilidade do mosto e, conseqüentemente, cervejas mais uniformes.

Maltes com teor de proteína muito elevado exigem o uso de complementos nas formas mais purificadas para reduzir o risco de turvação da cerveja. Outra dificuldade com o malte e, principalmente, com os complementos do malte envolve seu teor de gordura. A gordura e outros lipídios interferem na estabilidade da espuma da cerveja, portanto quanto menor o teor dessas substâncias nas matérias-primas melhor será a estabilidade da espuma e menor a necessidade do uso de estabilizantes<sup>[25]</sup>.

#### 3.6.4. Lúpulo<sup>[2, 7, 10, 15, 21]</sup>:

O lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma trepadeira perene, cujas flores fêmeas apresentam grande quantidade de resinas amargas e óleos essenciais nas glândulas de lupulina (conjunto de substâncias amargas) e óleos essenciais que conferem à cerveja o sabor amargo e o aroma que caracterizam a bebida. Pode-se dizer que é o tempero da cerveja e é um dos principais elementos que os mestres cervejeiros dispõem para diferenciar suas cervejas das demais. A adição do lúpulo também tem papel fundamental na conservação da cerveja, uma vez que possui ação antisséptica.



(4)

O lúpulo é comercializado na forma de flores prensadas, pó, extrato, e principalmente na forma de “pellets”. Feitos a partir das flores não polinizadas que têm maior concentração de substâncias aromáticas. A forma mais comum de utilização do lúpulo é em *pellets*, que nada mais são que pequenas pelotas obtidas a partir da prensagem das flores. Consegue-se assim

reduzir substancialmente os volumes de lúpulo a transportar, mantendo-se as características originais e puras das flores. Mas nada impede que a flor seja adicionada à cerveja na sua forma original, conforme colhida na lavoura<sup>[18]</sup>.

Trata-se de uma cultura dos climas frios do hemisfério norte, sendo os países do norte europeu e os Estados Unidos os grandes produtores. No Brasil não existem condições climáticas adequadas à produção de lúpulo e, por isso, grande parte do suprimento nacional é importado da Europa, Nova Zelândia e Estados Unidos.

### 3.6.5. Gengibre<sup>[31]</sup>

O gengibre é uma especiaria conhecida há mais de dois mil anos. Do século XII ao XIV, o gengibre era tão conhecido quanto a pimenta em algumas partes da Europa. O gengibre é considerado nativo da região da Índia e Malásia. Espalhou-se pela Indonésia, Ásia Oriental, África do Norte, e por toda região por onde se espalhou o povo malaio. O gengibre foi muito utilizado como medicamento para tratamento da malária, que é uma doença comum na região de origem da cultura.



(5)

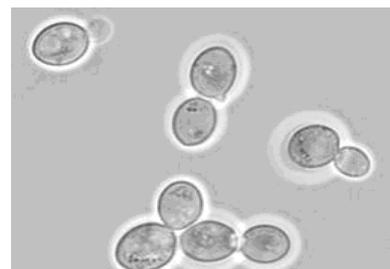
Esta planta não se adapta ao clima dos países europeus, e por esse motivo, desde a Antiguidade, estes países importavam-na da Índia. Alguns países o utilizam na fabricação de bebidas, como o ginger-ale (refrigerante) e o "ginger - beer"; este último, na Alemanha, onde é largamente industrializado, recebe o nome de "Ingwerbier". Os chineses o consomem sob a forma de um forte licor, o "Khaung" e os portugueses empregam - no na "Engibirra".

No Brasil, acredita-se que o gengibre tenha sido introduzido pelos holandeses, pois na época do domínio holandês, era grande a introdução e a permuta de plantas entre os dois países. O gengibre é bastante conhecido no Brasil como ingrediente do famoso quentão muito apreciado durante as festas juninas e em alguns produtos farmacêuticos e de confeitaria.

O extrato alcoólico dos rizomas serve, em grande escala, para aromatizar refrigerantes e outras bebidas e o seu pó é empregado na fabricação de condimentos, como o "curry", produto indiano internacionalmente conhecido.

### 3.7. MICRORGANISMO<sup>[2]</sup>

A levedura é um microrganismo unicelular, que além de ter a capacidade de transformar açúcar em álcool e CO<sub>2</sub>, ainda produz os componentes aromáticos característicos de cada cerveja.



(6)

Especificamente, a levedura utilizada em cervejaria é a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, e cada cervejaria possui sua própria cepa. Embora todas as cepas apresentem basicamente o mesmo desempenho em transformar açúcar em álcool e gás carbônico, o sabor do produto obtido difere de uma cepa para outra, em função de pequenas diferenças de metabolismo e conseqüente formação de substâncias capazes de conferir aroma e sabor ao produto, mesmo em quantidades muito pequenas <sup>[18]</sup>.

Existem dois tipos diferentes de levedura cervejeira: a de alta fermentação e a de baixa fermentação. As leveduras de alta fermentação desdobram o mosto cervejeiro muito rapidamente em temperaturas elevadas (entre 10 e 25°C). Ao fim da fermentação, as células estão localizadas na parte superior do mosto. São utilizadas na produção de certos tipos de cervejas, como a cerveja de trigo (Weissbier).

As leveduras de baixa fermentação apresentam metabolismo lento, e são tolerantes a temperaturas muito menores, atuando na faixa de temperatura entre 6 a 10°C. Tendem a sedimentar no mosto, tendo, portanto menor capacidade respiratória que as cepas usadas nas de alta fermentação. Atualmente, são as mais empregadas nas cervejarias, em todo o mundo <sup>[5]</sup>.

As cepas de leveduras, usadas nos diferentes tipos de cervejas, são cuidadosamente selecionadas geneticamente, objetivando um melhor resultado nos processos empregados, matérias-primas utilizadas e as características desejadas no produto acabado.

### **3.8. TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DA CERVEJA**

Embora as cervejas de mesma classificação apresentem variações de marca para marca, elas são produzidas seguindo basicamente o mesmo processo de fabricação. De um modo geral, o processo de produção de cerveja pode ser representado pelo fluxograma apresentado em anexo (*Anexo 1*). Os processos envolvidos são:

#### **3.8.1. Moagem do malte e dos adjuntos**

A grande maioria das indústrias busca com a moagem, a redução de toda a matéria a um grau uniforme de finura. Os objetivos da moagem do malte são:

- Rasgar a casca, para expor a porção interior do grão;
- Produzir a desintegração total do endosperma, a parte interna do grão, para que todos os seus elementos constituintes estejam acessíveis à ação enzimática;



(7)

- Manter a quantidade de elementos finos (farinha) a um mínimo, para evitar a formação de substâncias que produzam uma quantidade excessiva de pasta dentro do mosto.

No entanto, a moagem do malte não deve ser excessiva, formando partículas muito finas, a ponto de tornar lenta a filtragem do mosto. Também não pode ser muito grossa, o que dificultaria a hidrólise do amido<sup>[2, 8]</sup>.

### 3.8.2. Mosturação<sup>[9]</sup>

Após ser moído, o malte é enviado até os tanques de mostura. Nessa etapa, as matérias-primas (malte e adjuntos) são misturadas em água e dissolvidas através do aquecimento, visando a obtenção de uma mistura líquida açucarada chamada mosto, que é a base para a futura cerveja<sup>[2]</sup>.



(8)

O objetivo é promover a liquefação e, posterior hidrólise do amido a açúcares, denominada de sacarificação. A liquefação do amido facilita a atuação das enzimas contidas no próprio malte, já que expõe as cadeias do polissacarídeo que, em sua forma cristalina, é mais resistente a hidrólise enzimática<sup>[4]</sup>.

No processo cervejeiro, as enzimas do malte têm como função transformar o amido em açúcar e solubilizar as proteínas. O pH e a temperatura interagem para controlar a degradação do amido e das proteínas. O aquecimento não costuma ultrapassar temperaturas de 72°C pois as enzimas são inativadas em temperaturas acima desses valores<sup>[2]</sup>. As enzimas amilases (diástase) são responsáveis pela decomposição do amido em dois procedimentos distintos:

- dextrinização do amido pela  $\alpha$ -amilase;
- sacarificação do amido pela  $\beta$ -amilase.

A enzima peptidase quebra os complexos protéicos do malte, proporcionando maior quantidade de proteínas solúveis no mosto.

Amidos de maior teor de amilopectina, proporcionam menor rendimento alcoólico e cerveja mais encorpada. O uso adequado do complemento permite jogar com o diferencial e produzir cerveja leve ou pesada<sup>[4]</sup>.



(9)

### **3.8.3. Filtração**<sup>[2, 15]</sup>

Terminada a mosturação, ou seja a hidrólise do amido, todo o mosto é filtrado, sendo que a massa resultante da aglutinação da casca com resíduos do processo depositada no fundo do recipiente, atua como material filtrante. Na torta formada ainda existem frações de açúcares que poderão ser utilizados na fermentação. Dessa forma, uma operação bastante útil é lavar a torta com água aquecida com o objetivo de extrair o máximo dos açúcares existente na torta. Após filtrada, a mostura passa a denominar-se mosto.

O bagaço (resíduo da mosturação) é normalmente usado na alimentação animal, porém já foram desenvolvidos diversos trabalhos de pesquisas visando a viabilização do emprego deste na alimentação humana (biscoitos, produtos de panificação, etc.).

### **3.8.4. Fervura e Lupulagem**<sup>[2, 9]</sup>

O mosto filtrado é adicionado a um tanque onde é aquecido e recebe a adição de lúpulo. Essa fase do processo tem como finalidade inativar as enzimas, esterilizar o mosto, concentrar o mosto no grau desejado, extrair as substâncias essenciais do lúpulo, precipitar as proteínas indesejáveis e, finalmente, alterar o aspecto e paladar do mosto. É a lupulagem que proporciona o amargor e aroma da cerveja, além de ajudar na formação da sua espuma.

O tempo de fervura depende do tipo de cerveja a ser fabricada. A média é entre uma hora e meia a duas horas. Durante esse intervalo, ocorre a extração e isomerização de alguns óleos essenciais extraídos do lúpulo.

### **3.8.5. Resfriamento**<sup>[2, 4]</sup>

Terminada a fervura, o mosto fervido, acrescido de lúpulo, é resfriado em trocadores de calor, com o objetivo de, a seguir, receber a levedura que irá promover a fermentação. O resfriamento tem como propósito:

- abaixar a temperatura do mosto de cerca de 100°C até a temperatura de fermentação ( entre 9° e 12°C);
- remover as proteínas não hidrolisadas do mosto, que poderão causar sua turvação. Estas após complexação com os taninos do lúpulo, precipitam a frio;
- aeração adequada do mosto para evitar a mortandade das células de levedura, logo após a inoculação.

### 3.8.6. Fermentação<sup>[2, 7]</sup>.

Após o resfriamento, o mosto é enviado para os fermentadores, onde recebe a cultura de levedura (fermento). Fermentação é um processo de metabolismo anaeróbio de produção de energia em que os microrganismos oxidam parcialmente o substrato, atuando sobre um ou mais componentes, gerando produtos modificados de forma a obter características desejáveis.

Nessa fase, as leveduras irão consumir os açúcares fermentescíveis do mosto, gerando biomassa e, sobretudo, álcool e dióxido de carbono (*Equação 1*), mas também alguns ésteres, ácidos e álcoois superiores que irão transmitir propriedades organolépticas à cerveja. Durante todo o processo é muito importante o controle da temperatura, pois de acordo com a temperatura, o fermento é induzido a sintetizar substâncias, que mesmo em pequenas quantidades são responsáveis pelo aroma e pelo sabor da cerveja, e conseqüentemente na sua qualidade.



Atualmente, a fermentação ocorre em reatores fechados (fermentadores), revestidos por uma camisa externa que permite a passagem de fluido refrigerante (amônia ou etilenoglicol) para manter o mosto na temperatura desejada, que pode variar de 10 a 25<sup>0</sup>C. O dióxido de carbono é recuperado, purificado e armazenado para, posteriormente, ser empregado na carbonatação da cerveja.



(10)

As leveduras mais utilizadas em cervejaria são duas espécies do gênero *Saccharomyces*, *S. cerevisiae* e *S. uvarum* (*S. carlsbergensis*). O tipo de fermentação dependerá da levedura utilizada, de forma que:

- Cerveja de Alta Fermentação (Ale) - *Saccharomyces cerevisiae*;
- Cerveja de Baixa Fermentação (Lager) - *Saccharomyces carlsbergensis* (*S. uvarum*).

A fermentação para produção das cervejas do tipo Ale se dá preferencialmente na superfície do mosto, pois as leveduras exigem maior potencial redox. As leveduras empregadas têm maior capacidade respiratória, acumulando mais na superfície, daí o termo “alta fermentação”. Normalmente a fermentação ocorre muito rapidamente, levado de 2 a 7 dias, em temperaturas superiores a 15°C. Na fase principal pode até mesmo superar 20°C.



(11)

As linhagens de *S. uvarum* são consideradas como de alta atividade fermentativa e de menor capacidade respiratória que as da espécie *S. cerevisiae*. Portanto, a fermentação se dá mais ao fundo no mosto, sendo denominadas cervejas de baixa fermentação. A fermentação é conduzida em temperaturas entre 3,3 a 15°C, freqüentemente por 8 a 14 dias.

Outras leveduras, como as dos gêneros *Schizosaccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Torulopsis*, *Candida*, *Brettanomyces*, assim como algumas outras espécies de *Saccharomyces*, estão relacionadas com a deterioração da cerveja e são normalmente denominadas leveduras "selvagens". Estas proporcionam sabor e aroma anormais, razão pela qual a presença destas espécies microbianas representa sério risco à qualidade da cerveja. Exames microbiológicos de rotina devem ser feitos para detecção desses contaminantes, assim como para bactérias, a fim de que seja mantida a pureza do fermento utilizado<sup>[4]</sup>, e conseqüentemente garantir a qualidade da cerveja produzida.

A concentração de células no mosto deve ser de aproximadamente 10<sup>7</sup> células/mL, que equivale a 80 g de fermento seco ou 300 g de fermento fresco/hectolitro de mosto. As leveduras podem ser reaproveitadas por diversas fermentações sucessivas (4-5) sendo que entre uma e outra fermentação, o fermento é lavado com água acidificada, com pH entre 2 a 2,5 por 2 a 3 horas. Este procedimento visa uma ação antisséptica sobre o levedo para eliminar os contaminantes.

A levedura cervejeira de boa qualidade deve, ao final da fermentação, flocular e sedimentar, permitindo sem dificuldade a separação rápida da cerveja clarificada do sedimento. Também deve possuir alta tolerância ao etanol, para garantir que a fermentação

prossiga até a concentração de etanol desejada, e deve possuir tolerância às toxinas, pois a presença de microrganismos estranhos (leveduras selvagens e bactérias) produtores de toxinas pode retardar ou até “abortar” uma fermentação<sup>[21,26]</sup>. Segundo Nakano<sup>[27]</sup> e Tschope<sup>[11]</sup>, um parâmetro muito importante na avaliação da viabilidade do fermento é a contagem de células mortas. E não se deve ter mais de 5% de células mortas no fermento a ser dosado, pois valores acima deste limite indicam culturas muito velhas (nativas) ou a inadequação da levedura ao meio.

Uma vez inoculado o mosto, tem início a atividade das leveduras.

Terminada a fermentação, a maior parte dos açúcares foi metabolizada a álcool etílico, gás carbônico, glicerol, ácido acético e álcoois superiores, mas a cerveja ainda não apresenta a qualidade desejada, sendo por isso chamada de cerveja verde.

### **3.8.7. Maturação**<sup>[2, 4, 15]</sup>

Finda a fermentação, tem início a maturação que consiste no armazenamento da cerveja fermentada a baixa temperatura durante um determinado período de tempo. Para tanto, o mosto fermentado é resfriado a zero grau, o que ocasiona a separação do fermento por decantação (sedimentação).

Nessa fase, ocorre uma lenta fermentação, proporcionando a clarificação por precipitação de leveduras e proteínas, assim como de sólidos solúveis. O açúcar residual presente é consumido pelas células remanescentes do fermento, em um fenômeno conhecido por fermentação secundária. Adicionalmente, ocorrem alterações químicas de alguns constituintes do mosto, que resultam no melhoramento do sabor da cerveja, bem como algumas substâncias indesejadas, oriundas da fermentação, são eliminadas.

Os álcoois superiores e ácidos graxos formados durante a fermentação não se modificam significativamente durante a maturação enquanto o álcool amílico pode aumentar durante o repouso prolongado. Durante o período de maturação são formados ésteres dando origem a aroma e sabor que caracterizam a cerveja "madura".

Três reações têm grande influência sobre a maturação do sabor: a redução na concentração de ácido sulfídrico, de acetaldeído e de diacetil. Estes compostos são produtos da fermentação pela levedura que podem ser reduzidos em baixa temperatura de fermentação, pela seleção da levedura e da composição do mosto.

Ao final da maturação, a cerveja está praticamente concluída, com aroma e sabor definidos. O tempo de maturação pode ser de 6 a 30 dias, variando de uma cerveja para outra.

### **3.8.8. Filtração**<sup>[2, 4, 15]</sup>

Após maturada, a cerveja passa por uma filtração, que visa eliminar partículas em suspensão, principalmente células de fermento, tornando a bebida transparente e brilhante. A filtração não altera a composição e o sabor da cerveja, mas é fundamental para conferir-lhe um aspecto cristalino.

A filtração pode ser dividida em:

- retenção das partículas de maior tamanho, as leveduras correspondendo a maior porcentagem. Nesta etapa são empregados filtros de terra diatomácea.
- retenção de moléculas médias, geralmente proteínas. Como agente de filtração é empregado polivinil pirrolidona (PVPP).
- retenção das partículas em suspensão com terra diatomácea, e de certas substâncias que conferem cor desagradável para a cerveja. Esta etapa é responsável pelo polimento da cerveja madura, conferindo-lhe o brilho final.

Após a filtração, a cerveja passa por uma fase de acabamento onde irá receber dióxido de carbono, vindo da etapa de fermentação, e também outras substâncias que irão garantir a qualidade da cerveja e aumentar seu tempo de prateleira, como estabilizantes e antioxidantes.

### **3.8.9. Envasamento**<sup>[2, 4, 15]</sup>

A cerveja acabada é enviada para a engarrafadora que recebe as garrafas, já limpas com solução de hidróxido de sódio. O envase da cerveja também pode ser feito em latas ou barris. Em todos os casos, é importante haver cuidado para que não haja incorporação de O<sub>2</sub>.

### **3.8.10. Pasteurização**<sup>[2, 4, 15]</sup>

Logo após o enchimento, a cerveja é submetida ao processo de pasteurização, principalmente quando são envasadas em garrafas ou latas. A pasteurização nada mais é que um processo térmico, no qual a cerveja é submetida a um aquecimento a 60-70°C em túneis, onde a temperatura é mantida por um dado tempo. O objetivo da pasteurização é eliminar os

microrganismos capazes de causar alterações indesejáveis a cerveja. Nos túneis, a cerveja envasada recebe jatos de vapor e, em seguida, é rapidamente refrigerada com jatos de água fria. Caso a pasteurização ocorra antes do engarrafamento, a cerveja é pasteurizada através da sua passagem por trocadores de calor.

Graças a esse processo, se garante uma maior estabilidade ao produto, sendo possível às cervejarias assegurar uma data de validade ao produto de seis meses após sua fabricação.

A cerveja em barris, denominada chope, não é pasteurizada e, por isso, deve ser armazenada a baixa temperatura e ainda assim, tem conservação limitada.

### **3.9. CURIOSIDADES SOBRE A CERVEJA<sup>[29]</sup>**

- A receita de cerveja parece ser a mais antiga receita do mundo. Foi descoberta por arqueólogos na Mesopotâmia (na região onde é hoje o Iraque), gravada numa placa de gesso.
- Nas antigas civilizações da Babilônia e no Egito, a cerveja era oferecida aos deuses e, sobretudo, bebida por reis e em festas importantes. Os Egípcios lhe atribuíam efeitos terapêuticos. Na cosmética, escritos de há mais de 2000 anos, relatam que as mulheres no Antigo Egito usavam a espuma de cerveja para tornar a pele mais fresca, suave e clara, além do uso para tratar certos problemas de pele.

O uso cosmético da cerveja tem um fundamento científico, pois a cerveja contém ácido fosfórico, que favorece o crescimento e manutenção de tecidos celulares.

- Na antiga Grécia, a cerveja era usada como remédio diurético e para combater a febre.
- Na Idade Média, a cerveja era reconhecida como um estimulante para melhorar o humor. Propriedades calmantes e de estimulação do apetite eram também atribuídas ao lúpulo.
- Nos últimos anos tem-se verificado um interesse renovado pelos efeitos benéficos da cerveja na saúde, fruto de estudos científicos que vêm revelar e explicar as várias propriedades salutares desta bebida milenar.

Diversos estudos demonstram que a cerveja, consumida com moderação, é uma bebida saudável, que proporciona efeitos positivos, entre eles a melhoria da capacidade física, a redução dos estados ansiolíticos e depressivos, a diminuição das pressões sistólicas e diastólicas e, por conseguinte, a redução dos riscos de infartos e cardiopatias em geral.

Por causa de sua composição, a cerveja não é simplesmente uma bebida que contém álcool. Nela estão presentes proteínas pré-digeridas, sais minerais e açúcares de fácil digestão,

que lhe conferem uma característica importante, o tamponamento, que reduz sensivelmente o seu efeito alcoolizante. Essa particularidade é perceptível, principalmente, quando se compara a ingestão de cervejas com a ingestão das mesmas quantidades de álcool contidas em outras bebidas.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

As matérias-primas utilizadas na produção da cerveja diferenciada foram: água, malte, adjunto açucarado em pó à base maltose, lúpulo e gengibre.

Exceto pela água e gengibre, as demais matérias-primas empregadas no preparo do mosto fora procedentes da empresa BREWTECH\*, localizada em Jacarepaguá, Rio de Janeiro. O cuidado de usar matérias-primas de boa qualidade, próprias para obtenção de cerveja e com pouco tempo de armazenagem, teve o intuito de garantir os padrões necessários, conseqüentemente garantindo a confiabilidade dos resultados. Portanto, qualquer alteração no sabor poderia ser creditada a adição de gengibre.

#### 4.1.1. Matérias-primas

##### *Água*

Para a preparação do mosto foi utilizada água mineral MINALBA sem gás.

Como anteriormente citado (item 3.6.1), o uso de água fora das especificações pode comprometer, sobretudo, a qualidade da cerveja a ser produzida. Por isso, já que não seria possível tratar convenientemente a água da rede pública, que contém cloro, foi usada água mineral de marca confiável no que diz respeito à sua composição e que se presume a sua potabilidade e ausência de cloro.

##### *Malte*

Foi utilizado o malte tipo **Pilsen**, com 3% de umidade, procedente da Maltaria do Vale, Taubaté, São Paulo. O malte foi moído na empresa, de tal sorte que, as partículas apresentavam granulometria apropriada para uso no processo de fabricação de cerveja, ou seja, a fim de não comprometer a hidrólise do amido e a posterior filtração do mosto sacarificado (item 3.6.2).

Não foi usada mistura de diferentes tipos de malte, uma vez que a combinação pode não só influenciar na cor do produto acabado, mas, sobretudo, alterar as suas características

\*- Empresa de tecnologia cervejeira.

organolépticas, o que certamente dificultaria a distinção das nuances, em termos palatáveis, das cervejas a serem produzidas.

### ***Adjunto***

Foi usado xarope de maltose comercial para correção da concentração inicial de substrato (extratos primitivo) do mosto após hidrólise do amido, lupulagem e filtração, para evitar perdas.

### ***Lúpulo***

O lúpulo foi, adicionado ao mosto em forma de *pellets* e em diferentes quantidades.

### ***Gengibre***

O gengibre foi comprado a varejo no mercado, e sua escolha foi feita cuidadosamente a fim de selecionar as raízes frescas (claras), sem indício de deterioração pela presença de cortes, lesões e manchas. O gengibre foi mantido em filme plástico sob refrigeração a 4°C durante o período experimental, para conservar seu aroma e sabor característicos.

No momento de uso, a raiz passava por outra inspeção. Em caso de aprovação, a raiz era lavada e cortada rapidamente, com auxílio de faca com lâmina de aço inox, para evitar oxidação, o que poderia influenciar nas suas características organolépticas. Os cortes eram feitos em “lâminas” finas para facilitar sua posterior separação do mosto por filtração.

O gengibre só foi adicionado ao mosto quando este já estava pronto e distribuído (fermentômetros), juntamente com o lúpulo.

## **4.1.2. CULTURA MICROBIANA**

A levedura cervejeira usada foi *Saccharomyces uvarum*, também cedida pela empresa BREWTECH, que conforme apresentado no Capítulo 3, é indicada para obtenção da cerveja de baixa fermentação.

A escolha deste processo levou em consideração diferentes fatores:

- obter cerveja de composição química menos diferenciada para realçar as propriedades do gengibre;
- minimizar a produtividade processo;
- facilitar o controle da temperatura dos mostos durante a fase de fermentação, no laboratório.

As células foram mantidas sob refrigeração à temperatura de 2°C, durante o período experimental.

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1. Planejamento Experimental

Para a realização de experimentos, que permitam obter dados significativos e confiáveis, deve-se utilizar um método científico de planejamento. As vantagens do uso do planejamento experimental (PE) são<sup>[30]</sup>:

- Redução do tempo de experimentação, pois permite a otimização do número de experimentos;
- Redução dos custos relativos à execução dos ensaios, fato que está relacionado à redução da quantidade de experimentos;
- Permite a avaliação e minimização do erro experimental;
- Permite uma otimização multivariada, e
- Não requer conhecimentos elevados em estatística.

Foi utilizado o planejamento fatorial de 1ª ordem. Portanto, foi realizado um planejamento fatorial a dois níveis com duas variáveis acrescido de duas réplicas no ponto central, totalizando 6 experimentos Tabela 4.1. Como cada experimento foi realizado em duplicata, foi realizado um total de 12 ensaios.

Os experimentos foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 300 mL de mosto, aos quais foram acoplados fermentômetros de Smith, com duas finalidades: evitar a entrada de ar no sistema e, assim estabelecer condição de anaerobiose, e permitir a periódica determinação do CO<sub>2</sub> desprendido através de pesagens.

Antes da inoculação, as matéria-primas (item 3.6) foram processadas para o preparo do mosto, de acordo com as metodologias que serão descritas a seguir: mosturação, filtração, e fervura/lupulagem. Posteriormente, o fermento obtido a partir da propagação da cultura microbiana (item 3.7) foi adicionado nos mostos referentes aos experimentos definidos no PE.

A condução do processo fermentativo foi por batelada simples, e nos mostos fermentados (cerveja verde) foram analisados: concentração de substrato residual, teor alcoólico, teores de extrato aparente e real, cor, pH e acidez total.

A maior parte das determinações analíticas realizadas nas cervejas foi feita na empresa BREWTECH, sob a orientação da técnica responsável, uma vez que os Laboratórios do Departamento de Engenharia Bioquímica não dispõem desta aparelhagem específica.

Os valores da Tabela 4.1 foram obtidos de um trabalho anterior de formulação de cerveja de gengibre onde foram realizados dois experimentos de proporções 30/70 e 70/30 (lúpulo/gengibre). De acordo com as proporções lúpulo/gengibre adotadas neste trabalho, foram adicionados ao mosto 20g de lúpulo e 625g de gengibre na cerveja 30/70 e de 9g de gengibre para 1,145 kg de gengibre na cerveja 70/30, deixando o volume em 112 L de mosto.

**Tabela 4.1. Matriz do primeiro planejamento**

<b>Experimento</b>	<b>Gengibre (g/L)</b>	<b>Lúpulo (g/L)</b>
<b>1</b>	2,5	0,05
<b>2</b>	9,5	0,15
<b>3</b>	2,5	0,15
<b>4</b>	9,5	0,05
<b>5</b>	6,0	0,10
<b>6</b>	6,0	0,10

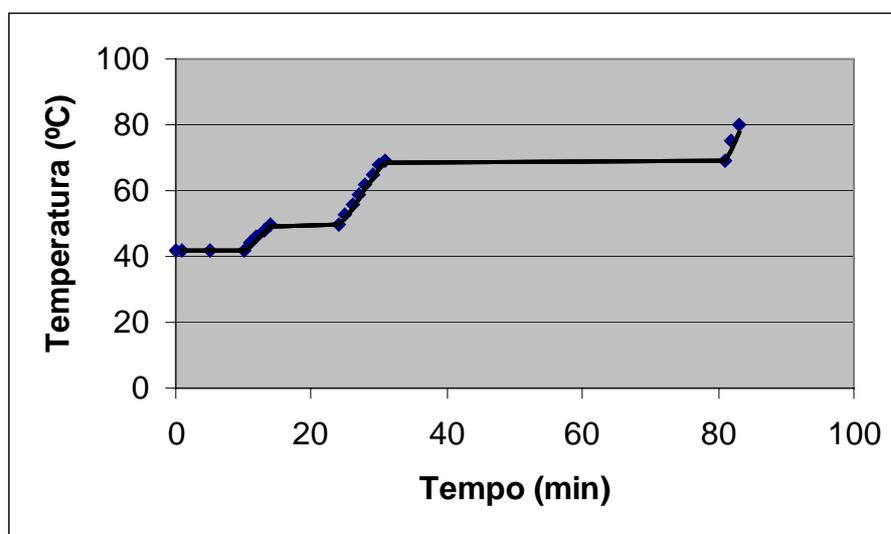
### ***Mosturação***

Foi preparado um volume total de 5 L de mosto, por partes. Inicialmente o malte moído (item 3.3.2), de modo a expor o endosperma a ação posterior das enzimas, foi acrescido de água (item 3.3.1) na proporção de 1: 8 (malte e água). Nesta mistura foi adicionado cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), na razão de 0,3 g por litro de mosto, visto que o cálcio favorece a estabilidade das enzimas responsáveis pela hidrólise do amido, garantindo assim, a sua melhor atividade. Adicionalmente, a floculação das leveduras depende da presença de um cátion bivalente. Este fenômeno permite que a separação das leveduras do mosto fermentado, por decantação, seja mais rápida e efetiva.

Antes de dar início à seqüência de aquecimentos para promover a solubilização (liquefação) e a hidrólise (sacarificação) do amido constituinte do malte, o pH da mistura foi ajustado a  $5,5 \pm 0,5$  com ácido láctico 25%, para possibilitar também uma maior ação das enzimas.

A mosturação foi realizada em beckers de 5 L acondicionado em shaker à temperatura controlada, sob agitação de 60 rpm, para propiciar a maior interação das enzimas com os substratos, e homogeneização da temperatura. O processo empregado foi o de infusão ascendente de forma que a mistura de malte em água foi aquecida gradativamente a temperaturas crescentes. A Figura 4.1 apresenta a curva de aquecimento da mistura água — malte, durante o preparo do mosto.

**Figura 4.1. Relação temperatura e tempo durante a liquêfação e a sacarificação do amido do malte para preparo do mosto cervejeiro.**



Como indicado na Figura 4.1, a temperatura inicial do processo de mosturação foi de 42°C, e teve por finalidade favorecer a liquefação do grão de amido. Esta etapa é necessária para que disponibilizar as frações do amido ao ataque enzimático. Após 10 min., a temperatura foi elevada até 50°C, sendo mantida constante por 10 min., de modo a permitir a ação das proteases presentes no malte, que atuam sobre as proteínas do malte, formando compostos nitrogenados. Posteriormente, estes compostos serão consumidos pelas leveduras, favorecendo sua atividade metabólica e, inclusive, estimulando a formação de determinados compostos, que em pequenas quantidades, são importantes para o melhorar o sabor e aroma da cerveja.

Seguiu-se um outro aumento de temperatura para 70°C. O sistema permaneceu nessa temperatura por 50 minutos, de modo a favorecer a hidrólise do amido pelas  $\alpha$ - e  $\beta$ -amilases, presentes no malte. Por fim, a temperatura foi elevada a 80°C, visando inibir as enzimas e, por conseguinte, futuras transformações enzimáticas.

As elevações das temperaturas foram realizadas através da adição de pequenos volumes de água quente com o intuito de promover o aquecimento gradual da mistura., antes de cada novo aquecimento era checada a degradação do amido pelo teste do iodo (solução aquosa 0,20 N de I<sub>2</sub>).

### ***Filtração***

O mosto foi filtrado em algodão, por duas vezes, para reter as cascas do malte e outros componentes não solúveis e, posteriormente, avolumado a fim de compensar as perdas de água por evaporação.

A seguir, foi determinado o teor de açúcar no mosto através do sacarímetro de Brix. Embora este procedimento não seja específico para determinação de glicose/maltose, tem sido, com frequência, empregado para estimar o teor de açúcares totais fermentescíveis. A concentração de substrato foi corrigida a 11,5°Brix, com xarope de maltose. Este valor é necessário para atingir o grau alcoólico médio da cerveja, de 4-4,5% (v/v). Os cálculos estão em anexo (*Anexo 2*).

### ***Lupulagem***

Após a separação da torta, o mosto foi distribuído nos frascos Erlenmeyer e, em seguida, adicionados de lúpulo e gengibre, nas quantidades definidas pelo planejamento experimental. Logo a seguir, os frascos foram autoclavados a vapor fluente por 40 min.

Devido às condições operacionais não foi feita a separação do bagaço de lúpulo e do "trub" (material mucilaginoso resultante da complexação de proteínas com taninos do lúpulo durante a fervura do mosto, e que precipitam com o resfriamento) antes da inoculação.

### ***Fermentação***

Após resfriamento do mosto a  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ , cada sistema foi inoculado com o fermento, em câmara de fluxo laminar, na proporção de 10%(v/v), correspondendo a uma concentração celular no meio a ser fermentado de cerca de  $10^7$  células/mL. Um fermentômetro foi acoplado a cada Erlenmeyer, sendo preenchido com água estéril acidulada a pH 1,0 com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Este dispositivo permite a liberação do  $\text{CO}_2$  produzido ao longo do processo fermentativo, sem risco de contaminação.

O processo fermentativo transcorreu a  $25^\circ\text{C}$  por um período de 5 dias, com determinação periódica do peso de cada sistema. O processo foi interrompido quando o peso não mais variou, em decorrência de não haver mais liberação de  $\text{CO}_2$ , o que define a inibição das células microbianas. Em seguida, a cerveja foi acondicionada em garrafas de 500 mL e mantida a  $4^\circ\text{C}$  por 14 dias para sua maturação, quando foram feitas as análises.

Para efeito comparativo, um experimento foi realizado com mosto lupulado (com concentração de 0,1 g/L) sem adição de gengibre. Os resultados correspondem ao valor médio de duas repetições.

#### **4.3. DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS**

##### ***Substrato***

A concentração de açúcares no mosto, antes e após a fermentação, foi feita através do método de Somogyi indicado para quantificação dos açúcares redutores totais. Com este fim, amostras do mosto foram previamente hidrolisadas com  $\text{HCl}$  2N a  $65-70^\circ\text{C}$  por 10 min., neutralizadas com  $\text{NaOH}$  1N e, então, convenientemente diluídas.

##### ***Extrato Aparente:***

Foi determinado usando o Densímetro ANTON PAAR modelo DMA 4500. O valor, expresso em  $^\circ\text{Plato}$ , indica a concentração de substrato no mosto no decorrer do processo fermentativo. Neste caso, como só foi determinado na cerveja obtida, mediu apenas a quantidade final de substrato.

##### ***pH***

As medições de pH foram realizadas em potenciômetro digital, marca Digimed, modelo DM 20.

***Álcool Etílico, Extrato Real e Mosto Básico:***

A concentração de etanol, extrato real e mosto básico (parâmetro indicativo da concentração de substrato inicial), foram determinados através de cálculos, feitos em um programa de computador, no qual foram lançados os valores do extrato aparente e o índice de refração, determinados em refratômetro de imersão, marca HAAKE modelo W 10.

***Cor***

A coloração da cerveja foi determinada através da escala EBC (3), utilizando o aparelho Hellige, modelo AVM.

## 5) RESULTADOS E DISCUSSÃO

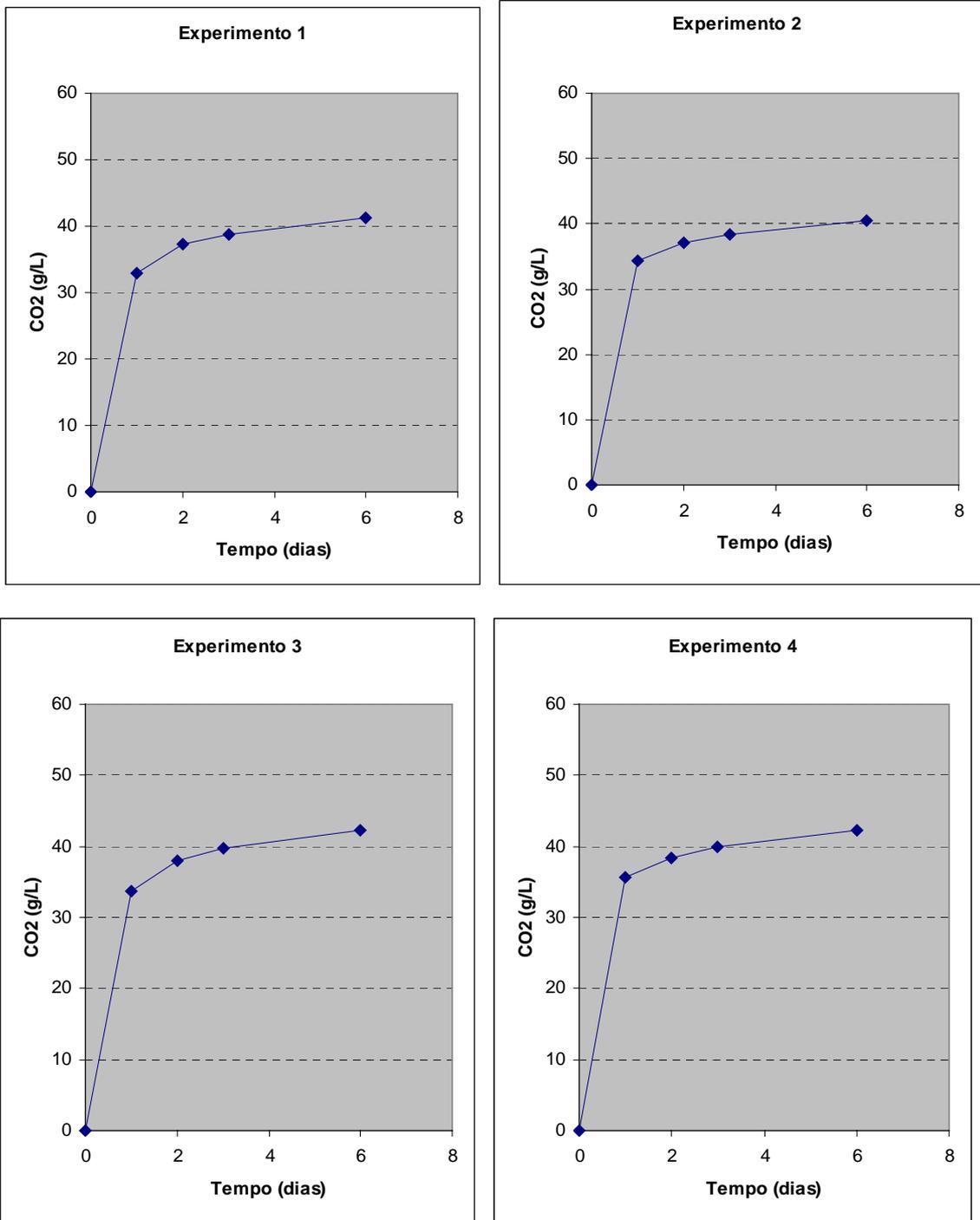
A Tabela 5.1 apresenta os dados de CO<sub>2</sub> produzido, determinados a partir da variação dos pesos de cada sistema, definido pelo planejamento experimental. Os respectivos valores médios foram plotados em gráfico de modo a facilitar a análise (Figura 5.1).

A evolução de CO<sub>2</sub> apresentou o mesmo perfil independente da quantidade de gengibre adicionada. Inclusive, a atividade da levedura durante a fermentação do mosto convencional, isto é, sem adição de gengibre (experimento 7) apresentou igual comportamento. As maiores velocidades de fermentação ocorreram nas primeiras 24 horas, quando foram obtidos valores máximos de conversão do substrato variando de 60 a 70%, com base na relação estequiométrica dada pela equação de Gay Lussac (*Equação 1*).

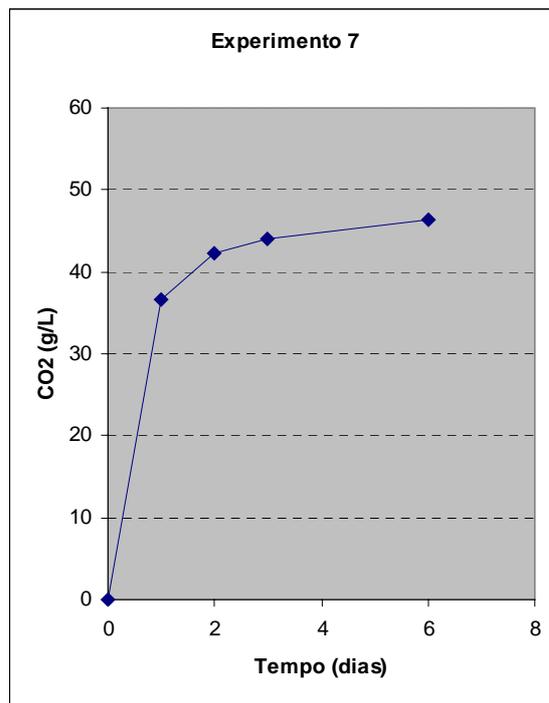
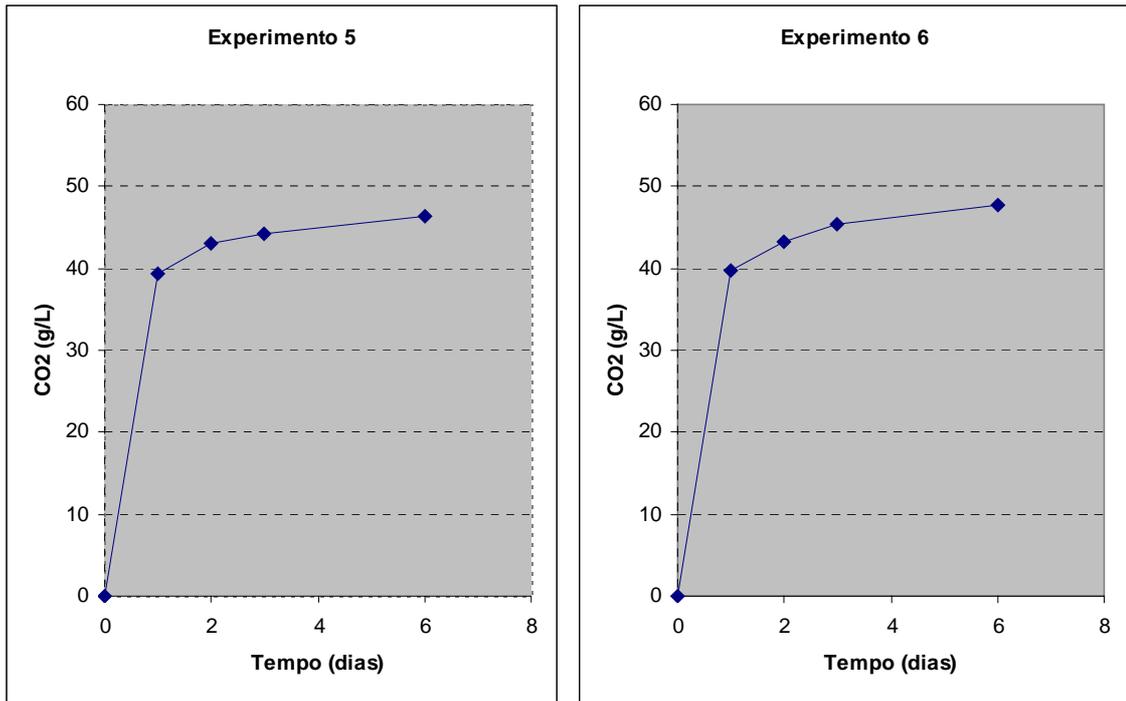
A análise das curvas de produção de CO<sub>2</sub> permite concluir que o máximo de conversão do substrato foi obtido decorridos 6 dias de processo. No entanto, apenas para o sistema conduzido com o valor intermediário de gengibre (6 g/L), experimentos 5 e 6, foi alcançado o máximo de desprendimento de CO<sub>2</sub>, correspondendo a cerca de 85% de conversão do substrato inicial. A mesma conversão foi observada no experimento 7, conduzido com o mosto convencional, contendo somente lúpulo na concentração de 0,1 g/L.

**Tabela 5.1.** Concentração de CO<sub>2</sub> (g/L) determinada no decorrer do processo fermentativo para as diferentes proporções lúpulo/gengibre testadas

Experimento	Tempo (dias)			
	1	2	3	6
1	32,0/35,0	38,2/36,4	39,2/38,2	42,6/40,0
2	35,8/32,8	37,2/36,8	38,7/37,9	41,0/40,2
3	35,9/31,5	39,1/36,9	39,2/40,2	42,9/41,7
4	36,2/35,2	38,5/38,1	41,2/38,8	41,5/43,1
5	39,9/38,7	42,0/45,0	44,7/43,9	45,8/46,8
6	38,6/40,8	44,0/42,6	45,7/44,9	47,9/47,5
7	36,7	42,3	44,0	46,3



**Figura 5.1.** Evolução da produção de CO<sub>2</sub> para os diferentes sistemas estudados.



**Figura 5.1.** Evolução da produção de CO<sub>2</sub> para os diferentes sistemas estudados (continuação).

De acordo com a literatura, normalmente a produção da cerveja de alta fermentação apresenta duração de 2 a 7 dias, dependendo da temperatura (KUNZE, 1999). Neste caso, o tempo de processo está diretamente relacionado com a temperatura. Portanto, o processo fermentativo transcorreu num tempo relativamente longo, tendo em vista que a temperatura utilizada na incubação dos sistemas foi de 30°C. Porém, há que se ressaltar que quanto maior o tempo de processo, melhor a qualidade da cerveja já que propicia uma bebida mais estável e com melhores características organolépticas.

Considerando que a produção de etanol ocorre a partir da atividade metabólica da levedura em condição de anaerobiose, sendo os principais produtos deste metabolismo etanol e CO<sub>2</sub> formados em quantidades equimolares, pode-se calcular pela estequiometria da reação de Gay Lussac (*Equação 1-pág 27*), a quantidade de etanol produzido. Os valores médios de etanol, calculados para as cervejas obtidas nas diferentes proporções lúpulo/gengibre ao final do processo, estão apresentados na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2.** Teor de etanol calculado a partir do valor médio de CO<sub>2</sub> acumulado decorridos 6 dias de processo fermentativo

Experimento	Teor alcoólico calculado	
	(g/L)	(°GL)
1	43,2	5,7
2	42,4	5,6
3	44,2	5,8
4	44,2	5,8
5	48,4	6,4
6	49,9	6,6
7	48,4	6,4

Não houve variação significativa nos teores de etanol calculados, correspondendo o maior valor de etanol ao coeficiente de rendimento  $Y_{P/S}$  de 0,55 g/g, em relação ao substrato inicial (11,5°Brix). Em relação ao grau alcoólico final das cervejas obtidas, os resultados foram muito satisfatórios, já que os mostos após fermentação apresentaram valores entre 5,6 e 6,6°GL. O laboratório ainda não dispõe de condições que permitam reproduzir integralmente o

processo industrial. Segundo Kunze, o grau alcoólico de uma cerveja de alta fermentação é de 100 mg/L

Os resultados correspondentes ao teor de etanol determinados na empresa cervejeira BREWTECH estão apresentados na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3.** Teor de etanol determinado nos mostos fermentados no 6º dia de processo

Experimento	Álcool (°GL)
1	5,7 ± 0,0
2	5,4 ± 0,1
3	5,7 ± 0,0
4	5,4 ± 0,0
5	5,5 ± 0,1
6	5,7 ± 0,1
7	5,7

Conforme era de se prever, não houve grande variação entre os dados apresentados nas Tabelas 5.2 e 5.3. Entretanto, comparativamente, os teores de etanol determinados diretamente nos mostos fermentados foram ainda mais próximos, variando de 5,4 a 5,5°GL. A diferença encontrada entre o cálculo estequiométrico e os valores obtidos de etanol deve-se ao fato de que no cálculo teórico o valor encontrado considera ter sido a glicose totalmente fermentada. Porém, além do etanol, outros compostos voláteis são encontrados na cerveja, como álcoois superiores, responsáveis por suas características organolépticas. Portanto seria de interesse determinar suas concentrações por cromatografia.

Os resultados confirmam que a atividade fermentativa não sofreu qualquer alteração em função da variação da concentração de gengibre de 2,5 a 9,5 g/L. E, que o monitoramento de etanol produzido durante a produção de cerveja pode ser eficazmente realizado indiretamente pelo desprendimento CO<sub>2</sub>.

Os dados referentes ao consumo de substrato são apresentados na Tabela 5.4. Observa-se que a adição de gengibre, nas concentrações estudadas, também praticamente não influenciou o consumo de substrato pela levedura. Nota-se, ainda, o alto consumo de substrato, indicativo de que foram atendidas as condições nutricionais e ambientais para a atividade microbiana.

**Tabela 5.4.** Efeito da concentração de gengibre no consumo de substrato pela levedura cervejeira

<b>Experimento</b>	<b>Substrato residual (g/L)</b>	<b>Substrato consumido (g/L)</b>
<b>1</b>	13,6 ± 0,2	101,4
<b>2</b>	31,8 ± 2,4	83,9
<b>3</b>	12,8 ± 2,5	102,2
<b>4</b>	28,0 ± 0,4	87,0
<b>5</b>	20,8 ± 2,8	94,2
<b>6</b>	27,0 ± 3,0	88,0
<b>7</b>	27,8	87,2

A Tabela 5.5 mostra os resultados das análises do extrato primitivo (mosto básico) e extrato aparente, que correspondem respectivamente ao teor de substrato no mosto antes e após fermentação. Considerando que graus Plato corresponde à concentração de substrato em % (p/v), pode ser confirmado o conteúdo inicial de açúcar fermentescível determinado, por meio do sacarímetro de Brix, no mosto após sacarificação de 11,5°Brix. É importante ressaltar que os valores apresentados correspondem a média de dois experimentos realizados em separado.

Conforme a classificação apresentada no item 3.3, as amostras apresentaram teor de extrato primitivo (mosto básico) dentro da especificação requerida nas condições necessárias para obtenção de cerveja comum (11 a 12,5%). Os resultados também comprovam as determinações de açúcar residual, quantificadas pelo método de Somogyi, a partir de alíquotas do mosto previamente hidrolisado.

O teor final de substrato, expresso em extrato aparente, demonstra que as quantidades de gengibre empregadas não causaram inibição no metabolismo microbiano, ou seja, as

condições nutricionais e ambientais foram favoráveis à atividade da levedura, a cerveja se classifica quanto ao teor de substrato final como baixo (até 2%).

**Tabela 5.5.** Análises de teor de substrato realizadas na indústria cervejeira para os diferentes sistemas estudados

<b>Experimento</b>	<b>Extrato Primitivo (°P)</b>	<b>Extrato Aparente (°P)</b>	<b>Substrato consumido (g/L)</b>
<b>1</b>	12,0 ± 0,1	1,32 ± 0,02	106,8
<b>2</b>	11,7 ± 0,3	1,30 ± 0,03	104,0
<b>3</b>	12,0 ± 0,1	1,35 ± 0,02	106,5
<b>4</b>	11,6 ± 0,0	1,32 ± 0,04	102,8
<b>5</b>	11,7 ± 0,1	1,29 ± 0,03	104,1
<b>6</b>	12,0 ± 0,1	1,30 ± 0,04	107,0
<b>7</b>	12,0	1,27	107,3

Os dados comparativos de fator de conversão de substrato em produto ( $Y_{P/S}$ ) calculados a partir das análises realizadas no laboratório (Tabelas 5.2 e 5.4) e na empresa (Tabelas 5.3 e 5.5) foram compiladas na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6.** Influência da concentração de gengibre nos valores de coeficiente de rendimento

<b>Experimento</b>	<b>LAB</b>	<b>BREWTECH</b>
<b>1</b>	0,52	0,53
<b>2</b>	0,64	0,52
<b>3</b>	0,55	0,54
<b>4</b>	0,64	0,53
<b>5</b>	0,65	0,53
<b>6</b>	0,72	0,53
<b>7</b>	0,70	0,53

$Y_{P/S}$  = fator de conversão de substrato em produto determinado a partir do substrato consumido;

Em geral, os valores calculados a partir das estimativas de etanol pelo desprendimento de CO<sub>2</sub> foram mais elevados enquanto os outros se mantiveram constantes. Comparando-se os resultados pode-se concluir que não houve conversão total do substrato consumido em etanol para nenhuma das condições estudadas nem na cerveja normal.

Os valores de pH determinados ao final do processo fermentativo nas diferentes cervejas produzidas estão na Tabela 5.7. As cerveja apresentam pH entre 4,10 e 4,40. Observa-se uma boa reprodutibilidade entre os ensaios, e ainda, que não houve variação para as diferentes condições testadas. Tal fato corrobora a hipótese sugerida que concentrações de gengibre na faixa de 2,5 a 9,5 não induziram a síntese de outros produtos metabólicos.

**Tabela 5.7.** Efeito do gengibre no pH do mosto após fermentação

<b>Experimento</b>	<b>pH</b>
1	4,5 / 4,5
2	4,6 / 4,7
3	4,5 / 4,6
4	4,6 / 4,8
5	4,6 / 4,6
6	4,6 / 4,6
7	4,6

As cervejas obtidas também foram avaliadas quanto a cor (Tabela 5.8). Nota-se que houve uma ligeira alteração na tonalidade do mosto fermentado entre o primeiro ensaio e sua reprodução posterior. Contudo os valores indicam que todas as cervejas apresentaram coloração dourada, de modo que em termos visuais não há distinção quando comparadas às cervejas tipo Pilsen existentes no mercado.

Como a proposta é de uma nova formulação de cerveja, sugere-se partir de uma combinação de malte que permita obter uma cerveja de coloração mais avermelhada e que, portanto, estaria em harmonia com o sabor do gengibre. Assim, além do apelo quanto ao sabor, os consumidores seriam instigados a degustá-la pela diferenciação quanto ao aspecto visual, que é o estímulo mais forte dentre os cinco sentidos.

**Tabela 5.8.** Variação da cor para as diferentes cervejas produzidas

<b>Experimento</b>	<b>Cor (EBC)</b>
1	8,0-8,5 / 8,0-8,5
2	7,5-8,0 / 8,5-9,0
3	8,0-8,5 / 8,5-9,0
4	7,5-8,0 / 8,5-9,0
5	8,0-8,5 / 8,5-9,0
6	8,0-8,5 / 8,5-9,0
7	8,5-9,0

Todo planejamento experimental (item 4.2.1) requer que os dados sejam tratados para verificar se os mesmos foram significativos e confiáveis. Porém, como os resultados dos parâmetros analisados para as diferentes concentrações de gengibre não apresentaram diferenças entre si, justifica-se a ausência de tratamento estatístico dos dados.

## 6. CONCLUSÕES:

As cervejas produzidas foram classificadas como cervejas claras, de baixa fermentação (*Lager*), normal ou comum e de alto teor alcoólico.

Usando metodologias diferenciadas os dados obtidos pelos cálculos feitos a partir dos experimentos do laboratório e aqueles feitos a partir das determinações analíticas realizadas na BREWTECH, forneceram valores comparativos e uma boa reprodutibilidade.

A análise do teor alcoólico e do teor de substrato permite concluir que a atividade fermentativa não foi afetada pela adição de gengibre, porém as concentrações de gengibre e lúpulo utilizadas para produzir as cervejas não diferiram entre si nas análises experimentais a ponto de ser suficiente concluir qual a melhor proporção de gengibre e lúpulo. Possivelmente as diferenças poderiam ser sentidas no paladar e no odor. Como não foram feitas análises sensoriais, sugere-se fazer novos experimentos, para obter a quantidade necessária para realização dos testes de prova. A pesquisa de opinião também é importante tendo em vista que a qualidade de um produto, seja uma cerveja ou qualquer bem de consumo, está associada à total satisfação do consumidor ou cliente.

Conclui-se que o gengibre, nas concentrações usadas, não interfere nos parâmetros importantes (substrato, pH, teor alcoólico, cor) no processo de fabricação, indicando que pode ser utilizado na elaboração da bebida.

Como sugestões, pode-se aprofundar o estudo a fim de se obter uma cerveja com coloração diferenciada, para estimular os consumidores a apreciarem também pelo diferencial no aspecto visual. Análises cromatográficas, para identificar álcoois superiores, ésteres e outros componentes que contribuam para o sabor e aroma da bebida, também deverão ser realizadas a fim de se obter mais dados comparativos com as cervejas comercializadas em mercado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MATOS, D. A.; COIMBRA, I. J. S.; REIS, J. S.; SILVA, P. H. A. 2005. Fécula de batata como adjunto de malte na fabricação de cerveja. *B. CEPPA*, 23(1): 161-172.
- [2] [www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2004/vinho\\_cerveja/historico\\_cervejas.html](http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/vinho_cerveja/historico_cervejas.html). acessado em janeiro de 2006.
- [3] [www2.uol.com.br/portaldecampos/cevejaria.html](http://www2.uol.com.br/portaldecampos/cevejaria.html), acessado em janeiro de 2006.
- [4] [www.cervesia.com.br/dados\\_estatisticos.asp](http://www.cervesia.com.br/dados_estatisticos.asp), acessado em janeiro de 2006.
- [5] SINDICERV, [www.sindicerv.com.br](http://www.sindicerv.com.br), acessado em fevereiro de 2006.
- [6] ANDRADE, P. 2004. [www.fispal.com/core.php?r=110&m=157&t=779](http://www.fispal.com/core.php?r=110&m=157&t=779), acessado em janeiro de 2006.
- [7] REINOLD, M. R. 1997. Manual prático de cervejaria. São Paulo, Aden, 214 p.
- [8] [www.brewtech.com.br](http://www.brewtech.com.br), acessado em fevereiro de 2006.
- [9] <http://www.members.tripod.com/emersonam/ceveja.html>, autor: Emerson Mansano, pesquisado em 18/01/2006;
- [10] <http://www.cobracem.com.br/porta/ler.asp?id=18&sistema=Artigo>, pesquisado em 18/01/2006.
- [11] TSCHOPE, E.C. 2001. Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia. São Paulo: Aden, 223p.
- [12] HICKENBOTTOM, J.W. 1996. Processing, types and uses of barley malt extracts and syrups. *Cereal Foods World*, 41(10):788-790.
- [13] SLEIMAN M.; VENTURINI FILHO, W. G. 2004. Utilização de extratos de malte na fabricação de cerveja: avaliação físico-química e sensorial. *Braz. J. Food Technol.*, 7(2): 145-153
- [14] SEBRAE/MG. 2005. Ponto de Partida para Início de Negócio – Fábrica de Cerveja. CDI-Centro de Documentação e Informação. SRT-Serviço de Resposta Técnica. Minas Gerais.
- [15] SACHS, L. G. 2001. Cerveja. Apostila. Fundação Faculdades Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná.
- [16] GAZIANO J. M.; BURING, J. E.; BRESLOW, J. L.; GOLDHABER, S. Z.; ROSNER, B.; VANDENBURGH, M. 1993. Moderate alcohol intake, increased levels of high density lipoprotein and its subfractions, and decreased risk of myocardial infarction. *N Engl J Med*, 329:1829-34.
- [17] [www.virtual.epm.br/material/tis/curr-bio/trab99/alcool/ceveja.htm](http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-bio/trab99/alcool/ceveja.htm), acessado em janeiro de 2006.
- [18] [www.angelfire.com/blog/fiasco/Cerveja.html](http://www.angelfire.com/blog/fiasco/Cerveja.html), acessado em janeiro de 2006.
- [19] ARAUJO, F. B. 2000. Perfil sensorial, cromatográfico e características físico-químicas de cervejas provenientes de dois segmentos de mercado. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 109 p.

- [20] COSTA JÚNIOR, J. A. 1996. Desenvolvimento de um processo de produção de xarope de maltose a partir do “grits” de milho. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 68 p.
- [21] CEREDA, M. P. Cervejas. 1983. In: AQUARONE, E. *et al* (Coord.). Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher, Cap. 3, p. 44-78.
- [22] COSTA JÚNIOR, J. A. Desenvolvimento de um processo de produção de xarope de maltose a partir do “grits” de milho. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996. 68 p.
- [23] AMBEV. Companhia Brasileira de Bebidas. Cervejas: fabricação e ingredientes. [www.ambev.com.br/produtos/cervejas](http://www.ambev.com.br/produtos/cervejas). Acessado em julho de 2005.
- [24] VENTURINI FILHO, W. G. 1993. Fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, 233 p.
- [25] HORNSEY I. S. 2002. Elaboración de cerveza: microbiología, bioquímica y tecnología. Zaragoza: Acribia, 229 p.
- [26] VARNAM, A; SUTHERLAND, J. 1994. Bebidas: tecnología, química y microbiología. Zaragoza : Acribia, p.307-365.
- [27] NAKANO, V. M. 2005.. Teoria da fermentação e maturação. *B.CEPPA*, 23(1): 172.
- [28] [sbqensino.foco.fae.ufmg.br/uploads/370/v12a05.pdf](http://sbqensino.foco.fae.ufmg.br/uploads/370/v12a05.pdf), acessado em janeiro de 2006.
- [29] [www.ca.ufsc.br/qmc/curiosidades/cerveja/cerveja.htm](http://www.ca.ufsc.br/qmc/curiosidades/cerveja/cerveja.htm), acessado em fevereiro, 2006.
- [30] OLIVEIRA, M. S. 2004. Flotação em coluna do rejeito remoído do processo de concentração da apatita. Dissertação de Mestrado. FEQUI/UFU, Uberlândia, 131p.
- [31] [http://www.morretes.pr.gov.br/html/info\\_agricola.htm](http://www.morretes.pr.gov.br/html/info_agricola.htm), acessado em janeiro, 2006.
- [32] KUNZE 1996. Technology Brewing and Malting. Berlin: Germany, p.570-587.

## ANEXO1

Fluxograma de um processo genérico de fabricação de cerveja

