



GLADISTON VIEIRA JUNIOR

PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL DO TIPO IPA
(INDIA PALE ALE)

GLADISTON VIEIRA JUNIOR

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL DO TIPO IPA
(*INDIA PALE ALE*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Martins Sampaio

São Luís
2018

PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL DO TIPO IPA (*INDIA PALE ALE*)

GLADISTON VIEIRA JUNIOR

Aprovado em: **13/07/2018**

Orientador:

Prof. Dr. ROMILDO MARTINS SAMPAIO
COEQ/CCET
Universidade Federal do Maranhão. São Luís, MA

Examinadores:

Prof. Dr. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ
COEQ/CCET
Universidade Federal do Maranhão. São Luís, MA

MARCUS JOSÉ FIGUEIREDO DOS SANTOS
Bacharel em Engenharia Química

DADOS CURRICULARES**Gladiston Vieira Junior**

NASCIMENTO 10/07/1989 – SÃO LUÍS / MA

FILIAÇÃO Gladiston Vieira
Neilse Silva Peixoto Vieira

2010/2018 Curso de Graduação
Engenharia Química - Universidade Federal do Maranhão

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram e investiram no meu futuro.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível.

Aos meus pais, Gladiston e Neilse, que apesar das dificuldades sempre me apoiaram e auxiliaram em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Glailson e Glayce, que vieram comigo para São Luís em busca de um futuro melhor, sempre ajudando um ao outro.

Ao meu orientador, Prof. Romildo Sampaio, pela paciência, incentivo, orientação e auxílio.

Ao meu amigo, Marcus Figueiredo, que me auxiliou muito neste projeto de monografia e sempre me incentivou no decorrer do curso.

Aos meus amigos de turma Sara, Manu, Yuri, Rafael, Adriano, entre outros, que estiveram presentes em todos os momentos no decorrer do curso.

Aos meus amigos de curso, Rodrigo Neves, Lucas Araújo, Felipe Cutrim, Rhaunnyr, Paulinho, Mário Fonseca, Rafael Artioli, Alan, Kariny e Thamires que permanecem meus amigos mesmo fora da universidade.

À todos os docentes do curso de Engenharia Química, que puderam me passar um pouco do seu conhecimento.

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem
foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

JUNIOR, G. V. **PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL DO TIPO IPA (INDIA PALE ALE)**. 2018. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

RESUMO

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais antigas e cuja produção está associada diretamente com a agricultura. As primeiras evidências de sua produção vem da antiga Suméria, em torno de 3500 a.C., onde era utilizada como complemento para as refeições. Atualmente é a terceira bebida mais consumida mundialmente, estando atrás apenas da água e do chá. O mercado da cerveja artesanal foca consumidores que buscam a valorização sensorial e o prazer de consumo. Esses consumidores ocupam uma parcela de 0,15 % do mercado, e há prospecções de aumento para 2 % nos próximos anos. O objetivo deste trabalho foi produzir uma cerveja artesanal do tipo IPA (*India Pale Ale*), uma cerveja que vai da cor dourada a acobreada, apresenta um teor alcoólico que varia entre 5,5 e 7,5 % tendo como principal característica o forte amargor, ocasionado pela adição extra de lúpulo à sua receita. Os principais insumos para a produção da cerveja são a água, malte, lúpulo e levedura. O processo de produção é feito em várias etapas iniciando na brassagem, onde o malte é moído e levado ao fogo junto a água, transformando o amido presente nos grãos em açúcares. A etapa seguinte é a clarificação onde o mosto recircula na panela sendo filtrado pela casca do malte. Na fervura ocorre a inibição enzimática e a lupulagem, onde os lúpulos são adicionados à receita. Após vem a fermentação, onde a levedura converte os açúcares em álcool e dióxido de carbono, e ocorre o *dry hopping*. Na maturação aprimora-se as características sensoriais da cerveja. A carbonatação é feita de forma forçada, injetando dióxido de carbono diretamente no barril com a cerveja. O processo termina no envase, feito por meio de um enchedor de contrapressão. A partir de amostras coletadas do mosto na fermentação calculou-se o teor alcoólico da cerveja de 5,91 %, valor condizente com o estilo pretendido, mas diferente do calculado computacionalmente, de 6,8 %. O IBU foi de 45, aceitável para o estilo pretendido, assim com os EBC e SRM que foram de 16,1 e 31,7, respectivamente. O amargor ficou bem aparente, assim como o aroma, proporcionado pelo *dry hopping*. A cerveja produzida atendeu todos os atributos característicos do estilo, indicando a possibilidade de produzi-la comercialmente.

Palavras-chave: Cerveja Artesanal. Cerveja tipo IPA (*India Pale Ale*). Lúpulo.

JUNIOR, G. V. **HOME BREWING OF THE IPA (*INDIA PALE ALE*) TYPE** . 2018. 45 f. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) – Curso de Engenharia do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

ABSTRACT

Beer is one of the oldest alcoholic beverages, of which production is directly associated with agriculture. The earliest evidence of its production comes from ancient Sumer, around 3500 BC, where it was used as a meal supplement. It is actually the third most consumed drink in the world, behind only water and tea. The craft beer market focuses on consumers seeking sensory enhancement and consumer pleasure. These consumers occupy a share of 0.15 % of the market, and there are prospects of increase to 2 % in the coming years. The objective of this work was to produce home brewing an IPA (India Pale Ale), type is one that goes from golden to copper color, has an alcoholic content that varies between 5.5 and 7.5 % and its main characteristic is the strong bitterness, caused by the extra addition of hops, to the recipe. The main inputs for the production of beer are water, malt, hops and yeast. The production process is carried out in several stages, beginning with the brew, where the malt is grounded and taken to the fire with the water, transforming the starch present in the grains into sugars. The next step is the clarification where the wort recirculates in the pan being filtered by the malt bark. In boiling occurs enzymatic inhibition and hopping, where the hops are added to the recipe, After fermentation comes, where the yeast converts the sugars into alcohol and carbon dioxide, and dry hopping occurs. At maturation, the sensorial characteristics of beer are improved. Carbonation is forced, injecting carbon dioxide directly into the barrel with beer. The process ends in the back-pressure filler container. From the samples collected from the wort in the fermentation, the alcoholic content of the beer was calculated in 5,91 %, according to the desired style, but different from the computationally calculated, of 6.81 %. The IBU of 45 was acceptable for the intended style, as were the EBC and SRM were had 16.1 and 31.7, respectively. The bitterness became quite apparent, as well as the aroma, provided by dry hopping. The beer produced met all the attributes characteristic of the style, being possible to produce it commercially.

Keywords: Craftbeer. Beer type IPA (India Pale Ale). Hop.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico em teia do perfil do lúpulo <i>Cascade</i>	6
Figura 2: Gráfico em teia do perfil do lúpulo <i>Chinook</i>	7
Figura 3: Processo de produção da cerveja.	8
Figura 4: Gráfico com a faixa de temperatura e pH ideal para mosturação.	10
Figura 5: Ligação entre as moléculas de açúcar que formam o amido.....	10
Figura 6: Valores de EBC para alguns estilos de cerveja.....	16
Figura 7: Fluxograma do processo de produção da cerveja.	19
Figura 8: Maltes do tipo Pale Ale (à esquerda) e Crystal (à direita) moídos.	20
Figura 9: Mosto retornando ao topo da panela no processo de recirculação.....	21
Figura 10: Lúpulo em forma de pallet.	22
Figura 11: Cerveja sendo envasada num enchedor de contrapressão.....	24
Figura 12: Decaimento da concentração de açúcar ao longo dos dias de fermentação.....	25
Figura 13: Régua de comparação de cores de EBC e SRM.	27
Figura 14: Cor da cerveja IPA produzida.....	27
Figura 15: Cerveja do tipo IPA.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores do SRM para alguns estilos de cerveja.	17
Tabela 2: Valores do °Brix ao longo dos dias de fermentação.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABV	Alcohol by Volum
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CERVBRASIL	Associação Brasileira da Indústria Cervejeira
EBC	European Brewing Convention
IBU	International Bitterness Unit

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	II
DADOS CURRICULARES	III
DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTOS	V
EPÍGRAFE	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
SUMÁRIO	XII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 HISTÓRIA DA CERVEJA	3
3.2 A CERVEJA NO BRASIL	3
3.2 INSUMOS PARA PRODUÇÃO	4
3.2.1 <i>A água</i>	4
3.2.2 <i>Malte</i>	5
3.2.3 <i>Lúpulo</i>	5
3.2.4 <i>Levedura</i>	7
3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO	8
3.3.1 <i>Brassagem</i>	8
3.3.2 <i>Clarificação/Filtração</i>	11
3.3.3 <i>Lavagem</i>	11
3.3.4 <i>Fervura e Lupulagem</i>	11
3.3.5 <i>Fermentação e Dry hopping</i>	12
3.3.6 <i>Maturação</i>	13
3.3.7 <i>Carbonatação e Envase</i>	13
3.4 PRINCIPAIS ESTILOS DE CERVEJA	14
3.4.1 <i>Cerveja Tipo IPA (India Pale Ale)</i>	15
3.5 PARÂMETROS DA CERVEJA	15
3.5.1 <i>ABV (Alcohol by Volum)</i>	15
3.5.2 <i>IBU (International Bitterness Unit)</i>	16
3.5.3 <i>EBC (European Brewing Convention)</i>	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 MATERIAL	18

4.2 LOCAL DE PESQUISA -----	18
4.3 EQUIPAMENTOS-----	18
4.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL -----	19
4.4.1 <i>Brassagem</i> -----	20
4.4.2 <i>Clarificação/Filtração</i> -----	21
4.4.3 <i>Lavagem</i> -----	21
4.4.4 <i>Fervura e Lupulagem</i> -----	22
4.4.5 <i>Fermentação e Dry Hopping</i> -----	22
4.4.6 <i>Maturação</i> -----	23
4.4.7 <i>Carbonatação e Envase</i> -----	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	25
6 CONCLUSÃO -----	29
REFERÊNCIAS -----	30

1 INTRODUÇÃO

As bebidas alcoólicas são responsáveis por uma parte significativa do comércio brasileiro, constituindo um importante setor na indústria de transformação. Segundo o BNB (2017) em 2014 correspondeu a 3 % do valor da produção da indústria de transformação. No Brasil, a cerveja é a bebida alcoólica mais consumida, representando quase 90 % do mercado (SEBRAE, 2016).

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais antigas a serem produzidas. Sua produção está diretamente ligada a agricultura. Há registros do consumo de cerveja por todas as civilizações que tinham os cereais como base da alimentação. Especula-se que sua descoberta foi de forma involuntária, onde os grãos molhados fermentaram naturalmente, produzindo assim as primeiras cervejas.

A maior parte da produção mundial de cerveja é feita por multinacionais, que são empresas líderes de mercado, que produzem cervejas populares em grandes volumes e atuam em todo o território nacional. A regulamentação nacional diz que a cerveja é a bebida obtida através da fermentação alcoólica do mosto oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo (Art. 36 do decreto nº 6.871).

Nos últimos anos há uma mudança nesse mercado, onde os consumidores estão em busca de estilos diferentes da bebida, procurando entender o processo de fabricação e até mesmo produzir sua própria cerveja. As pequenas cervejarias produzem um produto mais incrementado, com uma maior qualidade e variedade de estilos. Eles atuam em mercados mais restritos, pois sua capacidade de produção, na maioria das vezes, é baixa. Atualmente estima-se que os pequenos cervejeiros ocupem uma parcela pequena do mercado.

Para atender à crescente demanda os cervejeiros artesanais produzem vários tipos de cervejas, principalmente dos dois grandes estilos as *lagers* e *ales*, sendo elas de baixa e alta fermentação, respectivamente. As *ales* são produzidas a partir da cevada maltada, e a cerveja IPA (*India Pale Ale*) está inserida nesse estilo, qual tem como principal característica a grande quantidade de lúpulos que são adicionados no seu preparo, proporcionado amargor e aromas únicos que cativam uma grande parcela de novos consumidores.

2 OBJETIVOS

O Brasil é um dos maiores mercados consumidores de cerveja no mundo. Segundo a Associação Brasileira de Indústria Cervejeira (CERVBRASIL, 2016), o país é o terceiro maior consumidor mundial, atrás apenas da China e Estados Unidos. O consumo está em torno de 14 bilhões litros por ano, sendo que 3,3 bilhões foram consumidos no Nordeste. A indústria cervejeira teve uma participação de 1,6 % do PIB em 2014, sendo a 12ª maior geradora de empregos, faturando cerca de R\$ 70 bilhões no ano de 2014 (BNB, 2016). Comparando a outros países, o Brasil está na 17ª em consumo per capita (BATH-HAAS GROUP, 2012).

As cervejas artesanais correspondem a apenas 0,15 % do mercado produtor de cerveja, com prospecções para chegar a 2 % nos próximos anos (SEBRAE, 2014). Esse mercado ainda tem muito a ser explorado, pois a busca por produtos mais elaborados e de maior qualidade tende a crescer, favorecidas pelo aumento da maturidade dos consumidores que passam a buscar produtos de melhor qualidade.

A IPA (*India Pale Ale*) é um estilo de cerveja mais encorpado, de cor dourada a acobreada, que tem como característica o amargor e o maior teor alcoólico, que varia de 5,5 a 7,5%. Seu amargor característico é causado pela maior adição de lúpulos à sua receita, tornando-a também mais aromática. São um contraponto para as cervejas industriais, sendo o tipo de cerveja artesanal mais produzido, fornecendo uma nova experiência a seu consumidor.

2.1 Objetivo geral

Considerando o crescimento do mercado para o consumo de cervejas artesanais com estilo e formulação próprias, o objetivo deste trabalho é produzir uma cerveja artesanal do estilo IPA (*India Pale Ale*).

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência de diferentes tipos de insumos, como o malte, lúpulo e levedura, na qualidade da cerveja;
- Estudar o processo de produção para melhorar o rendimento;
- Verificar se os parâmetros e características da cerveja IPA foram alcançados;
 - Analisar a conversão de açúcares em álcool na etapa de fermentação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História da cerveja

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais antigas já produzidas. Segundo Mark (2011) as primeiras evidências da produção de cerveja vêm da antiga Suméria, atualmente localizado no Irã, em torno de 3000 a 3500 a.C., onde era uma bebida espessa consumida como complemento para as refeições, e era feita a partir do pão de cevada. Apresenta-se como um produto valorizado por suas propriedades físico-químicas e também por seu envolvimento com a religião, culinária e tradição (MEUSSDOERFFER, 2009).

A fermentação pode ocorrer em qualquer alimento que possua açúcar ou amido, por isso, várias bebidas antigas possuem semelhanças com a cerveja. A descoberta da cerveja ainda é incerta. Contudo, grãos deixados na chuva iriam brotar, iniciando o processo de maltagem e desenvolvendo enzimas dentro das sementes. Assim os amidos cheios de enzimas se liquefaziam em açúcares, tornando fácil sua fermentação (OLIVER, 2011).

Com a conquista dos Babilônios da Suméria o processo de fabricação da cerveja se espalhou, chegando até o Egito, onde houve um grande aumento na produção. Segundo Meussdoerffer (2009) havia uma variedade de estilos de cerveja que diferiam em matérias-primas, ingredientes, teor alcoólico e sabor.

Em 332 a.C., os Gregos assumiram o controle do Egito, estatizando a produção de cerveja, regulando sua venda e consumo. Para Meussdoerffer (2009) a regulamentação deu-se como pretexto para combater o abuso de bebidas alcoólicas. Porém, sua preferência dava-se pelo vinho, viam o malte germinado como uma forma de grão apodrecido e desprezavam a bebida que os egípcios obtinham dele (OLIVER, 2011).

A fabricação de cerveja se espalhou do oriente médio para se tornar a bebida alcoólica dominante no norte da Europa. Na Alemanha tornou-se uma bebida comum (BRIGGS et al., 2004).

3.2 A cerveja no Brasil

Segundo Silva, Leite e Paula (2016) as primeiras cervejas chegaram ao Brasil juntamente com as colônias europeias, onde inúmeros comerciantes iniciaram a venda da bebida até então desconhecida. Registros históricos apontam que a primeira cervejaria brasileira

foi instalada por Mauricio de Nassau, imigrante alemão, na data de 1637 em Recife (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Há relatos de que a cerveja chegou no Brasil em 1808, junto com a família real portuguesa, que estava de mudança para a colônia (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011). A partir desse período os portos brasileiros foram abertos para comerciantes estrangeiros, principalmente ingleses, que trouxeram vários produtos da Europa, entre eles estava a cerveja.

O primeiro anúncio comercial de cerveja no Brasil foi em 27 de outubro de 1836 no Jornal do Comércio de Rio de Janeiro (SANTOS, 2003). Nessa época o estado do Rio de Janeiro concentrava a maior parte da população brasileira. Grande parte das cervejarias foram fundadas no estado, outras na região sul do país, onde se encontrava grande concentração de imigrantes.

Segundo Santos (2003) houve um grande aumento na quantidade de cervejarias na década de 1860. O aumento na produção até a primeira guerra mundial, onde a dificuldade de obtenção de malte e lúpulo era significativa, foram fatores que influenciaram na drástica produção, como fator econômico. Nesse período, devido à escassez de malte, começaram a ser utilizados outros tipos de insumo, como milho, arroz e trigo, na produção de cerveja.

As primeiras grandes cervejarias surgiram entre 1870 e 1880. Segundo Silva, Leite e Paula (2016) com o surgimento das primeiras máquinas compressoras frigoríficas, possibilitando criar gelo, nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, as cervejarias obtiveram um maior controle de temperatura no processo de fermentação, levando a ampliação das fábricas.

No período de 1880 foram fundadas a Companhia Cervejaria Brahma, no Rio de Janeiro, e Companhia Artarctica Paulista, em São Paulo (SANTOS, 2003). As duas se associaram no ano de 1999, criando a multinacional AmBev (Companhia de Bebidas das Américas), maior produtor de cerveja do país, com aproximadamente 70% do mercado consumidor.

3.2 Insumos para produção

3.2.1 A ÁGUA

A água, em termos de quantidade, é a matéria-prima mais importante na fabricação da cerveja. Ela representa de 85 % a 95 % da maioria das cervejas (OLIVER, 2011). Sua composição química tem uma relevância muito significativa no processo de produção da cerveja, influenciando em todas as etapas de produção.

As cervejarias são grandes usuárias de água, utilizada desde a produção e em etapas como limpeza, resfriamento, geração de vapor, etc. Até em cervejarias mais eficientes é utilizado cerca de 4 a 5 litros de água por litro de cerveja produzida. (MEUSSDOERFFER, 2009).

Para Palmer (2006) os minerais presentes na água podem afetar a conversão do amido em mosto, contudo uma vez que os açúcares tenham sido produzidos, o efeito da composição da água no sabor da cerveja é bastante reduzido.

A composição da água influenciou estilos e tradições de cervejas em diversos locais, principalmente na Europa, como a Pilsen (*Plzn*) na República Tcheca, Burton na Inglaterra, Baviera na Alemanha, etc. (OLIVER, 2011).

A principal propriedade da água na produção de cerveja é a sua dureza, que pode ser dividida em dureza permanente, que refere-se a quantidade de magnésio e cálcio, e dureza temporária, quantidade de bicarbonato de cálcio e magnésio. A temporária pode ser removida com água fervente, causando a precipitação de carbonato de cálcio, já a permanente pode ser suavizada por aditivos químicos (ABDALLA et al., 2010).

3.2.2 MALTE

O malte de cevada é um dos quatro principais ingredientes utilizados na produção da cerveja. Segundo Palmer (2006), maltar é o processo no qual o grão de cevada é umidificado para dar início ao processo de germinação. Os maltes utilizados por cervejeiros são tipos específicos que visam produzir uma gama de açúcares fermentáveis.

A cevada para produção de cerveja contém principalmente amido, entre 62 % e 65 %, proteína, polissacarídeos e uma pequena quantidade de gordura e minerais (MEUSSDOERFFER, 2009). Os maltes podem ser do tipo *lager*, *pale ale*, *vienna*, *munich*, torrado, chocolate, entre outros.

3.2.3 LÚPULO

O lúpulo é o ingrediente da cerveja que fornece amargor, aumenta a estabilidade microbiológica, ajuda a estabilizar a espuma e influencia em seu aroma e sabor. É uma flor cônica de plantas trepadeiras, nativa do hemisfério norte. O primeiro registro da utilização de lúpulo na fabricação de cerveja data de 822 d.C., quando o abade Adalhard, do mosteiro

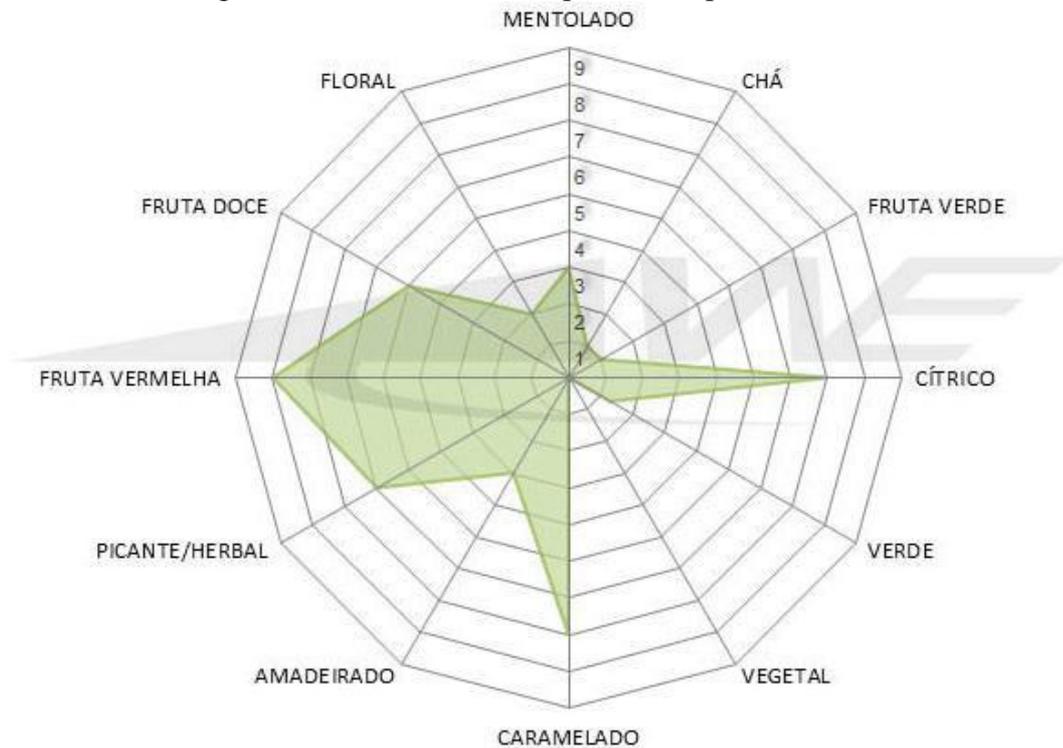
Beneditino de Corbie, no nordeste da França fez um registro afirmando que seus monges adicionaram lúpulo a sua cerveja (OLIVER, 2011).

Inicialmente, o lúpulo foi utilizado para auxiliar na conservação da cerveja, já que antigamente o transporte por navios demorava meses, e a cerveja azedava rapidamente. Segundo Briggs et al. (2004) muitas ervas foram utilizadas na tentativa de prolongar o tempo de prateleira da cerveja, mas somente o lúpulo é usado em larga escala até os dias atuais.

Os óleos essenciais, os alfa e beta ácidos, presentes no lúpulo são os principais responsáveis pelo amargor da cerveja. Para Palmer (2006) o amargor proporciona um equilíbrio junto a doçura dos açúcares do malte, proporcionando um final refrescante.

O *Cascade* é um lúpulo de origem americana, foi desenvolvido pelo programa de criação de lúpulo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), possui alfa ácidos de baixo a moderado (4,5 % a 7 %) (SHELLHAMMER, 2011). Suas características podem ser descritas como floral, cítrico com notas de grapefruit, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Gráfico em teia do perfil do lúpulo *Cascade*.



Fonte: WE Consultoria (2018)

O lúpulo *Chinook* tem característica de picante, com aroma de pinho, como mostra a Figura 2. Tem alto teor de alfa ácidos (12 % a 14 %), mas em relação a outros lúpulos tem um baixo teor de beta ácidos (3 % a 4 %), é amplamente utilizado em cervejas do tipo *India*

Pale Ale, onde mostra o amargor e aromas de pinho e *grapefruit* (SHELLHAMMER; HAUNOLD, 2011).

Figura 2: Gráfico em teia do perfil do lúpulo *Chinook*.



Fonte: WE Consultoria (2018)

3.2.4 LEVEDURA

A levedura é a responsável por realizar o processo de fermentação microbológica dos açúcares no mosto. As leveduras são organismos geralmente aeróbicos que incorporam açúcares simples, como glicose e maltose, e produzem dióxido de carbono e álcool como produtos residuais (MATOS, 2011).

Antigamente se desconhecia os microrganismos e sua importância. Segundo Palmer (2006) nos tempos dos Vikings cada família tinha seu próprio bastão de madeira que era usado para a mistura do mosto. Esses bastões eram considerados herança familiar, pois ele garantia uma boa cerveja.

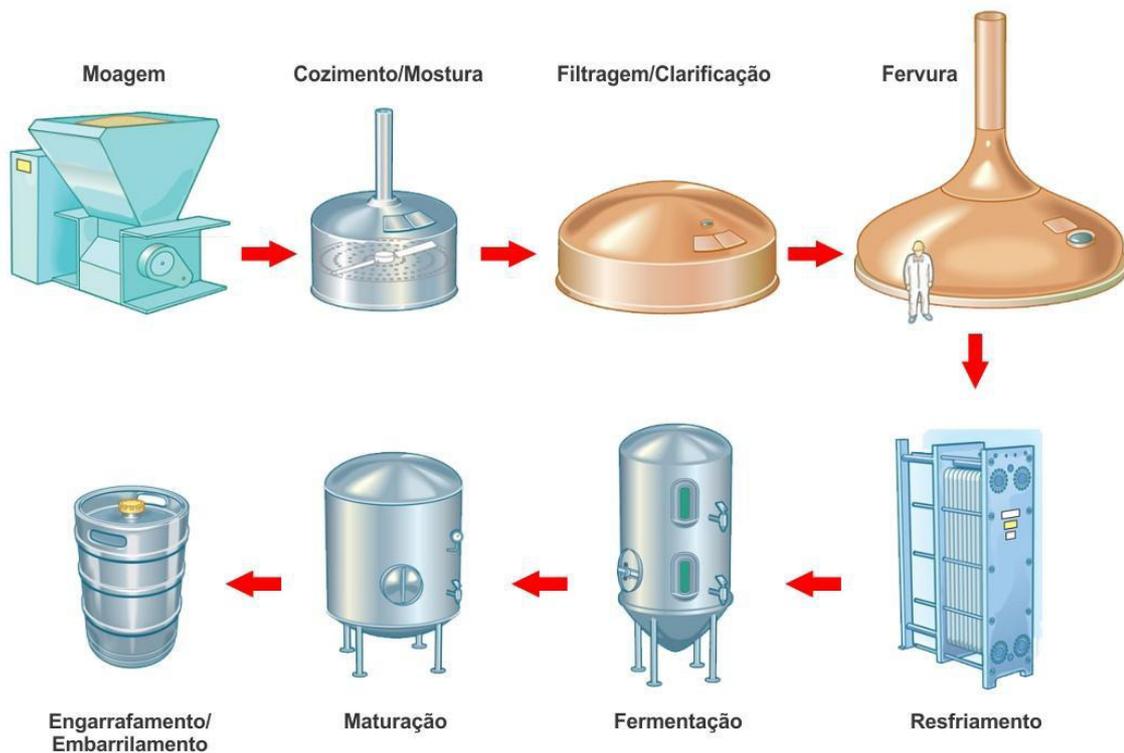
A primeira evidência de células individuais de levedura foi publicada por Antonie Van Leeuwenhoek em 1680, que usando um microscópio primitivo registrou a aparição de

flocos de levedura na fermentação do mosto (BRIGGS et al., 2004). Em 1837 foi feito um grande avanço; Theodor Schwan, através de experimentos envolvendo suco de uva esterilizado, encontrou pequenos itens de proliferação e concluiu que eram organismos vivos. Meyen continuou os estudos e nomeou esses microrganismos em *Saccharomyces* (fungos açucarados) (TENGE, 2009). Esses estudos que foram confirmados por Louis Pasteur em 1860.

3.3 Processo de produção

O processo de produção de cerveja é complexo e passa por diversas etapas (Figura 3). Segundo Matos (2011), o processo pode ser dividido em 3 etapas: 1. Produção do mosto; 2. Processo fermentativo; 3. Acabamento ou pós tratamento. A produção do mosto abrange etapas menores como brassagem, clarificação, lavagem, fervura. O processo fermentativo envolve a fermentação e maturação. O acabamento envolve carbonatação e envase.

Figura 3: Processo de produção da cerveja.



Fonte: Portal Cervejas e Petiscos (2018)

3.3.1 BRASSAGEM

Palmer (2006) afirma que a brassagem ou mosturação é o processo de embeber o malte em água de temperatura elevada, no qual irá hidratá-lo e ativar as enzimas que convertem

o amido dos grãos em açúcares fermentáveis. Pode-se dizer que é um dos processos mais complexos da etapa de produção. As enzimas contidas no grão de cevada maltada dão início ao processo de hidrólise do amido, transformando-o em maltose e outros açúcares (MATOS, 2011).

A quebra enzimática na brassagem é controlada pelos parâmetros de temperatura, viscosidade, pH e tempo em que o malte fica em contato com a água. Diferentes temperaturas ativam diferentes enzimas, que agirão em diferentes partes da molécula de amido, quebrando-as em tamanhos diferentes, gerando açúcares distintos (MATOS, 2011).

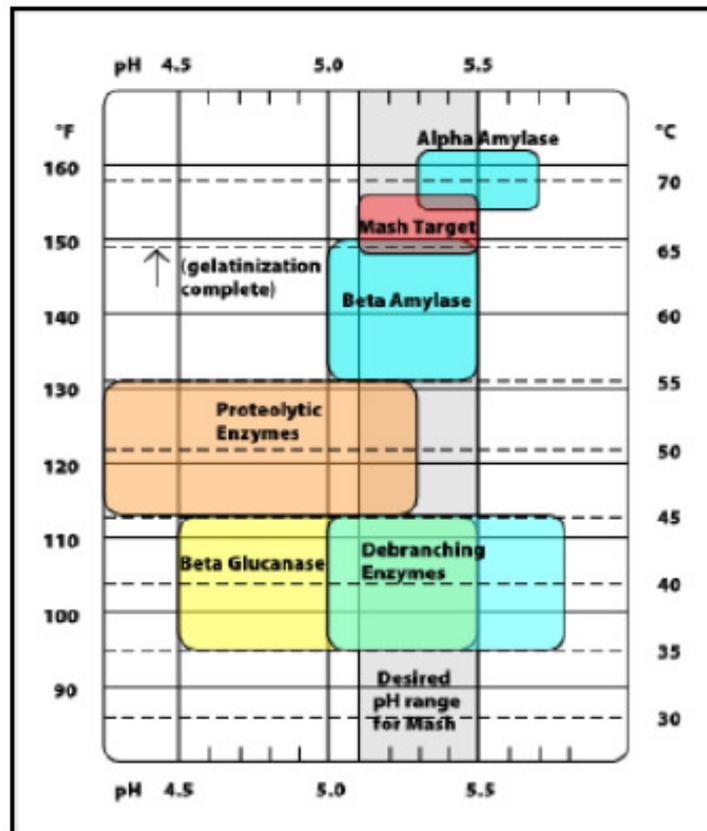
Na brassagem 90 % dos amidos são solúveis a 45,5 °C e atingem sua solubilidade máxima a 65 °C. Agitar os grãos durante a mostura ajuda a hidratar o amido, além de algumas faixas de temperatura que ajudam a quebrar as proteínas que o envolvem. Depois de hidratado o amido só pode ser solubilizado pelo calor, ou por uma combinação de calor e ação enzimática (PALMER, 2006).

A Figura 4 mostra as enzimas que são ativadas de acordo com a temperatura e pH da brassagem, em que cada uma tem a seguinte função (KROTTENTHALER; BACK; ZARNKOW, 2009) são:

- Glucanases – quebram as moléculas que conferem rigidez do amido;
- Enzimas de desramificação – hidrolisam ligações glicosídicas na amilopectina em amiloses;
- Proteases – degradam as proteínas formando complexos de menor peso molecular, mais solúveis, e que são importantes nutrientes no processo de fermentação;
- Beta amilase – decompõem a amilase e a amilopectina de fora pra dentro, de duas em duas unidades de glicose;
- Alfa amilases e dextrinases – atuam desordenadamente sobre as ligações internas.

Durante a maltagem, as enzimas começam a quebrar a parte principal do grão, que é chamado de endosperma amiláceo, que é feito de uma estrutura de paredes celulares, consistindo principalmente de hemiceluloses, que são cheias de grânulos de amido da matriz proteica (BRYNILDSON, 2011).

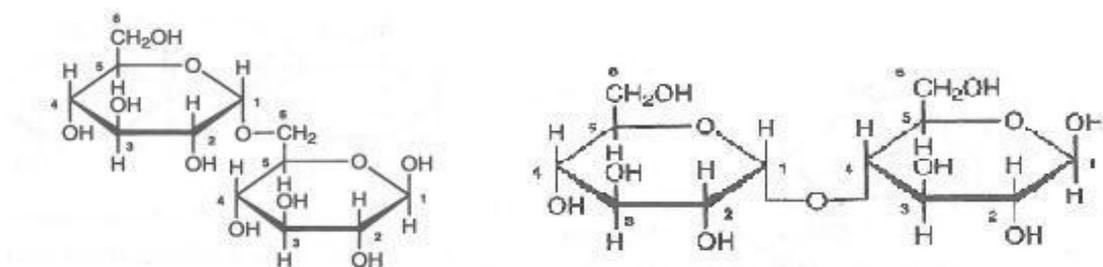
Figura 4: Gráfico com a faixa de temperatura e pH ideal para mosturação.



Fonte: Palmer (2006)

Segundo o Portal Rotenfuss Beer (2018) cada uma das enzimas age sobre um tipo de ligação entre as moléculas de açúcar que formam o amido. A beta amilase quebra ligações 1,4 próximas as pontas das moléculas de amido. Ela desnatura a 65 °C e quebra a maior parte das cadeias de amido, transformando-a em açúcares simples. A alfa amilase quebra qualquer ligação 1,4 da molécula de carboidrato, mas tem uma menor quebra das cadeias de amido, conforme a Figura 5. Assim, para um mosto mais fermentável a mostura ideal seria entre 60 °C e 65 °C, e para um mosto mais encorpado a temperatura ideal é acima de 65 °C.

Figura 5: Ligação entre as moléculas de açúcar que formam o amido.



Isomaltose

Maltose

Fonte: Portal Rotenfuss Beer (2018)

3.3.2 CLARIFICAÇÃO/FILTRAÇÃO

A filtração é o método utilizado para separar o mosto dos grãos de malte. Krottenthaler, Back e Zarnkow (2009) afirmaram que é um processo de separação sólido-líquido e serve para separar os compostos de malte dissolvidos durante a mosturação das partes insolúveis. A filtração é de extrema importância para a qualidade da cerveja, pois os sólidos contêm grandes quantidades de proteínas e enzimas coaguladas, resquícios de amido, material graxo, silicatos e polifenóis (MATOS, 2011).

Os principais equipamentos utilizados na separação do mosto são a tina-filtro e o filtro prensa. Matos (2011) afirmou que na tina-filtro a própria casca, que é preservada na moagem e está relativamente íntegra, clarifica o mosto, pois o filtro deixa passar somente o líquido, retraindo o bagaço. Uma bomba hidráulica bombeia novamente o líquido para a parte superior do tanque, repetindo o ciclo até que fique claro e sem impurezas.

3.3.3 LAVAGEM

A lavagem da cama de grãos é feita para extrair a maior quantidade possível de açúcares sem extrair os taninos adstringentes das cascas do grão (PALMER, 2006). A temperatura da água é muito importante, pois pode-se solubilizar os grãos de malte, interferindo na qualidade da cerveja. Esta etapa é muito importante no rendimento final do produto.

3.3.4 FERVURA E LUPULAGEM

A fervura é uma das principais etapas no processo de produção da cerveja. Segundo Matos (2011), os principais objetivos da fervura são:

- Estabilização biológica – a fervura visa a esterilização, pois o mosto é um ótimo meio para os microrganismos se desenvolverem;
- Estabilização bioquímica – ocorre a desativação de todas as enzimas;
- Estabilização físico-química – as proteínas da maior cadeia são desnaturadas
- Extração e transformação dos componentes do lúpulo – pela fervura o amargor e aroma do lúpulo são extraídos;

- Concentração do mosto – evapora-se o excesso de água, deixando o mosto com a densidade pretendida;
- Remoção dos produtos voláteis indesejados.

Na lupulagem os alfa ácidos são isomerados, e só então eles se tornam solúveis e são extraídos pelo mosto. Aproximadamente 1 % do total de alfa ácido é isomerado por minuto, portanto essa etapa leva de 60 a 90 min (BAMFORTH, 2011). Os óleos que contribuem com sabores e aromas característicos são voláteis e se perdem em grande quantidade durante longas fervuras, por isso o tempo tem que ser controlado.

3.3.5 FERMENTAÇÃO E *DRY HOPPING*

O objetivo da fermentação é utilizar a capacidade das células de levedura para converter açúcar em etanol e dióxido de carbono, como os principais produtos do metabolismo (STEVENS; BRIGGS; BROOKS, 2004). Outros produtos também são formados como ésteres, álcoois superiores e ácidos que contribuem para o sabor da cerveja. Por isso, a fermentação é a etapa mais importante para definir o paladar da cerveja.

A fermentação alcoólica preserva os alimentos, tanto diminuindo o pH, como produzindo etanol, condição no qual poucos organismos, além de leveduras, conseguem sobreviver (FERREIRA, 2006).

A ativação da levedura é um método de preparo, onde inicialmente o microrganismo se adapta ao mosto. A fase de ativação é predominantemente aeróbica, em que as leveduras se reproduzem utilizando oxigênio, proteínas e outras substâncias, aumentando sua quantidade até 6 vezes mais. (MATOS, 2011).

Segundo Ferreira (2016) existem quatro tipos de fermentação: Baixa fermentação, alta fermentação, fermentação espontânea e a fermentação mista. No Brasil é mais comumente utilizada a baixa fermentação. Esta fermentação ocorre de forma lenta, e dura algumas semanas. A alta fermentação é comum em cervejas do tipo *Ale*.

O controle de temperatura na fermentação é crucial e tem impacto significativo no desenvolvimento do sabor da cerveja. Geralmente são utilizadas faixas de temperatura entre 15 e 22 °C, para alta fermentação, e entre 9 e 14°C, para baixa fermentação (PHILLISKIRK, 2011). A combinação de temperatura e leveduras específicas gera perfis de sabor muito distintos nas cervejas.

Para Philliskirk (2011) o processo de fermentação é monitorado, geralmente, verificando-se a queda de gravidade específica ou o aumento de teor alcoólico. O crescimento de leveduras e a produção de álcool reduzem a concentração de açúcar e o pH diminui na medida que os materiais nitrogenados são consumidos. As fermentações duram de acordo com o tipo de cerveja, variando de 4 a 12 dias.

Lúpulos podem ser adicionados ao fermentador para aumentar e melhorar o aroma final da cerveja. Se os lúpulos forem adicionados no fermentador quando a fermentação ainda estiver ativa muito do aroma não será absorvido, sendo levado pelo dióxido de carbono (PALMER, 2006). O objetivo do *dry hopping* é infundir na cerveja sabor e aroma adicionais de lúpulos frescos.

O *dry hopping* é um técnica de infusão a frio que além de intensificar compostos aromáticos já presentes, adiciona também aromas que são substancialmente diferentes. Os alfas ácidos responsáveis pelo amargor não são isomerizados e, portanto, permanecem insolúveis. A transferência de aroma é mais rápida em temperaturas quentes, o perfil do aroma também é definido pela temperatura, influenciado pela volatilidade dos óleos essenciais (OLIVER, 2011).

3.3.6 MATURAÇÃO

A fase de maturação é importante para sedimentação das partículas em suspensão e também para desencadear algumas reações de esterificação que irão produzir alguns aromatizantes essenciais para a cerveja (MATOS, 2011). Ela inclui todas as transformações entre o final da fermentação primária e o envase.

Após a fermentação a cerveja ainda não está pronta para o consumo. Isso ocorre porque as fermentações tendem a produzir sabores que são considerados indesejáveis. Por isso a cerveja deve maturar para se tornar palatável. A maturação envolve muitas reações bioquímicas, químicas e físicas, muitas delas ainda não compreendidas (STEWART, 2011).

3.3.7 CARBONATAÇÃO E ENVASE

A gaseificação da cerveja pode ser feita de duas formas: injetando dióxido de carbono forçadamente ou por *priming*. Segundo Parks (2011) a carbonatação é uma das

definidoras das características da cerveja, seus efeitos influenciam diretamente a sensação de sabor, aroma e aparência.

Na produção de cervejas artesanais usualmente se faz o *priming*, que consiste na adição de açúcar na cerveja não filtrada, e imediato envasamento. Esse açúcar deve ser de fácil uso da levedura, por isso ele deve ser dissolvido previamente. As leveduras irão fermentar esse açúcar e produzir dióxido de carbono, que irá pressurizar a garrafa fechada vai pressurizar, e o gás irá se difundir no líquido (MATOS, 2011).

Na carbonatação forçada a solubilização é feita de acordo com a lei de Henry, que diz, que a uma temperatura constante, a quantidade de um determinado gás a ser dissolvido num determinado volume de líquido é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás em equilíbrio com o líquido. Assim num recipiente fechado a quantidade de dióxido de carbono dissolvido na cerveja varia de acordo com a temperatura e a pressão do recipiente (PARKS, 2011).

No envase deve-se ter cuidado com a exposição da cerveja ao oxigênio, para evitar a oxidação. Deve-se encher a garrafa próximo a boca, evitando borbulhamento, deixando um espaço livre, colocando-se uma tampa esterilizada (PALMER, 2006).

3.4 Principais Estilos de Cerveja

Para Stewart (2011) o estilo de cada cerveja é a união de todos os seus parâmetros e características, como aparência, teor alcoólico, aroma, paladar, sensações na boca, fermentação, etc., de modo que possam ser reconhecidos, replicados, discutidos e compreendidos. O termo “estilo de cerveja” foi inventado pelo falecido escritor sobre cervejas Michael Jackson em 1977, no seu livro *The World Guide to Beer*.

Os 3 principais estilos de cerveja são as *Lager*, *Ale* e as *Lambics*. Segundo o Portal Brejas (2018) as principais características dos 3 grandes tipos de cerveja são:

- *Larger* – são as cervejas mais consumidas mundialmente, são de baixa fermentação, com graduação alcoólica geralmente entre 4% e 5%. Tem esses seus tipos mais conhecidos a *Pilsener*. Os subtipos dela são as *pale lagers*, *dark lagers*, *vienna*, *bock*, *marzen*, *keller* e *zwickel*, entre muitas outras;
- *Ale* – são cervejas mais fermentadas, com teor alcoólico maior que as *largers*. Alguns tipos de *Ale* são:

- *Pale Ales* - com teor alcoólico de até 6%, foram criadas para competir com a *Pilsen*.. É um dos maiores grupos de cerveja, que tem como subtipos: *American Pale Ale*, *Belgian Pale Ale*, *India Pale Ale*, dentre outras;
- *Amber/Brown Red Ale* – difere-se em coloração, corpo e potência;
- *Lambic* – é classificada como a terceira categoria por causa da sua fermentação que é espontânea. São feitas de trigo e sua fermentação é feita por agentes naturais.

3.4.1 CERVEJA TIPO IPA (*INDIA PALE ALE*)

A cerveja IPA (*India Pale Ale*), foi desenvolvida na virada do século 18, quando cervejarias britânicas começaram a embarcar Ale's com doses extras de lúpulos adicionadas aos barris para preservá-las ao longo de vários meses de viagem para a Índia. No fim da viagem a cerveja tinha adquirido profundos aromas e sabor do lúpulo (PALMER, 2006).

Segundo Kharbanda (2011) a *India Pale Ale* é um estilo de cerveja caracterizado por altos níveis de álcool e lúpulo. Seu nome veio pela grande popularidade na Índia britânica no século 19. Seu teor alcoólico varia de 5,5 % a 7,5 %, EBC entre 40 e 60, e IBU varia entre 40 e 60.

3.5 Parâmetros da Cerveja

3.5.1 ALCOHOL BY VOLUM (ABV)

O teor alcoólico, também conhecido como *Alcohol by Volum* (ABV), é gerado a partir da conversão de açúcares fermentáveis presentes inicialmente no mosto pela fermentação. A gravidade original (OG) menos a gravidade final (GF) fornecerá um valor que indica a quantidade de açúcares fermentáveis que foram consumidos (BAMFORTH, 2011).

Segundo Parks (2011) o valor médio do ABV da maioria das cervejas é entre 4,5% e 5,2%. No entanto existem muitas cervejas no mercado com ABV abaixo de 3,5% e outras que podem atingir acima de 12%. Existem técnicas especiais de fermentação que podem produzir cervejas com até 20% de volume de álcool.

3.5.2 INTERNATIONAL BITTERNESS UNIT (IBU)

O IBU (*Internacional Bitterness Unit*) é o padrão internacionalmente aceito para medir o amargor da cerveja. Segundo Philliskirk (2011) o método foi desenvolvido na década de 60, quando a maioria das cervejarias utilizava lúpulos embalados sem refrigeração, no qual se perdia entre 40 % e 80 % do seu amargor derivado do alfa ácidos. Os valores de IBU são uma importante medida de controle da qualidade da cerveja.

Os valores de IBU fornecem informações sobre a intensidade do amargor da bebida. As cervejas podem variar de 1 a cerca de 100 IBU's. A medição do valor do IBU da cerveja requer técnicas laboratoriais complexas, como espectrofotometria ou cromatografia líquida de alta pressão (OLIVER, 2011). Os valores entre 10 e 15 indicam pouco amargas; acima de 40 IBU é uma cerveja forte e a partir de 60, possui um forte amargor.

3.5.3 EUROPEAN BREWING CONVENTION (EBC)

A EBC (*European Brewing Convention*), é o método de avaliação da cor de cervejas utilizado mundialmente. O índice também é utilizado para medir a turbidez da cerveja. Antigamente a cor da cerveja era estimada qualitativamente, comparando os estilos da bebida. O método EBC é quantitativo e envolve medir a cor da amostra de cerveja num espectrofotômetro (KISSMEYER, 2011). A figura 6 mostra a cor em EBC de alguns tipos de cerveja.

Figura 6: Valores de EBC para alguns estilos de cerveja.

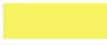
MACRO DIVISÃO	SRM	TONALIDADE	EBC	CLASSIF.**
Palha	2 - 3		3,94 - 5,91	Cerveja Clara até 20 EBC
Amarelo	3 - 4		5,91 - 7,88	
Ouro	4 - 5		7,88 - 9,85	
Âmbar	6 - 9		11,82 - 17,73	
Profundo âmbar / cobre luz	10 - 14		19,70 - 27,58	Cerveja Escuro ≥ 20 EBC
Cobre	14 - 17		27,58 - 33,49	
Profundo cobre/castanho claro	17 - 18		33,49 - 35,46	
Castanho	19 - 22		37,43 - 43,34	
Castanho Escuro	22 - 30		43,34 - 59,10	
Castanho muito escuro	30 - 35		59,10 - 68,95	
Preto	35 +		68,95 - 78,80	
Preto opaco	40+		>78,80	

Fonte: BJCP Guideline (2008)

3.5.4 STANDARD REFERENCE METHOD (SRM)

É o método de avaliação de cor de mosto ou da cerveja utilizado pela *American Society of Brewing Chemist*. É medido numa célula de comprimento de percurso de 0,5 polegadas com comprimento de onda de 430 nanometros. O valor de absorbância resultante é multiplicado por 10 para produzir o valor da cor (OLIVER, 2011). A Tabela 1 mostra a cor em SRM para alguns tipos de cerveja.

Tabela 1: Valores do SRM para alguns estilos de cerveja.

Cor	Exemplo de Estilo	SRM	
Água	-	0	
Amarelo-palha	Lite American Lager, Berliner Weisse	2-3	
Amarelo	German Pilsner	3-4	
Dourado	Dortmunder Export	5-6	
Âmbar	Maibock / Helles Bock	6-9	
Cobre-claro	California Common Beer	10-14	
Cobre	Dusseldorf Altbier, Roggenbier	14-17	
Marrom-claro	Roggenbier	17-18	
Marrom	Southern English Brown Ale	19-22	
Marrom-escuro	Robust Porter, Oatmeal Stout	22-30	
Marrom muito escuro	Sweet Stout	30-35	
Preto	Foreign Extra Stout	35+	
Preto opaco	Russian Imperial Stout	40+	

Fonte: BJCP Guideline (2008)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Para a produção da cerveja os seguintes insumos foram utilizados:

- 14 kg de malte do tipo *Chateau Pale Ale*, malte base Belga de cor clara, com EBC variando entre 7 e 9, sabor forte e cor adicional, adicionando um tom dourado ao mosto. Foi adquirido por compra direta na cidade de São Luís;

- 1,5 kg de malte *Chateau Crystal*, malte caramelado Belga, com EBC variando entre 145 e 155. Utilizado em cervejas aromáticas e de cor acentuada. Foi adquirido por compra direta na cidade de São Luís;

- 3 Pacotes de Levedura *Fermentis US-05*, com 11,5 g cada. Levedura *Ale* americana de caráter neutro sem ésteres e de alta tolerância ao álcool. Produto adquirido por compra direta;

- 180 g de Lúpulo *Chinook em pellet*, produzido nos Estados Unidos. Usado para elevada percentagem de amargor da alfa-ácidos mais suas características aromáticas. Produto adquirido por compra direta;

- 135 g de Lúpulo *Cascade em pellet*, produzido nos Estados Unidos. Aromático com potencial de amargura bem estável. Produto adquirido por compra direta;

- 60 L de água mineral *Puríssima*, engarrafada na região metropolitana de São Luís-MA.

4.2 Local de pesquisa

A cerveja foi produzida num *homebrew* na cidade de São Luís, que dispunha dos equipamentos necessários para realizar a produção.

4.3 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a produção foram:

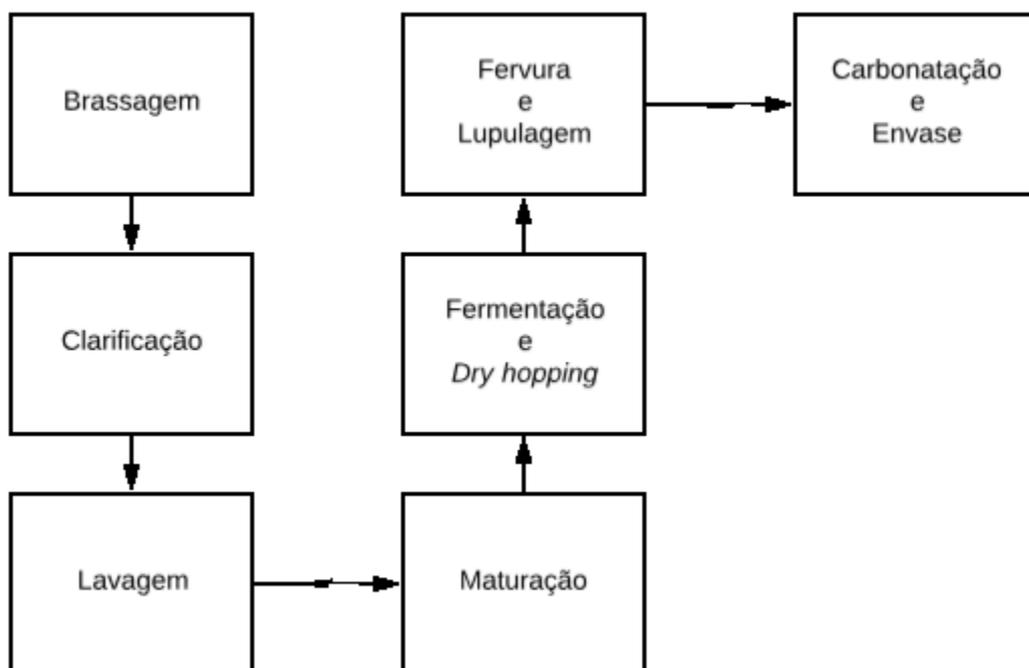
- 2 tanques de alumínio com capacidade para 50 L;
- Fogão Industrial;
- Balança digital;
- Fermentador com capacidade de 50 L;

- Termômetro flutuante;
- Pá de cervejeiro;
- Escumadeira;
- Refratômetro;
- Moinho moedor de cereais;
- Hop Bag;
- Garrafa para cerveja de 500 mL;
- Eletrobomba;
- Freezer;
- Termostato;
- Barril de chopp de 50 L;
- Enchedor de contrapressão.

4.4 Procedimento experimental

O processo de produção de cerveja foi feito em várias etapas de acordo com o fluxograma da Figura 7.

Figura 7: Fluxograma do processo de produção da cerveja.



Fonte: Próprio Autor (2018)

4.4.1 BRASSAGEM

A brassagem se iniciou a partir da moagem dos maltes no moinho, feito para quebrar os grãos e expor o amido, conforme apresentado na Figura 8. Depois de aquecer 50 L litros de água até 65 °C e adicionar a mistura de maltes, teve início o processo de brassagem, caracterizado pela transformação do amido, presente nos grãos, em açúcares. A manutenção da temperatura em 65 °C por 1h20min, possibilita a ativação da enzima beta-amilase. Depois aumentou-se a temperatura para 72 °C por mais 10 min, para ocorrer a ativação da enzima alfa-amilase. Essas enzimas quebram as moléculas de amido em moléculas menores. Depois desse período elevou-se a temperatura para 76 °C por mais 10 min para desnaturar as enzimas.

Figura 8: Maltes do tipo Pale Ale (à esquerda) e Crystal (à direita) moídos.



Fonte: Próprio Autor (2018)

Nessa etapa do processo houve um rigoroso controle de temperatura, para permitir a quebra de cada enzima presente no amido. O mosto foi então agitado constantemente com a pá de cervejeiro, para manter a temperatura uniforme em todo o recipiente. Qualquer variação brusca de temperatura pode prejudicar o processo de produção ou interferir nos atributos sensoriais do produto. Para confirmar que todo o amido foi convertido em açúcar fez-se o teste do Iodo: coletou-se uma pequena quantidade do mosto e pingou-se num recipiente junto ao Iodo. A mistura deve apresentar uma cor clara. Se apresentar uma cor escura é porque o amido reagiu com o iodo indicando ineficiência no processo.

4.4.2 CLARIFICAÇÃO/FILTRAÇÃO

Após o término da brassagem teve início o processo de recirculação, no qual o mosto foi filtrado na casca do malte para a obtenção de um líquido mais límpido. Nessa etapa do processo o mosto foi retirado por uma bomba pela válvula do recipiente e devolvido ao topo usando uma escumadeira como obstáculo para evitar que o líquido caísse diretamente sobre os grãos dificultando seu assentamento no fundo, como mostra a Figura 9. Essa etapa durou cerca de 1 hora, e ao término foi possível obter um mosto límpido.

Figura 9: Mosto retornando ao topo da panela no processo de recirculação.



Fonte: Próprio Autor (2018)

4.4.3 LAVAGEM

Ao fim da clarificação o mosto foi retirado do recipiente e colocado em outro recipiente, deixando-se somente os grãos de maltes. Para a lavagem aqueceu-se 40 L de água até 76 °C e após despejá-la no vaso onde encontrava-se o malte, recirculou-se a água por 30 min, para lavar o malte e obter um mosto com menor concentração de açúcares. Ao fim do tempo misturou-se o mosto de lavagem ao mosto original, medindo-se com o refratômetro o índice de refração de sólidos diluídos no líquido, que deve estar entre 11 e 11,5 °Brix.

4.4.4 FERVURA E LUPULAGEM

Na etapa de fervura o mosto foi aquecido até borbulhar, ponto no qual se reduz a atividade enzimática. O processo de lupulagem foi feito durante a fervura do mosto, pela adição de lúpulos, adquiridos em forma de *pellet* como mostrado na Figura 10, em tempos diferentes para conferir o aroma, sabor e amargor à cerveja. Assim que a ebulição teve início, colocou-se 78 g de lúpulo *Chinook*. Após 20 min colocou-se mais 52 g de lúpulo *Cascade*, finalizando aos 60 min a partir do início da fervura com mais 82,5 de lúpulo *Chinook*.

Figura 10: Lúpulo em forma de pellet.



Fonte: Próprio Autor (2018)

4.4.5 FERMENTAÇÃO E DRY HOPPING

Com o fim da lupulagem deu-se início à etapa de fermentação, na qual o mosto foi colocado num fermentador de 50 L, previamente lavado e esterilizado, e resfriado até a temperatura de 15 ° C, num freezer com temperatura controlada por um termostato. A levedura *Fermentis US-05* foi inoculada num recipiente com uma pequena quantidade do mosto, para sua ativação, e depois colocada no fermentador junto ao mosto restante. Em seguida lacrou-se a tampa e instalou-se o borbulhador.

No 5º dia de fermentação, em que há uma baixa na produção de dióxido de carbono, foi feito o dry hopping, no qual 41,5 g de lúpulo *Chinook* e 21 g de lúpulo *Cascade* foram colocados numa *Hop Bag* e imerso na cerveja por um período de 3 dias. Tal processo promove a intensificação dos aromas e óleos essenciais na cerveja.

O processo de fermentação ocorreu num período de 7 dias, a uma temperatura de 15 °C. Nesse período foram retiradas amostras do mosto para verificar o consumo de açúcares pela levedura.

4.4.6 MATURAÇÃO

No período de maturação abaixou-se gradualmente a temperatura da cerveja até alcançar 7 °C. Essa etapa é necessária para aprimorar características essenciais da cerveja como aroma, amargor, etc. Também é necessária para decantação das proteínas e leveduras da fermentação, deixando a cerveja mais clara. Esse processo ocorreu por um período de 8 dias, pois as cervejas do estilo *IPA* são melhores para se consumir frescas.

4.4.7 CARBONATAÇÃO E ENVASE

Ao término da maturação a cerveja foi transferida para um barril de chopp, onde foi feita a carbonatação forçada, no qual, por meio de válvulas o dióxido de carbono foi injetado sob pressão diretamente no barril com a cerveja numa temperatura de 1 °C por 24 h para dissolver melhor o gás no líquido. O envase foi feito por meio de um enchedor de contrapressão, como mostrado na Figura 11, no qual injetou-se dióxido de carbono para retirar o oxigênio presente na garrafa, previamente higienizada e sanitizada, de forma a reduzir a oxidação da cerveja. Após essa etapa injetou-se a cerveja já carbonatada preenchendo a garrafa.

Figura 11: Cerveja sendo envasada num enchedor de contrapressão.



Fonte: Próprio Autor (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

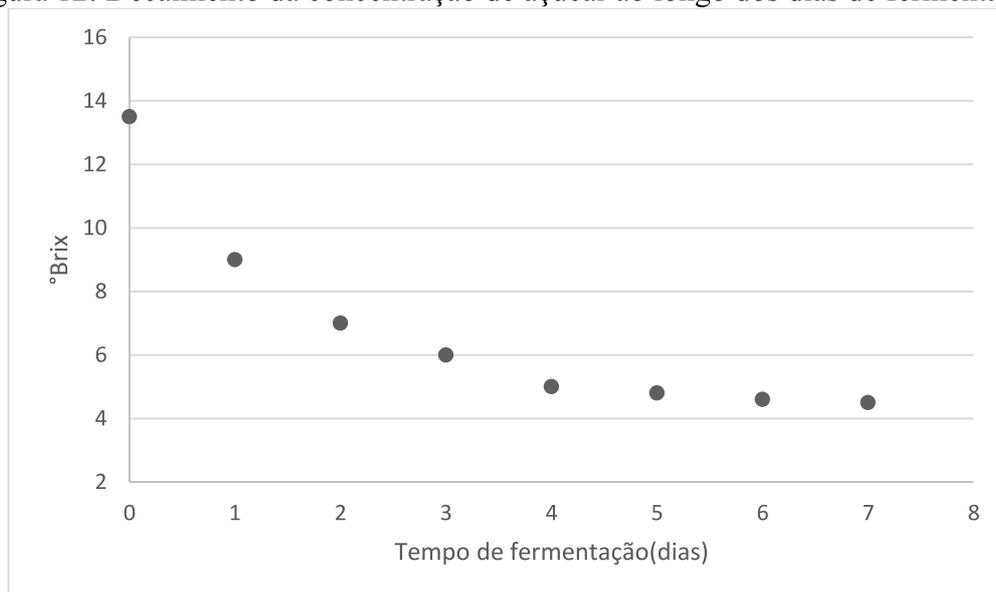
A partir dos dados obtidos nas amostras de mosto na etapa de fermentação (Tabela 2), pode-se construir um gráfico com a curva de decaimento da concentração de açúcares dissolvidos no mosto pelo tempo de fermentação (Figura 12).

Tabela 2: Valores do °Brix ao longo dos dias de fermentação.

Dias	°Brix
0	13,5
1	9
2	7
3	6
4	5
5	4,8
6	4,6
7	4,5

Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 12: Decaimento da concentração de açúcar ao longo dos dias de fermentação.



Fonte: Próprio Autor (2018)

Observa-se uma queda acentuada na concentração de açúcares no primeiro dia de fermentação. Isso ocorreu devido a inoculação antecipada da levedura, reduzindo o tempo da fase adaptativa. Na fase de crescimento houve uma redução de 2/3 da gravidade do mosto. Nessa etapa formou-se uma espuma composta por leveduras e proteínas na superfície do mosto. Entre os dias 2 e 5 houve uma menor conversão dos açúcares fermentescíveis em álcool e dióxido de carbono. A partir do 7º dia de fermentação iniciou-se a fase estacionária, onde a

levedura já não produziu mais álcool, mas ainda tinha compostos gerados durante a fermentação presentes.

Com os valores iniciais e finais do °Brix foi possível estimar o teor alcoólico, ou ABV (*Alcohol by Volume*) da cerveja, convertendo-se o valor de °Brix para gravidade específica por meio da Equação 1:

$$D = \left(\frac{Brix}{(258,6 - (\frac{Brix}{258,2}) * 227,1)} \right) + 1 \quad (1)$$

O valor obtido para gravidade original foi de 1,055 e para a gravidade final de 1,011, o que resultou um ABV de 5,91 %. De acordo com a literatura esse teor alcoólico está na faixa do estilo, IPA (*India Pale Ale*), produzido. O valor diferiu dos resultados da simulação feitos no software *BeerSmith*, que foi de 6,8 %. Isso pode ter ocorrido devido a alguma perturbação no controle de temperatura na fermentação ou por algum dado errado na simulação.

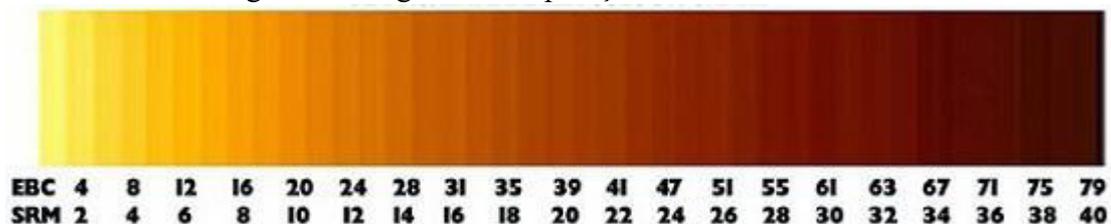
O amargor da cerveja, IBU também foi calculado pelo *BeerSmith*, pois as análises laboratoriais para essa característica são complexas e de difícil realização, pois os equipamentos necessários não se encontram disponíveis. O IBU foi de 45, valor considerado aceitável para o estilo de cerveja produzido.

A coloração da cerveja pode ser definida de acordo com dois parâmetros: o EBC e o SRM. A definição desses parâmetros foi feita de duas formas, qualitativa, comparando a cor da cerveja com uma régua de cores e valores, e quantitativa, feita computacionalmente. O programa forneceu o valor do SRM de 16,1. Utilizando a equação 2, converteu-se esse valor para EBC.

$$EBC = SRM * 1,97 \quad (2)$$

O valor encontrado para o EBC foi de 31,7, valor aceitável para o estilo de cerveja produzido. De acordo com a Figura 13 e Figura 14, onde foi comparada a cor da cerveja produzida com cores de valores aproximados de EBC e SEM. Foi possível também a obtenção de um valor qualitativo dos parâmetros.

Figura 13: Régua de comparação de cores de EBC e SRM.



Fonte: Portal Homebrewtalk (2018)

Figura 14: Cor da cerveja IPA produzida..



Fonte: Próprio Autor (2018)

De acordo com a comparação das figuras definiu-se o valor qualitativo para o EBC de 35 e para o SRM de 18, valores próximos aos obtidos nas análises quantitativas. Essa cor foi resultado da adição do Malte Crystal, de cor mais escura, com um tom caramelado, que potencializou o estilo da cerveja.

O aroma da cerveja ficou bem característico do processo de *dry hopping*, persistente e forte, mostrando que os óleos essenciais do lúpulo foram bem absorvidos. Na Figura 15, observa-se a cerveja pronta com a espuma resultante da carbonatação forçada, bem persistente, conservando a temperatura da cerveja.

Figura 15: Cerveja do tipo IPA.



Fonte: Próprio Autor (2018)

6 CONCLUSÃO

A cerveja produzida apresentou os requisitos e atributos característicos do estilo pretendido, IPA (*India Pale Ale*). Todas as etapas do processo ocorreram como planejado, resultando numa cerveja com as seguintes características:

- Aroma e amargor do lúpulo bem evidentes, caracterizado pela adição extra desse insumo na cerveja pretendida;
- Cor característica do estilo, bem definida;
- Fundo de boca bem persistente;
- Teor alcoólico um pouco abaixo do esperado;
- Espuma bem persistente.

De acordo com o resultado obtido a cerveja do tipo IPA (*India Pale Ale*) pode ser produzida para fins comerciais, pois atenderá o gosto dos consumidores que procuram produtos de melhor qualidade, com bom prazer sensorial.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, K. V. P. et al., Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário – MA. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS e XVII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURAÇÕES DE POÇOS, 2010. São Luís. **Anais eletrônicos...** São Luís: UFMA, 2010. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22915/15056>>. Acesso em: 11 de junho de 2018.

BAMFORTH, Charles W., Wash. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Bebidas alcoólicas: Cerveja**, 2016. Disponível em <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1138347/2_cerveja.pdf/6f5fc80c-fc23-2da8-5b7b-97e3302c6554> Acesso em 10 de Julho de 2017.

BNB. **Industria de bebidas alcoólicas**. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1527922/bebidas.pdf/f4fbacee-fcc2-1302-fe82-524cd8091422>>. Acesso em 09 de julho de 2018.

BJCP, **Guideline. Styles Guideline**, 2015. Disponível em <<https://www.bjcp.org/stylecenter.php>> Acesso em 10 de junho de 2018.

BRIGGS, D. E. et al., **Brewing Science and practice**. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2004.

BRYNILDSON, M., Mashing. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

CERVBRASIL. **Mercado consumidor de cerveja**, 2016. Disponível em <http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf> Acessado em 20/09/2017> Acesso em 18 de setembro de 2017.

BRESSIANI, C. E., **O Globo: Crescimento nas vendas de cerveja**, 2016. Disponível em <<https://blogs.oglobo.globo.com/aqui-se-bebe/post/artigo-o-crescimento-de-396-no-numero-de-cervejarias-em-2016-e-espetacular.html>>. Acesso em 17 de setembro de 2017.

HOMEBREW TALK, Régua de cor e valores de ABC e SRM. Disponível em <<https://www.homebrewtalk.com.br/threads/irish-red-ale-20l-quase-rosa.408187/>> Acesso em 9 de julho de 2018.

KHARBANDA, Jai., *India Pale Ale*. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

KISSMEYER, Anders B., EBC. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

KROTTENTHALER, M., BACK, W., ZARNKOW, M., Wort production, In: EBLINGER, Hans M. **Handbook of Brewing: Process, Technology, Markets**. Alemanha: Wiley-vch, 2009. p. 165 - 202.

MARK, J. **Beer: Ancient History Encyclopedia**, 2011. Disponível em <<https://www.ancient.eu/Beer/>>. Acesso em 19 de setembro de 2017.

MATOS, R. A. G., **Cerveja: Panorama do Mercado, produção artesanal, e avaliação de aceitação e preferência**. 2011. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso/Relatório de estágio do Curso de Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MEGA, J. F., NEVES, E., ANDRADE, C. J, A produção da cerveja no Brasil. **Revista Citino**, Joinville, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.

MEUSSDOERFFER, Franz G. A comprehensive History of Beer Brewing. In: EBLINGER, Hans M. **Handbook of Brewing: Process, Technology, Markets**. Alemanha: Wiley-vch, 2009. p. 1 – 71.

OLIVER, Garret., **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

PALMER, J. **How to Brew**. 2006. Disponível em: <http://howtobrew.homebrewer.com.br/index.php/P%C3%A1gina_principal>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

PARKS, Steve. Filtration. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

PHILLISKIRK, George. Fermentation. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

ROTTENFUSBEER. **Alpha e Beta Amilases**. 2018. Disponível em: <<https://rotenfussbier.wordpress.com/2012/09/24/alfa-e-beta-amilase/>>. Acesso em 08 de julho de 2018.

SANTOS, Sergio P., **Os Primórdios da Cerveja no Brasil**, 1 ed., São Paulo, Atelie: 2003.

SEBRAE. **Mercado brasileiro de bebidas alcoólicas**, 2016. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/o-mercado-brasileiro-de-bebidas-alcoolicas/>>Acesso em 09 de julho de 2018.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; PAULA, A. R. V. Cerveja e Sociedade. **Contextos da Alimentação**: Revista de comportamento, cultura e sociedade, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 85-91, 2016.

SHELLHAMMER, T. Hops. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

SHELLHAMMER, T., HAUNOLD, A., Chinook. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

STEWART, Graham G., Carbonatation. In: OLIVER, Garret, **The oxford Companion to Beer**. 1 ed. USA: Oxford University Press, 2011.

TENGE, Christoph. Yeast. In: EBLINGER, Hans M. **Handbook of Brewing: Process, Technology, Markets**. Alemanha: Wiley-vch, 2009. p. 119 - 142.

VALOR. **Mercado de cerveja artesanal reduz ritmo no brasil**, 2017. Disponível em <<https://www.valor.com.br/empresas/5012998/mercado-de-cerveja-artesanal-reduz-ritmo-de-expansao-no-brasil>> Acesso em 18 de setembro de 2017.