

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

Curso de Engenharia de Bioprocessos

**Produção de uma cerveja artesanal Imperial Ipa com diferentes
maturações, com e sem “Dry-Hopping”: avaliação da sua aceitação
e análises físico-químicas**

Guilherme Rodrigues Macedo

Orientador: Antônio Helvécio Totola

Ouro Branco

Dezembro/2015

Guilherme Rodrigues Macedo

**Produção de uma cerveja artesanal Imperial Ipa com diferentes
maturações, com e sem “Dry-Hopping”: avaliação da sua aceitação
e análises físico-químicas**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado
em cumprimento às exigências do curso de
Engenharia de Bioprocessos da Universidade
Federal de São João del Rei**

Orientador: Antônio Helvécio Totola

**Ouro Branco
Dezembro/2015**

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 11 de dezembro de 2015, o Professor Antônio Helvécio Totola, o Professor Brenner Magnabosco Marra e a Professora Alessandra Costa Vilaça foram membros da banca de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado como “Desenvolvimento de uma cerveja artesanal com diferentes maturações: avaliação de sua aceitação e análises físico-químicas”, realizado pelo aluno Guilherme Rodrigues Macedo do curso de Engenharia de Bioprocessos da UFSJ.

O referido aluno, regularmente matriculado no curso de Engenharia de Bioprocessos da UFSJ com número de matrícula foi aprovado com nota:

Coordenadora dos Trabalhos de Conclusão de Curso do DQBIO

Prof. Sandra de Cassia Dias

Membro da banca de avaliação

Prof Antônio Helvécio Totola

Membro da banca de avaliação

Prof. Brener Magnabosco Marra

Membro da Banca de avaliação

Prof. Alessandra Costa Vilaça

Aluno do Curso de Engenharia de Bioprocessos da UFSJ

Guilherme Rodrigues Macedo

RESUMO

Devido ao desenvolvimento do setor cervejeiro, há também o crescimento da demanda por cervejas diferenciadas e com mais qualidade. Seguindo essa demanda, o objetivo desse trabalho foi a elaboração de uma cerveja artesanal, imperial ipa testando a diferença aromática de diferentes maturações, com “Dry-Hopping” e sem “Dry-Hopping”. A produção foi realizada em laboratório utilizando-se 4,5L de cerveja sem Dry-Hopping e 4,5L de cerveja com Dry-Hopping. As amostras passaram por testes sensoriais de forma a se analisar sua receptibilidade e sua aprovação por parte dos consumidores, além de efetuar uma comparação de preferência entre ambas. Além disso foram feitas as seguintes análises Físico-químicas na cerveja: Acidez Total, pH, Açúcares Totais, Proteínas Totais e Cinzas. A produção foi realizada no Campus Alto Paraopeba, localizado na cidade de Ouro Branco. Para a produção das cervejas, utilizou-se um volume total de 9L de cerveja e as análises foram feitas por julgadores não treinados e que não sabiam da diferença entre as cervejas. Em decorrência dessas análises, nota-se que houve uma diferença entre as diferentes maturações, devido a adição tardia de lúpulo no processo de produção.

Palavras-Chave: Dry-Hopping, Imperial Ipa, Cervejas Artesanais, Análises Físico-químicas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVO.....	7
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
LEGISLAÇÃO.....	8
MATÉRIA PRIMA.....	9
PROCESSAMENTO.....	20
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CERVEJA.....	42
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA CERVEJA.....	43
ANÁLISE SENSORIAL.....	45
TIPOS DE CERVEJA.....	51
MÉTODOS.....	53
MATERIAIS.....	53
PREPARO DA CERVEJA.....	54
CÁLCULO DO TEOR ALCOOLICO.....	57
EXTRATO PRIMITIVO.....	58
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	58
CONCLUSÃO.....	66
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	67

1. INTRODUÇÃO:

A Cerveja é uma palavra derivada do latim Bibire(beber), é uma bebida fermentada com aproximadamente 7000 anos de história, o processo apesar de ser inalterado está em fase de desenvolvimento, cada vez sendo mais regulado e melhor controlado. Os ingredientes básicos são cevada maltada, água, lúpulo e levedura, assim como rege a lei da Bavária, embora essa lei não tem sido implementada em alguns países, assim como no Brasil, que permite o uso de cereais não maltados e ou carboidratos de origem vegetal, conhecidos como adjuntos. Esses substratos contribuem como fonte alternativa de substrato e tem um preço menor do que ao malte de cevada. A maioria dos cervejeiros do mundo possui uma flexibilidade na escolha de diferentes matérias-primas, (VENTURINI, 2011)

Há indícios de que a pratica da fabricação de cerveja tenha sido originada na região da Mesopotâmia, onde a cevada cresce em estado selvagem. Há evidências de que Cerveja era fabricada na Babilônia no ano de 6.000 a.C. No Egito a bebida tinha um papel importante nos ritos religiosos. Os primeiros “Mestres Cervejeiros” eram os padeiros, devido ao conhecimento envolvido com a matéria prima. A Cevada era deixada de molho até germinar e então moída grosseiramente, quando moldada conforme bolos adicionava-se levedura. Os bolos depois de assados eram colocados em jarra com água e deixados fermentar. Esse tipo de cerveja ainda é fabricada no Egito e tem o nome de Bouza. Os Egípcios foram responsáveis por disseminar a cerveja entre outros povos, fazendo com que chegasse a Europa, que posteriormente levou o produto para o resto do mundo. Recentemente a Kirin Brewery encontrou uma antiga receita nos túmulos egípcios, que foi datada entre 2650 e 2180 a.C, (AQUARONE et al, 2005, VENTURINI, 2011)

A produção de cerveja é uma das atividades mais antigas desenvolvidas pelo homem e trata-se da bebida mais popular, que vem sofrendo aprimoramento técnico visando o aumento de sua produção e consumo, (VENTURINI, 2011)

Na idade média o lúpulo foi introduzido como matéria prima e então a produção de cerveja passou por um avanço enorme. Nessa época ainda usava-se de toda a espécie de ingredientes na receita. Por esse motivo, Duque Guilherme IV da Bavária, aprovou o que é conhecido como a lei alemã de Reinheitsgebot relacionada com a elaboração de cerveja, sendo permitido somente o emprego de cevada, lúpulo e água, (AQUARONE et al, 2005)

Dentre todas as ervas utilizadas para a produção de cerveja, o Lúpulo é considerado como matéria prima essencial para a produção de cerveja. A lei de Reinheitsgebot então decretou que somente o lúpulo poderia ser usado para conferir amargor a cerveja.

No Brasil a cultura cervejeira foi trazida por D. João VI, no século XIX, durante a permanência da família real em território brasileiro. Nesse período a cerveja era importada de países europeus. Em 1888 foi fundada na cidade do Rio de Janeiro a “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia” e poucos anos depois, em 1891 em São Paulo tornou-se Antártica Paulista. Atualmente as empresas se fundiram, originando a Ambev, a maior empresa cervejeira do Brasil. No ano de 2004 a AmBev anunciou sua fusão com a cervejaria belga InterBrew, se tornando a InBev, pouco depois se fundiu a americana Anheuser-Bush, formando o grupo ABInbev e no ano de 2015 adquiriu a Sab Miler. O grupo detém aproximadamente 35% do mercado cervejeiro do mundo. Ano a ano as pequenas cervejarias e micro-cervejarias aumentam sua fatia na produção nacional. O Mercado de micro cervejarias hoje, soma 1,5% do mercado e segundo Jorge Gitzler, presidente da ABRACERVA – Associação Brasileira de Cerveja Artesanal a projeção é de crescimento de 15% ao ano, (AQUARONE et al, 2005, VENTURINI, 2011).

A cultura cervejeira americana, é conhecida por suas receitas aromáticas, amargas e refrescantes. Uma receita bem desenvolvida são as Americas IPAs, que trazem notas de lúpulos americanos em sua produção. Geralmente IPAs americanas passam por maturação com “Dry-Hopping” para garantir a extração dos óleos essenciais e então conferir características aromáticas bem intensas a cerveja.

2. OBJETIVO

2.1. Geral:

Produzir artesanalmente uma receita de cerveja Imperial Ipa, de formulação própria, comparando duas maturações diferentes, com “Dry-Hopping” e sem “Dry-Hopping” procurando aprender a prática e teoria sobre o processo de fabricação e avaliar a aceitabilidade do produto final através de testes sensoriais de aceitação e preferência.

2.2. Específico:

Produzir de maneira artesanal 10 litros da receita Imperial IPA com ingredientes de alta qualidade, priorizando a qualidade sensorial do produto de modo que seja notada a diferença entre a técnica de maturação com “Dry-Hopping”.

Avaliar a aceitabilidade da cerveja através de escala hedônica utilizando 30 voluntários, escolhidos ao acaso, destreinados.

Avaliar a preferência por parte dos provadores entre as cervejas com “Dry-Hopping” e sem “Dry-Hopping”

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

3.1. Legislação Brasileira

No Brasil, são de competência do Ministério da Agricultura as seguintes atribuições:

- Registro das cervejas nacionais;
- Registro e classificação dos estabelecimentos de industrialização ou importação da cerveja;
- Classificação e padronização da cerveja, através de identidade e qualidade;
- Inspeção e controle sanitário dos estabelecimentos e da bebida, desde a produção até a comercialização;
- Análise da cerveja nacional e da importada;
- Orientação e colaboração com as cervejarias

A classificação é determinada pelos critérios do Decreto nº 6.871, de 4 de Junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 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.

As cervejas são classificadas por: quantidade de extrato primitivo, cor, teor alcoólico, proporção de malte de cevada e tipo de fermentação.

Extrato primitivo: essa classificação só é aplicada para cervejas populares.

Classificação em relação ao extrato primitivo:

- Cerveja leve: extrato primitivo é igual ou maior a 5% em peso, e menor que 10,5% em peso, cerveja leve que cumpre também os requisitos abaixo:
- Redução de 25% de nutrientes ou do valor energético com uma cerveja similar do mesmo fabricante; e
- Valor energético da cerveja pronta para o consumo deve ser no máximo 35 Kcal por 100 mililitros;
- Cerveja comum: extrato primitivo é igual a 10,5% e menor que 12% em peso;
- Cerveja extra: extrato primitivo é maior do que 12% e menor que 14%;
- Cerveja forte: extrato primitivo é maior que 14% em peso;

A cor está relacionada com o nível de torrefação no processo de beneficiamento do malte. Abaixo a classificação quanto a cor segundo a legislação:

- Cerveja clara: menos de 20 EBC (European Brewery Convention)
- Cerveja escura: maior do que 20 EBC
- Cerveja colorida: a que pela adição de corantes naturais apresentam coloração diferente das definidas no padrão EBC

O álcool é uma característica relacionada com a quantidade de açúcares fermentescíveis no mosto antes da fermentação. A levedura irá fazer a conversão desses açúcares em álcool e gás carbônico, assim temos:

- Cerveja sem álcool: porcentagem de álcool menor ou igual a 0,5% em volume, não sendo obrigatória a declaração no rótulo contendo teor alcoólico; ou
- Cerveja com álcool: porcentagem de álcool maior do que 0,5% em volume, devendo constar no rótulo o percentual de álcool em volume;

Quanto a fermentação, existem dois tipos: alta (ales) ou baixa (lagers) fermentação. Há também a fermentação espontânea, denominada Lambic Beer, porém ainda não é considerada pela legislação brasileira.

O amargor da cerveja também não é abordado na legislação brasileira mas tem sido ser levado em consideração pelos amantes de cervejas artesanais. O Amargor é medido em IBU (International Bitter Units) e vai de 10 até 130, em casos mais extremos. O amargor é mais perceptível em cervejas de menos corpo

3.2. Matérias Primas:

Define-se malte como sendo o produto da germinação das sementes de cevada para emprego industrial, utilizado como insumo para fermentação. Outros cereais podem ser maltados, exemplo: malte de milho, de trigo, de arroz e etc. (AQUARONE et al, 2005; CARVALHO, 2007; PALMER, 1999).

3.2.2. Malte:

A cerveja é feita a partir da cevada porque ela apresenta menores dificuldades técnicas no processo de maltagem. Por exemplo, o malte de milho apresenta problemas de ranço e de sua fração lipídica, o trigo sofre ataque de microrganismos que crescem na superfície do grão. A cevada apresenta alto teor de amido, que é o extrato fermentável. A proteína está presente em quantidade necessária para suprir a demanda de nutrição das leveduras durante a fermentação, e formação de espuma no produto final. (PALMER, 1999, VENTURINI, 2011)

A cevada é uma gramínea da espécie *Hordeum vulgare* L. e os grãos na espiga podem estar alinhados em duas ou seis fileiras. Em comparação a cevada de seis fileiras apresenta menor teor de amido, maior riqueza proteica, seus grãos são menos uniformes e possuem mais cascas, logo a cevada de seis fileiras deve apresentar dificuldade na produção de malte e na moagem dos grãos, em resumo, menor rendimento do mosto, entretanto é uma característica que favorece a filtração do mosto e aceita maior proporção de adjunto na formulação da cerveja,

logo nos Estados Unidos usam preferencialmente o malte de cevada de seis fileiras. (PALMER, 1999)

O grão de cevada é constituído por uma casca externa, endosperma amiláceo e germe (embrião) A casca constitui uma proteção externa para o grão, tem em sua composição material celulósico, apresentando proteínas, resinas e tanino em menor quantidade. A casca apresenta a importância tecnológica, pois é utilizada como elemento filtrante. (CARVALHO, 2007, PALMER, 1999)

O Endosperma é um tecido de reserva que acumula amido na forma de grânulo no interior de suas células. O Amido é um polímero de glicose que possui dois tipos de moléculas: amilose, na proporção de 30% que apresenta cadeia linear; e amilopectina, que constitui 70% da fração amido e possui cadeia ramificada. A parede das células do endosperma são fontes de betaglucanos, polímeros que conferem viscosidade ao mosto e ao produto final.

No germe é que ocorre o início do processo de germinação do grão. Ocorre o fornecimento de ar e água através de micrópila. Entre o embrião e o endosperma, há uma estrutura chamada escutelo, que apresenta função de secreção, permitindo a passagem das enzimas (amilases, proteases e glucanases) do embrião para o endosperma e moléculas de açúcares e aminoácidos no sentido inverso.

A cevada para produção de cerveja deve apresentar algumas características: Deve germinar fácil e apresentar brotamento em 98% dos grãos; É preciso que o teor de proteína não seja elevado, o ideal é entre 9,5 e 11,5%, entretanto, essa porção de enzimas deve ser suficiente para hidrolisar todo o amido do malte. (CARVALHO, 2007) (PALMER, 1999) (AQUARONE et al, 2005)

A Finalidade fundamental da maltagem é elevar o conteúdo enzimático dos grãos através da síntese de amilases, proteases, glucanases e etc, aumentando assim seu poder diastático. Estas enzimas catalisarão as reações de quebra das macromoléculas presentes nas matérias primas. A maltagem ocorre em três etapas: maceração, germinação e secagem. (CARVALHO, 2007) (PALMER, 1999) (AQUARONE et al, 2005)

Na etapa de maceração a cevada é colocada em tanques cilíndricos com água, neste processo a água que está em torno de 5 a 18° é trocada em um período de 6-8 horas. É injetado oxigênio nos tanques para que a demanda do embrião seja suprida. O processo termina em aproximadamente dois dias, quando a cevada atinge entre 42 e 48% de umidade, neste ponto há o aparecimento de radícula.

A etapa de germinação consiste em colocar a cevada em compartimentos apropriados, é comum ter fundo falso perfurado com uma camada de 0,25 a 1,5m de cevada. Ar úmido em

fluxo ascendente atravessa o leito de cevada e mantém a temperatura do grão entre 15 a 21, esse processo além de promover uma troca de calor eficiente, arrasta o gás carbônico que é produzido na respiração. O final desse processo é controlado através do crescimento do embrião até atingir dois terços do comprimento do grão, odor e textura dos grãos. O tempo pode variar entre 3 a 6 dias. (CARVALHO, 2007) (PALMER, 1999) (AQUARONE et al, 2005)

O processo de secagem tem como objetivo interromper a germinação. Os germinadores geralmente apresentam fundo falso sobre o qual ocorre o repouso do leito de malte. O Ar quente e seco passa através do leito em fluxo ascendente. A secagem em longo prazo e temperatura baixa produz maltes mais claros que tem como característica ter seu conteúdo enzimático intacto enquanto secagem rápida e a temperaturas mais elevadas produz maltes mais escuros com conteúdo enzimático deficiente. O processo de secagem ocorre em três etapas: o primeiro remove a água livre do grão, temperatura entre 49 e 60°, umidade cai de 48 para 23%; na segunda etapa a remoção da umidade é mais lenta, há a redução do fluxo e o aumento da temperatura, 71°, obtenção de 12% de umidade. Na etapa final a remoção da umidade é ainda mais lenta, e a temperatura do ar fica em torno de 88°. A umidade final é de 4-5% no malte para cerveja de baixa fermentação “lager” e entre 2-3% no malte para cerveja de alta fermentação “ale”.

Os maltes usados em cervejaria devem ter algumas especificações para orientar tecnicamente e comercialmente a escolha do malte. A Tabela 1 mostra os parâmetros que são encontrados em uma análise de malte.

Tabela 1 Especificações para três tipos de malte estrangeiros

Matéria – Prima	Especificação	Quantidade
Caramunich Malt	110,3 EBC	0,5 kg
Carared	39,4 EBC	0,5 kg
Munich Malt	17,7 EBC	1 kg
Pale Ale Malt	5,9 EBC	4 kg
Lúpulo Cascade	5,5% Alfa Acido	50 g
Chinok	13% Alfa ácido	35 g
Fermento US-05	DCL – Fermentis	1 pct

Fonte: AQUARONE, 2005

A diferença na composição do grão em função do processo de maltagem é descrito na Tabela 2:

Tabela 2 Composição média da cevada e da cevada maltada

	Cevada	Malte
Massa do grão, mg	32-36	29-33
Umidade, %	10-14	4-6
Amido, %	55-60	50-55
Açúcares, %	0,5-1,0	8-10
Nitrogênio total, %	1,8-2,3	1,8-2,3
$N_{solúvel}/N_{total}$	10-12	35-50
Poder diastático, °intner	50-60	100-250
α amilase, DU	Traços	30-60

Fonte: AQUARONE, 2005

AQUARONE, 2005 apresenta duas tecnologias que podem melhorar a qualidade e a segurança do malte usado em cervejarias, são elas: Cevadas transgênicas e o uso de Culturas iniciadoras ácido-láticas no processo de malteação.

Culturas iniciadoras ácido-láticas são comumente usadas em diversos campos da indústria de alimentos. Na malteação elas oferecem novas possibilidades para o controle da microflora, pela prevenção do crescimento de microrganismos patogênicos. Essas culturas restringem o crescimento de patógenos Gram-negativos e Gram-positivos, (AQUARONE et al, 2005; VENTURINI, 2011)

AQUARONE, 2005 constatou que o uso de bactéria ácido-láctica na malteação levou a um aumento significativo nas propriedades físico-químicas do malte. A principal vantagem do uso dessa cultura nesse aspecto é a melhora na filtração do mosto, que pode ser explicada de forma simples: A cevada é um cereal rico em B-glucanas, fibras insolúveis que dificultam o processo cervejeiro, essas culturas produzem B-glucanase que realizam a quebra das b-glucanas, tornando-as solúveis, facilitando a filtração.

3.2.3. Adjuntos:

São definidos como fontes alternativas de carboidrato para o mosto cervejeiro, podem substituir o malte parcial ou integralmente.

O adjunto geralmente é um produto de um beneficiamento de cereais ou de outros vegetais ricos em carboidrato. Os adjuntos mais utilizados na indústria cervejeira são: milho, arroz, cevada, trigo e sorgo. Estudos vem tentando evidenciar o potencial uso de Centeio, aveia, batata, mandioca e etc.

Por razões econômicas o adjunto é utilizado, eles apresentam menor custo na produção do extrato. Também podem contribuir para a qualidade físico-química e sensorial da cerveja. Reduzem o teor de nitrogênio solúvel no mosto, diminuindo a probabilidade de infecção láctica

na cerveja, melhorando sua estabilidade e aumentando a vida de prateleira do produto. As cervejas que utilizam adjunto em sua formulação apresentam corpo mais leve, cor mais clara e saciam menos, isso favorece o maior consumo do produto, (AQUARONE et al, 2005; VENTURINI, 2011)

A regulação do uso de adjunto está relacionada com a capacidade das enzimas do malte hidrolisarem todo o amido contido nas matérias-primas, e pela capacidade do malte prover nutrientes às leveduras, de acordo com a legislação vigente no país de origem.

No Brasil a substituição do malte pelo adjunto pode chegar a 80%. O abuso da quantidade de adjunto pode resultar em mosto pouco fermentescível. A cerveja pode apresentar pouco corpo e com espuma de má qualidade.

Os adjuntos podem ser classificados quanto a sua composição química em amiláceos e açucarados. Dos amiláceos, o milho na forma de “grits” e arroz como quirera tem sido utilizados pelas cervejarias a nível mundial. Cervejarias estrangeiras usam flocos de cereais, cereais torrados e micronizados, todos contendo amido na forma gomificada, (AQUARONE et al, 2005; VENTURINI, 2011)

Dos adjuntos açucarados destaca-se o xarope de cereais, sendo o de milho o principal deles. Açúcar comum e o invertido são utilizados para corrigir o teor de extrato final do mosto.

3.2.4. Lúpulo:

É uma planta de difícil cultivo, é dioica, possuindo flores masculinas e femininas em indivíduos diferentes, ou seja, planta hermafrodita.

Plantas femininas são de maior interesse comercial/industrial devido as flores na forma de cone e os frutos resultantes. Na maioria dos cultivos, as plantas machos são erradicadas, tem-se assim lúpulo sem semente, e este é utilizado para produção de cervejas “lager”. Em alguns países a produção se faz com planta fertilizada, apresentando semente.

As flores femininas contem lupulina (resinas, óleos essenciais, etc.) que são responsáveis pelo aroma e amargor característicos de lúpulo. O lúpulo além de conferir amargor e aroma, também contribui com uma ação antisséptica, a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja. (CARVALHO, 2007, VENTURINI 2011)

As frações mais importantes da lupulina são as resinas e os óleos essenciais. Resinas são constituídas por alfa e beta ácidos. Os alfa ácidos são os responsáveis pelo amargor da cerveja. Durante a fervura, as moléculas de alfa-ácidos são isomerizadas para a forma alfa-iso-ácidos, esses compostos são mais amargos e mais solúveis do que os alfa ácidos. (AQUARONE et al, 2005)

Segundo PALMER (1999) Lúpulos de amargor são ricos em ácidos alfa, cerca de 10% do seu peso e lúpulos de aroma contém menos de 5%. A grande variedade está no meio termo e são usadas para as duas finalidades. Diferentes adições garantem um equilíbrio entre amargor, sabor e aroma. De acordo com o autor, há 5 principais tipos de lúpulo adicionados e seus atributos, são eles:

(i) First Wort Hopping (FWH) – Lupulagem do primeiro mosto: Consiste em acrescentar grande porção de lúpulo aromático a panela de fervura. A medida que o lúpulo impregna no mosto quente, ocorre a liberação de suas resinas e óleos voláteis. Os óleos aromáticos são insolúveis e evaporam-se em grande quantidade durante a fervura. Ao deixar lúpulo no mosto antes da ebulição, os óleos tem mais tempo para oxidar compostos mais solúveis e uma maior porcentagem é retida durante a fervura. O Lúpulo a ser usado nessa etapa tem que ter baixa quantidade de alfa ácidos e não pode ter mais do que 30% da quantidade total de lúpulo, esta adição não contribui para o amargor do processo, somente em um aroma mais refinado. (PALMER, 1999)

(ii) Amargor: Os lúpulos são adicionados durante a fervura e permanecem por um período entre 45 e 90 minutos para a isomerização do alfa ácido. Os óleos aromáticos tendem a se evaporar por serem mais voláteis e então deixam pouco sabor e nenhum aroma, logo torna-se melhor a adição de lúpulos com maiores concentrações de alfa ácidos pois fornecem amargor sem prejudicar o odor da cerveja. É melhor adicionar pouca quantidade de lúpulo com alto teor de alfa ácido do que uma maior quantidade de lúpulo com menores concentrações do ácido. (PALMER 1999)

(iii) Sabor: Adiciona-se lúpulo no meio para o final da fervura para ter uma harmonia entre a isomerização dos ácidos alfa e a evaporação dos aromáticos, torna-se mais apropriado escolher lúpulos com baixas concentrações de ácidos alfa. Uma maior complexidade de sabor é adquirida adicionando diferentes tipos de lúpulos.

(iv) Acabamento: A adição tardia de lúpulo garante um maior aproveitamento dos óleos aromáticos e então mais aroma de lúpulo é retido. Normalmente adiciona-se o lúpulo de acabamento quando a fonte de calor é desligada e deixada por 10 minutos no mosto. Há alguns casos de uso de “hopback” que consiste em passar o mosto quente por uma câmara cheia de lúpulos frescos antes de haver o resfriamento.

(v) Dry-Hopping: Trata-se da adição de lúpulo no fermentador, desde que não seja enquanto as leveduras estiverem fermentando para evitar que os aromas sejam carregados pelo dióxido de carbono produzido na fermentação. O Ideal é adicionar o lúpulo durante a fase de maturação permitindo que os óleos voláteis se dissolvam na cerveja, garantindo assim,

diferenças significativas no aroma do produto final. A técnica mais utilizada é a utilização de um saco de malha de nylon (“hop bag”) para facilitar a remoção do lúpulo antes de engarrafar. Não deve-se preocupar com a questão das contaminações em relação á adicionam lúpulo, pois quando o lúpulo é adicionado, no fim da fermentação, o álcool ajuda a conter qualquer possível fonte de contaminação, a maturação é uma etapa em que tem uma baixa quantidade de substrato e além disso o lúpulo é antibacteriano, (PALMER, 1999; PHILL, 2011)

Os óleos essenciais são uma mistura de vários componentes, apresentam influencia no sabor da cerveja, embora a maior parte destes seja arrastada com o vapor durante a fervura do mosto. Em citação, CAVALCANTI, 2011, fez algumas observações sobre a técnica para favorecer o uso desses óleos essenciais, que é o “Dry-Hopping”, consiste em adicionar o lúpulo que tem maiores concentrações de óleos essenciais na etapa de maturação do produto, essa técnica consiste em usar um pacote permeável estéril com lúpulo dentro de forma a ser facilmente manuseado para ser colocado e retirado na etapa de maturação. O tempo ideal dessa técnica é de aproximadamente 5 dias e o ideal é minimizar o efeito de oxigênio neste processo. Pode-se utilizar gás carbônico para expulsar o oxigênio presente. O processo de lupulagem torna-se parte integrante das formulações técnicas cervejeiras, uma vez que afeta diretamente as características qualitativas do produto, (CAVALCANTI, 2011)

PALMER (1999) descreve a maneira de se medir o lúpulo para uso em cervejaria. A primeira é medir o potencial do amargor do lúpulo, as unidades de alfa ácidos (AAU) equivalem ao peso do lúpulo em onças, multiplicado pela porcentagem de alfa ácidos. Usando esse cálculo você consegue definir qual é o melhor custo benefício para obter o amargor da receita.

3.2.5. Água:

Em termos de quantidade, representa praticamente a totalidade da composição do processo cervejeiro. Por esse motivo as cervejarias localizam-se em regiões onde a composição da água é favorável, ou seja, composição uniforme e de boa qualidade.

Toda a água contem sais dissolvidos, em quantidades diferentes, é necessário que essa quantidade seja baixa para que a água não tenha “gosto” conforme os sais dissolvidos. Há um risco em utilizar águas naturais pois elas podem possuir matéria orgânica e compostos gasosos que podem conferir além de gosto, odor. A quantidade de sais, influenciam os processos químicos e bioquímicos (enzimáticos) envolvidos na fermentação, logo influenciam na qualidade do produto final. Se a agua não for de boa qualidade e ou não apresentar características químicas favoráveis, pode ser tratada por processos que a purifiquem, e se

necessário efetuar modificações a níveis de íons inorgânicos apresentados, (PALMER, 1999; REITENBACH, 2010 apud MATOS, 2011).

A água a ser utilizada deve apresentar características para assegurar um pH desejável na mistura de malte durante a mosturação promovendo a extração dos princípios aromáticos e amargos do lúpulo e permitir uma fermentação asséptica

Uma boa água cervejeira deve apresentar os seguintes requisitos: (1) ser potável, transparente, incolor, inodora e livre de qualquer sabor estranho; (2) deve apresentar alcalinidade máxima de 50ppm, e o ideal é que seja menor do que 25. Dentro desse limite de alcalinidade consegue-se trabalhar com o pH entre 4 e 9; (3) possuir aproximadamente 50 ppm de cálcio, (AQUARONE et, al, 2005).

Fica evidente a necessidade de fazer análises regulares quanto a dureza, odor, sabor, coloração e turbidez. Vale lembrar que cervejarias usam não somente água para a produção de cerveja, mas também para a limpeza, geração de vapor e outros processos. O consumo de água varia de 4 a 10 vezes o volume de cerveja produzida.

A Tabela 3 demonstra em termos gerais, as características que a água deve possuir para a produção de cerveja.

Tabela 3 Caracterização da água para produção de cerveja

Parâmetro	Unidade	Especificação
Sabor	-	Insípida
Odor	-	Inodora
pH	pH	6,5-8,0
Turbidez	NTU	menor que 0,4
Matéria Orgânica	mg O ₂ /L	0-0,8
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	50-150
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	18-79
Sulfatos	mgSO ₄ /L	01- 30
Cloretos	mgCl/L	01 - 20
Nitratos	mgNO ₃ /L	Ausente
Cálcio	mgCa ²⁺ /L	05 - 22
Magnésio	mgMg ²⁺ /L	01- 06
CO ₂ livre	mgCO ₂ /L	0,5-5

Fonte: AQUARONE, 2005

3.2.6. Microbiologia

As leveduras são classificadas como fungos, normalmente são unicelulares e se reproduzem por brotamento. As leveduras não constituem um grupo definido de microrganismo, elas pertencem às classes dos Ascomycetes, Basidiomycetes e Deutoromycetes. As leveduras utilizadas na produção de cerveja pertencem a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, (AQUARONE et, al, 2005)

Há milênios as leveduras vem sendo usadas para a produção de pão, cerveja, vinho, outros alimentos e bebidas obtidas por fermentação, que é o caso da cerveja. Atualmente usa-se levedura em diferentes processos fermentativos, com a produção de variados tipos de produtos. Analisando sua atividade metabólica, pode-se obter enzimas, vitaminas, proteínas, gorduras e etc, (AQUARONE et, al, 2005)

As características organolépticas de sabor e aroma de qualquer cerveja estão determinadas de acordo com o tipo de levedura utilizada. O Etanol é o principal produto durante a fermentação do mosto. O tipo e a concentração de vários outros tipos de produtos de excreção gerados pela fermentação são quem determinam o sabor da cerveja. A formação destes compostos depende do balanço metabólico global do cultivo de levedura. Os fatores que podem influenciar no balanço metabólico são: temperatura, pH de fermentação, tipo e proporção do adjunto, modelo de fermentador e a concentração do mosto, (VENTURINI, 2011)

Atualmente tem-se designado a todas as cepas empregadas a produção de cerveja á espécie *Saccharomyces Cerevisiae*. A literatura se refere às leveduras como tipo S. *Cerevisiae* tipo ale, “de alta fermentação” e tipo ale “de baixa fermentação”.

A cerveja lager é produzida por leveduras de baixa fermentação entre 7-15°C, as leveduras floculam no final da fermentação, que ocorre entre o 7-10 dia de fermentação, e são coletadas na base do fermentador. As leveduras de alta fermentação fermentam a temperatura entre 18 e 22°C, nessa fermentação há a adsorção de células nas bolhas de CO₂ são carregadas até a superfície do mosto, onde são coletadas. A diferença entre lager e ale, baseada em leveduras tem sido menos usual com a utilização dos fermentadores cônicos, (VENTURINI, 2011)

Espera-se que um cervejeiro reconheça as propriedades suplementares de um fermento, três características tem importância fundamental para a seleção da levedura a ser utilizada.

A primeira característica é que a levedura deve conferir a cerveja sabor e odor agradáveis. Essa questão é desejável, embora parâmetros que são externos a fermentação podem contribuir para o insucesso do produto final, como a procedência da matéria prima e as adequadas técnicas de processamento.

Segundo há a necessidade que a levedura cresça adequadamente e o ideal é que o fermento aumente sua massa de 3 a 5 vezes. Crescimento menor causa problemas na fermentação, crescimento maior indica que o substrato disponível no mosto ao invés de ser utilizado para fermentação foi consumido para produção de biomassa, (CARVALHO, 2007)

Terceiro, a forma que a levedura decanta indica qual foi o tipo de fermentação, qual a forma ideal para separação do fermento e do tipo de cerveja obtida.

PALMER (1999) evidencia a importância de reidratar a levedura seca pois a concentração de açúcares no mosto é tão alta que a levedura não pode extrair água suficiente através das membranas para reiniciar seu metabolismo.

Para assegurar uma boa fermentação é necessário fornecer à levedura quantidade suficiente de oxigênio para um rápido crescimento. A levedura usa oxigênio na biossíntese dos componentes que formam as membranas das células, que por sua vez são responsáveis por processar açúcares para se alimentar e crescer, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

A água deve ter Cálcio, Magnésio e Zinco, necessários no metabolismo da levedura.

O Magnésio é essencial no metabolismo celular e deve-se atentar a quantidade de Cálcio no mosto para não ocorrer inibição do Magnésio.

Normalmente o Zinco é um mineral deficiente no mosto. As adições de zinco contribuem para o número de células e consequentemente no starter. O uso excessivo pode promover a produção de subprodutos que causem sabores estranhos. O Zinco é um catalisador e tende a permanecer na geração seguinte portanto deve-se tomar cuidado com a adição. (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

A levedura precisa de Oxigênio para biossíntese da membrana celular, promovendo assim a síntese de esteróis e ácidos graxos insaturado, logo nota-se que a disponibilidade de Oxigênio é um fator limitante na produção de biomassa e consequentemente na fermentação. A fervura retira muito Oxigênio dissolvido no mosto, então torna-se necessário a aeração antes da fermentação, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

As Bactérias contaminantes agem no mosto e na cerveja e geralmente causam turbidez, e anormalidade no sabor e odor da cerveja.

As bactérias são divididas em gram positivas e gram negativas. As gram positivas (láticas) são responsáveis pela deterioração da cerveja, quando contaminam a cerveja produzem metabólitos indesejáveis, como o precursor da molécula diacetil, que causa um odor manteigoso na bebida, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

Bactérias gram negativas (acéticas) contaminam a bebida quando ela está exposta ao ar. Essas bactérias oxidam o etanol para o ácido acético causando o azedamento da cerveja.

Também há o caso de outras bactérias que produzem quantidade excessiva de acetaldeído e gás sulfúrico. Normalmente as contaminações ocorrem pelas bactérias gram negativas.

O Controle da infecção bacteriana pode ser realizado de diversas formas. Como a levedura pode ser aproveitada, o inóculo é um potencial reservatório de bactérias, logo há a necessidade de um bom manuseio para evitar contaminações, uma técnica utilizada é a lavagem do fermento com ácidos minerais por duas horas em pH próximo de 2,5. Há quem reutilize a levedura por até 10 rodadas de fermentação.

A melhor forma de conter contaminantes é manter o equipamento limpo esterilizado. O uso de aço inoxidável é o mais indicado para os processos cervejeiros já que fácil de ser limpo. Segue um passo a passo de uma limpeza de uma operação:

- (a) Lavagem com água sobre pressão para remoção das sujeiras mais grossas.
- (b) Tratamento com solução de soda cáustica e hipoclorito de sódio. A soda cáustica dissolve proteínas e atua como desinfetante
- (c) Enxaguar com água a fim de arrastar qualquer resíduo de detergente e desinfetante.

Julga-se necessário o controle biológico nas paredes dos equipamentos, no mosto e na cerveja, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

3.3.Processamento

O Processamento tradicional pode ser dividido em oito operações essenciais: Moagem do malte; mosturação ou tratamento enzimático do mosto; filtração do mosto; fervura do mosto; tratamento do mosto (remoção do precipitado, resfriamento e aeração); fermentação; maturação e clarificação, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

3.3.1. Moagem

Não deve ser interpretada como redução a pó e sim como esmagamento. A moagem influencia as transformações físico-químicas, o rendimento, a clarificação e a qualidade do produto final. Uma boa moagem deve promover a redução do grão de malte de modo uniforme para obter: rompimento da casca no sentido longitudinal, expondo dessa forma o endosperma, porção aonde contem maior parte amiláscea no grão; a desintegração do endosperma, favorecendo a atuação enzimática; e a produção mínima de farinha, para evitar que o mosto produza uma quantidade excessiva de pasta, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

3.3.2. Mostura

É o termo usado para o processo de embeber em água quente, que hidrata a cevada, ativa as enzimas e por meio dessa ativação converte o amido dos grãos em açúcares fermentescíveis. Cada grupo de enzimas tem sua faixa ideal de pH e temperatura para promover uma melhor degradação do material amiláceo. A Finalidade é recuperar a maior quantidade possível de extrato a partir do malte ou da mistura de malte e adjuntos, (CRUZ et, al, 2008)

Apenas uma pequena quantidade do extrato do mosto (10~15%) é solúvel em água, o restante é o produto da degradação enzimática de macromoléculas. Nesse processo, 90% dos amidos são solúveis a 45,5°C e atingem sua máxima solubilidade a 60°C.

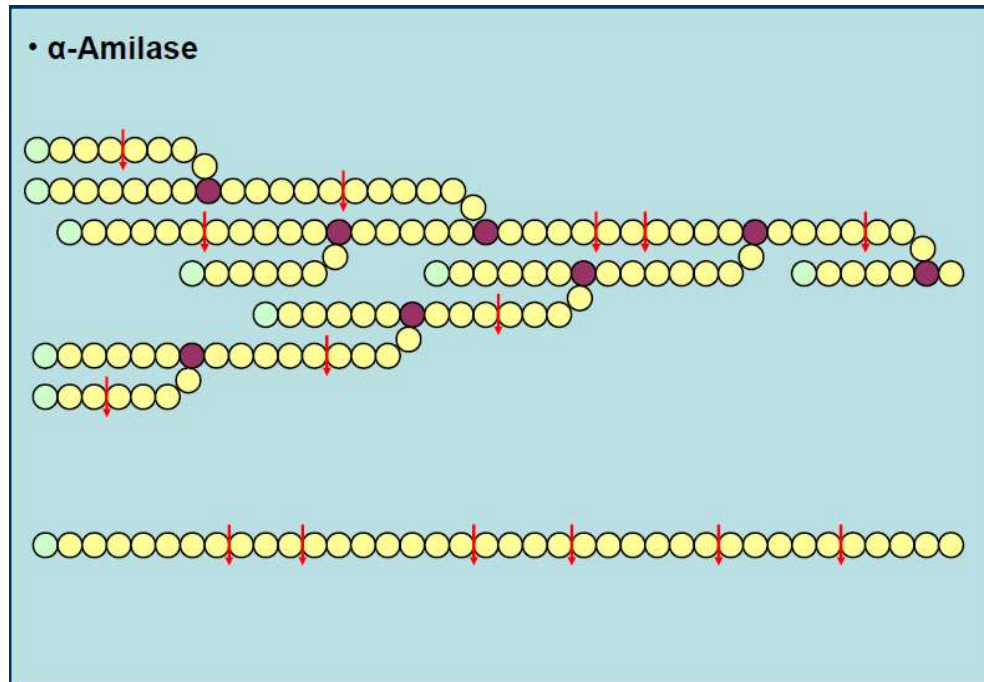
Todos os grãos tem suas reservas de amido protegida por proteína/carboidrato que atrapalham o contato das enzimas, por isso há a necessidade de fazer uma boa moagem para favorecer esse contato entre enzima e substrato. Esmagar ou mexer os grãos nessa etapa favorece a solubilização do amido, por meio do calor ou pela combinação de calor e ação enzimática.

A escolha do tipo de mosturação (tempo/temperatura) durante a ação enzimática depende da composição e do tipo de cerveja desejado, analisando a quantidade de açúcares fermentescíveis ou do quanto de substância proteica de alto peso molecular seja necessário.

A variação de temperatura favorece o trabalho das diferentes enzimas que vão agir nas diferentes partes do amido, quebrando-as em diferentes tamanhos e gerando açúcares diferentes. Em altas temperaturas na mistura (67 a 72°C) há a produção de açúcares mais complexos, chamados “dextrinas”, que não são fermentados pelas leveduras, resultando em cervejas mais doces e encorpadas. Temperatura entre 62 e 66°C há a produção de açúcares mais básicos como a maltose, que consegue ser fermentado pela levedura, o resultado são cervejas sem doçura (secas), (PALMER, 1999).

As α -amilases hidrolisam ligações glicosídicas α -1,4 internas ao acaso, exceto na proximidade da ramificação, resulta em poli e oligossacarídeos de glicose (dextrinas) com diferentes tamanhos. São enzimas dependentes de Ca^{2+} , (BICAS, 2012). A Figura 1 representa ação da alfa amilase.

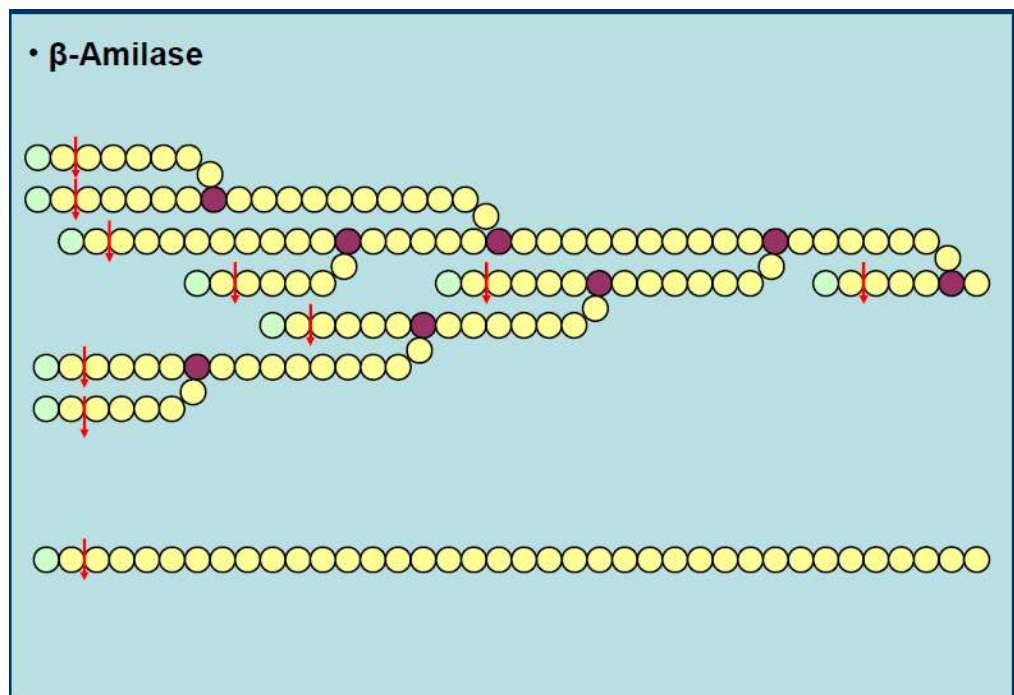
Figura 1 Ação da Alfa Amilase



Fonte: BICAS, 2012

A β -amilase hidrolisa ligações glicosídicas a α -1,4 liberando maltoses a partir das extremidades não redutoras. O produto dessa hidrólise é a maltose na forma β . A Figura 2 ilustra a degradação da beta amilase.

Figura 2 Ação da Beta Amilase



Fonte: BICAS, 2012

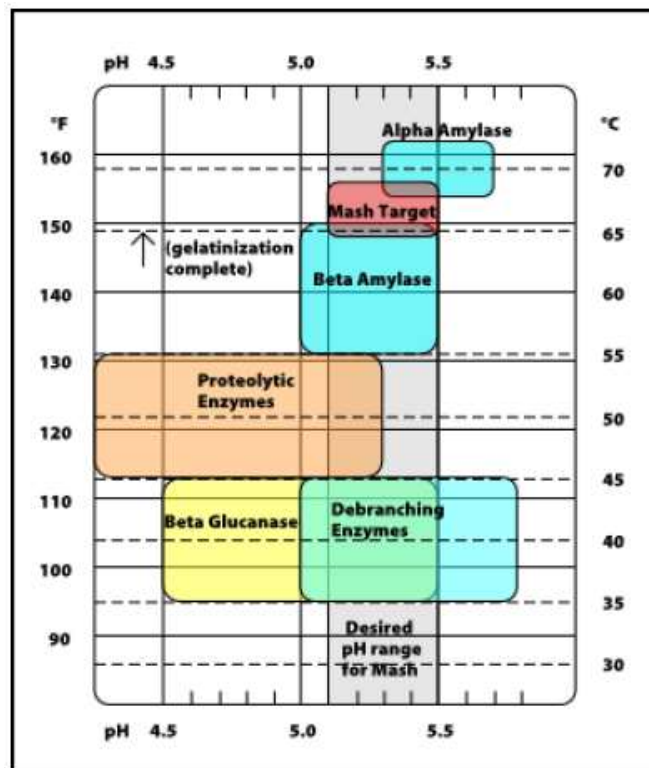
As proteases produzem peptídeos e aminoácidos a partir da degradação de proteínas, as fosfatases liberam íon fosfato orgânico para o mosto. As betaglucanases hidrolisam o carboidrato betaglucano, goma presente nas paredes celulares que causam problema na filtragem. As enzimas de desramificação atacam o ponto de interseção das ramificações da molécula do amido. O resultado final dessas ações enzimáticas resultam monossacarídeos, dissacarídeos, trissacarídeos e tetrassacarídeos. (CRUZ et al, 2008)

Quando a dosagem de proteína não está adequada no mosto, corrige-se com o uso de proteínas suplementares por meio de adição de adjuntos, então ocorre a diluição da proteína do mosto, e obtém-se uma cerveja mais clara, que saciam menos e conservam melhor. (CRUZ et al, 2008)

Durante a mosturação faz-se o teste de iodo para avaliar se todo o amido foi convertido em açúcar. Em caso negativo continua-se a mosturação, em caso positivo eleva-se a temperatura para faixa de 78°C para promover a inativação enzimática. (PALMER, 1999)

Como já mencionado, cada enzima tem uma função, que é descrita na Tabela 5. Nota-se que a faixa de pH ideal do mosto é entre 5 e 5,5, como mostra a Figura 3.

Figura 3 Gráfico da faixa ideal de pH para a ação enzimática



Fonte: PALMER, 1999

Tabela 4 - Enzimas que atuam na mosturação, função e condições ideais.

Enzima	Temperatura de Atividade (°C)	pH de atividade	Função
Glucanases	35 a 45	4,5 a 5,5	Quebram as moléculas que conferem rigidez ao amido
Enzima de desramificação	35 a 45	5 a 5,5	hidrolizam ligações glicosídicas na amilopectina em amiloses
Proteases	45 a 55	3,7 a 5,3	Degradam proteínas, formando complexos de menor peso molecular, mais solúveis. Estes são importantes nutrientes no processo de fermentação. Polipeptídeos de alto peso molecular são importantes para a estabilidade da espuma
β -amilases	55 a 65	5 a 5,5	Decompõe a amilose e a amilopectina em duas unidades de glicose
α -amilases	65 a 75	5,3 a 5,7	Atuam desordenadamente sobre as ligações internas α -(1,4)

Fonte: Adaptado de PALMER, 1999.

3.3.3. Filtração:

É realizada em um outro recipiente, denominado tina de filtração, geralmente tem-se um fundo falso. A casca do malte é uma ótima camada filtrante, mas depende de bom manuseio para que se forme essa camada filtrante, além de bom manuseio, a boa formação dessa camada depende de uma moagem adequada dos grãos. Após essa operação a camada filtrante é lavada com uma quantidade de água denominada água de lavagem, a 75°C que tem como objetivo aumentar a extração de açúcar e consequentemente elevar o rendimento do processo. Julga-se necessário fazer uma recirculação do mosto antes da lavagem para diminuir as interferências, já que o mesmo passará por um processo de filtração. (VENTURINI, 2011)

A parte insolúvel que é separada do mosto é constituída pela casca do malte, fragmentos da camada de aleurona, plúmula, restos de parede celular e proteína coagulada. Estes serão responsáveis pelo leito de filtração através do qual o mosto é separado.

AQUARONE, 2005 reforça a importância na temperatura de lavagem do meio filtrante porque na temperatura de 75° a viscosidade do mosto favorece a separação do resíduo e não existe o risco de extrair substâncias insolúveis das matérias-primas, incluindo os taninos da casca do malte.

Após o processo de lavagem do meio filtrado, a torta do filtro é recuperada na forma de subproduto e vendida geralmente para fazendeiros como alimento animal, devido ao alto teor de fibras, como mostra a tabela abaixo Tabela 5.

Tabela 5 Composição do bagaço do malte

	Media	Varição
Matéria seca, %	26,3	24,4-30,0
Proteína Bruta, % ps	23,4	18,4-26,2
Proteína digestível, % ps	18,5	13,9-21,3
Fibra Bruta, % ps	17,6	15,5-20,4
Fibra digestível, % ps	7,9	6,6-10,2
Cinzas totais, % ps	4,1	3,6-4,5
Lipídeo, % ps	7,7	6,1-9,9
Amido, % ps	11,6	-

Fonte: AQUARONE, 2005

A recirculação é necessária cada vez que a cama de grãos se move, tem o objetivo de reduzir a possibilidade de encontrar partes de grãos ou cascas no mosto extraído. Trata-se da recirculação do mosto com a finalidade de filtrar o material indesejável na camada de grãos formada (PALMER, 1999).

Lavagem é o enxague da cama de grãos para extrair a maior quantidade possível de açúcares sem taninos adstringentes das cascas dos grãos. Geralmente usa-se a proporção de 1,5 vezes mais água para a lavagem do que para a mosturação. A temperatura não pode estar acima de 76,7 °C para evitar que os taninos das cascas fiquem mais solúveis. É necessário que a lavagem seja feita lentamente para obter a melhor extração dos grãos. O método mais usado é fazer a lavagem depois que o recirculado foi drenado, indica-se fazer a lavagem com o fluxo que permita ter 2,5cm de água acima da camada de grãos, dessa forma mantém-se um estado fluido e não suscetível de compactar-se por efeito da gravidade. PALMER, 1999 recomenda o uso de um tubo de saída da lavagem que permita a circulação homogênea em toda a camada de grãos, evitando assim, caminhos preferenciais ou deformação da camada de grãos.

A água de lavagem também é responsável pela correção do volume ou da densidade esperada e devemos levar em consideração a absorção da água da brasagem pelos grãos, que

gira em torno de 1 litro de água para cada kg de malte. Leva-se em consideração a perda na fervura para evitar que após a evaporação, seu volume, ou densidade esperado seja menor que o previsto, o cálculo de evaporação varia de cada cozinha cervejeira, mas pode-se calcular aproximadamente a perda de 15% do volume em 1h de fervura, (CAVALCANTI, 2011).

3.3.4. Fervura:

O mosto é fervido para várias finalidades: ajustar a concentração de açúcar desejada; adicionar lúpulo para conferir amargor e aroma para o produto final; inativação enzimática, esterilização do mosto e coagulação proteica. Na literatura, evidencia-se a necessidade de adicionar ácido láctico 96% para regular o pH em 4,5 que é o pH inicial da fermentação. (VENTURINI, 2011).

AQUARONE, 2005 defende que a fervura tem como objetivo conferir estabilidade biológica, bioquímica e coloidal. Nessa etapa há o desenvolvimento de cor, aroma e sabor devido a concentração de extrato provida pela evaporação de água.

A flora microbiana que resistiu a mosturação é destruída e o pH ácido contribuem para a esterilização do mosto. As proteínas e os taninos são coagulados e eliminados do mosto na forma de trub.

Durante a ebulição, compostos voláteis são eliminados, geralmente estes compostos conferem sabor e odor ao produto final, por isso há a necessidade de adicionar o lúpulo para garantir essas características, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

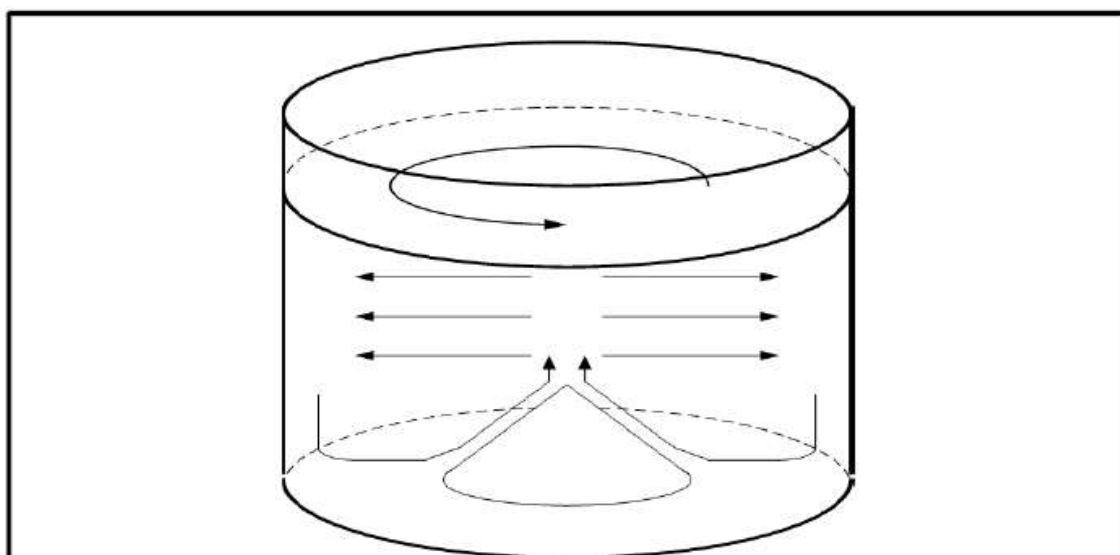
A adição de lúpulo normalmente é feita em 3 etapas: a primeira representa um quarto do peso total é feita após 15 minutos do início da ebulição e tem como objetivo ajudar a coagulação das proteínas; a segunda é adicionada 30 minutos mais tarde e tem como objetivo conferir o amargor característico da cerveja; a última adição é feita a 15 minutos do final da fervura e geralmente é utilizado lúpulos com baixos teores de alfa ácidos, com alto teor de óleos essenciais para conferir aroma a cerveja.

O desenvolvimento de cor ocorre pela caramelização dos açúcares, formação de melanoidinas e oxidação de taninos. Essas reações produzem odores de noz, leite caramelizado e etc.

Terminada a fervura, o “trub e o bagaço do lúpulo são separados por whirlpool”. Quanto ao “whirlpool”, essa técnica consiste em promover o aglomeramento das partículas do trub no centro do tanque, facilitando sua separação do líquido. A movimentação do mosto em movimentos circulares gera uma força centrífuga dinâmica de movimentação das partículas em suspensão, colidindo os sólidos contra as bordas do tanque. O atrito gerado com as paredes, faz

com que a velocidade do líquido seja menor nas paredes do tanque, logo essas partículas perdem velocidade e começam a decantar. Posteriormente as partículas mais próximas ao centro (que somam a grande maioria no mosto), à medida que vão perdendo velocidade são decantadas. Dessa forma ocorre a aglomeração maior no centro do tanque, formando uma espécie de pirâmide. Dessa forma, o líquido pode ser retirado sem as proteínas decantadas. Esse processo não deve durar mais do que 30 minutos, para evitar a oxidação do mosto. O oxigênio é prejudicial a cerveja pois influencia as características como cor, paladar, estabilidade física e química. (CARVALHO, 2007; PALMER 1999; HOME BREW TALK, 2015).

Figura 4 Dinâmica de movimentação do mosto e das partículas sólidas no whirlpool, formando o trub no fundo da panela, em forma piramidal.



Fonte: Home Brew Talk, 2015

O amargor provido pelo lúpulo equilibra a doçura do malte e proporciona uma refrescância. O principal agente de amargor é chamado de ácido alfa, que é insolúvel em água. Durante o processo de fervura há a isomerização desse ácido e então ele se torna mais solúvel. A variedade de lúpulo usada para amargor deve ser fervida por mais tempo para garantir a eficiência da extração. Os componentes aromáticos são produzidos pela volatilização dos óleos essenciais, porém há uma grande perda desses compostos durante a ebulição, julga-se necessário a adição do lúpulo aromático para ficar no máximo 15 minutos na tina de fervura. (PALMER, 1999)

Depois da fervura é necessário resfriar o mosto para evitar a oxidação, contaminação e a formação de dimetil sulfeto (DMS) (SILVA et al, 2009). O dimetil sulfeto é formado por bactérias ou pelo calor ao provocar a redução de S-metil-metionina que é produzido na

malteação. O DMS tem sabor rançoso e é um off-flavor fácil de ser identificado. O DMS é formado na fervura e eliminado na evaporação da água por se tratar de um composto volátil. (CARVALHO, 2007; REITENBACH, 2010 apud MATOS, 2011).

3.3.5. Resfriamento e aeração do mosto:

O resfriamento do mosto tem objetivo de reduzir a temperatura de 100°C para 15°C em caso de alta fermentação e 6°C em caso de baixa fermentação. Esse processo auxilia na eliminação de componentes do mosto que causam turbidez através de sua precipitação.

O esfriamento rápido é necessário para promover a precipitação permanente das proteínas. Caso o esfriamento seja lento, haverá precipitação parcial das proteínas, formando uma bruma (Haze), à medida que a cerveja aumenta de temperatura, as proteínas voltam a dissolver-se e isso se relaciona com problemas de estabilidade da cerveja. Cervejas com esse haze tendem a ficar rançosas mais rapidamente.

O trocador de calor de placas é o mais utilizado, apresenta boa eficiência, são compactos, higiênicos e geram um grande volume de água quente, que podem ser usados para fins de limpeza ou mosturação.

A aeração do mosto é essencial para o crescimento da levedura que é realizado através da respiração. O Oxigênio é também utilizado para a síntese de biomoléculas como ácidos graxos insaturados, esteróis e componentes das membranas, (CARVALHO, 2007).

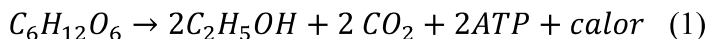
Indica-se utilizar a introdução de ar estéril ou oxigênio na linha de mostura a frio. Se injetado no mosto quente o gás se dissolverá se houver reações com os taninos, promovendo assim um escurecimento do mosto. Quando adicionado no mosto frio, o ar dissolverá fisicamente. A concentração de oxigênio indicada é de 20ppm, (VENTURINI, 2011) (PALMER 1999).

3.3.6. Fermentação:

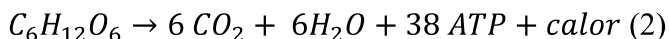
O metabolismo da levedura pode ser dividido em anabolismo e catabolismo. O anabolismo é a reação de síntese de biomoléculas às custas de energia celular armazenada na molécula de ATP. O catabolismo é a quebra e oxidações de moléculas sendo que a energia química produzida é acumulada nas moléculas de ATP.

A levedura pode quebrar açúcares seguindo dois caminhos metabólicos, sob condições de aerobiose e de anaerobiose.

Em anaerobiose elas fermentam uma molécula de açúcar produzindo duas moléculas de etanol, duas de gás carbônico e energia. A fermentação alcoólica é representada pela Equação 1:



Em aerobiose a levedura oxida as moléculas de açúcar e produz gás carbônico, água e energia e é representado pela Equação 2:



Ambas as fermentações são desejadas, a via respiratória é usada no início da fermentação com a finalidade de ocorrer o crescimento da biomassa. A via fermentativa tem a função de transformar o mosto em cerveja através da conversão do açúcar em álcool e gás carbônico.

As leveduras são capazes de crescer e se reproduzir tanto em aerobiose como em anaerobiose. Quando há a presença de açúcares fermentescíveis no meio – mais do que 2g/L- o crescimento é anaeróbico, pois as enzimas da cadeia respiratória e do ciclo de Krebs têm sua síntese reprimida, denominado repressão catabólica por glicose. Quando a concentração dos açúcares é menor do que 2g/L as enzimas do metabolismo são sintetizadas e o crescimento passa a ser aeróbico, crescimento que gera mais energia para as leveduras, (FERREIRA, 2006).

A levedura necessita para sua propagação uma concentração de oxigênio de cerca de 8 a 10 mg de oxigênio por litro, (CARVALHO, 2007). É indicado que o oxigênio com a finalidade de propagar a levedura seja fornecido fora do mosto principal para garantir que a levedura se multiplique rapidamente a uma quantidade para fermentar com eficiência todos os açúcares do mosto e assim minimizar a oxidação da cerveja.

A adição de fermento varia de acordo com o teor de extrato, nível de aeração e temperatura do mosto. A quantidade usada deve resultar em uma concentração entre 5 a 15 milhões de células por mililitro de mosto, (AQUARONE et al, 2005).

O método usado para a multiplicação de fermento é variante do processo de cortes, no qual adiciona-se mosto estéril no mosto em fermentações, sob condições de aerobiose, o processo mais tradicional é através de repicagens, é indicado que o número de células viáveis antes de cada repique estar em torno de 6×10^6 células/ml. Devem-se levar em consideração adaptações graduais para o teor de açúcares no mosto.

Durante a fermentação, inúmeros subprodutos se desenvolvem durante a fermentação, muitos desses são assimilados pelas leveduras. Todos estes compostos influenciam no aroma, paladar e nas características finais da cerveja pronta.

A influência das condições de fermentação como concentração e composição do mosto, temperatura e duração do processo fermentativo está diretamente relacionada com as características organolépticas e a qualidade do produto final.

Os mostos obtidos de malte tem como fonte de carbono: glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose. (AQUARONE et al, 2005 ; VENTURINI 2011).

A principal fonte de nitrogênio para síntese de proteínas, ácidos nucleicos e outros componentes nitrogenados é a variedade de aminoácidos formados a partir da proteólise das proteínas do malte. (AQUARONE et al, 2005 ; VENTURINI 2011).

O oxigênio fornecido na aeração é consumido pela levedura e usado para produzir ácidos carboxílicos e esteróis que são essenciais para a síntese da membrana e para o crescimento celular, (AQUARONE et al, 2005 ; VENTURINI 2011).

A temperatura deve ser bem controlada para garantir uma boa fermentação. Altas temperaturas promovem a produção de álcoois superiores, que geram off-flavors para o produto final como aroma de banana. Temperaturas altas podem promover níveis excessivos de diacetil.

Deve-se preparar a levedura para a fermentação, antes de mistura-la no mosto. A preparação pode ocorrer de duas formas: preparação de substrato para ativação ou hidratação da levedura liofilizada.

O método de preparo do substrato considera o fato da levedura passar por uma adaptação no mosto antes de iniciar a fermentação. Trata-se de uma adaptação aeróbia para que as leveduras se reproduzam com mais facilidade usando o oxigênio. Após essa fase aeróbia da adaptação vem a fase anaeróbia onde as leveduras realizam a fermentação. Para isso, mistura-se a levedura com um pouco do mosto e ao final de 12-18 horas a levedura encontra-se na fase de crescimento exponencial. Após isso mistura-se o restante do mosto com o substrato, (CARVALHO, 2007; REITENBACH, 2010 apud MATOS, 2011).

A hidratação é mais usada por cervejeiros artesanais. Trata-se da hidratação da levedura liofilizada em água esterilizada, oxigenada e misturada ao mosto. Usa-se 11,5 g de levedura liofilizada para volumes entre 20 e 30l de mosto, (PALMER, 1999).

A fermentação pode durar de 2 a 6 dias para ales, ou de 4 a 10 dias para lagers, dependendo das condições. Segundo PALMER, 1999, após o final da fermentação, pode-se medir a concentração de álcool gerada através do cálculo feito através de formulas empíricas, deduzidas por observações.

$$\text{Graduação alcoólica} = (OG-FG) \times 131,25 \quad (3)$$

OG= Original Gravity (d.e), (gravidade inicial, medida antes da fermentação);

FG = Final Gravity (d.e.), (gravidade final, medida após fermentação).

Segundo PALMER, 1999 a fermentação ocorre em três etapas: fase de adaptação, fase primária ou atenuativa e a fase secundária ou condicionante. A segunda fase não é finalizada antes de começar a terceira fase, este processo ocorre em paralelo, mas a fase três ocorre mais lentamente. A maioria dos açúcares estão consumidos e portanto as leveduras começam a digerir maiores e mais complexos açúcares e subprodutos das leveduras, por esse motivo é que a cerveja melhora com a idade, até um certo ponto, devido a essa ação lenta e tardia de leveduras. Portanto cervejas que foram filtradas ou pasteurizadas não se beneficiam do envelhecimento.

Fase de adaptação; Levedura inicia o processo de adaptação as condições do mosto e começa a se propagar. É necessário ter oxigênio disponível para facilitar essa propagação. Em condições ideais a levedura inicia a fermentação 12 horas após a inoculação, este é o tempo de adaptação.

Durante essa fase a levedura estoca açúcares, aminoácidos e outros nutrientes essenciais para promover ações enzimáticas e outros atributos para se adaptar ao ambiente, nessa fase é importante garantir nutrientes essenciais para que haja uma síntese eficaz de esteróis para que as membranas celulares tenham uma suficiente permeabilidade aos açúcares e outros nutrientes. Mosto mal aerado tende a promover uma fermentação mais lenta devido à falta de células viáveis de levedura.

Fase atenuativa: Definida por momento da fermentação vigorosa, que varia de 2 a 6 dias para ales ou de 4 a 10 dias para lagers, em boas condições.

Nota-se uma formação de espuma sobre a cerveja. Esta espuma é constituída por leveduras e proteínas do mosto que tendem a aderir às paredes do fermentador. Essas proteínas são estranhas ao mosto, resina de lúpulo e levedura morta, que podem conferir amargores indesejados ao mosto, portanto é importante não agitar o fermentador nessa hora. Felizmente estes compostos são relativamente insolúveis e são eliminados quando aderem as paredes do fermentador.

Essa fermentação decanta a maioria das leveduras, portanto há diminuição da formação dessa espuma de fermentação. Essa é a hora de separar a levedura do mosto. É necessário um bom manuseio para evitar que o mosto seja aerado nessa etapa, exposição de oxigênio irá oxidar a cerveja.

Fase de acondicionamento: Nota-se baixa atividade da levedura, a grande maioria está inativada. Essa fase visa reduzir os fermentáveis remanescentes, que normalmente são açúcares

mais pesados como a maltose. Também há a digestão de alguns subprodutos originados na fase primária.

Muitos compostos diferentes se produziram durante as fases primárias, por exemplo: acetaldeído; ésteres; aminoácidos; cetonas-diacetil; pentanedione; dimetil sulfito e etc, (PALMER, 1999).

Há a necessidade de retirar a levedura sedimentada para evitar que ocorra o consumo de componentes do sedimento, que gera componentes que conferem sabor estranho para a cerveja. Além disso, as leveduras inativas começam a excretar mais aminoácidos e ácidos graxos. Não é recomendável deixar a cerveja no fermentador primário, com a levedura sedimentada por mais do que 3 semanas, após esse tempo ocorre a autólise, que produz sabores de levedura, borracha, graxa ou carne. É importante ressaltar a necessidade asséptica de se fazer a remoção dessa levedura, em caso de transferir para fermentadores secundários, é muito provável de que haja contaminação, (PALMER, 1999).

Algumas reações físico-químicas do processo de fermentação são: atenuação do extrato, redução do pH, que cai de 5,4~5,7 para 4,0~4,6; redução do oxigênio dissolvido e alterações na cor, que torna-se mais clara pela queda do pH; alterações nas proporções de proteínas, que são reduzidas em 20 a 25%, através da assimilação do fermento, coagulação ou precipitação.

Fermentações acima de 26°C, podem produzir muito mais álcoois pesados (álcoois superiores) que são menos agradáveis que o sabor do etanol, (PALMER 1999).

3.3.7. Maturação:

Ocorre após a fermentação primária e há a necessidade de transferir para outro recipiente ou retirar parte da levedura. Nesse momento a cerveja será armazenada por períodos variáveis e temperaturas de aproximadamente 0-2°C aonde as poucas leveduras em suspensão trabalharão lentamente. A fase também é importante para a sedimentação de partículas em suspensão e em alguns casos usam-se aglutinantes para facilitar a decantação de partículas em suspensão. Nota-se algumas reações de esterificação que irão produzir alguns aromatizantes essenciais para a cerveja.

As substâncias que serão alteradas são o acetaldeído, cetonas, dimetil sulfito, dentre outras. Esse processo não tem muito substrato, portanto a levedura começa a degradar subprodutos originados na fermentação, geralmente esses subprodutos conferem aromas indesejados e em alguns casos causam problemas na estabilidade do sabor durante o armazenamento.

Diacetil é uma cetona com sabor de manteiga e mel, é comum em algumas cervejas e pode ser sentido em quantidades próximas a 0,05 mg/l, (LINKO et al, apud MATOS). O precursor do diacetil é formado quando a levedura faz síntese de aminoácidos necessários a síntese proteica, ou seja, quando mais trüb ir para a fase de maturação, maior será a produção de diacetil. Outro fator que regula a produção de diacetil é controlar a velocidade de crescimento de levedura, quanto maior o crescimento, menores as concentrações dos precursores para a produção de diacetil. Essa velocidade pode ser regulada através de parâmetros como a redução de aeração e agitação, diminuição da temperatura e ocorrência de pressurização, (VENTURINI et al 2005), acetaldeído é um aldeído com um destacado sabor e aroma de maçã verde, é um composto intermediário na produção de etanol, (PALMER 1999).

A produção de álcoois pesados, que são compostos indesejados na cerveja podem ser feita a partir de quantidades excessivas de levedura ou quando a levedura fermenta substâncias do trüb, por isso indica-se usar um recipiente diferente da fermentação ou purgar a levedura antes dessa fase. O álcool pesado (superior) é esterificado na fermentação secundária, mas pode gerar aromas de banana na cerveja, (PALMER, 1999).

Durante a fermentação do mosto, a formação de compostos que influenciam o sabor da cerveja apresentam uma correlação com o crescimento da levedura. O crescimento da biomassa da levedura é correlacionado com o pH e o consumo de aminoácidos, o consumo de açúcar não é correlacionado com esses índices. A correlação entre velocidade de crescimento, o consumo de aminoácidos e a formação de compostos ativos do sabor apresentaram variação mínima. Nota-se então que o melhor índice para o controle e manutenção da qualidade de cerveja é o consumo de aminoácidos, (VENTURINI et. al. 2005)

A maturação varia entre 5 dias e dois meses, variando de acordo com o tipo de cerveja e do método usado na maturação.

A maturação tem por objetivo iniciar a clarificação da cerveja mediante a remoção, por sedimentação das células de leveduras e de componentes que causam turbidez a cerveja; melhorar o odor e sabor da bebida através da redução dos compostos citados acima; manter a cerveja no estado reduzido, evitando oxidações que comprometam sensorialmente a bebida.

Em virtude dos custos envolvidos com essa etapa, nota-se que as cervejarias tem reduzido esse tempo de maturação com a adoção de novas técnicas. Por exemplo, nos Estados Unidos há cervejarias fazem a sua maturação de 2 a 4 dias. Outro processo usado é o “repouso do diacetil”, que mantém a cerveja entre 12-18°C durante uma semana e depois armazena-se a frio próximo de 0°C. (AQUARONE, et al 2005)

O “Dry-Hopping” é uma técnica americana e britânica. Portanto torna-se necessário fazer uma receita americana ou belga para testar as alterações aromáticas. Nada impede que a técnica possa ser utilizada em outras receitas, porém é uma técnica que tem sua origem na América do Norte e no Reino Unido. Na Alemanha e na Bélgica não é praticado. A adição durante a fermentação não é indicada porque a técnica deve ser feita sob condições de mínimas de CO₂, para evitar o arraste dos compostos aromático e o lúpulo e o fermento não se misturam bem, o fermento pode revestir o lúpulo e absorver um pouco das características do lúpulo. A adição na fase de maturação é indicada, por promover a maior extração com o menor custo, (PHILL, 2011; BJCP, 2008). Quanto a quantidade de lúpulo usar, indica-se o uso de máximo de 6g/L, acima dessa proporção, o lúpulo pode ser notado em demasia. Em relação ao tempo, CAVALCANTI, 2011, cita que cervejeiros conceituados tem opiniões divergentes sobre o tempo, Matt Brynildson da cervejaria Firestone acredita que o período de contato do lúpulo deve ser curto, em torno de 3 a 4 dias no máximo, enquanto Vinnie Cilurzo da cervejaria Russian River acredita que o período deve ser moderado a longo, tempo, de 7 a 14 dias, CAVALCANTI, 2011 diz que o tempo de uso deve ser de defende que a exposição acima de 14 dias gera aroma de grana, que é indesejado e sugere que várias adições de no máximo 5 dias podem ajudar a dar uma característica melhor do lúpulo. (CAVALCANTI, 2011). O lúpulo Cascade foi utilizado porque PHILL, 2011 reforça que para “Dry-Hopping”, o lúpulo desejável deve conter baixo teor de alfa ácidos, menos do que 6% e alto teor de óleos essenciais. Os lúpulos dessa categoria são denominados “lúpulos nobres”, alguns exemplos: Saaz, Tettnager, Hallertauer, Goldings, Fuggles, Cascade e Willamette. Cascade é o mais utilizado por cervejeiros americanos. Não deve-se preocupar com a questão das contaminações em relação á adicionam lúpulo, pois quando o lúpulo é adicionado, no fim da fermentação, o álcool ajuda a conter qualquer possível fonte de contaminação, a maturação é uma etapa em que tem uma baixa quantidade de substrato e além disso o lúpulo é antibacteriano, (PHILL,2011). A receita utilizada foi uma Imperial IPA, que é uma denominação para uma cerveja mais forte do que a American IPA, portanto uma cerveja americana. Não deve-se preocupar com a questão das contaminações em relação á adicionam lúpulo, pois quando o lúpulo é adicionado, no fim da fermentação, o álcool ajuda a conter qualquer possível fonte de contaminação, a maturação é uma etapa em que tem uma baixa quantidade de substrato e além disso o lúpulo é antibacteriano, (BJCP, 2008; CAVALCANTI, 2011;PHILL, 2011)

3.3.8. Clarificação:

Ocorre após a maturação, a cerveja contém leveduras, partículas coloidais dos complexos proteínas-polifenóis e outras substâncias insolúveis formadas, devido ao baixo pH e baixa temperatura. Para obter um produto límpido é necessário uma etapa de clarificação para remover esse material insolúvel. São quatro técnicas de clarificação que podem ser utilizadas individualmente ou em combinação, (VENTURINI et. al. 2011).

- a) Sedimentação por gravidade;
- b) uso de agentes clarificantes;
- c) centrifugação;
- d) filtração;

Sedimentação por gravidade é um método simples, muito usado antes do desenvolvimento das centrífugas e dos filtros. Nesse método a cerveja é resfriada em torno de 0°C, fazendo com que haja sedimentação das partículas em suspensão. Possui um rendimento baixo e o risco de se armazenar uma cerveja com concentrações de levedura são altos, o que gera uma diminuição no tempo de prateleira do produto pelo fato de a levedura poder sofrer autólise dentro da garrafa, (AQUARONE, et al, 2005; VENTURINI, 2011).

Clarificantes garantem melhores resultados em tempos curtos. Ação é por meio de ligações iônicas, geralmente possuem carga positiva e interagem com a levedura e proteínas que tem carga negativa. O agente mais utilizado é a cola de peixe que é produzida por tratamento químico da bexiga dos peixes. Outros exemplos são: ácido tânico, silicatos e sílica em gel, (AQUARONE, et al, 2005; VENTURINI, 2011).

A centrifugação é baseada na lei de Stokes, que determina a velocidade de sedimentação das partículas. Essa velocidade pode ser aumentada controlando os seguintes fatores:

- a) menor viscosidade do líquido;
- b) maior diâmetro das partículas;
- c) maior diferença entre as densidades da partícula e do líquido.

Existem dois tipos de centrífugas: decantadora e clarificador, usadas para separar leveduras antes da filtração.

A centrífuga decantadora é um equipamento tipo parafuso, horizontal e atendem líquidos com até 60% de sólido. Quando em operação, a força centrípeta desloca as partículas para a superfície interna da carcaça, onde são transportadas pelo parafuso até a descarga. Trabalha com um fluxo de até 40hL/h É usada para recuperar a cerveja do fundo dos tanques que contém leveduras.

A centrífuga clarificadora é um tambor vertical com discos empilhados, separados por espaços entre 0,5 e 2mm. Essas centrífugas podem ejetar sólidos de forma contínua e seus discos podem trabalhar com líquidos com até 30% de sólido. Quando em operação, a força centrípeta desloca as partículas para fora do tambor, o fluxo pode variar entre 40 a 600 hL/h

Longos períodos de maturação a frio tornam frágeis as células de levedura, que podem se romper no processo de centrifugação, esse rompimento pode gerar turbidez e mudança no sabor da cerveja. Normalmente o processo de centrifugação é usado antes da maturação, para recuperar cerveja e concentrar fermento que é extraído do fundo do fermentador, (AQUARONE et. al. 2005)

3.3.9. Filtração:

Dentre os filtros mais utilizados hoje em dia, tem-se o filtro de terra diatomácea. Nesse caso a filtração só é iniciada após formação de uma camada de terra diatomácea de 1,5mm de espessura sobre a malha de cada filtro. Para evitar o entupimento da camada filtrante a terra suspensa em água ou cerveja, é dosada na cerveja turva que entra no filtro. Nesse caso, a dose é proporcional a turbidez da cerveja, (AQUARONE et. al. 2005).

Após a maturação, a cerveja é filtrada, em alguns casos, para a eliminação de partículas em suspensão, promovendo uma cerveja menos turva, mais cristalina e brilhante. A filtração também confere uma vantagem de garantir a estabilidade microbiológica e físico-química, pois as leveduras em suspensão são retiradas, ou seja, melhora a condição de armazenamento e comercialização do produto. Normalmente utiliza-se membranas porosas para essa operação, (REITENBACH, 2010 apud MATOS, 2011)

Trata-se de um processo realizado em várias etapas, que removem material em suspensão com tamanhos de 0,5 a 0,4 μ m e leveduras residuais. Os mecanismos são classificados em três tipos: 1) filtração de superfície; 2) filtração de profundidade; 3) filtração de profundidade através de adsorção de partículas.

Na filtração de superfície as partículas são obstruídas na superfície do meio filtrante, pois são maiores que os poros.

Na filtração por profundidade as partículas passam pela matriz mas são retidas mecanicamente ou adsorvidas nos poros internos.

Em alguns casos utiliza-se agente estabilizante antes da filtração o que permite maior remoção nos filtros onde quase sempre são utilizados auxiliares de filtração.

Há cervejarias que usam filtro para reduzir o nível de polifenol (tanino) na cerveja filtrada. Nesse filtro usam-se poliaminas como material adsorvente, como o nylon 66 e a

polivinilpirrolidona polimerizada. A finalidade desses tipos de filtro é aumentar a estabilidade físico-química na cerveja, pois diminui a possibilidade de formação de complexo proteína-tanino que deverá ser removida na filtragem, (AQUARONE et. al. 2005)

Qualquer que seja o filtro, é necessário tomar alguns cuidados no manuseio dessa operação como evitar perda de gás carbônico, entrada de oxigênio, contaminação microbiológica. Indica-se que a temperatura da cerveja seja a mais baixa possível para favorecer a turbidez formada pelo complexo proteína-tanino, que será removido na filtragem, (AQUARONE et. al. 2005).

3.3.10. Gaseificação:

O processo de gaseificação pode ser feito de duas formas: forçado ou por priming. Na indústria geralmente coloca-se na cerveja o CO₂ que foi reservado na fase de fermentação, neste caso, após ser coletado o gás passa através de depuradores com água e purificadores com carvão para logo ser liquefeito. Posteriormente há a secagem do CO₂ e então é armazenado em estado líquido até sua utilização, quando é reestabelecido seu lado gasoso em evaporador, (VENTURINI, 2011; MATOS, 2011)

A produção artesanal geralmente faz “priming”, que conta com adição de açúcar na cerveja não filtrada e o imediato envasamento. Esse açúcar, geralmente é fervido por algum tempo para que a sacarose se transforme em glicose + frutose, daí tem-se o substrato para a fermentação, essa fermentação vai produzir CO₂ e por estar em uma garrafa fechada, a pressurização da garrafa vai garantir que o gás carbônico se armazene no líquido. Nessa etapa nota-se o aumento de 0,3% da graduação alcoólica da original.

É possível fazer o *priming* junto com a maturação, na garrafa. É importante saber que antes do envasamento a cerveja já tem certa quantidade de CO₂ armazenada e essa quantidade vai depender de alguns fatores como: temperatura, pressão quantidade de açúcares fermentescíveis no mosto inicial, tempo de fermentação e levedura utilizada.

Existem literaturas que nos dão uma ideia de quanto de açúcar devemos adicionar à cerveja para produzir o volume de gás que se almeja, levando em consideração: quantidade de gás total que queremos (em volume de gás por volume de cerveja), quantidade de gás já existente na cerveja e que estilo de cerveja queremos fazer. Na tabela 6 estão as quantidades de gás de algumas cervejas, (MATOS, 2011)

Tabela 6 Volume de gás em volume de cerveja em alguns estilos

Estilo	Vol. CO₂/ Vol. cerveja
<i>British ales</i>	1.5-2.0
<i>Porter, Stout</i>	1.7-2.3
<i>Belgian ales</i>	1.9-2.4
<i>American ales</i>	2.2-2.7
<i>European lagers</i>	2.2-2.7
<i>Belgian Lambic</i>	2.4-2.8
<i>American wheat</i>	2.7-3.3
<i>German wheat</i>	3.3-4.5

Fonte: (PALMER 1999)

O dióxido de carbono é responsável pela efervescência e a sensação de acidez deixada na boca devido as suas propriedades de gás ácido, portanto sua concentração deve ser controlada, (PALMER, 1999)

A solubilidade é medida em volume de CO₂ por volume de cerveja. A maioria das cervejas tem entre dois a três volumes de CO₂. Após a fermentação primária e secundária a cerveja encontra-se com volumes entre 1,2 e 1,7 volumes desse gás. Dessa forma o CO₂ deve ser adicionado a cerveja antes do engarrafamento.

A carbonatação pode ser realizada pela injeção de CO₂ em linha ou em tanque. Na carbonatação em linha o CO₂ desidratado é injetado no líquido durante a transferência da cerveja do filtro até os tanques de armazenamento pressurizados. Estes tanques mantêm uma contrapressão em torno de 12 a 15 psi capaz de reter o CO₂ na cerveja. Na carbonatação em tanque o CO₂ é injetado através de difusores localizados no fundo do tanque e produzem pequenas bolhas e facilitam a dissolução do dióxido de carbono na cerveja. É um processo menos eficiente e mais difícil de controlar, embora permita a remoção de oxigênio e de compostos voláteis, (VENTURINI, 2011).

3.3.11. Envase:

É a etapa mais dispendiosa em uma cervejaria, principalmente em termos de mão de obra. O principal cuidado nesse momento é a esterilização das garrafas. Em casa elas podem ser lavadas com solução de iodo, água a 100°C dentre outras coisas. Na indústria usa-se várias soluções como a de hidróxido de sódio. Em laboratório é possível autoclavar as garrafas. Caso não seja feito a correta sanitização as chances de contaminação são altas, colocando tudo a perder.

No engarrafamento utilizam-se dois tipos de garrafa:

- a) retornável;
- b) não retornável.

As primeiras requerem lavagem com solução quente de soda cáustica, enxague e rinçagem antes de receberem a cerveja. As garrafas descartáveis apenas recebem um jato de ar estéril seguido por outro de água esterilizada.

No envasamento é primordial tomar-se cuidado em relação a exposição da cerveja ao oxigênio para evitar a oxidação da mesma. Com isso, deve-se deixar o líquido escorrer pelas beiradas da garrafa, sem muita turbulência, até que a mesma esteja quase cheia. O controle de pressão normalmente é feito através de uma garrafa fechada com um manômetro adaptado, contendo a mesma quantidade de cerveja que as outras garrafas.

Outro modo de envase é o uso de barris, que são recipientes de 10,25, 30, 50 ou 100 litros, de aço inoxidável com tubo central que permite seu enchimento. A sanitização desse recipiente é feita com a aspersão de água a 70°C em alta pressão sobre toda a superfície interna do recipiente. Depois leva-se o barril para o aquecimento com vapor onde a temperatura é elevada para 105°C durante 30s. Depois usa-se uma purga com dióxido de carbono para expulsar o ar do recipiente, posteriormente há a introdução da cerveja, (PALMER 1999).

3.3.12 Pasteurização:

No processo de pasteurização a cerveja apresenta características desfavoráveis para o desenvolvimento de microrganismos, é um produto considerado de boa estabilidade microbiológica. Algumas espécies de microrganismos são capazes de se multiplicar nessa bebida, conferindo características indesejáveis como turbidez e mudanças sensoriais. A completa forma de eliminação desses microrganismos pode ser feita mediante pasteurização ou filtração estéril. A pasteurização é um processo de destruição de microrganismos presentes em soluções aquosas pela adição de calor, (AQUARONE, et al, 2005; VENTURINI, 2011)

A pasteurização pode ser dividida em: a) pasteurização flash; b) pasteurização em túnel. A pasteurização flash é feita antes do engarrafamento. Essa técnica geralmente é usada para produtos a serem colocados em barris. É uma técnica mais barata em relação a pasteurização em túnel e demandam um espaço menor. A pasteurização em túnel é aplicada à cerveja depois do processo de engarrafamento e é a forma mais segura de garantir vida de prateleira maior ao seu produto. Trata-se de uma exposição menor de temperatura do que a usada na pasteurização flash, porém com um tempo maior de exposição, cerca de 1h, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

A pasteurização diferencia o chope da cerveja. Cerveja é pasteurizada e chope não. Cervejas artesanais normalmente não são pasteurizadas, pois esse processo afeta o gosto original do produto e as leveduras vivas contidas na garrafa. O tempo de duração do chope é em torno de 15 dias e o da cerveja em torno de 6 meses, (AQUARONE, et al, 2005, VENTURINI, 2011).

3.3.13. Processo de alta densidade:

O processo de alta densidade foi desenvolvido com a criação de novas cervejarias, houve o avanço tecnológico da produção de cerveja e o processo tem sofrido mudanças nos últimos anos. Foram introduzidos produção de cerveja de alta densidade, utilização de adjuntos com elevadas concentrações de maltose, introdução de novos tipos de filtros e o emprego de diferentes lúpulos, (AQUARONE et al, 2005).

A produção de cerveja de alta densidade é um processo que se empregam mostos de concentrações de açúcares maiores do que as normalmente utilizadas (1044 – 1048 g.e.), sendo necessária uma posterior diluição com água, reduzindo então a quantidade de água usada na cozinha de preparo do mosto. Nota-se que se pode aumentar a produção sem expandir a cozinha da cervejaria, (AQUARONE et al, 2005).

Têm sido fermentados mostos de densidade entre 1048 a 1074 g.e. Há também outras produções pelo processo de concentração muito alta, que foi definida quando se tem um mosto acima de 1074 de densidade específica.

O processo de alta densidade é uma inovação tecnológica que influencia na redução de custos quanto na introdução de novos produtos. Basicamente o processo apresenta as seguintes vantagens: 1) crescente capacidade de produção de cerveja; 2) redução de custo de energia, mão de obra, limpeza e tratamento de efluentes; 3) incremento da estabilidade física e das propriedades organolépticas; 4) maior produção de álcool por unidade de extrato fermentescível; 5) os mostos podem conter maiores proporções de adjuntos; 6) a cerveja possui um paladar mais suave, (VENTURINI, 2011)

O aumento na concentração do mosto, diminui cerca de 14% no consumo de energia e no aumento de 25 a 35% de produtividade.

As desvantagens desse processo são: 1) diminuição da eficiência de extração dos açúcares do malte durante a mosturação e uma redução da extração dos compostos amargos do lúpulo; 2) diminuição da estabilidade da espuma; 3) influência negativa sobre a adaptação e fermentação das leveduras, (VENTURINI, 2011).

Vários fatores influenciam a fermentação de mostos para a produção de cervejas. Entre estes podem ser destacados a sua composição e concentração, a temperatura de fermentação, o nível de oxigênio, concentração e viabilidade celular e a concentração de etanol, (VENTURINI, 2011).

Quanto maior a concentração inicial do mosto, mais stress as leveduras enfrentam, resultando em diminuição da viabilidade celular da levedura. As leveduras submetidas a elevadas concentrações de etanol diminuem sua viabilidade e inibem o crescimento, (VENTURINI, 2011).

As leveduras cervejeiras possuem uma tolerância relativamente baixa a concentração de etanol, o crescimento começa a ser inibido em concentrações acima de 10% (v/v) enquanto a capacidade fermentativa é inibida em concentrações acima de 20% (v/v), (PALMER, 1999).

A levedura mais indicada para ser inoculada em mostos com altas concentrações são as cepas lager, que cumpre os 3 critérios para ser utilizada neste tipo de fermentação: 1) produziu mais etanol em proporção ao incremento da concentração do mosto; 2) apresentou uma melhor viabilidade celular; 3) a cerveja produzida teve resultado organoléptico igual ao produto de controle, (VENTURINI, 2011).

As moléculas responsáveis pela estabilidade da espuma, polipeptídeos hidrofóbicos variam entre as fermentações, mas observou-se que a eficiência de extração desses compostos foi menor em mostos de menor densidade. A utilização de malte de trigo é uma forma de melhorar a estabilidade de espuma em casos de mosto de maior densidade, (VENTURINI, 2011).

A lavagem com ácido fosfórico da levedura para que ela seja reinoculada apresenta diminuição na viabilidade celular quando se utilizam leveduras que fermentaram mostos com maior densidade, que causou um stress para a célula devido a pressão osmótica e o aumento da concentração de etanol, (VENTURINI, 2011).

Estudos mostram que o aumento na concentração do mosto não tem influenciado no sabor da cerveja, (VENTURINI, 2011).

Conforme já dito, adjunto é definido como qualquer fonte de carboidrato diferente do malte de cevada. O uso de adjuntos confere uma redução de custos e torna-se uma estratégia para algumas cervejarias. Exemplos de adjuntos são: grits de milho, arroz, xaropes de cereais, açúcar comum e açúcar invertido, (VENTURINI, 2011).

Quanto menor a adição de lúpulo e maior o nível de adjuntos, mais adequado é o produto, ou seja, não há mudanças significativas de sabor.

O método mais usado para preparar mostos de alta concentração de açúcares é a adição de xarope de milho na fervura, (VENTURINI, 2011).

A substituição do malte pelo adjunto pode chegar a 50%. Cada cervejaria define sua adição de adjunto, entretanto deve-se tomar cuidado para não produzir mostos nutricionalmente pobres para a fermentação, (VENTURINI, 2011).

O xarope de milho contendo alto teor de maltose quando adicionado ao processo não modifica o perfil de carboidratos do mosto. Hoje boa parte das cervejarias usa esse insumo na produção de cerveja devido aos aspectos econômicos envolvidos, (VENTURINI, 2011).

Outro fator limitante na produção de cerveja com altos níveis de etanol é a suplementação adequada do meio. Para que a levedura produza cerveja com altas concentrações de etanol é preciso fornecer suprimentos nutricionais tais como: extrato de levedura como fonte de nitrogênio e uma mistura de ergosterol e ácido graxo insaturado. A suplementação do meio com extrato de levedura, peptona e sais de magnésio apresentaram um efeito positivo sobre a velocidade de fermentação global. A concentração de nutrientes limitantes do crescimento em mostos de alta densidade deve ser aumentada em proporção a concentração específica do mosto utilizado, (VENTURINI, 2011).

A influência da temperatura relaciona-se com o aumento da velocidade de extração da fermentação em temperatura em torno de 21°C, (VENTURINI, 2011)

A influência da temperatura nas fermentações de mostos com altas concentrações iniciais de substrato está relacionado a tolerância ao etanol. Experimentalmente notou-se que quanto maior a temperatura (máxima de 30°C) maior a velocidade de fermentação, por outro lado a viabilidade após o quinto dia apresentou resultados baixos, embora o nível de etanol tenha permanecido o mesmo do que em mostos fermentados com temperaturas mais baixas, (VENTURINI, 2011).

A inibição do etanol é resultante do aumento no acúmulo de etanol intracelular em temperaturas mais elevadas, (VENTURINI, 2011).

No momento da inoculação é necessário fornecer certa quantidade de oxigênio para favorecer a multiplicação celular. Somente no início da fermentação o oxigênio é favorável, posteriormente ele promove instabilidade no produto final, (VENTURINI, 2011)

O nível de oxigenação do mosto gera um importante papel no desempenho da levedura. As leveduras requerem oxigênio para sintetizar ácidos graxos insaturados e esteróis, que são responsáveis para o metabolismo anaeróbio. A estrutura da membrana plasmática (composição de esteróis e ácidos graxos) tem um importante papel na tolerância das leveduras aos mostos com alta densidade.

Reutilizar leveduras em condições de deficiência de oxigênio acarreta efeitos nocivos no desempenho da fermentação, (VENTURINI, 2011).

O aumento da concentração de inóculo para aumentar a velocidade de fermentação, pode ser benéfico quando não é permitido pela lei a suplementação do mosto com nutrientes estimuladores de crescimento da levedura, (VENTURINI, 2011).

3.4. Composição físico-química da cerveja:

A qualidade da cerveja depende da qualidade das matérias primas. Interferem na qualidade da cerveja: composição química da água; tipo de malte; proporção de malte/adjunto; variedade, quantidade, forma; pontos de adição de lúpulo, utilização de enzimas na mosturação, proporção de fermentáveis e não fermentáveis do mosto; condições de fervura do mosto; oxigenação do mosto; teor de extrato do mosto; raça da levedura; temperatura de fermentação; ponto de separação da levedura; maturação; carbonatação; pasteurização dentre outros, (AQUARONE et al, 2005).

A composição física e química da cerveja é importante para a classificação da cerveja em tipo, teor alcoólico, teor de extrato primitivo, cor e etc. conferindo identidade de acordo com parâmetros e a legislação estabelecida. Esses parâmetros não dizem respeito a qualidade sensorial do produto, pois sabor, odor, corpo, aroma e etc não podem ser medidos como compostos químicos individuais. A Tabela 7 mostra a composição física e química de uma cerveja de baixa fermentação, usada para caracterização do produto, (AQUARONE et al, 2005).

Tabela 7 - Composição física e química da cerveja de baixa fermentação

	Média	Mínimo	Máximo
Extrato aparente, %	2,5	2	3,1
Extrato real, %	4,1	3,7	4,8
Álcool, % m/m	3,7	3,4	3,9
Extrato original calculado, %	11,4	10,7	12,1
Açúcares redutores em maltose, %	1,1	0,8	1,5
pH	4,2	3,8	4,7
Acidez em ácido láctico, %	0,13	0,09	0,15
Proteína, %	0,31	0,25	0,37
Gás carbônico, Vgas/Vcerveja	2,6	2,4	2,8
Unidades de amargo	16	10	23
Tanino, ppm	164	120	210
Diacetil, ppm	0,08	-	-
Cálcio, ppm	56	30	80
Magnésio, ppm	80	60	110
Potássio, ppm	330	200	420

Sódio, ppm	80	30	250
Cloro, ppm	230	100	500
Sulfato, ppm	260	110	450
Fosfato, ppm	380	200	450
Oxalato, ppm	12	7	20
Ferro, ppm	< 0,10	-	-
Cobre, ppm	< 0,16	-	-

Fonte: AQUARONE et al, 2005 apud BRODERICK, 1977

3.4.1. Análises físico-químicas:

Para analisar o teor de cinzas seguiu-se o protocolo de análise do teor de cinzas exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que tem como princípio: fundamenta-se na quantificação do resíduo, após a eliminação da matéria orgânica quando a amostra é incinerada a 500°C e descreve o procedimento como: Aquecer o cadinho ao redor de 600°C durante 10 minutos, resfriar no dessecador e pesar. Transferir 25ml da amostra para o cadinho, levando até secar em banho-maria fervente. Carbonizar completamente em bico de Bunsen e passar o cadinho para a mufla a 550°C até que o resíduo se torne branco ou acinzentado.

Para analisar a acidez total seguiu-se o protocolo de análise teor de Acidez Total exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que tem como princípio: Fundamenta-se na reação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de álcali, até o ponto de equivalência ou potenciômetro até pH 8.2 que descreve o procedimento como: Transferir 10mL da amostra para erlenmeyer ou béquer de 250 mL contendo 100 mL de água destilada, livre de dióxido de carbono, previamente neutralizada. Titular com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até coloração rosa, usando 2-3 gotas de fenolftaleína como indicador, ou em pHmetro até pH 8.2.

Para analisar o pH, seguiu-se o protocolo de análise do pH exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que tem como princípio: Medir a diferença de potencial entre dois eletrodos mergulhados no líquido estudado. Um dos eletrodos tem um potencial que é uma função definida do pH deste líquido, o outro tem um potencial fixo e conhecido, e constitui o eletrodo de referência. E que descreve o procedimento como: 1) Preparação da amostra: trabalhar diretamente com a amostra; 2) aferimento do zero do aparelho: efetua-se antes de qualquer medição de acordo com as indicações dadas pelo aparelho usado; 3) calibração do potenciômetro: a calibração efetua-se a 20°C, seguindo as indicações dadas para o aparelho utilizado, com as soluções – tampão de pH 6,88 e 3,57 a 20°C. Usar solução tampão de pH 4,00 a 20°C para controlar a calibração da escala; 4) Medição: Mergulhar o eletrodo na amostra, cuja

temperatura deve estar entre 20°C. Ler diretamente na escala o valor de pH. Efetuar pelo menos duas determinações da mesma amostra. Tomar como resultado a média aritmética das determinações efetuadas.

Para analisar os açúcares totais, seguiu-se o protocolo de análise do teor de Açúcares Totais exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que tem como princípio: Os açúcares não redutores sofrem hidrólise em meio ácido, dissociando os dissacarídeos em seus monossacarídeos, os quais reagem com os íons cúpricos da solução de Fehling, reduzindo-os a íon cuprosos, sob a ação de calor em meio alcalino. Ao reagir com os íons os açúcares sofrem oxidação, enquanto o Cu (II) é reduzido a Cu (I) formando-se um precipitado vermelho de óxido cuproso. E que descreve o procedimento como: Pipetar 50mL da amostra desalcoolizar reduzindo para 25ml. Transferir para um balão volumétrico de 100 mL, e completar o volume com água destilada. Se necessário fazer clarificação pipetando 50 mL da amostra desalcoolizada em um balão de 100 mL, adicionar 2 mL da solução de acetato neutro de chumbo. Adicionar 0,5g de carvão ativo. Agitar bem e deixar em repouso por 10 minutos. Completar o volume com água destilada. Filtrar o conteúdo do balão sobre 0,4G de fosfato monoácido de sódio por mililitro de solução de acetato neutro de chumbo utilizado num erlenmeyer de 250 mL. Adicionar um pouco mais de fosfato para assegurar a completa precipitação do acetato de chumbo. Transferir 50 mL da amostra assim preparada para um balão volumétrico de 100 mL, adicionar 1 mL de ácido clorídrico concentrado e levar ao banho maria, de modo que a solução mantenha uma temperatura entre 67 e 70°C por 15 minutos. Esfriar a temperatura ambiente, neutralizar com hidróxido de sódio 5N usando papel de tornassol como indicador e completar o volume com água destilada.

Para a titulação do Branco: Em um erlenmeyer de 250 mL adicionar 20 mL de solução Soxhlet (10 mL de Fehling A + 10 mL de Fehling B) 50 mL de água destilada e 19 mL da solução padrão de glicose e algumas pérolas de vidro. Levar o frasco ao aquecimento, de modo que entre em ebulição dentro de 4 minutos. Iniciada a ebulição, adicionar 3 gotas de azul de metileno. Decorrido um minuto do início da fervura, prosseguir a titulação até o desaparecimento da coloração azul. Repetir a operação até que os resultados em duplicata sejam iguais. Seja b o volume final de glicose gasto na titulação do branco.

Para a titulação da prévia: Em erlenmeyer de 250 mL, adicionar 20 mL da solução de Soxhlet, 40 mL de água destilada e 10 mL da amostra preparada. Levar o frasco ao aquecimento, de modo que entre em ebulição dentro de 4 minutos. Iniciada a ebulição, titular com a solução de glicose até o desaparecimento da coloração azul de sulfato de cobre. Adicionar 2 gotas de

azul de metileno, após 1 minuto continuar a titulação até o desaparecimento da coloração azul. Seja K o volume final de glicose gasto na titulação prévia da amostra.

Para a titulação da amostra: Em erlenmeyer de 250 mL, adicionar 20 mL da solução de Soxhlet, 40 mL de água destilada e 10 ml da amostra preparada. Levar o frasco ao aquecimento de modo que entre em ebulição dentro de 4 minutos, e imediatamente transferir (k-1) mL de glicose. Iniciada a ebulição, titular com a solução de glicose até o desaparecimento da coloração azul. Adicionar 2 gotas de azul de metileno, após 1 minuto, continuar a titulação até o desaparecimento da coloração azul da solução. Seja a o volume final de glicose gasto na titulação da amostra

3.5. Análise Sensorial

É um método para medir, analisar e interpretar reações causadas pelas características dos alimentos e bebidas quando estão em contato com órgãos dos sentidos. (SILVA, 2005 apud CARDELLO, 1999). É a junção de experiências mistas de sensações olfativas, gustativas e táteis percebidas segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993), pode ser reunida em um único termo de propriedade sensorial, o sabor, enquanto o aroma é propriedade organoléptica perceptível pelo olfato durante a degustação. É a única forma de medir a intensidade de um aroma ou sabor, avaliar a aceitação e fornecer respostas para quantificar características sensoriais do produto, (CARDELLO, 1999 apud SILVA, 2005)

As características da cerveja podem ser avaliadas pelo seu sabor, é uma sensação completa de gosto e odor. A percepção do sabor envolve a interação entre os quatro gostos básicos sentidos na língua – doce, salgado, azedo e amargo. Aroma de substâncias voláteis são sentidas na cavidade nasal. O corpo da cerveja está relacionado com a viscosidade do produto. Outra propriedade do sabor e adstringência está relacionado aos polifenóis, melanoidinas e a prolina, (AQUARONE et al, 2005).

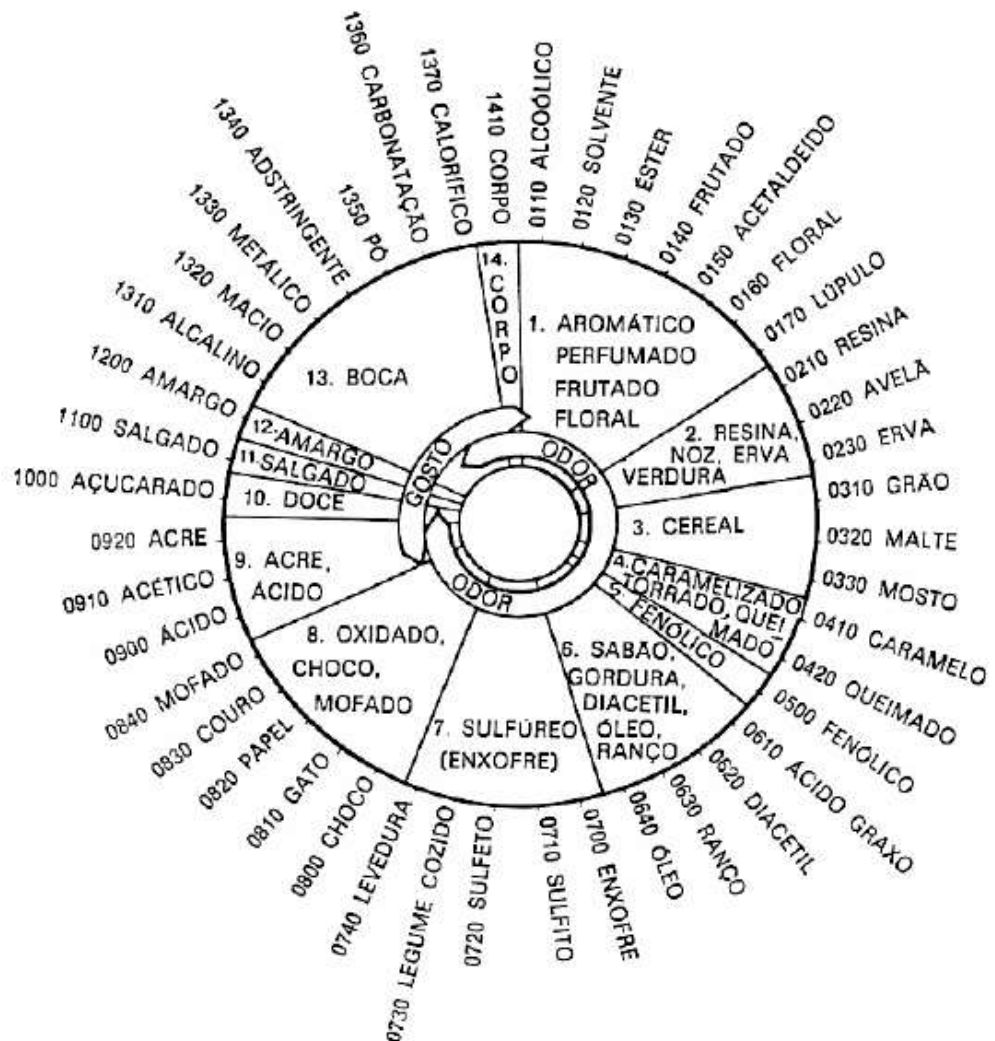
A população humana não é uniforme quanto as avaliações sensoriais que está relacionada as experiências individuais e suas associações, portanto a avaliação sensorial não é uma tarefa fácil, (AQUARONE et al, 2005).

O sabor de uma cerveja é influenciado pelo aroma e amargor do lúpulo, componentes do malte, adjuntos, que geralmente são usados para suavizar o sabor do malte e pelos produtos do metabolismo das leveduras. O álcool é um produto secundário na formação de sabor. O Diacetil que é produzido pelas leveduras é capaz de conferir odor desagradável, por isso torna-se necessário a maturação a uma temperatura baixa para diminuir a concentração desses compostos, (AQUARONE et al, 2005).

Quanto as propriedades sensoriais dos alimentos, há uma grande discussão em como avalia-las. Estudos buscam desenvolver metodologias para que os objetivos sejam bem definidos e para que essa metodologia selecione métodos e provadores capacitados, (MORAES, 1993; apud SILVA, 2011)

Aroma e sabor são fenômenos complexos e o sistema deve conter termos que permitam aos membros da equipe sensorial descreverem o que realmente encontraram, além de usar terminologia acessível a todos os usuários, independente do grau de treinamento e experiência. Desse modo, para descrever a cerveja, estabeleceu-se uma terminologia internacional que reúne 120 termos. A disposição foi resumida a um “Círculo de aromas e sabores” como na Figura 5:

Figura 5 Círculo de aromas e sabores, agrupando termos de classe e de primeiro nível recomendados em degustação de cervejas



Fonte: VENTURINI, 2011

Em relação aos métodos sensoriais, atualmente, considera-se 3 linhas básicas na condução de ensaios sensoriais: métodos afetivos para avaliação de aceitabilidade e preferência, métodos discriminativos para identificar diferenças entre atributos e métodos descritivos para descrever e avaliar a intensidade de atributos sensoriais dos produtos. No primeiro caso, testes de aceitabilidade e preferência, são utilizados painéis formados por um número grande de provadores não treinados, preferencialmente dentro do segmento de potencial consumidor. Para o segundo e terceiros casos, que são os testes discriminativos e descritivos é necessário a utilização de painéis formados por provadores previamente selecionados e treinados, visando a mínima variabilidade nos resultados, (VENTURINI, 2011).

O teste de aceitação e preferência tem por objetivo avaliar respostas de indivíduos em relação à aceitação e preferência de um determinado produto ou de uma característica específica desse produto. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993), a aceitabilidade é o grau de aceitação de um produto recebido por uma amostra em termos de propriedades sensoriais, (MEILGAARD et al. 1988 apud SILVA, 2005)

Os testes discriminativos determinam se existe diferenças perceptíveis entre as amostras. Trata-se de testes analíticos, onde os julgadores atuam como instrumento para detectar diferenças nas amostras. São testes usados para seleção e monitoramento de equipe de julgadores, para determinar se existe diferença devido a substituição de matéria-prima, alterações no processo ou tipo de armazenamento, (STONE 1974 apud SILVA, 2005)

Análise descritiva quantitativa (ADQ) método desenvolvido por STONE et, al. (1974) proporciona uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes, (STONE 1974 apud SILVA, 2005)

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998), as principais etapas para a aplicação do perfil descritivo podem ser resumidas em: 1) recrutamento e seleção da equipe; 2) desenvolvimento de terminologia descritiva; 3) treinamento da equipe; 4) avaliação de desempenho da equipe; 5) desenvolvimento da ficha consensual de avaliação descritiva; 6) avaliação e 7) análise estatística, (STONE 1974 apud SILVA, 2005)

As propriedades sensoriais identificadas e quantificadas auxiliam muito no desenvolvimento de modelos multidimensionais em formato quantitativo facilitando a visualização dos dados pelas diversas áreas de interesse, geralmente o gráfico é apresentado como gráfico aranha permitindo comparações visuais entre diferentes produtos, (STONE 1974 apud SILVA, 2005)

Quanto aos defeitos da cerveja, serão descritos os principais que uma cerveja pode apresentar. Defeitos associados ao sabor ou odor, de difícil definição ou identificação não serão abordados, (AQUARONE et al, 2005).

A turbidez da cerveja está associada a dois fatores principais: crescimento microbiano ou coagulação de colóides. No primeiro caso, o crescimento de bactérias ou leveduras pode ocorrer em cerveja não pasteurizada ou quando é armazenada de forma inadequada, por esse motivo as grandes indústrias pasteurizam seu produto com a finalidade de se isentar desse risco, (AQUARONE et al, 2005)

Há a possibilidade de ocorrer por carboidratos, que são nítidos quando a matéria-prima utilizada é de má qualidade ou decorrente de variação de temperatura da cerveja, como é o caso da alternância de resfriamento/aquecimento.

A principal causa de turbidez é o complexo proteína-tanino. A coagulação desse colóide pode resultar em dois tipos de turbidez: a quente e a frio. A turvação quente está presente mesmo na cerveja morna enquanto a turbidez a frio é reversível e desaparece quando se esquentar a cerveja. Em qualquer caso esses colóides coagulam-se com o tempo e formam flocos que aparecem como turbidez e posteriormente como um sedimento. Cobre e ferro em concentrações acima de 0,5 ppm, catalisam a coagulação do complexo, (AQUARONE et al, 2005)

Alternativas para reduzir a turbidez da cerveja: 1) filtração da cerveja, na menor temperatura possível; 2) usar enzimas proteolíticas com atividade em baixa temperatura; 3) remover o complexo coloidal com carvão ativo; 4) Remover a fração proteína utilizando silicatos, argila e ácido tânico; 5) remover o tanino por meio de nylon ou polivinilpirrolidona.

Alternativas para reduzir o potencial de desenvolvimento de turvação na cerveja: 1) aumentar a proporção de adjunto na formulação; 2) utilizar malte modificado com elevado poder diastático; 3) usar o repouso proteico durante a mosturação; 4) ferver o mosto com aeração; 5) reduzir o tempo de armazenamento, distribuição e comercialização, (AQUARONE et al, 2005).

Além do sedimento provocado por turvação, há outros tipos de sedimentos que tem origem e falhas no processo: 1) Restos de filtração, como terra diatomácea, fibras de celulose e carvão ativos; 2) estabilizador de espuma em excesso; 3) restos de lavagem de garrafas, (AQUARONE et al, 2005)

Inspidez é o termo que significa carência de carbonatação e de espuma. A falta de carbonatação pode ser detectada e corrigida, porém a falta de espuma pode ser proveniente de numerosos fatores: 1) falta ou excesso de carbonatação; 2) baixa proporção de malte na formulação; 3) hidrólise enzimática excessiva durante a mosturação; 4) uso excessivo contra a

turbidez; 5) filtração excessiva; 6) níveis elevados de álcoois superiores; 7) contaminação da cerveja com óleo ou gordura, (AQUARONE et al, 2005)

A falta de espuma pode ser melhorada com o uso de estabilizadores coloidais como gomas a alginatos. Outra estratégia utilizada é o uso de adjuntos na produção da cerveja.

O diacetil é um produto da fermentação e está em concentração variável. É considerado ruim quando em concentrações superiores a 0,10 ppm. O diacetil é consumido na etapa de maturação da cerveja. Situações de fermentações em temperaturas mais elevadas favorecem a redução do diacetil, sendo este o motivo pelo qual as cervejas de alta fermentação dificilmente apresentam esse defeito, (AQUARONE et al, 2005).

O diacetil também é produzido por bactérias lácticas contaminantes. Assim deve-se evitar a presença dessas bactérias que são aeróbias, são do gênero *Pediococcus*. Como muitas cervejarias fazem o reuso da levedura, deve-se dar uma atenção a contaminação de levedura que pode ser tratada com ácido e persulfato para eliminar essas bactérias, (AQUARONE et al, 2005).

Esse defeito pode ser notado em concentrações a partir de 5 ppb, pois os métodos sensoriais são mais sensíveis para detectá-lo do que os métodos analíticos. As causas podem ser: 1) água contaminada; 2) bactérias contaminantes e leveduras selvagens; 3) produtos de limpeza e higiene, principalmente aqueles que contenham cloro ou iodo; 4) pode-se tentar remediar o defeito fenólico tratando a cerveja com carvão ativo.

O odor sulfuroso a levedura forma-se durante a fermentação e é eliminada na clarificação, pasteurização da cerveja e filtração. A pasteurização soluciona esse problema. Mas se o dióxido é usado como antioxidante ele deve aparecer com odor de ácido sulfídrico. Quando se usa ascorbato como tratamento antioxidante nota-se o flavor de pão na cerveja. Fatores que contribuem para o aparecimento de odores sulfurosos: 1) Ebulição deficiente do mosto; 2) baixa oxigenação do mosto; 3) Raça da levedura; 4) crescimento deficiente da levedura; 5) utilização de sulfitos após fermentação; 6) exposição a luz dentre outros, (AQUARONE et al, 2005)

Em relação a luz, comprimentos de onda menores que 550nm são mais prejudiciais. A luz atua sobre o lúpulo através de reações fotoquímicas, portanto nota-se a importância de armazenar o produto em garrafas cor âmbar, que promovem uma proteção adequada.

Quanto ao defeito de velho/oxidado, deve-se evitar as reações de oxidação na cerveja, esse é o responsável pela deterioração do produto e as reações começam quando termina o processo de fermentação. Com o passar do tempo haverá a formação de compostos indesejáveis, temperatura elevada também acelera as reações de oxidação. Para desacelerar esse processo a

indústria deve: 1) usar matérias primas de boa qualidade; 2) usar antioxidantes como sulfitos e ascorbato.

As bebidas produzidas foram avaliadas com relação a sua aceitação sensorial por julgadores distreinados que se dispuseram a preencher o questionário proposto. Para isso foram realizados Testes de Aceitação com escala hedônica de 9 pontos e Teste de Preferência do tipo Comparação. As amostras foram apresentadas de forma sequencial para os avaliadores. Nestes testes foram avaliadas a preferência e aceitação global da cerveja.

O teste foi feito distribuindo as duas amostras para os julgadores, que entravam de 1 em 1 na sala de experimentação. Os 30 provadores foram voluntários entre funcionários e alunos do Campus Alto Paraopeba da UFSJ, com idade acima de 18 anos. As amostras, a 4°C foram codificadas e apresentadas aos provadores em copos de polietileno de 60ml cada. O Teste foi conduzido em uma única sessão, os provadores registraram suas notas para cada atributo avaliado em fichas como apresentado na Figura 8:

Figura 8 Teste de aceitação

Nome:	Idade:
Por favor, avalie a amostra de cerveja e atribua uma nota, conforme escala abaixo, para avaliar o quanto você gostou ou desgostou da amostra. Obrigada.	
9 Gostei muitíssimo 8 Gostei muito 7 Gostei regularmente 6 Gostei ligeiramente 5 Nem gostei, nem desgostei 4 Desgostei ligeiramente 3 Desgostei regularmente 2 Desgostei muito 1 Desgostei muitíssimo	
Nota atribuída: _____	
Comentários:	

O Teste de aceitação foi realizado a fim de avaliar se os provadores gostaram ou desgostaram das cervejas apresentadas.

Os resultados desse teste foram avaliados por meio da construção de um histograma. Além disso, realizou-se uma análise de comparação da preferência geral, cor, textura, sabor e aroma entre as duas cervejas, a partir da Figura 9:

Figura 9: Teste de preferência

Nome:	Idade:	
Por favor, escolha uma das amostras provadas levando em consideração os seguintes itens:		
	Cerveja sem Dry Hopping	Cerveja com Dry Hopping
Preferencia Geral		
Cor		
Textura		
Sabor		
Aroma		
Comentários:		

Os resultados do teste de comparação foram avaliadas mediante aproximação da distribuição binomial à normal. A interpretação dos resultados obtidos foi feita a partir de análises estatísticas utilizadas quando se espera a seleção de uma das amostras em detrimento da outra e indica o número de observações corretas com as quais é possível estabelecer preferência ou diferença de uma amostra sobre a outra. (QUEIROZ, TREPTOW, 2006).

Com relação ao Teste de Preferência, as análises foram realizadas seguindo-se as seguintes etapas (MININ, 2006):

- Anotou-se o número de julgadores e somou-se o número total de julgadores que preferiram cada amostra, de acordo com o critério analisado: (Preferencia Geral, Cor, Textura, Sabor e Aroma)
- Identificou-se a amostra indicada pela maioria dos julgadores como sendo preferida, também levando-se em consideração os critérios analisados.

3.6. Tipos de cerveja:

Para a produção de cervejas são usados malte, lúpulo, água, levedura e em alguns casos adjuntos, ainda existem muitos tipos desses ingredientes, além de diversas combinações possíveis entre eles, por isso há diferentes tipos de cerveja. Além disso, há variações nos processos produtivos que podem deixar cervejas com a mesma formulação diferentes. Dentre essa variedade inimaginável de cerveja, definiu-se que é preciso classificar os tipos de cervejas existentes, bem como nomear cada estilo. .

Pilsen tem esse nome é devido ao fato de que a primeira vez que essa cerveja foi produzida, foi na cidade de Pils, na atual República Tcheca, em 1842. Trata-se de uma cerveja lager. É fabricada com água mole, que lhe confere a cor clara característica e um corpo leve a médio. Cervejas comerciais que não são produzidas pela empresa que inventou a Pilsen devem usar o nome “Cerveja tipo Pilsen” (SANTOS, 1985). É o estilo mais consumido e bem aceito no mundo. É Leve, clara, límpida, e tem baixo teor alcoólico. O Malte usado na sua composição é o Pilsen, que não passa por torrefação, logo não confere muita cor a cerveja. O lúpulo geralmente utilizado é o Saaz, segundo o BJCP (BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM, 2015). (AQUARONE et al, 2005).

Pale ale é a cerveja mais clara das outras ales. A maioria das cervejas desse estilo é de cor avermelhada ao escuro, esta tem sua cor de palha, beirando o dourado, um pouco mais escura que a Pilsen. Apresenta uma variedade grande em versões americanas e europeias. Ricas em aromas, encorpadas, amargas e aromáticas que as Pilsen. São comuns na Inglaterra. Cerveja de alta fermentação, durante um curto período de tempo. Não exigem um malte específico, embora geralmente utiliza-se malte Pale Ale. (BJCP, 2015) (AQUARONE et al, 2005).

A cerveja de trigo tem alta fermentação, com leveduras trabalhando em torno de 20°C por um período entre 3 e 5 dias. Trata-se de uma cerveja clara, encorpada, refrescante e de espuma cremosa. Para valorizar as características do sabor de trigo não há uma lupulagem evidente. Apresenta aroma de banana. Perdem a qualidade mais rapidamente. (BJCP, 2008).

Indian Pale Ale é uma cerveja que tem algumas variações: American Ipa, Ipa Inglesa, Imperial Ipa, Imperial Ipa e Black Ipa. De um modo geral tem como característica o frescor, aroma cítrico e frutado e são cervejas bem lupuladas.

A Imperial Ipa tem aroma intenso de lúpulo de variedades americanas, inglesas e nobres. A maioria das versões passa por “Dry-Hopping” e tem aroma resinoso ou gramíneo. A frutividade provem dos ésteres do lúpulo. É uma cerveja de cor avermelhada. Deve ser límpida embora versões que passaram por “Dry-Hopping” podem apresentar uma turvação. Quanto ao sabor, tem um sabor forte e complexo de lúpulo, o amargor é alto e deve ter pouco sabor de malte. É um produto sem diacetil. (BJCP 2008).

Robust Porter tem um aroma torrado deve ser perceptível e pode ser chocolate, café ou melado mas nunca queimado. Nenhum lúpulo pode ser evidenciado nessa receita. A coloração é escura ou marrom, deve possuir colarinho bege, gosto persistente Apresenta um rico dulçor com a combinação de maltes torrados. Lembram frutas secas e álcool. É uma cerveja com boa “drinkability”. O começo da cerveja é doce mais o sabor dos maltes escuros predominam e persistem até o final, é uma cerveja seca. O malte deve apresentar sabor de caramelo, toffe e

melado. O lúpulo geralmente utilizado é o Lublin ou Saaz. É uma cerveja com alto teor alcoólico e de coloração forte. (BJCP 2008).

4. Métodos:

O Experimento foi realizado no Laboratório de Biotecnologia do Campus Alto Paraopeba de Universidade Federal de São João del Rei.

5. Materiais:

A seguir são apresentados os materiais utilizados no processo de produção:

Álcool 70%

Reativo de lugol 5%

Panelas de Alumínio com fundo falso

Panela de Alumínio

Mangueira atóxica

Medidor de pH mpa-210

Fogareiro

Copos descartáveis de 80ml Zanatta®

Termômetro

Escumadeira

Geladeira Eletrolux

Proveta de 250ml Nalgon®

Densímetro Incoterm 5582

Galão de água de 20l

Gaze

Papel Alumínio

Moinho de disco Guzzo Brasil ®

Balança eletrônica Precisa JH2102

Béquero de 2L

Bomba peristáltica dosadora

pHmetro

Fermentador 25L

Bacia de plástico

Pá de plástico para agitação do mosto

Ebulidor

Gelo

Balde de 50L

6. Preparo da Cerveja:

As matérias primas utilizadas para a fabricação da cerveja foram compradas na loja Casa Olec, Situada na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais e as quantidades necessárias para a receita foram calculadas pelo software Beersmith Home Brewing ®, utilizando a diretriz de estilos BJCP, 2008.

Na Tabela 8 encontram-se as especificações e quantidade das matérias primas utilizadas:

Tabela 8 Matéria prima utilizada para fabricação de cerveja

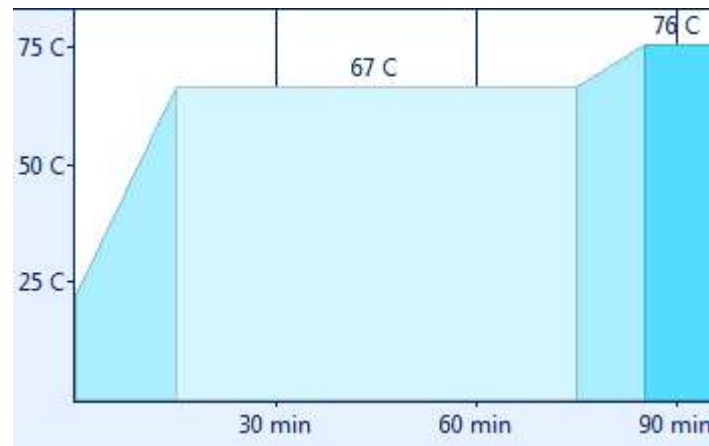
Matéria - Prima	Especificação	Quantidade
Caramunich Malt	110,3 EBC	0,5 kg
Carared	39,4 EBC	0,5 kg
Munich Malt	17,7 EBC	1 kg
Pale Ale Malt	5,9 EBC	4 kg
Lúpulo Cascade	5,5% Alfa Acido	50 g
Chinok	13% Alfa ácido	35 g
Fermento US-05	DCL - Fermentis	1 pct

A produção iniciou-se com o aquecimento de 20 litros de água mineral na panela com o fundo falso, até que se atingisse a temperatura de 72°C. Moeu-se o malte no moedor de grãos de disco. Adicionou-se os grãos nessa panela, começando assim o processo denominado brasagem.

Nessa etapa o objetivo é a extração dos açúcares contidos nos grãos através de um processo químico enzimático. Essa etapa consiste em misturar o malte com a água e com um controle apropriado de temperatura, promover um favorecimento da degradação enzimática. O pH da brasagem deve ser entre 5 e 5,5. Nesse momento mediu-se o pH da mistura e encontrou-se o valor de 5,5, portanto não houve necessidade de correção.

Inicialmente essa etapa de brassagem seria a da Figura 6:

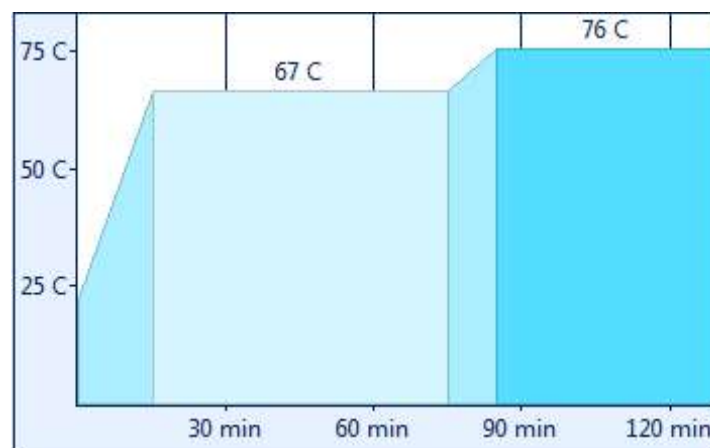
Figura 6 Rampa inicial de temperatura de cozimento do mosto



Fonte: Software Beersmith

Após a brasagem é necessário fazer-se o teste do iodo para ter a certeza de que todo o amido foi degradado em açúcares fermentescíveis. Fez-se o teste do iodo após 10 minutos na temperatura de 76°C e notou-se que não havia sido degradado todo o amido, portanto deixou-se mais tempo durante essa temperatura para favorecer a degradação enzimática das moléculas de amido. Portanto a rampa utilizada para a brasagem foi a da Figura 7:

Figura 7 Rampa de temperatura do Cozimento do Mosto



Fonte: Software Beersmith

Após esse aumento de tempo na temperatura de 76°C parou-se a etapa de brasagem e demos continuidade ao processo. Suspendeu-se o fundo falso, drenou-se o líquido do fundo da panela e recirculou-o pela camada de grãos, começando a etapa de recirculação do mosto, que tem como finalidade filtrar o mosto obtido, já que a malha de grãos promove uma excelente camada filtrante.

Deu-se prosseguimento a etapa de recirculação com a etapa de lavagem do mosto, que consiste em adicionar água aquecida a 72°C com a finalidade de lavar os grãos para extrair o máximo de açúcares da malha de grãos.

Em seguida, retirou-se o fundo falso e começou-se a etapa de fervura. Logo depois do mosto entrar em ebulição, adicionou-se 25g de lúpulo Chinok, que possui 13% de alfa ácidos e contribui então para o amargor da cerveja, depois de 15 minutos de fervura acrescentou-se 20g de lúpulo Cascade, passaram-se mais 15 minutos e houve uma adição de 10g do lúpulo Chinok, por fim, após 45 minutos de fervura incluiu-se 10g do lúpulo Cascade com a finalidade de conferir aroma a cerveja. Ao final da fervura há sólidos insolúveis presentes no mosto

. Para separa-los uma força centrípeta é necessária, esse processo é denominado Whirlpool (VENTURINI, 2011). Através desse processo foi possível favorecer a sedimentação dos sólidos no fundo do tanque e promover a separação destes sólidos do mosto líquido. É necessário descansar o mosto por 20 minutos para favorecer esse depósito de material no fundo da panela.

Resfriou-se o mosto para evitar que a alta temperatura inativasse as leveduras que seriam adicionadas posterior a este processo. A friagem foi feita colocando a panela que continha o mosto em uma bacia com muito gelo, quando a temperatura atingiu 20°C transferiu-se o mosto para o tanque de fermentação, nesta etapa do processo, fez-se necessário medir a densidade inicial obtida após a fervura, onde encontrou-se uma densidade de 1089 SG.

Posteriormente, seguiu-se a receita proposta pelo software Beersmith, fez-se hidratação do pacote de levedura US-05 com 230ml de água destilada para favorecer a propagação de levedura. Após a hidratação, adicionou-se a levedura no tanque de fermentação.

Em seguida, vedou-se o fermentador, de forma que os gases produzidos na fermentação conseguissem sair e o ar não conseguisse entrar no fermentador. Por fim, deixou-se fermentando os 9L de cerveja durante 10 dias, a uma temperatura de aproximadamente 20°C controlada por um Ar Condicionado. O final da fermentação foi notado pela estabilidade da densidade do mosto, que estabilizou em 1042 SG.

Transferiu-se 4,5L de cerveja para outros dois recipientes com o auxílio de uma bomba peristáltica dosadora, em um dos recipientes adicionou-se 20g de lúpulo Cascade em uma gaze para executar a técnica do “Dry-Hopping”, no outro recipiente não houve adição de lúpulo.

Após essa etapa, os dois recipientes passaram por duas fases de maturação: 4 dias em 20°C, que favorece a extração dos óleos essenciais e então favorecer a solubilização de compostos aromáticos, conforme citado por PHIL, 2011, e 5 dias em 2°C para abaixar a

velocidade de fermentação com as poucas leveduras restantes e promover a degradação de açúcares mais complexos e produtos da fermentação, como citado na revisão bibliográfica.

Em seguida, adicionou-se 24g de açúcar cristal diluído em água destilada em cada recipiente e homogeneizou-se a mistura. Por fim, transferiu-se as cervejas para as garrafas, que foram esterilizadas em autoclave. Lacrou-se então as garrafas utilizando um lacrador manual. Reservou-se as garrafas em temperatura ambiente, em local fresco ao abrigo de luz durante 7 dias para a etapa de carbonatação.

Após a carbonatação, fez-se análises de acordo com a regulamentação do Ministério da Agricultura e Pecuária dos seguintes parâmetros: Acidez Total, Proteínas Totais, pH, Teor de Cinzas e Açúcares totais.

8. Calculo do Teor Alcoólico da cerveja

A cerveja possui padrões de qualidade e de definição regulamentados pela legislação brasileira por meio do DECRETO Nº2.314 (1997).

Um parâmetro de grande importância quando se trata de cerveja é seu teor alcoólico. Ele é obtido durante a fermentação, onde as leveduras produzem o álcool e o CO₂, a partir da assimilação dos açúcares fermentescíveis disponíveis no mosto. (VICENZI, 2008).

Nesse experimento foi medido durante o preparo da cerveja a densidade do produto antes da inoculação do fermento e depois da fermentação. Obtém-se um valor maior antes da fermentação do que o valor lido no final da fermentação tendo em vista que na fermentação, as leveduras consomem o açúcar produzindo álcool, dessa forma, a concentração de açúcar diminui, fazendo com que a densidade diminua.

A fórmula utilizada para se calcular a quantidade de álcool na cerveja, segundo PALMER 1999 é:

$$ABV \text{ (concentração de álcool)} = (\text{Densidade inicial} - \text{Densidade Final}) \times 131,25 \quad (1)$$

Segundo MATOS, 2011, após o priming o teor alcoólico aumenta 0,3.

9. Calculo do extrato primitivo da cerveja:

Analisando a cor, podemos classificar as cervejas como: fortes (quando o valor de extrato primitivo é maior ou igual a 14%), extra (quando o extrato primitivo está entre 14 e 12,5%, comum (quando o extrato primitivo é maior ou igual a 10,5 e menor do que 12,5%) e leve (quando o valor de extrato primitivo está entre 5 e 10,5). A relação entre graus Platô e a gravidade específica pode ser calculada a partir da seguinte fórmula quadrática:

$$P = 668,72 \times SG - 463,37 - 205,35 \times SG^2 \quad (2)$$

Os densímetros usados pelos cervejeiros, são calibrados para uso a 20°C, portanto em caso de medições fora dessa temperatura, é necessário fazer uma correção da densidade. Na tabela abaixo estão indicados os valores de correção da densidade.

Figura 10 Tabela de correção do densímetro para leitura de FG (final gravity)

Temp °C	Correção	Temp °C	Correção	Temp °C	Correção
1	-1,9	30	2,5	59	14,3
2	-1,9	31	2,8	60	14,8
3	-1,8	32	3,1	61	15,3
4	-1,8	33	3,4	62	15,8
5	-1,8	34	3,7	63	16,4
6	-1,7	35	4,1	64	16,9
7	-1,7	36	4,4	65	17,5
8	-1,6	37	4,8	66	18
9	-1,6	38	5,1	67	18,6
10	-1,5	39	5,5	68	19,1
11	-1,4	40	5,9	69	19,7
12	-1,3	41	6,2	70	20,3
13	-1,2	42	6,6	71	20,8
14	-1,1	43	7	72	21,4
15	-0,9	44	7,4	73	22
16	-0,8	45	7,8	74	22,6
17	-0,6	46	8,3	75	23,2
18	-0,4	47	8,7	76	23,8
19	-0,2	48	9,1	77	24,4
20	0,0	49	9,5	78	25
21	0,2	50	10	79	25,7
22	0,4	51	10,4	80	26,3
23	0,6	52	10,9	81	26,9
24	0,9	53	11,4	82	27,6
25	1,1	54	11,8	83	28,2
26	1,4	55	12,3	84	28,9
27	1,6	56	12,8	85	29,5
28	1,9	57	13,3	86	30,2
29	2,2	58	13,8	87	30,9

Fonte: Lamas Brew

10. Resultado e Discussão:

10.1. Cálculo da Quantidade de Alcool

A eficiência da fermentação pode ter sido comprometida pela baixa quantidade de água utilizada na etapa de mostura. Ao diluir o malte em pouca água o mosto fica mais concentrado e isso pode diminuir a eficiência da fermentação, em casos de se produzir cervejas com mosto muito concentrado, é necessário a utilização de mais leveduras ou de deixar o mosto

fermentando por mais tempo para que elas sejam capazes de promover uma completa conversão dos açúcares

Utilizando a Equação 1 sugerida por PALMER, 1999

$$ABV \text{ (concentração de álcool)} = (1089 - 1042) \times 131,25 = 6,16\% \text{ de álcool}$$

Segundo MATOS, 2011, após a adição do priming, espera-se que a porcentagem de álcool seja 6,46%.

10.2. Teste de Aceitação:

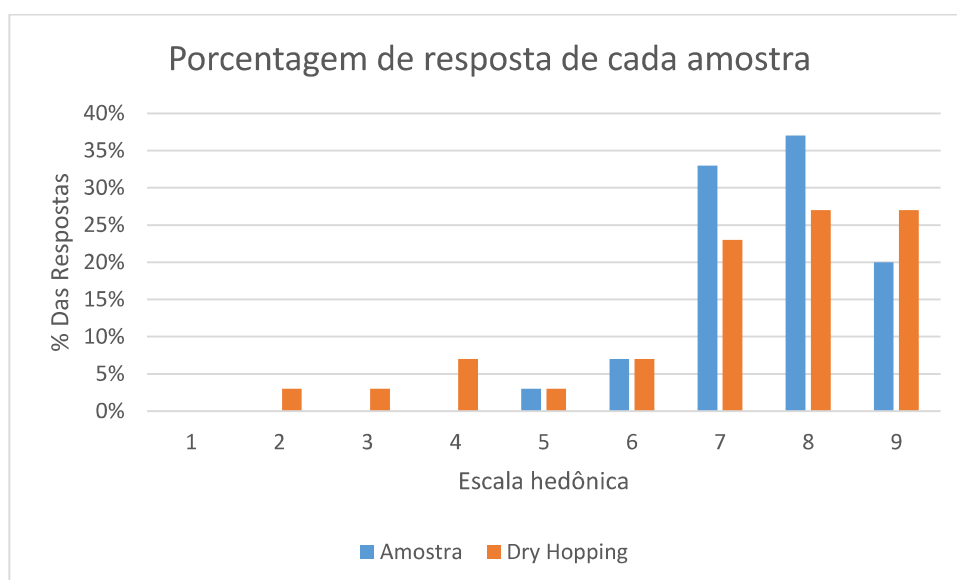
Tabela 9 Resultado do teste de aceitação

Escore de aceitação			
Julgadores	Amostra	Dry-Hopping	Total
1	8	7	15
2	8	9	17
3	9	9	18
4	6	8	14
5	7	5	12
6	7	9	16
7	8	8	16
8	9	7	16
9	7	2	9
10	8	8	16
11	9	7	16
12	7	4	11
13	8	9	17
14	7	3	10
15	8	7	15
16	7	7	14
17	8	6	14
18	9	8	17
19	8	9	17
20	9	9	18
21	8	6	14
22	7	7	14
23	6	4	10
24	8	9	17
25	7	8	15

26	5	7	12
27	7	8	15
28	9	9	18
29	7	8	15
30	8	8	16
Total	229	215	444
Média	7,63	7,17	14,8

Os Resultados foram analisados por meio da distribuição de frequência dos valores obtidos em cada amostra, e apresentados no Gráfico 1, que possibilita a visualização do nível de aceitação e rejeição do produto e a comparação das duas amostras.

Gráfico 1 Porcentagem de resposta de cada amostra



O Gráfico 1 permite a visualização do nível de aceitação e rejeição e comparativo de desempenho das duas amostras. Pode-se perceber que a amostra sem “Dry-Hopping”, obteve maior aceitação quando se analisa as respostas: “Gostei MUITÍSSIMO” e “Gostei Muito”.

A cerveja com “Dry-Hopping” obteve média de 7,17 e a cerveja sem “Dry-Hopping” média de 7,63, ambos os resultados localizam-se entre os termos hedônicos “Gostei Moderadamente” e “Gostei Muito”, portanto obtiveram um resultado satisfatório.

A cerveja com “Dry-Hopping” recebeu algumas observações de que houve julgadores que notaram uma baixa carbonatação em relação a amostra normal, isso pode ter ocorrido por diversos fatores, inclusive má manuseio na hora de engarrafar a cerveja. A causa da baixa carbonatação não foi encontrada.

Esses testes são utilizados por indústria, especialmente quando há introdução de novos produtos no mercado. No mercado de cervejas especiais, a adição de compostos diferentes ou

modificação de alguma etapa no processo agrega valor e se torna um atrativo para o consumidor, desde que a avaliação do produto seja positiva.

10.3. Teste de Preferencia

A partir dos dados coletados pelo teste de preferência, foi elaborado a Tabela 10:

Tabela 10 Numero de julgadores que escolheram as cervejas com relação a cada critério avaliado

	Dry-Hopping	Amostra
Preferência Geral	13	17
Cor	14	16
Textura	17	13
Sabor	18	12
Aroma	19	11

Analisando a preferência geral, a amostra obteve melhor resultado. Em relação a Cor, a Amostra obteve melhor resultado, tendo em vista que o processo de “Dry-Hopping”, de acordo com o que foi citado na revisão bibliográfica contribui para a turvação da cerveja, portanto é uma característica esperada. Quanto a Textura, a cerveja com “Dry-Hopping” obteve melhor pontuação. Quanto ao sabor e aroma, a cerveja com “Dry-Hopping” obteve melhores resultados tendo em vista que a adição tardia do lúpulo contribui para o sabor e aroma da cerveja.

10.4. Teor de Cinzas:

O Cálculo usado para determinar o teor de cinza é:

$$C = D \times (a - b) \quad (3)$$

Onde:

C = Cinzas da amostra em gramas por Litro (g/L)

a = Massa do cadinho com cinzas, em gramas

b = massa do cadinho em gramas

D = Fator relacionado á tomada de amostra, neste caso D=40

Tabela 11 Peso do Cadinho Antes das Cinzas

Cadinho Antes da Cinza			
	1	2	3
D	40,1553	38,684	40,3357
A	40,6687	39,6941	37,3347

Tabela 12 Peso do Cadinho depois das Cinzas

Cadinho Depois da Cinza			
	1	2	3
D	40,2495	38,7715	40,4319
A	40,7591	39,7881	37,4285

Tabela 13 Peso das Cinzas

Peso da Cinza				
	1	2	3	Media
D	0,0942	0,0875	0,0962	0,092633
A	0,0904	0,094	0,0938	0,092733

Calculando o Teor de Cinzas para as duas amostras:

$$C(amostra) = 40 \times (0,092733) = 0,008836$$

$$C(Dry Hopping) = 40 \times (0,092633) = 0,009254$$

Cinzas na amostra sem “Dry-Hopping”: 3,709333 g/L

Cinzas na amostra com “Dry-Hopping”: 3,705333 g/L

De acordo com TACO, 2012 o parâmetro de teor de cinzas para cerveja Pilsen é de 0,1g em 100 ml. Para a cerveja com “Dry-Hopping”, encontrou-se um valor de 0,370533 g em 100 ml e para a amostra sem “Dry-Hopping” encontrou-se um valor de 0,370933 em 100 ml, nota-se que não houve uma diferença significativa entre as duas amostras, embora relacionado com a cerveja Pilsen, os valor são bem discrepantes. Obviamente isso se dá por ser uma cerveja mais encorpada, com densidades, amargor e cor superior a cerveja Pilsen. Na literatura não encontrou-se o parâmetro do teor de cinzas para cervejas do tipo Imperial Ipa.

10.5. Acidez Total:

A acidez total é expressa pela fórmula:

$$At = \frac{1000 \times n \times N}{V} \quad (4)$$

Onde:

At = Acidez total em mol/L

n = Volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL.

N = Normalidade da solução de hidróxido de sódio

V = Volume da amostra em mL

Nas Tabelas 14 e 15 foram expressos os resultados da acidez total das cervejas.

Tabela 14 Acidez Total da amostra sem “Dry-Hopping”

Acidez Total				
Amostra				
Amostra	1	2	3	Média
pH Final	8,31	8,2	8,03	8,18
Volume	6,4	7,7	7,2	7,1
Acidez Total	64	77	72	71

Tabela 15 Acidez Total da amostra com “Dry-Hopping”

Dry Hopping				
Amostra	1	2	3	Media
pH Final	7,99	8,09	8,08	8,05
Volume	5,4	5,2	4,6	5,1
Acidez Total	54	52	46	50,7

Nota-se que a acidez na cerveja que não passou pelo processo de “Dry-Hopping” foi maior. Na literatura não há nada que explique essa mudança de acidez. Esse pH final está citado acima somente a título de especificar qual faixa de pH se encontrava a amostra no final da titulação.

10.6. pH:

A média aritmética das leituras de pH serão ilustradas nas tabelas 16 e 17:

Tabela 16 Média de pH na amostra sem “Dry-Hopping”

Amostra				
Amostra	1	2	3	Média
pH Final	4,4	4,44	4,36	4,40

Tabela 17 Média de pH na amostra com “Dry-Hopping”

Dry Hopping				
Amostra	1	2	3	Media
pH Final	4,47	4,57	4,47	4,50

Nota-se que a média do pH da cerveja com “Dry-Hopping” apresentou menor acidez em relação ao da outra amostra.

10.7. Açúcares Totais:

O Teor de açúcares totais em gramas de glicose por litro da amostra é dado pela fórmula abaixo:

$$At = \frac{(b - a) \times 5 \times f1 \times f2}{V} \quad (5)$$

Onde:

At = Teor de açúcar total em glicose (g/L) f₁

b = Volume da solução de glicose gasto na titulação do branco, em mL.

a = Volume da solução de glicose gasto na titulação da amostra, em mL.

f₁ = Fator que envolve todas as diluições

f₂ = Fator de conversão para expressão dos resultados em glicose (1,00)

V = Volume da amostra preparada usado na titulação em mL.

Os resultados estão descritos nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 Variáveis da equação de Açúcares Totais

	Amostra	Dry Hopping
B	5,8	6,2
P	15,4	15,5
1	14,8	14,9
2	14,9	13,8

3	14,1	14,7
A	14,6	14,5
B	24,8	25,2
F1	8	8
F2	1	1
V	10	10

Tabela 19 Resultado de Açúcares Totais nas amostras

	Amostra(g/L)	Dry Hopping (g/L)
Açúcares Totais	40,8	42,9

Na literatura encontrou-se dados em torno de 20g/L, como o rendimento da cerveja foi metade do esperado, a concentração de açúcar total ser o dobro do encontrado em alguns experimentos está dentro do esperado.

10.8. Teor de extrato primitivo:

Seguindo a Equação 2, proposta por BICHARA, 2014, temos o seguinte número para o teor de extrato primitivo

$$P = 668,72 \times (1,042 - 463,37 - 205,35 \times (1,042)^2) = 19,5\%$$

A cerveja produzida pode ser classificada como Cerveja Forte, tendo em vista que a porcentagem do extrato primitivo foi acima de 14,5% citada pela legislação.

11. Conclusão:

Quanto ao momento oportuno de produção de cervejas artesanais, podemos afirmar que a tendência de consumo vai aumentar no Brasil. Sobre o consumo per capita, não pode-se afirmar que continuará crescendo, tendo em vista a recessão econômica pelo qual o país passa hoje. Hoje fala-se muito sobre o bordão dos cervejeiros “Beba menos e beba melhor”, há uma mudança no perfil dos consumidores no país, hoje em dia, aos poucos, os consumidores querem novas experiências com produtos diferentes. O Mercado de micro cervejarias é um mercado que tem bastante potencial para ser explorado diante de que o perfil de consumidor de cervejas artesanais quer provar diversos rótulos, mesmo o consumidor assumindo que tem uma marca e ou receita como sua preferida ele está disposto a provar novos produtos.

Quanto a produção de cerveja, nota-se que não se trata de um processo difícil e que hoje em dia há muitos cursos, tutoriais, congressos e demais especializações disponíveis para os que

desejam entrar nesse meio. As informações, hoje, estão muito mais disseminadas, portanto o respaldo tecnológico fica mais fácil. O Meio de micro cervejarias está aberto a orientar e fomentar a produção de novos produtos no mercado. Trata-se de um mercado unido e que quer o desenvolvimento da classe no país. O grande entrave na produção de cerveja artesanal hoje em dia é a carga tributária praticada em cima do produto, em alguns casos a produção torna-se insustentável.

Quanto a abertura do mercado para profissionais, nota-se que o mercado vem em crescente expansão, embora ainda não seja exigida muita capacitação profissional para os colaboradores das micro cervejarias. Hoje o mercado tem bastante abertura para Sommelier e Mestres Cervejeiros. A Engenharia de Bioprocessos tem uma excelente capacitação teórica para atuar nesse nicho, porém a alta carga tributária não permite que as micro e pequenas empresas possam absorver um profissional mais caro, portanto os donos das micro cervejarias acabam se capacitando, informalmente, com cursos direcionados apenas para a produção.

Em relação a análise sensorial notou-se que todas as duas amostras podem ser consideradas cervejas bem aceitas entre os provadores, apesar de alguns defeitos relatados pelos mesmos. O defeito citado foi a falta de carbonatação em duas garrafas utilizadas para a degustação, estas garrafas eram de cervejas maturadas com a técnica de “Dry-Hopping”, por isso sua aceitação foi menor em relação a amostra normal, embora o que o “Dry-Hopping” proporciona, que é elevar o aroma do lúpulo foi notado, portanto a técnica foi bem executada.

Em relação a comparação de preferência entre o as diferentes maturações, os avaliadores conseguiram perceber uma diferença entre o aroma das duas cervejas e portanto o objetivo de testar essa mudança de aroma na cerveja com “Dry-Hopping” foi concluído.

Elaborar este trabalho me permitiu aprender mais sobre a produção e processamento de cervejas artesanais através da prática executada. Serviu de grande aprendizado por ser uma pesquisa através das mais diversas fontes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas – NBR 12806*. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8p.

ACERVA CATARINENSE. **Site de cervejeiros artesanais catarinenses**. Disponível em: < www.acervacatarinense.com.br > Acessado em 01 de Outubro de 2015.

AQUARONE, E.; LIMA, U. A; W. SCHIMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial**. Vol. 4. Edgar Blucher, São Paulo, 2005.

BAMFORTH, C.W. **Nutritional aspects of beer – a review**. Nutrition Research. 2002; 22(1-2) dois pontos 227-237

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. **Styles guidelines for beer, mead and cider**. 2008 edition. Disponível em: <www.bjcp.org> Acesso em 17 de Setembro de 2015.

BICHARA, N. **Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros**. Disponível em: < <http://www.lamasbier.com.br/2014/05/dicas-sobre-o-uso-de-densimetros-e-refratometros.html> > Acessado em 05 de Dezembro de 2015

BRASIL. **Decreto nº 6.781, de 04 de julho de 2009**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm> Acesso em 06 de Setembro de 2015.

CARVALHO, L. G. Dossiê técnico. **Produção de cerveja**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Mar. 2007. Disponível em: < <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTc> => Acesso em 25 de Novembro de 2015.

CARVALHO, G. B. et al. **Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 2º parte – A Fermentação**. Revista Analytica n26, p46-54, 2007.

CAVALCANTI, S. **Como fazer excelente dry-hopping**. Disponível em: <<http://www.hominilupulo.com.br/cervejas-caseiras/como-fazer-excelente-dry-hopping-por-samuel-cavalcanti/>>. Acessado em 10 de Novembro de 2015.

CRUZ, I. et al. **Produção de cerveja**. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos. Florianópolis, Santa Catarina. Out. 2008.

CUNHA, T.V. **Competitividade e segmentação na indústria cervejeira: Uma análise de competitividade das microcervejarias catarinenses**. 2001. 105f. Monografia bacharelado no curso Ciências econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

Fabricação de cerveja. Disponível em:

<<http://www.homebrewtalk.com.br/showthread.php?p=5096843>> Acesso em 02 de Outubro de 2015.

FERREIRA, R.H. et al. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte.** Perspectivas em ciências da informação, v16, n.4, p. 171 – 191, out./dez. 2011.

FILHO, W.G. **Qualidade da cerveja.** In: Tecnologia de Cerveja. Funep, 2000.

HOME BREW TALK. **Whirlpooling.** Disponível em:

<<http://www.homebrewtalk.com/wiki/index.php/Whirlpooling>> Acessado em 10 de Novembro de 2015.

MATOS, R.A. **Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado.** Tcc no curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

NOGUEIRA, L.C. **Estudo comparativo de Caracterização e bioatividade de cerveja com e sem álcool.** Tese (Doutorado, Instituto de Química. Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Rio de Janeiro Campinas. 2006.

PALMER, J. **How to Brew, 1999.** Disponível em< <http://www.howtobrew.com/>>. Acesso em 01 de Agosto de 2015.

PHILL, **Técnicas de dry-hopping.** Disponível em < <http://noticiascervejeiras.blogspot.com.br/2011/10/tecnicas-de-dry-hopping.html>> Acessado em 17 de Dezembro de 2015.

REITENBACH A.F. **Desenvolvimento de cerveja funcional com adição de probiótico: Saccharomyces boulardii.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2010.

SILVA, D.P. **Produção e avaliação sensorial de cerveja obtida a partir de mostos com elevadas concentrações de açúcares.** Dissertação de mestrado, Faculdade de engenharia química de Lorena, 2005

SILVA, A.E. da; COLPO, E.; OLIVEIRA, V.R. de; HERBST JUNIOR C.G.; HECKTHEUER, L.H.R.; REICHER, F.S. **Elaboração de cerveja com diferentes teores alcoólicos através de processo artesanal.** Disponível em< <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1129/832>>. Acesso em 12 de Setembro de 2015.

TACO. 2012. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Disponível em<
www.unicamp.br/nepa/tacp/tabela.php> Acessado em 10 de Dezembro de 2015

VENTURINI. **Bebidas Alcoólicas**.

WE – CONSULTORIA. Disponível em: <www.weconsultoria.com.br> Acesso em 20 de Agosto de 2015.