



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI/CAP
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

CAMILA BENINI SILVA

CERVEJA TIPO *WITBIER* COM ADIÇÃO DE ALECRIM E GENGIBRE EM
ESCALA LABORATORIAL

OURO BRANCO
2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI/CAP
ENGENHA DE BIOPROCESSOS

CAMILA BENINI SILVA

CERVEJA TIPO *WITBIER* COM ADIÇÃO DE ALECRIM E GENGIBRE EM
ESCALA LABORATORIAL

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentada à
Banca Examinadora da Universidade Federal de
São João Del Rei – Campus Alto Paraopeba,
para a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Bioprocessos, sob a orientação da
Prof^a. Alessandra Costa Vilaça.

OURO BRANCO
2015

RESUMO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo. No Brasil ela tem maior taxa de consumo nos meses de Dezembro à Março, característico da alta temperatura climática e à maior proporção de períodos festivos e comemorações. O objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma cerveja tipo *Witbier* com adição de gengibre e alecrim, produzida na Universidade Federal de São João Del-Rei - Campus Alto Paraopeba. Foram realizadas análises físico-químicas (tais como: açúcares totais, acidez total ou titulável, entre outras) e organolépticas seguindo critérios de análise do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). A partir dessas análises e baseando-se na legislação brasileira pode-se classificar a cerveja produzida como Cerveja *Belgian Witbier* Extra com médio teor alcoólico. Apresentando alto valor agregado por ser produzida com ingredientes de alta qualidade e análises seguindo exigências do MAPA.

Palavras-chave: Cerveja; análise físico-química; qualidade.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	OBJETIVO.....	6
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1	TIPOS DE CERVEJAS.....	9
3.2	ENZIMAS	11
3.2.1	<i>Amilase</i>	11
3.2.2	<i>Beta-glucanase</i>	12
3.2.3	<i>Protease</i>	12
3.3	COMPONENTES DA CERVEJA.....	13
3.3.1	<i>Malte de Cevada</i>	13
3.3.2	<i>Água</i>	14
3.3.3	<i>Lúpulo</i>	15
3.3.4	<i>Levedura</i>	16
3.3.5	<i>Trigo</i>	18
3.3.6	<i>Adjuntos</i>	19
3.4	BENEFÍCIOS DA CERVEJA.....	20
3.5	HISTÓRICO DA CERVEJA	20
3.6	PRODUÇÃO NACIONAL DE CERVEJA	22
3.7	CONSUMO.....	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	MATERIAIS	26
4.2	METODOLOGIA.....	26
4.2.1	<i>Brassagem</i>	27
4.2.2	<i>Hidratação da levedura</i>	28
4.2.3	<i>Fermentação</i>	28
4.2.4	<i>Envase</i>	29
4.2.5	<i>Maturação</i>	29
4.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	30
4.3.1	<i>Análise organoléptica</i>	30

4.3.2	<i>Açúcares totais</i>	31
4.3.3	<i>Proteínas solúveis</i>	31
4.3.4	<i>Determinação de Umidade</i>	32
4.3.5	<i>Análise de Sólidos Totais</i>	32
4.3.6	<i>Acidez total ou titulável</i>	32
4.3.7	<i>pH</i>	33
4.3.8	<i>Densidade</i>	33
4.3.9	<i>Teor alcoólico</i>	33
4.3.10	<i>Cinzas</i>	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	ANÁLISES DE PH, °BRIX E DENSIDADE	35
5.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	43
5.2.1	<i>Análise organoléptica</i>	43
5.2.2	<i>Açúcares totais</i>	45
5.2.3	<i>Proteínas solúveis</i>	45
5.2.4	<i>Determinação de umidade</i>	46
5.2.5	<i>Análise de Sólidos Totais</i>	48
5.2.6	<i>Acidez total ou titulável</i>	49
5.2.7	<i>pH</i>	49
5.2.8	<i>Densidade</i>	50
5.2.9	<i>Teor alcoólico</i>	50
5.2.10	<i>Cinzas</i>	50
6	CONCLUSÃO	52
7	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A palavra “cerveja” que denomina o nome á bebida fermentada por leveduras é originada do latim *bibere*, que significa “beber” (FERREIRA; BENKA, 2014). Esta bebida é considerada como uma das mais consumidas e também uma das mais antigas produzidas pelo homem. Ela é obtida por meio da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro pelas leveduras. Normalmente esse mosto cervejeiro é obtido do processamento da cevada, podendo também ser de outros cereais (como arroz ou trigo), contendo água e lúpulo (RIO, 2013; BORGES, 2015). Além do tradicional aroma do lúpulo, também é possível adicionar ao processo de produção vários tipos de adjuntos (qualquer substancia que possa ser fermentada) que irão atribuir diferente aroma e sabor à bebida. Destacam-se alguns adjuntos como: casca de laranja-da-terra, gengibre, semente de coentro, alecrim, hortelã, entre outros (PALMER, 2006).

Existe uma grande abundância de tipos de cervejas disponíveis no mercado mundial, mas esta vasta variedade se dividem em dois grandes grupos, denominado como cervejas tipo *Lager* ou tipo *Ale*. Essa variação depende do tipo de levedura utilizada na etapa de fermentação do mosto cervejeiro, podendo ser leveduras *Lager* ou *Ale*, conferindo o nome aos grupos. Alguns exemplos de cervejas que podem ser citadas são: do tipo *Ale* a cerveja IPA (*India Pale Ale*) e do tipo *Lager* a cerveja Pilsen (SIQUEIRA *et al*, 2008).

Por saber que a cerveja é uma das bebidas mais antigas da história do homem, existe certa dificuldade entre historiadores para definir, com mais precisão, a data de origem das primeiras cervejas. Já que, a mais de trinta mil anos, a maiorias dos povos pré-históricos costumavam produzir algumas bebidas alcoólicas que eram similares à cerveja. E devido a essas similaridades perdem-se no tempo essas primeiras bebidas elaboradas pelo homem (BORGES, 2015). Alguns historiadores consideram que a cerveja é produzida a mais de 8000 a.C. e os principais responsáveis pela produção foram os sumérios na região sul da Mesopotâmia (FERREIRA; BENKA, 2014).

Com o passar de milênios desde a descoberta da cerveja pelos sumérios, a produção e comercialização da bebida difundiu-se pelo mundo definindo-se como uma das bebidas alcoólicas mais consumidas. E devido a esse fator tornou-se um comércio de grande potencial de crescimento. Na última década, a produção de cerveja no Brasil cresceu impressionantes 64%, passando de 8,2 bilhões para 13,4 bilhões de litros/ano. Tornando-se o terceiro maior produtor do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China. Levando-se em conta o consumo, o Brasil posiciona-se entre os vinte e sete primeiros países que mais consomem cerveja no mundo.

No país as cervejas especiais representam de 5 a 6% das vendas totais de cervejas, crescimento que não é observado em países como Alemanha e Estados Unidos (FLARYS, 2014; BORGES, 2015).

Neste trabalho produziu-se em escala laboratorial, uma cerveja tipo *Witbier*. A *Witbier* é uma cerveja belga produzida com trigo maltado e adjunto, inventada há mais de 400 anos. No processo de produção adicionaram-se dois adjuntos: alecrim e gengibre. Foram realizadas a caracterização e avaliação da qualidade do produto final por meio de análises físico-químicas, organoléptica e de amargor com a finalidade de agregar valor à cerveja.

O processo de produção da cerveja exige muita atenção pelo motivo de que a temperatura da brassagem, etapa que ocorre a transformação do amido em açúcares fermentais, não deve variar de 67°C. A brassagem é um procedimento dependente da atividade enzimática e as enzimas são extremamente sensíveis a variações de temperatura, sendo desnaturadas ao aumento dela. Caso ocorra desnaturação enzimática, a conversão do amido (presentes no mosto) em açúcares fermentáveis será ineficiente e impossibilitará o processo de fermentação que exige uma proporção mínima, pois o açúcar é um substrato limitante em baixas concentrações. A produção também exige disponibilidade de muitas horas, por ser um processo longo e lento.

2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma cerveja *Witbier* com adição de alecrim e gengibre em escala laboratorial.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar a produção da cerveja e a partir dela, obter as análises organoléptica e físico-químicas (tais como umidade, teor alcoólico, densidade, pH e outras) seguindo exigências das análises do MAPA. Também a determinação do amargor para caracterizar se os parâmetros se enquadram na legislação vigente e ao mesmo tempo verificar a qualidade do produto final.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mostos oriundos da cevada são os mais valorizados, por serem considerado um dos três ingredientes que compõem a chamada Cerveja Pura, segundo a Lei da pureza Alemã da Cerveja (RIO, 2013; TROMMER, 2014).

As cervejas chamadas de Cerveja Especial não representa nenhum estilo específico de cerveja. No entanto, recebem este nome por serem produzidas com algum ingrediente diferenciado quando comparadas com as cervejas comerciais mais populares. No Brasil, usualmente classifica-se como cerveja especial/diferenciada, principalmente as cervejas importadas e as cervejas artesanais de estilos distintos das *Pale Lager*, popularmente conhecidas como Pilsen (são as mais conhecidas no Brasil). Também se enquadram como cervejas especiais aquelas produzidas seguindo estritamente alguma receita tradicional ou as que obedeçam a Lei de Pureza da Cerveja. Normalmente, estas cervejas utilizam matérias primas de melhor qualidade, com nenhum ou poucos aditivos químicos. Esses aditivos químicos são substâncias químicas utilizadas para mascarar, agilizar, melhorar, a cerveja que por algum motivo durante o processo de produção foi afetado (SANGION; BELTRAMELLI, 2015).

A cerveja artesanal é composta pelas cervejas que possuem qualidade superior como descrito na cerveja especial e conseqüentemente alto valor agregado. De modo geral, são cervejas produzidas por receitas ou processos de fabricação diferentes das fabricadas em larga escala pelas grandes indústrias. Essas cervejas nem sempre são chamadas de *Premium* e, normalmente, não se autodenominam “Especial”. Tem-se como exemplos a Deus, Eisenbahn Lust, Monasterium (FERREIRA, 2010).

A cerveja *Premium* é produzida com 100% de cereais maltados. Nessas cervejas especiais, todos os processos de fabricação são realizados de forma artesanal sempre respeitando o tempo de produção, para que se obtenham a maior qualidade possível no produto final e baseando-se na Lei da Pureza Alemã (FLARYS, 2014).

A Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. Porém não possui descrição e padronização de cervejas. Atualmente a principal legislação brasileira que trata sobre bebidas é o Decreto nº 6.871, de 4 de julho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Este decreto dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, além de, autorizar a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas. Na

Seção III, Art. 36º define a cerveja como sendo “bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”, ainda no mesmo artigo, parágrafo quarto define que parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo. Deste modo, é considerada como cerveja qualquer uma das diferentes bebidas alcoólicas produzidas via fermentação de matéria amilácea por meio de leveduras, podendo ser originárias de cereais ou outras fontes vegetais (BRASIL, 2009).

A lei que rege sobre a produção das cervejas artesanais (Especiais e *Premium*), garantindo alta qualidade do produto final (muito valorizado), por meio da utilização de matéria prima específica foi criada em 23 de Abril de 1516, é a Lei da Pureza Alemã da Cerveja (“Reinheitsgebot”). Ela foi promulgada pelo Duque Wilhelm IV (Guilherme IV) da Bavária. Tornando-se um importante marco na história da produção de cerveja, pois propendia a obtenção de garantia da qualidade na produção da cerveja. A Lei da Pureza é um código que delimita os únicos três ingredientes que possivelmente podem ser utilizados para a produção de cerveja, sendo: malte, lúpulo e água. Visto que é possível produzir cerveja a partir de vários outros tipos de grãos (arroz, milho, trigo) influenciando assim no sabor, aroma, coloração e proporcionando baixa qualidade. Com esta lei em vigor também evitava-se que a produção de pães fosse afetada pelo uso de trigo e centeio, utilizados na fabricação de cerveja (PALMER, 2006). Até hoje a Lei da Pureza vigora em países como Grécia e Alemanha, restringindo somente a bebida fermentada obtida a partir de cevada malteada, água e lúpulo (RIO, 2013).

A diversidade de tipos de cervejas encontradas hoje é resultado de inúmeros fatores, tais como, condições de transporte, país de origem, tipos de ingredientes, alquimias. Um exemplo dessa inovação é o estilo IPA resultado de adaptação às condições adversas enfrentadas durante o transporte, via navio, da Inglaterra até a Índia que duravam meses, durante os quais a cerveja era conservada pelo lúpulo nos barris. Nessas receitas o lúpulo, utilizado para conservar a cerveja ao longo do transporte, foi acrescentado em maior quantidade, nos barris de armazenamento de cerveja, para evitar que a cerveja estragasse durante a longa viagem, visto que, o lúpulo possui propriedades bacteriostáticas e antibióticas. Durante este tempo de conservação que elas permaneciam nos navios ocorria o amadurecimento do amargor do lúpulo e enriquecimento do aroma da cerveja (PALMER, 2006).

3.1 TIPOS DE CERVEJAS

Comumente, a cerveja pode ser dividida em dois grupos (Figura 1), dependendo do tipo de levedura utilizada na etapa de fermentação do mosto. Podendo ser *Lager* ou *Ale*. As *Lagers* são leveduras que são caracterizadas por permanecerem no fundo do fermentador após o período de fermentação (temperaturas de 15°C a 21°C). É um processo mais lento de fermentação, durando aproximadamente cinco dias. Essa fermentação ocasiona a produção de cerveja com coloração mais clara, sabor suave e teor alcoólico entre 4% a 5%. O principal exemplar desse tipo de cerveja, por ser mais conhecido e também é o mais consumido no mundo é a Pilsen ou Pilsener.

As cervejas do tipo *Ale* são produzidas por leveduras “de alta fermentação”. Obtendo essa definição já que a maior parte da fermentação ocorre na parte superior do mosto que está no fermentador. Ocorre com temperaturas entre 20°C a 25°C (e maturação entre 4,5°C e 8°C) que são temperaturas mais altas que as *Lager*. Possui duração da fermentação de 2 a 5 dias e teor alcoólico de 4% a 8%. Essa fermentação ocasiona a produção de uma cerveja com sabor pronunciado de lúpulo, são suavemente ácidas e cor claras. Três principais exemplares são a Stout, Porter e as de Trigo (SIQUEIRA *et al*, 2008; PALMER, 2006).

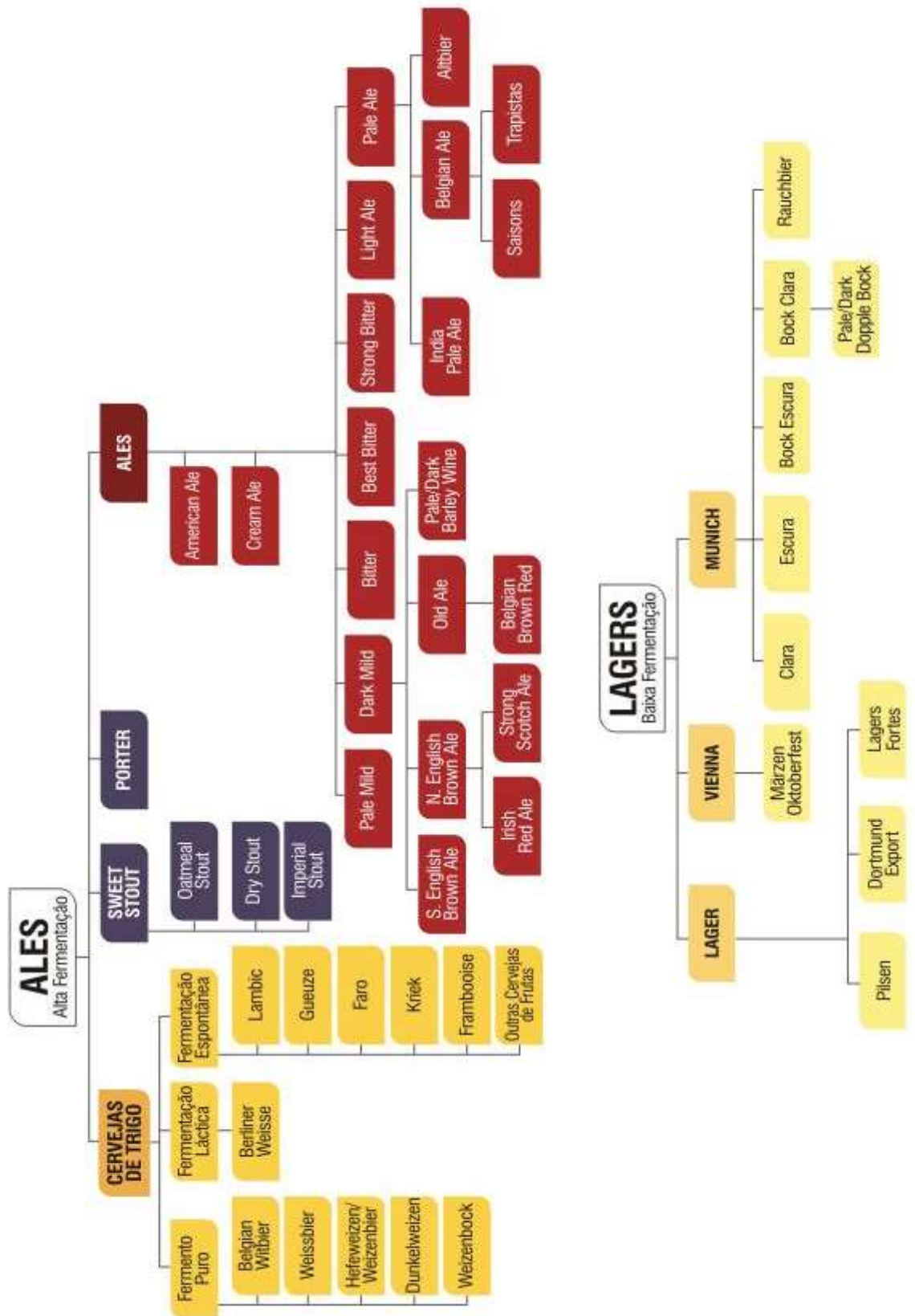


Figura 1. Diferentes tipos de cervejas relacionados nos dois grandes grupos de *Ale* e *Lagers*. Fonte (BICHARA, 2014).

A mais de um século devido ao trigo abundante nos Estados Unidos, o estilo de Cerveja de Trigo era um dos mais populares. Porém, devido a Lei Seca no país (1920-1933) proibiu-se a fabricação, comercialização e transporte de bebidas alcoólicas. Em março de 1933 o governo liberou a produção de cerveja, e nove meses depois revogou a Lei Seca (PALMER, 2006).

A *Witbier* também conhecida como *Belgian Wheat (White) Beer* possui uma coloração palha dourada e turva, devido a grande quantidade de proteína. Sua composição baseia-se em malte de cevada, trigo maltado e adjunto que confere um agradável aroma à bebida (além do aroma do lúpulo). Os adjuntos podem ser; casca de laranja-da-terra com semente de coentro (adjuntos característicos da cerveja *Belgian Witbier*), gengibre, hortelã alecrim entre outros (PALMER, 2006). A cerveja produzida é classificada como uma *Belgian Witbier* com adição de gengibre e alecrim, de acordo com a Figura 1, pertencente ao subgrupo das de Cervejas Ales de Trigo.

3.2 ENZIMAS

As enzimas descritas a seguir são desenvolvidas no processo de maltagem dos grãos (cevada e trigo), e serão responsáveis posteriormente por converter o amido em açúcares solúveis e solubilizar as proteínas, durante o processo de produção do mosto (RIO, 2013).

3.2.1 Amilase

É o grupo de enzimas mais importante do processo de mostura, pois são os responsáveis pela conversão por hidrólise do amido em açúcares fermentáveis (maltose principalmente) e não fermentecíveis (dextrina) (BRUNELLI, 2012). Sendo composto principalmente de alfa e beta amilase. Também são denominadas como enzimas diastásicas (PALMER, 2006). O poder diastático possui como valor mínimo 180WK e relaciona com o teor de enzimas amilolíticas do malte, especialmente da beta-amilase. Quando ocorrem baixos valores diastáticos podem gerar a não conversão do amido em açúcares de baixo peso molecular e consequentemente dificuldades de sacarificação na etapa de mostura (TROMMER, 2014). Das *amilases* presentes no mosto cervejeiro destacam-se a *alfa-amilase*, *beta-amilase* e a *Glicoamilase* o(u) *Amiloglicosidase*.

A *alfa-amilase* uma grande enzima extracelular, amilolítica e endoamilásica que hidrolisa aleatoriamente, mas de forma simultânea várias ligações glicosídicas alfa-1,4; não

terminais e próximas às ramificações da cadeia de amilose, amilopectina, glicogênio e dextrinas. Após ação da enzima ocorre o aumento do poder redutor, formação de alfa-limite dextrina, poli e oligosacarídeos de glicose. A enzima não atua sobre as ligações alfa-1,6. A alfa-amilase do malte possui pH ótimo 5,0 e temperatura ótima entre 50°C e 60°C (MAYS *et al.*, 2006).

A outra enzima presente no mosto é a *beta-amilase*, esta enzima extracelular hidrolisa ligações glicosídicas alfa-1,4 liberando maltoses (equivalente a 50-60% da conversão) na forma beta e beta-limite dextrinas. Somente hidrolisam os terminais não redutores das cadeias. Tem pH ótimo entre 4 e 6 e temperatura ótima entre 30°C e 50°C, sendo muito rápida a sua inativação acima de 60°C e não são dependentes de Ca^{2+} como as α -amilases (MAYS *et al.*, 2006).

A *Glicoamilase* ou *Amiloglicosidase* é uma enzima que assegura a quantidade suficiente de açúcares fermentáveis para o lêvedo. É uma exoenzima que removem unidades de glicose a partir da extremidade não-redutora de amido, dextrinas, além da maltose, clivando preferencialmente ligações alfa-1,4 e alfa-1,6 e produzindo D-glicose. Requerem a presença de alfa-amilases. Possuem o pH ideal de 4,0 e a temperatura ótima de 50°C a 60°C (SCIPIONI, 2011).

3.2.2 *Beta-glucanase*

Enzima, que hidrolisa ligações beta-D-glicosídicas do carboidrato beta-glucano, goma presente na cevada que causa problema na filtração de mosto e cerveja (BRUNELLI, 2012). É a enzima que prepara o fácil acesso ao amido para que ele possa ser convertido em açúcares de forma mais fáceis para serem hidrolisados pelas demais enzimas. Possui pH ideal de 4.5 a 5.5 e temperatura ótima em torno de 35°C a 45°C (PALMER, 2006).

3.2.3 *Protease*

As proteases (EC 3.4.22) são hidrolases que catalisam as reações de hidrólise das ligações glicosídicas das proteínas e podem ainda apresentar atividade sobre ligações éster e amida. Estas apresentam certo grau de especificidade quanto ao substrato, em geral relacionado aos aminoácidos envolvidos na ligação peptídica a ser hidrolisada e àqueles adjacentes a eles. São enzimas que atuam sobre ligações peptídicas de grandes proteínas do endosperma do malte liberando aminoácidos e peptídeos, formando a turbidez na cerveja.

Quando as proteases hidrolisam os peptídeos elas impedem que eles insolubilizem, evitando a turvação da cerveja durante o processo de maturação. Possuem pH ótimo de 5 a 9 e temperatura ideal de 60°C (BRUNELLI, 2012; PALMER, 2006).

3.3 COMPONENTES DA CERVEJA

Os componentes necessários para a produção de cerveja artesanal essencialmente se baseiam em quatro ingredientes: água, malte de cevada, lúpulo e leveduras. Cada um destes são de suma importância para a obtenção do produto final com qualidade. Além dos quatro já citados, também podem ser adicionados outros adjuntos que são característicos de cada receita que se deseja produzir (PALMER, 2006). A seguir serão discutidos os quatro principais componentes, além do trigo mais o alecrim e o gengibre que são os adjuntos utilizados na produção.

3.3.1 *Malte de Cevada*

Malte de cevada é uma gramínea do gênero *Hordeum*. Sendo cultivada em regiões de clima temperado. No Brasil existe a produção desse grão, situada no Rio Grande do Sul. A cevada pode apresentar os grãos alinhados de duas formas diferentes: sendo de duas ou seis fileiras. As de duas fileiras possuem grãos maiores, com alto teor de amido, casca mais fina e menor quantidade de proteínas. Já as de seis fileiras são o inverso, possuindo mais quantidade de casca e conseqüentemente mais enzimas em sua composição. O malte de cevada é um dos quatro principais ingredientes fundamentais para a obtenção de uma cerveja de qualidade. E para garantir tal atributo, é importante que prese pelo uso de um grão de boa qualidade (RIO, 2013).

Os padrões que devem ser seguidos pelos produtores de grãos, visando à garantia da qualidade estabelecida pela portaria 691/96, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Segundo essa portaria, a cevada para malte deve apresentar índices mínimos de 95% de poder germinativo e máximo de 13% de umidade, 12% para proteína, 3% para matérias estranhas e 5% para grãos variados (TROMMER, 2014).

A malteação da cevada é muito importante porque é nessa fase que ocorre o desenvolvimento das enzimas presentes em sua estrutura e transformação do amido dos grãos em macios e solúveis. Para tal, colocam-se os grãos para iniciarem um processo de

germinação de modo a terem as condições bem controladas para que germinem de forma uniforme (RIO, 2013).

Alguns maltes claros são assados a altas temperaturas para lhes conferir diferentes sabores, como por exemplo: Torrada, Vienna, Munich, Bhilerasn. A torração destrói parte do poder diastático, que é o teor de conversão do amido contido no grão em maltose, estando diretamente relacionado a algumas enzimas. O poder diastático de um malte, em particular, dependerá do tipo de cevada do qual provém, sendo cevada de duas ou de seis fileiras. Porém, de todos os modos, a cevada de seis fileiras tem um poder diastático ligeiramente maior que a de duas fileiras (PALMER, 2006).

As enzimas que são desenvolvidas no processo de germinação (malteação) e são fundamentais na técnica de mostura por serem as responsáveis pelo procedimento de conversão do amido em açúcares solúveis e também a solubilização das proteínas, serão descritas nos itens 6.1, 6.2 e 6.3 (RIO, 2013).

3.3.2 Água

É considerada como o principal ingrediente da cerveja, porque corresponde a mais de 90% da sua constituição. Portanto, é fundamental que utilize no processo de produção água de boa qualidade, para que se possa garantir que o produto final também seja de qualidade. Para a fabricação da cerveja, são necessários dez litros de água para produzir apenas um litro de cerveja (RIO, 2013).

Os componentes inorgânicos da água, tais como os sais minerais, são os responsáveis por proporcionar o sabor refrescante da cerveja. Devido a isso, algumas instalações cervejeiras tendem a se alojarem próximos a fontes de água. Mas essas fontes não estão livres da possibilidade de contaminação por poluição. Para isso, tornou-se necessário a obtenção de alternativas que amenizem a necessidade da instalação das cervejarias próximas a esses pontos estratégicos. Portanto, criou-se procedimentos tecnológicos que permitem a manipulação dos componentes da água, com intuito de alterar a composição dos sais minerais, corrigir a dureza da água e variar o pH. Ou seja, ajustes dos parâmetros para a obtenção de água com qualidade para ser utilizada na produção de cerveja (RIO, 2013).

É de extrema importância ajustar o pH e a dureza da água porque não são apenas os sais minerais que influenciam no sabor da cerveja. O ideal é utilizar água que esteja numa faixa de pH neutra. Pois a alcalinidade alta da água implica na dissolução de compostos da casca do malte que são indesejados no processo de mostura (RIO, 2013).

A dureza da água é definida pela concentração total de íons cálcio e magnésio. Sendo estes muito importantes para as enzimas. O cálcio age como protetor das enzimas alfa-amilase, quando estas estão expostas a temperaturas mais altas (etapa da brassagem). Assim, o processo de conversão do amido em açúcar fermentável pela hidrólise enzimática é mais eficiente. A presença de quantidade ideal de cálcio na etapa da brassagem também estimula as amilases e proteases que agem na formação dos compostos nitrogenados e dos carboidratos também fermentáveis. Já o magnésio, atua como co-enzima durante a fase de fermentação do mosto. A principal fonte de magnésio do mosto é oriunda do próprio malte e não da água. Portanto a água não pode ter dureza alta e nem muito baixa. Esses fatores podem ser afetados caso a água apresente alcalinidade alta (RIO, 2013).

3.3.3 Lúpulo

O lúpulo utilizado nas cervejarias (*Humulus lupulus*) é uma planta trepadeira, perene (vegetal cujo ciclo de vida é maior que dois ciclos sazonais), herbácea, dióica (estruturas reprodutivas masculinas e femininas estão presentes em exemplares diferentes) da família das *Cannabinaceae*. Originárias de regiões com clima mais frio. Portanto, sendo cultivada, em larga escala, em regiões do hemisfério norte. Mas em pequena escala é possível encontrar plantações na Serra Gaúcha e em São Paulo. O clima tropical do Brasil não favorece o plantio, logo toda a demanda para a produção de cerveja deve ser importada (RIO, 2013).

As flores masculinas possuem como principal função a reprodução. Elas são brancas ou brancas esverdeadas, florescem em forma de cachos axilares. As flores femininas são amarelas, axilares, esféricas reunidas em forma de cone (estróbilo) e bracteadas que é a estrutura foliar com função original de proteger a inflorescência ou flores em desenvolvimento (ZANGARO, 2014).

O lúpulo pode ser comercializado em formas de *pellets* (mais comum), flores secas, pó ou extrato. O lúpulo pode ser utilizado para três desígnios: aroma (possuem menor teor alfa-ácidos), sabor (conferindo amargor, por possuir maior concentração de alfa-ácidos) ou ambos as especialidades (elevados teores de alfa-ácido e beta-ácidos). A utilização do lúpulo ainda tem como a finalidade de obtenção da estabilidade de sabor e contribuição da formação da espuma da cerveja (RIO, 2013).

As principais substâncias encontradas na flor feminina do lúpulo são: lupulina, resinas, óleos essenciais e polifenóis. A lupulina é a substância responsável por conferir aroma e amargor característicos da cerveja. Além desse amargor característico, ele também apresenta

propriedades bacteriostáticas e antibióticas que são muito importantes para minimizar a possibilidade de contaminações do mosto cervejeiro por bactérias (RIO, 2013).

As resinas são originárias da glândula lupulina, sendo formadas por três estruturas: alfa-ácidos, beta-ácidos e duros. Os alfa-ácidos são compostos fenólicos formados por anéis aromáticos e pelos seguintes radicais: humulona, cohumulona e adhumulona. Durante a brassagem, o aquecimento do mosto ocasiona a isomerização do alfa-ácido e assim a formação do iso-alfa-ácido. É o teor de alfa-ácidos que conferem amargor do lúpulo. Os beta-ácidos são formados por lupulona, colupulona e adlupulona. Já as resinas duras são compostas por alfa e beta-ácidos oxidados (RIO, 2013).

Os óleos essenciais também são provenientes das glândulas lupulina. São muito voláteis, conferindo aroma a cerveja. Porém, devido a essa alta volatilidade, perde-se grande quantidade para o ambiente por evaporação, no processo de brassagem do mosto. Os óleos essenciais são compostos por sesquiterpenos, monoterpenos, álcoois, ésteres, cetonas aldeídos e ácidos carboxílicos (RIO, 2013).

Os principais polifenóis presentes no lúpulo são os ácidos fenólicos, chalconas, flavonoides, catequinas e proantocianidinas. Porém, o máximo destaque vai para os flavonóides por serem os responsáveis por uma variedade de características bioativas. Sendo que estas características são: estrogênicas, sedativas e anti-cancerígenas. Por estarem presentes no lúpulo, são transferidas para a cerveja (RIO, 2013).

3.3.4 *Levedura*

Nas primeiras produções cervejeiras desconheciam-se as funções e importância das leveduras. E esta importância seguiu desconhecida até final de 1860. Nesse ano, as leveduras foram descobertas por Louis Pasteur (PALMER, 2006). Mas somente passaram a fazer parte dos principais ingredientes necessários para produção de cerveja, a partir de 1906. As duas variações utilizadas são: *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarum* (RIO, 2013).

Usualmente as cervejarias acabam optando por adquirirem as próprias cepas de leveduras, para garantir a capacidade de repetibilidade das receitas, manter as características genéticas das leveduras e também manter a fisiologia celular com a mesma vitalidade celular. Ambas as leveduras são capazes de assimilar uma vasta variedade de açúcares (frutose, glicose, sacarose, maltotriose e maltose). As *Saccharomyces uvarum* são para a fabricação de cervejas do tipo Lager (definidas como cervejas de baixa fermentação). Elas são capazes de assimilar a melibiose pela enzima melibiase (produzida extracelularmente). *Saccharomyces*

cerevisiae são utilizadas para a produção de cervejas do tipo *Ale* (definida como alta fermentação) (RIO, 2013).

A *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarum* são duas leveduras de extrema importância para a indústria cervejeira, porque são capazes de hidrolisar o açúcar originário da hidrólise enzimática do amido do malte de cevada. Obtendo-se como produtos finais, da fermentação alcoólica: gás carbônico; ésteres; álcoois superiores; ácidos graxos; fenóis; cetonas e o etanol da cerveja. A maior parte do gás carbônico produzida durante a etapa inicial da fermentação alcoólica é liberado através do *Blowoff* que é um tipo de *airlock* caseiro, que consiste em um tubo que sai da parte superior do fermentador, inundando-se em um béquero com água e álcool ou solução de iodo. Permitindo a descarga de dióxido de carbono e a eliminação de parte dos voláteis na fermentação (PALMER, 2006).

O *flavour* da cerveja é diretamente influenciado por alguns desses compostos que são produzidos pelas leveduras durante a fermentação, destacando-se o etanol como o principal e os compostos voláteis (ressaltam-se os ácidos orgânicos). Porém não são somente esses compostos que possuem a capacidade de conferir todas as características das cervejas, pois todos os ingredientes também são capazes de influenciar no resultado do produto final, tais como: pH da água e do mosto; o tipo de levedura utilizada (*Lager* ou *Ale*); temperatura da fermentação nas etapas de produção também são fundamentais para influenciar o *flavour* (PALMER, 2006).

A produção da cerveja, pela fermentação alcoólica do mosto, é dividida basicamente em duas etapas. Sendo a primeira etapa considerada como a fase conduzida pela fermentação aeróbica (o mosto ainda está aerado das etapas de produção que antecederam). Esse oxigênio presente no mosto é fundamental, porque são utilizados pelas leveduras, que foram inoculadas, para realizarem seus processos fisiológicos resultando em crescimento exponencial celular. Desenvolvendo-se em proporções suficientes para darem continuidade a segunda etapa da fermentação. Em seguida ocorre à segunda etapa, que é quando acontece a formação de etanol. Essa fase ocorre de forma anaeróbica. E o NADH que foi produzido pela via glicolítica é regenerado a NAD^+ por liberação de um hidrogênio. A constante liberação de hidrogênio devido a regeneração do NAD^+ ocasiona uma redução do pH do meio, tornando-o ácido (RIO, 2013).

A liberação de dióxido de carbono na fermentação ocorre porque durante a regeneração do NAD^+ , ocorre a liberação de moléculas de hidrogênio gerando redução do pH da cerveja. Essa diminuição do pH afeta o bem-estar e vitalidade das leveduras pois não são

tolerantes a ambientes muito ácidos. Dessa forma, o ácido pirúvico é transformado a dióxido de carbono e acetaldeído e este em seguida, a etanol (RIO, 2013).

A energia que é necessária pelas leveduras para realização das suas atividades fisiológicas são originárias da hidrólise e fermentação de dois tipos de açúcares fermentáveis presentes no mosto. Aproximadamente 65% desses açúcares é maltose e a outra parte é a maltotriose. Esses açúcares fermentáveis são hidrolisados a unidades de glicose pelo sistema α -glicosidase. Intracelularmente os açúcares são transformados a piruvato pelo sistema da via glicolítica, e gera como produto duas moléculas de adenosina trifosfato (ATP). Que são fontes de energia para a célula de levedura (RIO, 2013).

3.3.5 Trigo

O trigo (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*, *Triticale sp*) é um tipo de gramínea originária do “Crescente Fértil”, geograficamente corresponde a zona que abrange desde a porção africana (Norte do Rio Nilo) até a porção asiática (atuais Iraque e Kwait) do Médio Oriente. Este cereal é o terceiro mais produzido no mundo, depois do arroz e do milho (TAKEITI, 2015).

O trigo é a principal fonte de proteína vegetal na alimentação humana, tendo um teor de proteína mais elevado do que outros cereais importantes, milho (milho) ou o arroz. O grão de trigo é um alimento básico usado para fazer farinha para fermentados, pães, biscoitos, bolos, cereais matinais, macarrão e para fermentação na produção de cerveja. O objetivo principal da moagem do grão do trigo é a obtenção da farinha. Na moagem, o endosperma é separado da casca e do gérmen. No endosperma está o amido (corresponde a farinha). A casca que é um subproduto da moagem (farelo) é rica em fibras, minerais e vitaminas; o gérmen (rico em proteínas e lipídios), apesar de ser a parte do trigo com maior valor nutricional, é geralmente destinado para ração animal (PIRES, 2012). Todo o grão é uma fonte concentrada de vitaminas, minerais e proteínas, enquanto que o grão refinado é principalmente amido (TAKEITI, 2015).

O trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes de alimentos consumidos pelo homem, possui a proteína glútem que não é encontrada em outros grãos, tornando-se indispensável para muitos alimentos (FARTRIGO, 2015).

O trigo malteado deve ser encharcado para possibilitar a conversão do amido em açúcares fermentáveis. Constituindo a parte mais importante dos açúcares fermentáveis do

mosto. Podem ser torrados a altas temperaturas com intuito de obtenção diferentes sabores, lembrando que torragem destrói parte do poder diastático do grão (PALMER, 2006).

3.3.6 Adjuntos

Os dois adjuntos que foram utilizados na produção da cerveja *Witbier* são o alecrim e o gengibre. O gengibre é uma planta herbácea que pode atingir 1,50 m de altura, originária do sudeste da Ásia. Possui nome científico de *Zingiber officinale* Roscoe. Pode ser consumido o rizoma (raiz) da planta. Os constituintes químicos do gengibre são: óleos essenciais (gigerona, zingibereno, falandreno, canfeno, cineol, broneol e citral) e carboidratos. Sendo indicado em casos de cólicas, dores de garganta, resfriados, náusea e enjôos em geral, gripe, bronquite, rouquidão, asma, reumatismo. As possíveis formas de uso do rizoma são: decocção, infusão, pó, extrato fluído, tintura, xarope e alcoolato (EMBRAPA, 2001). Sendo um exemplo de planta consumida pela população para obtenção de cura de doenças. Destacam-se as propriedades do *Zingiber officinale* como sendo uma estimulante gastrointestinal, aperiente (abre o apetite), carminativo (eliminador de gases intestinais), tônico, expectorante (expulsão do muco) (GENGIBRE, 2015).

O alecrim é classificado como arbusto de pequeno porte da família *Labiatae* originário das Europa. Seu nome científico é *Rosmarinus officinalis* e as partes da planta que podem ser utilizadas são as folhas e flore. Este arbusto tem propriedade aromática e em suas folhas são encontrado óleo aromático, contidos nas pequenas glândulas. Este óleo essencial possui em sua constituição: hidrocarbonetos monoterpênicos; ésteres terpênicos; linalol; verbinol; terpineol; 3-octanona e acetato de isobornila. Os flavonóides incluem diosmetina, diosmina, gencuanina, luteolina, hispidulina e apigenina. Apresenta ainda os ácidos rosmarínico, caféico, clorogênico, neoclorogênico e labiático (ALONSO, 1998).

O uso de alecrim pela população se baseia nas propriedades farmacológicas que o *Rosmarinus Officinalis* possui, sendo atividades antimicrobianas sobre fungos e bactérias (Gram- positivas e negativas - como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus albus*, *E.coli*, *Salmonella*); atividade hipoglicemiante, inibidor da enzima acetilcolinesterase e alfa-amilase (SILVA *et al.*, 2008). Outros efeitos do alecrim popularmente conhecidos são: efeitos analgésico, antifúngico, colerético, hepatoprotetor, anticarcinogenico, diurético, efeitos no sistema nervoso central. Porém existem poucos estudos que relatam os efeitos adversos do uso de alecrim (ASSOCIAÇÃO BRASIL PARKINSON, 2011).

3.4 BENEFÍCIOS DA CERVEJA

Observando-se a cerveja sob o ponto de vista nutricional é possível afirmar que existe evidências que a cerveja apresenta no mínimo o mesmo nível de contribuição que o vinho na prevenção de doenças cardiovasculares. Pesquisas mostram que grande parte da contribuição do vinho advém do etanol contido nele. Logo bebidas consumidas em doses equivalentes de etanol, citando-se a cerveja como principal exemplo, apresenta o mesmo nível de contribuição para tratamento da arteriosclerose. Confirma-se também que o consumo moderado de etanol por dia também tem a capacidade de prevenir hipertensão arterial (RIO, 2013).

Outro benefício ocasionado pelo consumo moderado de cerveja é a diminuição do colesterol de baixa densidade, (LDL – *Low Density Lipoprotein*) popularmente conhecido como “colesterol ruim”, no plasma sanguíneo e estimulação de um aumento do HDL (*High Density Lipoprotein* – “colesterol bom”). Compostos fitoquímicos, presentes no malte e no lúpulo, possuem a capacidade de proteção contra doenças cardiovasculares e proporcionam benefícios adicionais à saúde, tal como, efeitos anti-mutagênicos. Entre outros compostos bioativos presentes na cerveja os flavonóides ganham destaque devido ao fato de potencializarem as atividades antioxidantes. Eles agem como sequestrantes de radicais livres, inibindo alguns estágios de processos relacionados à arteriosclerose e aumentando as atividades de receptores de LDL (RIO, 2013).

3.5 HISTÓRICO DA CERVEJA

A cerveja não é considerada como a primeira bebida fermentada a ser produzida, existem relatos de outras bebidas com mais de trinta mil anos. Estima-se que as primeiras produções cervejeiras tenham ocorrido na região, hoje conhecida onde é considerada como o berço da civilização humana, Mesopotâmia no Oriente Médio (GOSSANI; WALDMAN, 2009) tempos depois se difundiu para Egito e Babilônia (MEGA *et al*, 2011).

Segundo Borges (2015) alguns historiadores encontraram relatos de que a primeira cerveja tenha surgido por volta 8.000 a.C. pelos sumérios na região sul da Mesopotâmia. Esta teoria fundamenta-se no fato de que, há mais de dez mil anos, já existia certo conhecimento sobre processos de fermentação, confirmando a existência dessas bebidas fermentadas. A descoberta de uma das técnicas empregadas na produção de cerveja aconteceu porque, na época, o armazenamento inadequado dos grãos, após serem colhidos na lavoura, não evitava o contato destes com a umidade. Foi a partir desse contato entre o grão e a umidade que notou

uma diferenciação do sabor do mesmo, caracterizando-se por tornar-se levemente adocicado. Hoje em dia, esse processo já é bem conhecido e é denominado de maltagem (GOSSANI; WALDMAN, 2009).

Os sumérios também notaram que os grãos que caíam em poças de água apresentavam, após algum tempo, um aroma diferenciado. Hoje, sabe-se que este aroma é resultado do processo conhecido como fermentação alcoólica. Após algum tempo, aperfeiçoaram a técnica de maltagem e fermentação, sendo que os sumérios produziram as primeiras cervejas (GOSSANI; WALDMAN, 2009).

Porém não foram os próprios sumérios que se destacaram nos procedimentos de fabricação de cerveja. O povo que se destacou foram os bárbaros de origem germânica, durante o período do Império Romano (século V a XV). Mas somente na Idade Média, século XIII, ocorreu um acontecimento revolucionário no processo de fabricação de cerveja pelos cervejeiros germânicos. Esses cervejeiros pioneiramente empregaram o lúpulo no processo de produção, proporcionando maior tempo de conservação do produto final (MEGA *et al*, 2011).

A cerveja só começou a fazer parte da história no Brasil no início do século XIX, quando a família real portuguesa se instalou no país. Trouxeram consigo o costume de consumir cerveja para a população vigente do período. No Brasil colonial não existia nenhuma produção de cerveja em grande escala, então, toda a bebida consumida era importada da Europa por navios, dificultando o consumo pela população devido a longas viagens do Brasil a Portugal (RIO, 2013). A indústria cervejeira nacional surgiu a partir da iniciativa de imigrantes de diversas nacionalidades europeia que se instalaram no país em uma sociedade escravocrata exportadora e criaram uma pequena produção de mercadorias (BORGES, 2015).

Existem relatos em um jornal que falava sobre uma cervejaria no Rio de Janeiro em 1836, sendo considerada como prova que já existia de cervejarias no Brasil. Após 1860, ocorre crescimento da produção de cerveja no país e se mantém até a importação de cevada e lúpulo da Europa ser interrompida devido o início da I Guerra Mundial. E com a dificuldade de importação desses insumos, os cervejeiros, desde essa época, começam a produzir cerveja de outros cereais (como o milho e o arroz). A produção de cervejas no Brasil era predominantemente caseira, até quase o final do século XIX (PAES, 2015).

Apenas nos anos 1880 em Porto Alegre, produziu-se a primeira cervejaria industrializada. Somente foi possível com a chegada das primeiras máquinas compressoras frigoríficas ao país. Promoveram o procedimento eficiente da fermentação em ambiente com

temperaturas controladas. Ainda nesta década, surgem também as duas principais companhias de cerveja do país – a Companhia Antarctica Paulista e também a Companhia Cervejeira Brahma do Rio de Janeiro. Estas iniciam a produção em escala industrial de cerveja. Com surgimento dessas duas grandes indústrias, as microcervejarias (produziam cervejas em pequenas instalações seguindo as receitas herdadas de gerações) iniciam a redução da produção por incapacidade de competição com os baixos preços praticados pelas cervejarias industriais. Assim gradativamente a produção artesanal foi deixando de existir. E somente ressurgiu no mercado cervejeiro do Brasil somente nesta última década (PAES, 2015).

No período da revolução industrial ocorreu o alavancamento do processo de produção e disseminação da cerveja. Isto ocorreu, de fato, na Alemanha, Império Austro-Húngaro e Inglaterra, devido aos desenvolvimentos das indústrias cervejeiras. Baseando-se na ampliação das empresas e melhoramentos das técnicas de produção. Deixaram de serem essencialmente de cunho artesanal e familiar. (MEGA *et al*, 2011).

3.6 PRODUÇÃO NACIONAL DE CERVEJA

As cervejas mais consumidas no Brasil, em primeiro e segundo lugar respectivamente são: Skol e Brahma. São cervejas do tipo Pilsen e produzidas industrialmente pela gigante Ambev. A Skol foi a sétima cerveja mais consumida do mundo, com quase trinta milhões de barris vendidos no ano de 2012 e atualmente é a quarta mais vendida. E a Brahma foi a décima cerveja mais consumida do mundo, com aproximadamente dezoito milhões de barris também em 2012 (R7, 2014).

Existe uma grande distância entre o potencial produtivo *versus* consumidor de cervejas industriais e artesanais no Brasil, visto que tem ganhado importância e mercado nos últimos anos. A expansão da classe média brasileira e o aumento em geral, da renda média da população, propiciou a ampliação da capacidade de consumo de cervejas que possuem um valor mais elevado no país (BORGES, 2015).

Um fator econômico ocorrido, há mais de vinte anos, que acarretou em um aumento no consumo de cerveja foi a criação do Plano Real (1994). Devido a essa estratégia econômica, ocorreu drástica redução da inflação permitindo maior acessibilidade da população ao consumo de cerveja. Dados da época mostram que o consumo passou de 38 litros/ano per capita (antes do Plano Real) para 50 litros/ano, logo no primeiro ano de implantação do Plano. Essa taxa de consumo tornou-se praticamente constante até 2004, alterando-se com uma variação em torno de 6% (PONTES, 1997; SINDICERV, 2007). Nesse

mesmo ano de 1994, devido às vantagens ocasionadas do plano econômico, uma das maiores cervejarias do Brasil que é a Companhia Cervejaria Brahma ampliou seu mercado. Iniciando a comercialização de bebidas, no segmento cervejeiro, nos três seguintes países: Argentina, Paraguai e Venezuela (AMBEV, 2015).

Cinco anos depois da criação do Plano Real em 1999, ocorreu um evento muito importante para a economia brasileira, que foi a fusão das duas maiores empresas do ramo de bebidas. Fundiram-se a Companhia Cervejaria Brahma e a Companhia Antartica Paulista formando a gigante: Companhia de Bebidas das Américas – Ambev. Essas duas grandes companhias surgiram de empresas familiares. A fusão proporcionou vantagens para que disparassem em primeiro lugar no ranking da maior produção nacional de cerveja (detém 70% do mercado nacional). Tornando-se líder de mercado no segmento de cervejaria (SEBRAE, 2014). Até hoje, em 2015, esta gigante ocupa a primeira posição da maior produtora de cerveja nacional (controla 68% do mercado) e a terceira internacional, perdendo para a China e Estados Unidos.

Ressalta-se que a Ambev utilizou recentemente, no início de 2015, estratégias econômicas, com o intuito de “frear a expansão” de duas concorrentes produtoras de cervejas artesanais, que acabaram adquirindo maior prestígio frente ao público consumidor. A estratégia foi a compra da concorrente Cervejaria Colorado de Ribeirão Preto, interior de São Paulo e a fusão com a Cervejaria Wäls. Mesmo que não compunham uma mesma linha de mercado por a Ambev ser produtora de cerveja industrial e as outras duas possuírem uma produção artesanal (EXAME, 2015). O grupo Schincariol também adotou o mesmo tipo de estratégia quando comprou diversas microcervejarias como a Baden Baden, a Einsenbahn e a Devassa (RIO, 2013). Observa-se que o mercado nacional é bastante competitivo, principalmente para as empresas de menor porte. Devido às vastas variedades de cervejarias que já estão operando no mercado e também os novos empreendimentos que surgem a cada ano (EXAME, 2015).

A participação do setor cervejeiro no PIB do país só aumenta com o passar dos anos. Em 2003, a participação era de 1,5% passando para 2,0%, em 2013, evidenciando um aumento de 0,5% em dez anos. No Brasil as empresas cervejeiras são responsáveis por 2% do PIB e 15% da indústria de transformação nacional sendo um exemplo de setor que mais emprega no país (CERVBRASIL, 2014).

Empresários brasileiros que trabalham no ramo de bebidas alcoólicas (venda direta ou indireta) calculam que o preço das cervejas artesanais brasileiras sejam, em média, três vezes

mais caro que as industriais, e algumas chegam a ultrapassar os três dígitos. Enquanto que nos EUA, a diferença de preço entre a artesanal e a industrial é de 50%. Uma das explicações para este valor alto está nos custos da fabricação e matéria-prima para a pequena escala, que é quase toda importada, além das altas cargas tributárias (incide diretamente sobre o preço final). Mais da metade que o consumidor brasileiro paga no preço desse produto final é imposto (BARBOZA, 2015).

De acordo com Couto (2011), estimou-se que no Brasil existam em torno de 200 microcervejarias (legalizadas), estando em sua maior parte, concentradas na região sul e sudeste do país. Estas pequenas indústrias têm essa classificação de microcervejarias por possuírem, em sua maior parte, contingente de mão de obra de origem familiar. Instalações em suas próprias residências ou pequena unidade de produção, processos de fabricações artesanais com equipamentos profissionais. Possuem produção máxima anual de até três milhões de litros. As cervejas produzidas não são pasteurizadas e normalmente não são filtradas. Dessa forma garante-se um sabor mais aprimorado e conseqüentemente um produto com características nutricionais melhores. Essas microempresas correspondem a menos de 1% do setor de mercado cervejeiro nacional, com previsão de crescimento para 2% até 2023 (ABRABE, 2015).

Existe também as nanocervejarias, que segundo o Sebrae (2015), são aquelas cuja produção varia de 50 a 2000 litros por mês, não ultrapassando esse valor. Possuem produção caseira ou alguns com equipamentos profissionais, porém para pequena escala, realizando a fabricação por *hobby* e normalmente atuam com alguma ou nenhuma licença (COUTO, 2011; PIATO; RÉVILLION, 2013). Estes produtores não são menos importantes que os de cervejarias maiores uma vez que são responsáveis pela dispersão da cultura de consumo de cerveja artesanal, atraindo novos consumidores (PIATO; RÉVILLION, 2013).

Nesta conjuntura das micro e nanocervejarias, estas possuem como finalidade a produção de uma cerveja própria e exclusiva. Que concomitantemente possam ser atreladas à gastronomia *gourmet* de alta qualidade, que buscam resgatar o prazer de degustar a bebida harmonizando-a nas refeições. Esses produtores constituíram associações conhecidas como AcervAs (Associações de Cervejeiros Artesanais), que possuem representatividade em ampla parte dos estados brasileiros. As cervejarias artesanais, mesmo que com uma escala de produção mínima, quando comparadas a de grandes cervejarias industriais participam de mercado competitivo, por entrarem no segmento *Premium* e *Super Premium*, devido a alta qualidade e pelos elevados preços (RIO, 2013).

3.7 CONSUMO

Embora a cerveja seja uma bebida milenar, o seu consumo e produção somente se tornaram expressivos nos últimos 150 anos. Em 2015, pode-se dizer que seu consumo se encontra globalizado e a participação do Brasil nesse mercado internacionalizado tem chamado à atenção de grandes empresas do setor (FREITAS, 2015).

A maior parte do público brasileiro consumidor de cerveja industrial tradicional (61%) é tecnicamente caracterizado como sendo um público jovem, com idade de 25 a 44 anos. Sendo em sua maioria, homens (56%) e com baixo poder aquisitivo (72%). Este mercado consumidor corresponde a um volume de consumo, em média, de 66,9 litros/ano per capita em 2013. Posicionando o país em 27º lugar no ranking mundial dos países consumidores de cerveja. Comparando-se esse volume de consumo ao da República Tcheca que está em primeiro lugar nesse ranking, com um consumo per capita ao ano de 147,1 litros. Nota-se uma grande capacidade de crescimento do mercado nacional (BORGES, 2015).

Porém, o consumo de cervejas artesanais, do tipo especiais e de origem de microcervejarias, limita-se às classes A e B da população. Isto ocorre, devido ao fato de que estas cervejas possuem um valor agregado mais elevado, tornando-se inacessíveis a maior parte da população (PIATO; RÉVILLION, 2013).

Juntando-se todos esses fatores e a expressiva população brasileira, o consumo brasileiro é considerado baixo, em relação ao mercado internacional, visto que o clima tropical do país torna-se favorável ao consumo de cerveja. O período que ocorre aumento do consumo de cerveja incide entre os meses de Dezembro à Março. Chegando a ser 40% do volume total produzido no país. Sendo a cerveja tipo Pilsen a mais consumida no Brasil. (PIATO; RÉVILLION, 2013).

Comparando-se a taxa de crescimento da produção de cerveja tradicional com as cervejas classificadas como artesanais, nota-se uma discrepância. O crescimento das artesanais sofreu um aumento de aproximadamente 12% no ano de 2007, contra 6,7% das tradicionais no mesmo período. Já no período de 2008 a 2011, as artesanais cresceram 79%, e 54% as tradicionais (RIO, 2013). A maior parte dessas cervejarias artesanais estão localizadas na região sul do país, e também em Minas gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, segundo dados da Abmic (Associação Brasileira de Microcervejarias) (PIATO; RÉVILLION, 2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A produção de 24 litros de cerveja especial com adição de gengibre e alecrim ocorreu no Laboratório Biotecnológico da Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Alto Paraopeba (CAP) situado em Ouro Branco, Minas Gerais. Para a produção realizou-se um *checklist* para garantir que todos os equipamentos e matérias primas necessárias estariam em conformidade para a fabricação.

4.1 MATERIAIS

Para a produção da cerveja especial com adição de gengibre e alecrim utilizou-se as seguintes matérias primas:

- 30 L de água mineral comercial;
- 2,5 Kg Malte Pilsen – Agrária;
- 1,5 Kg Trigo – *Castle Malt*;
- 33,40 g de alecrim fresco (somente as folhas);
- 170,41 g de gengibre fresco (descascado e picados em cubos pequenos);
- 11,50 g Levedura comercial seca (*Saccharomyces cerevisiae*) – *Safbrew T-58* Fermentis;
- 31,07 g de Lúpulo – *Hopfenpellets Brewers Gold* (6,7% alfa-ácido).

4.2 METODOLOGIA

O processo de produção da cerveja é realizado em algumas etapas. Sendo de extrema importância a correta realização de todas essas etapas para a obtenção do melhor produto final. Minimizando-se a possibilidade de contaminações, perdas das matérias primas por desperdício ou por manuseio inadequado. Para minimização das possibilidades de contaminação, inicialmente lavou-se todos os equipamentos com sabão neutro para remoção dos resíduos orgânicos e minerais presentes nas superfícies dos equipamentos. Certificou-se que estavam muito bem enxaguados (sem resíduos de sabão). Em seguida o fermentador foi sanitizado com álcool 70°GL. Com a finalidade de remover dos equipamentos os microrganismos, reduzindo a níveis satisfatórios. É importante ressaltar que, para que esses procedimentos alcancem seus objetivos plenamente, é fundamental que a água utilizada no processo esteja dentro dos padrões de qualidade. A seguir são apresentados as etapas de produção da cerveja proposta em escala laboratorial.

4.2.1 Brassagem

Para a brassagem em escala laboratorial, aquece-se em um caldeirão os 14 L de água mineral comercial, até atingir os 67°C. Nesse intermédio, moeu-se 2,5 Kg de Malte Pilsen e 1,5 Kg de Trigo. É importante que o malte moído não apresente uma granulação muito pequena, de maneira a quebrar de forma eficiente os grãos sem que virem pó. Já o trigo não possui tal especificação para a moagem.

Assim que a água atinge 67°C, coloca-se todo o malte e o trigo dentro do caldeirão, para que estes fiquem em infusão. Deve-se manter a temperatura do mosto em 67°C por 60 minutos (uma rampa de brassagem), mexendo-se sempre com a pá de cervejeiro. Deste processo obtém-se o mosto (líquido açucarado).

Nos 30 minutos iniciais da brassagem, realiza-se o teste do iodo para observar o nível de conversão de amido em açúcar. Para o teste, pinga-se três gotas de solução de iodo em uma placa de petri. Em seguida retira-se uma pequena amostra (três gotas) do mosto e dispõe sobre uma das soluções de iodo na placa de petri. Observa-se se existe diferença de cor. Caso seja uma coloração mais escura da amostra do mosto com o iodo indica que nem todo o amido ainda foi transformado em açúcar. Sendo importante continuar com o processo da brassagem. Aos 60 minutos da brassagem, realiza-se novamente o teste do iodo, como descrito anteriormente. Porém, caso as colorações estejam muito parecidas, é um indicativo que ocorreu praticamente total conversão de amido em açúcar. Mede-se a densidade com o refratômetro para conferência, porque o valor desejado que se deve obter é de 1,050 g/mL.

Em seguida realiza-se a etapa do *Mach Out*. Para isso, eleva-se a temperatura do mosto até 78°C. Mantém-se essa temperatura por dez minutos, sem que se realize qualquer agitação com a pá cervejeira ou outro equipamento. Essa etapa é importante para que os sólidos se decantem de forma a se arranjamem em uma estrutura de “filtro de bagaços/cascas”. Em outro caldeirão, aquece-se 15 L de água mineral comercial (lavagem do mosto) até que se atinja 68°C. Suspende-se a parte interna do caldeirão com o bagaço (possui o fundo de grade fina para reter as partículas sólidas) para que esta ficasse acima do nível do mosto, permitindo a realização do processo de recirculação e lavagem. A recirculação consiste na dispersão da água aquecida a 68°C, sobre o bagaço com o auxílio da pá cervejeira. De modo a não desfazer a constituição do “filtro de bagaços/cascas”. Deve-se evitar dispersar a água na mesma região para que não ocorra a formação de caminhos através da massa. Após o término de todo o

processo de recirculação, remove-se a parte interna do caldeirão e descarta-se apropriadamente o bagaço.

Inicia-se o aquecimento do mosto até levantar fervura. Assim que começa a ferver adiciona-se a primeira dosagem de lúpulo (oito gramas). À medida que formar uma espuma (coloração mais escura) na superfície do mosto, remove-a com uma peneira de inox fina. Após quinze minutos da primeira lupulagem, adiciona-se o alecrim e a segunda dose de lúpulo (oito gramas). Aguardados mais quinze minutos adiciona-se o gengibre e a terceira porção de lúpulo (oito gramas). Por fim, depois de mais quinze minutos adiciona-se o quarto e ultimo lúpulo (sete gramas) e desliga-se o fogo do aquecimento.

Completados os 60 minutos de fervura (esterilização do mosto e dissolução do lúpulo), retira-se a panela do fogo. Com a ajuda da pá cervejeira mistura-se o mosto em movimento circular vigoroso durante 10 minutos (*whirlpool*), de forma a formar um rodaminho para remoção da parte vegetativa do lúpulo e decantação das proteínas coaguladas. Tampa-se a panela para evitar contaminação. Com cuidado, para não suspender os sólidos, coloca-se a panela dentro de uma bacia grande com bastante gelo, para o processo de resfriamento (90°C - 95°C para 20°C aproximadamente).

4.2.2 Hidratação da levedura

Em uma panela ferve-se 300 mL de água mineral durante 20 minutos. Tampa-se e deixe que resfrie até 20°C. Transfere-se 120 mL para o béquer (sanitizado) e lentamente adiciona-se a levedura de forma que ficasse o mais bem distribuída possível sobre a água. Mistura-se com o bastão de vidro (sanitizado) somente depois de total dissolução do levedo. Aguarda-se 15 minutos para completa hidratação.

4.2.3 Fermentação

Depois do mosto resfriado até a aproximadamente 25°C, retira-se a panela com cuidado de dentro da bacia com gelo para não agitar o líquido. Transfere-se o mosto para o fermentador pela válvula da panela, e sobre a abertura desse fermentador utiliza-se uma peneira com tela fina para a retenção e possíveis sólidos. Interrompe-se a passagem do mosto quando nota-se que começou a transferir os sólidos sedimentados (conferem sabor desagradável a cerveja). Agita-se o fermento para formar um mistura homogênea, verte-se todo o volume da levedura hidratada dentro do fermentador. Rosqueia-se a tampa do

fermentador e no recipiente onde fica a boca do tudo do *Blowoff* coloca-se água destilada e etanol 70°GL para evitar possível contaminação com o contato com o ar atmosférico.

Coloca-se o fermentador na geladeira a 18°C para o processo inicial da fermentação alcoólica. Mede-se a densidade para obtenção do valor inicial da etapa de fermentação. Nessa etapa ocorre a conversão do açúcar em etanol e dióxido de carbono, pelo metabolismo das leveduras que estão usando a glicose como fonte de energia. Quando a densidade parar de reduzir, aproximadamente 4 dias, aumenta-se a temperatura da geladeira para 20°C. Novamente acompanha-se a variação da densidade até que cessasse a redução. Quando estabilizar (4 dias aproximadamente), reduz-se a temperatura da geladeira em 2°C por dia até que se chegasse 0°C. Durante todo o tempo a maior parte do fermento será separada por decantação (sedimentação) natural. No total essa etapa dura em média 18 dias até alcançar o 0°C para etapa de envase.

4.2.4 Envase

Para a etapa de envase realiza-se a adição do *prime*, que consiste na adição de açúcar simples (cana-de-açúcar) ao mosto fermentado para servir de fonte de carboidrato para as leveduras ali presentes continuarem com o processo de fermentação. Aumentando o teor alcoólico da cerveja (em torno de 2%) e juntamente com a carbonatação. Para a prática do *priming* são contabilizado 6g de açúcar para cada litro de cerveja já fermentada. Porém, não é recomendado que o açúcar seja adicionado diretamente a cerveja para que não ocorra a possibilidade de contaminação. Portanto, primeiramente deve-se ferver água mineral (quantidade suficiente para dissolver o açúcar) com açúcar cristal, por 20 minutos para garantia da esterilização do *prime*. Aguarda-se o resfriamento da solução, e em seguida adiciona-se o *prime* à cerveja dentro do fermentador. E por fim, realiza-se o enchimento das garrafas (aproximadamente 40 garrafas de 600 mL) com auxílio de bomba peristáltica e posterior vedação com tampa apropriada e arrolhadora de mesa.

4.2.5 Maturação

A etapa de maturação inicia-se logo em seguida ao envase. Tem duração de aproximadamente 8 dias, e é nessa fase que ocorrem sutis modificações na composição da cerveja. Possui a finalidade de apurar o produto final (cerveja). Isto ocorre por eliminação de alguns compostos presentes que são indesejados (naturais da etapa de fermentação). Ocorre o

processo de fermentação secundária, onde o açúcar residual presente também é consumido pelas células de levedura além da quantidade adicionada na etapa de *priming*. Ao final desse período de maturação, o teor alcoólico tende a aumentar 2% e o aroma e sabor da cerveja final é mais acentuado. É importante que as garrafas fiquem em pé para reduzir a área de contato da cerveja com o oxigênio preso na garrafa durante o envase.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Todas as análises físico-químicas e organoléptica foram realizadas em conformidade com o Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres exigidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008). Sendo realizadas na UFSJ – Campus Alto Paraopeba: Laboratórios de Química Orgânica, Biotecnológico e Físico-química. As amostras analisadas estavam descarbonatada. Para a descarbonatação (remoção do dióxido de carbono), as amostras foram transferidas para um bquer e aquecidas em chapa de aquecimento até total desprendimento do CO₂. As análises foram realizadas em triplicatas.

4.3.1 Análise organoléptica

As características organolépticas de um produto (aspecto, cor, odor e sabor) refletem a qualidade do processamento e ingredientes utilizados na elaboração do mesmo (MAPA, 2008). Antes da abertura da embalagem deve-se observar os seguintes tópicos:

- Aspecto – ausência de elementos estranhos a natureza do produto;
- Coloração – característica com a origem dos componentes da matéria prima;
- Limpeza – ausência de corpos estranhos, depositados e/ou turvações;
- Vazamentos – o recipiente não deve apresentar vazamento;
- Estufamento – (gases) estado da embalagem;
- Outros aspectos relevantes à embalagem e da aparência.

No ato da abertura da embalagem, verificar os seguintes tópicos:

- Imediatamente – o odor, a aparência e a presença de gases (adicionados propositalmente ou devido a alguma anomalia);
- Por degustação – sensação na boca e possível alteração de sabor.

Os resultados devem ser expressos como NORMAL ou ANORMAL. Caso seja decretado um resultado anormal, deve-se constatar no campo observações do certificado de análise qual anomalia encontrada.

4.3.2 Açúcares totais

Os açúcares não redutores sofrem hidrólise prévia em meio ácido, dissociando os dissacarídeos em seus monossacarídeos, os quais reagem com íons cúpricos da solução de Fehling, reduzindo-se a íons cuprosos, sob a ação do calor em meio alcalino. Ao reagir com íons cúpricos, os açúcares sofrem oxidação, enquanto o Cu (II) é reduzido a Cu(I), formando-se um precipitado vermelho de óxido cuproso (MAPA, 2008). É um método titulométrico (Método Eynon Lane). Os açúcares totais serão determinados pela Equação 1.

$$A_t = [(b - a) \times 5 \times f_1 \times f_2] / V \quad (1)$$

Onde:

A_t = Teor de açúcar total em glicose (g/L);

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;

f_1 = Fator que envolve todas as diluições e as grandezas de massa ou volume usadas na tomada da amostra;

f_2 = Fator de conversão para a expressão dos resultados em glicose (1,00);

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

4.3.3 Proteínas solúveis

Método de Lowry se baseia numa mistura de molibdato, tungstato e ácido fosfórico (reagente Folin Ciocalteu) que sofre uma redução quando reage com proteínas, na presença do catalisador Cu^{+2} e produz um composto em absorção máxima de 750 nm. Os aminoácidos cromógenos são tirosina e triptofano (SANTOS, 2012).

4.3.4 *Determinação de Umidade*

Este método de ensaio determina a umidade pela perda de massa da amostra quando aquecida sob condições específicas a 105°C em estufa (MAPA, 2008). Quando as variações das massas entre as pesagens tornavam-se praticamente constante (variando menos de 0,1%) conclui-se a análise. A porcentagem de perda por dessecação é obtida pela Equação 2.

$$P(\%) = \left(\frac{P_1 - P_2}{P_a} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$P(\%)$ – Porcentagem de perda por dessecação;

P_1 – Peso do béquer contendo a amostra (g);

P_2 – Peso do béquer contendo a amostra após a dessecação em estufa (g);

P_a – Peso da amostra (g).

4.3.5 *Análise de Sólidos Totais*

Para a determinação dos sólidos totais utilizou-se Método Gravimétrico, que baseia-se fundamentalmente na evaporação da água e substâncias voláteis a 105°C e pesagem do extrato não volatilizado (MAPA, 2008). Quando as amostras atingiram peso constante, subtraiu-se o peso do béquer e comparou-se com o peso inicial da amostra, sendo demonstrado em porcentagem. Realizou-se uma média aritmética com os resultados obtidos.

4.3.6 *Acidez total ou titulável*

É um método titulométrico (acidimétrico), que fundamenta-se na reação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de álcali, até o ponto de equivalência ou potenciômetro até pH=8,2 (MAPA, 2008). Utilizou-se a Equação 3 para a obtenção dos valores de acidez total (meq/L).

$$Ac_{total} = \frac{1000 \times n \times N}{V} \quad (3)$$

Onde:

Ac_{total} – acidez total meq/L;

n – Volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, mL;

N – Normalidade da solução de hidróxido de sódio;

V – Volume da amostra em mL.

4.3.7 pH

Mergulhou-se o eletrodo na amostra, cuja temperatura estava entre 20°C e 25°C. Leu-se diretamente na escala o valor do pH (MAPA, 2008).

4.3.8 Densidade

Utilizando-se do densímetro automático, Rudolph Research Analytical DD 2911, mediu-se três amostras, a 20°C, da cerveja *Witbier* produzida com alecrim e gengibre (MAPA, 2008).

4.3.9 Teor alcoólico

O teor alcoólico da cerveja *Witbier* produzida com gengibre e alecrim foi obtido a partir dos valores de densidade inicial (OG – Origin Graviti – Gravidade Inicial) do mosto cervejeiro (antes de adicionado as leveduras) e densidade final (FG – Final Graviti – Gravidade Final) da cerveja após o processo completo da carbonatação e 131,25 é um fator de multiplicação utilizada pelo *software BeerTools*, como observado na Equação 4.

$$\text{Teor alcoólico(\%)} = [OG_{(densidade\ inicial)} - OF_{(densidade\ final)}] \times 131,25 \quad (4)$$

4.3.10 Cinzas

É um método gravimétrico que fundamenta-se na quantificação do resíduo, após eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil quando a amostra é incinerada a 550 C± 25°C, até que o resíduo se torne branco ou acinzentado (MAPA, 2008). A Equação 5 é utilizada para obtenção da concentração de cinzas (g/L).

$$C = D \times (a - b) \quad (5)$$

Onde:

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

a = Massa do cadinho com cinzas (g);

b = Massa do cadinho (g);

D = Fator relacionado à tomada de amostra ($D = 40$ para 25 mL).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de produção ocorreu da forma como está descrito nos métodos até completar 40 minutos de brassagem. Neste tempo, inapropriadamente, ocorreu um pico na temperatura, ultrapassando os 67°C ideal para 75°C (demostrado pela linha azul da Figura 2). Para conter a elevação da temperatura que é prejudicial à produção, desligou-se o fogo e adicionou-se mais 1,5 litros de água mineral em temperatura ambiente (água que seria utilizado para a lavagem). Após a estabilização da temperatura em 67°C, realizou-se o teste do iodo. De acordo com o teste notou-se que ainda não havia ocorrido a conversão da maior parte do amido em açúcares fermentáveis. Seguiu-se com a brassagem normalmente. Passados vinte minutos, realizou-se novamente o teste do iodo, o resultado indicava que ainda existia amido que podia ser convertido em açúcar. Portanto, deu-se seguimento ao processo de mostura.

Trinta minutos depois, com um novo teste de iodo, observou-se uma grande semelhança com o resultado obtido anteriormente. O que leva a concluir que no momento que o mosto alcançou 75°C já tenha ocorrido desnaturação das enzimas amilases. Devido a essa desnaturação enzimática ocorreu redução da eficiência da hidrólise do amido em açúcar fermentável. Mediu-se com o refratômetro a quantidade de sólidos (açúcar) dissolvidos no mosto e obteve-se 13,5 °Brix. Realizou-se o *Mach Out* e depois a lavagem dos grãos como descritos. Porém na lavagem utilizou 13,5 L de água mineral comercial. Por já terem sido utilizados 1,5 L de água mineral comercial para a redução da temperatura do mosto na brassagem quando ocorreu o pico da temperatura. Em seguida elevou-se a temperatura do mosto até que iniciasse a fervura para a realização das etapas de lupulagem.

Na lupulagem, as massas de lúpulo, alecrim e gengibre foram pesadas e adicionadas na sequência: 1º lupulagem - 7,99 gramas de lúpulo; 2º lupulagem - 8,05 gramas de lúpulo e

33,40 gramas de alecrim; 3º lupulagem - 8,05 gramas de lúpulo e 170 gramas de gengibre e na 4º lupulagem - 6,99 gramas de lúpulo. O resumo do processo de produção está esquematizado na Figura 2.

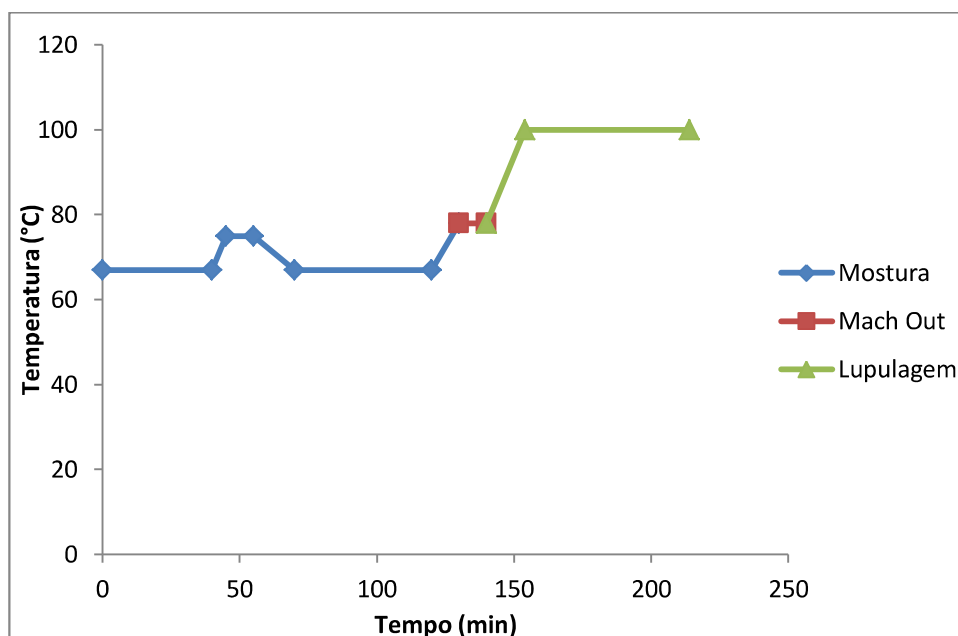


Figura 2. Etapas descritivas dos tempos e temperaturas do processo de produção de cerveja de alecrim e gengibre.

5.1 ANÁLISES DE PH, °BRIX E DENSIDADE

Realizou-se análises de pH, °Brix e densidade ao longo de toda a etapa de fermentação da cerveja. Essas análises ocorreram em período de repetições médios a cada dois dias. Os parâmetros analisados foram: o valor de pH com o pHmetro, °Brix com o refratômetro e a densidade com o densímetro e a absorbância com o espectrofotômetro. As medições das densidades e °Brix devem ser feitas a 20° para a obtenção dos valores de resultados mais próximos do real, pois o refratômetro e o densímetro são calibrados com água à 20°C (BICHARA, 2014). Os resultados das análises de pH, °Brix, densidade e as datas das medição são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises obtidas durante período de fermentação.

Data	pH	°Brix	Densidade (g/mL)	Temperatura (°C)
4/09/15	5,29	14	1,054	18
8/09/15	4,07	9,5	1,027	18
10/09/15	3,87	9	1,033	18
12/09/15	4,17	9	1,026	20
16/09/15	4,19	9,5	1,027	19
18/09/15	4,28	9,5	1,022	18
21/09/15	4,29	9,5	1,022	16
23/09/15	5,28	9,5	1,023	12
25/09/15	5,28	9,5	1,023	8
28/09/15	5,28	9,5	1,018	3
30/09/15	5,28	9,5	1,026	1
1/10/15	5,28	9,5	1,026	0

A elevação da temperatura em 2°C no dia 12 de Setembro é fundamental para que ocorra diminuição da produção de diacetil por parte das leveduras. Isto ocorre por minimizar o consumo de alfa-acetolactato que é um precursor para produção de diacetil. O diacetil é prejudicial ao produto final por conferir sabor amanteigado e rançoso à cerveja.

Observando-se a Tabela 1 percebe-se que como os valores obtidos das medições das densidades ocorreram em temperaturas inferiores a 20°C. Para a correção desta distorção reativa às temperaturas de leitura das amostras, deve-se realizar um pequeno cálculo. Os resultados das densidades corrigidas das análises feitas nas amostras durante todo o processo de fermentação estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos resultados obtidos nas análises de densidade.

Data	Densidade (g/mL)	Temperatura (°C)	Densidade (g/mL) Corrigida
4/09/15	1,055	18	1,054
8/09/15	1,028	18	1,027
10/09/15	1,034	18	1,033
12/09/15	1,026	20	1,026
16/09/15	1,028	19	1,027
18/09/15	1,023	18	1,022
21/09/15	1,023	16	1,022
23/09/15	1,024	12	1,023
25/09/15	1,025	8	1,023
28/09/15	1,020	3	1,018
30/09/15	1,028	1	1,026
1/10/15	1,027	0	1,026

Utilizando-se esses valores de densidade obtém-se o gráfico que demonstra o comportamento da densidade do mosto cervejeiro durante a fermentação alcoólica por leveduras, apresentado pela Figura 3. É possível observar que o comportamento da curva da Figura 3 é parabólico, por se tratar de uma redução de densidade dependente da fermentação, não linearmente. Sendo este plausível com a literatura.

A redução da densidade ocorre devido ao consumo do substrato (maltose e outros açúcares fermentáveis) pela fermentação e consequente formação dos resíduos metabólicos que são os CO_2 e etanol. Porém, mais próximo ao final do processo (a partir de 23 de Setembro) ocorre um aumento da densidade. Esse aumento é explicado pela deposição das leveduras no fundo fermentador, local onde é instalada a torneira a qual se retira as amostras. A deposição ocorreu devido ao fato de o mosto encontrar-se no máximo a 12°C. Nestas temperaturas mais baixas, as leveduras começam a ser inativadas e consequentemente a se depositarem no fundo do fermentador, ocasionando o aumento da densidade das amostras.

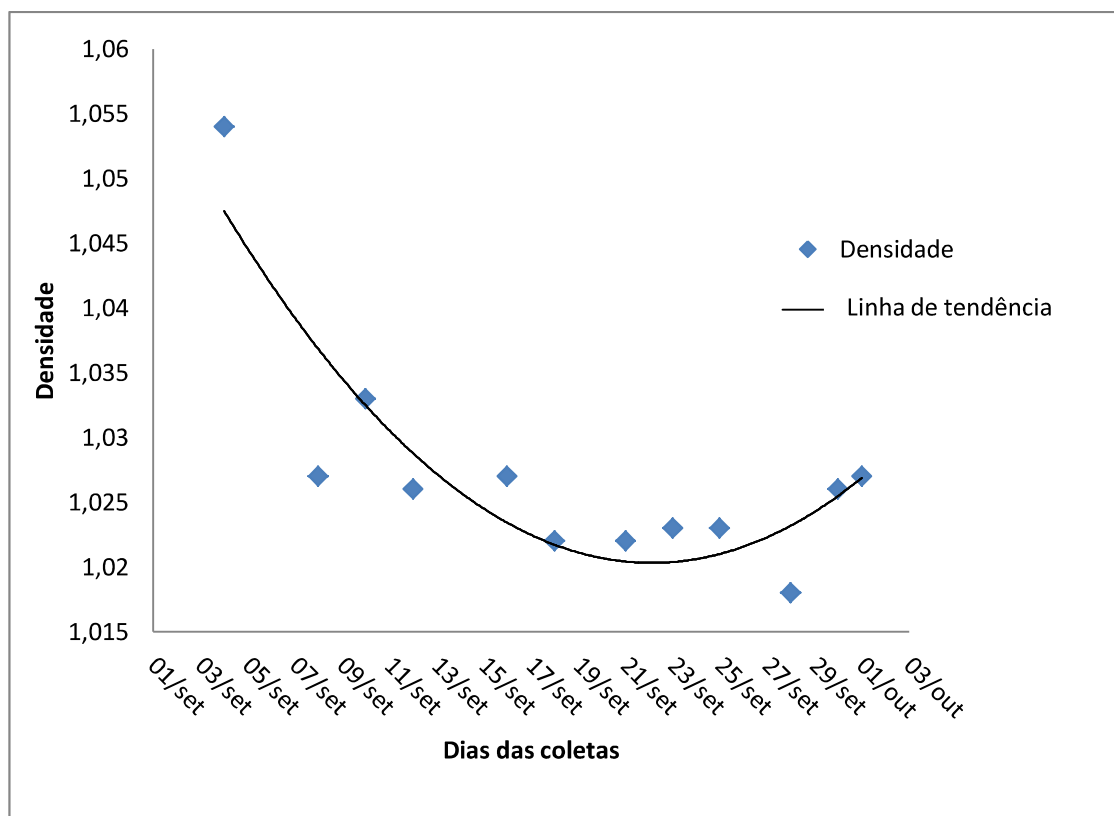


Figura 3. Evolução da densidade (curva azul) durante a fermentação da cerveja e comportamento da linha de tendência (curva preta).

Para a obtenção da quantidade de etanol formado durante a fermentação da cerveja, utilizou-se os valores de densidade inicial (OG – corresponde ao primeiro valor de densidade corrigidos da Tabela 2), o valor de densidade final (OF – ultimo valor de densidade da Tabela 2) e a Equação 4 empírica. Os resultados de todos os teores alcoólicos obtidos estão na Tabela 3.

A partir do dia 28 de Setembro, os valores de teor alcoólico começam reduzir, o que não é esperado para o processo de fermentação alcoólica, porém, pode-se dizer que houve esta redução por causa da temperatura a qual encontrava-se o mosto, sendo abaixo de 12°C. Mostos cervejeiro com temperatura abaixo de 12°C apresentam a decantação das leveduras, por ficarem inativas e consequentemente depositarem no fundo do fermentador, provocando um aumento do valor da densidade (que é utilizada para cálculo do teor alcoólico).

Tabela 3. Relação dos teores alcoólicos calculados para fermentação.

Data	Densidade (g/mL)	% v/v
	Corrigida	
4/09/15	1,054	-
8/09/15	1,027	3,544
10/09/15	1,033	2,756
12/09/15	1,026	3,675
16/09/15	1,027	3,543
18/09/15	1,022	4,2
21/09/15	1,022	4,2
23/09/15	1,023	4,068
25/09/15	1,023	4,068
28/09/15	1,018	4,725
30/09/15	1,026	3,678
1/10/15	1,026	3,678

A Figura 4 apresenta os quatro parâmetros analisados durante a etapa de fermentação e os teores alcoólicos obtidos pela Tabela 3. Observando-se o gráfico nota-se que ao decorrer da etapa de fermentação, marcada pela evolução da redução da temperatura, ocorre concomitante abaixamento do °Brix. Isto se deve ao fato do consumo da quantidade de substrato pelas leveduras na fermentação alcoólica.

No período até o dia 7 de Setembro (linha preta vertical) observa-se brusca redução do °Brix ocasionado pela grande fermentação do mosto, e consequente produção de uma maior quantidade de etanol, marcado pela máxima inclinação da reta de teor alcoólico. Neste período observa-se o maior declínio no pH.

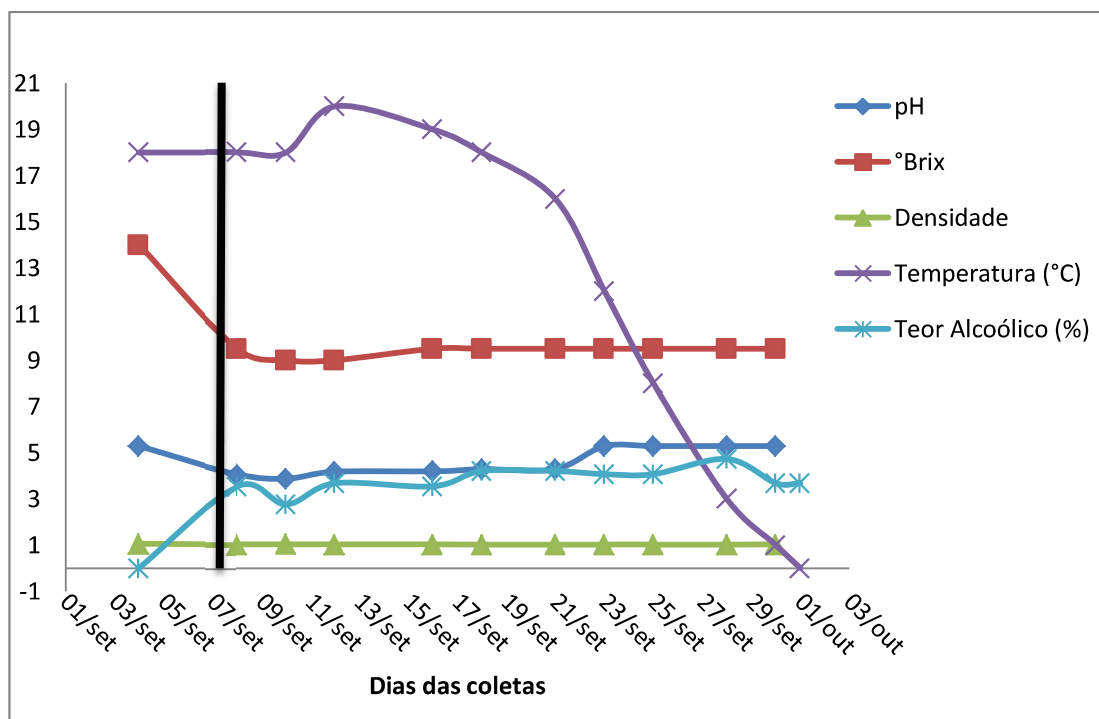


Figura 4. Comparativos gráficos das análises do pH, °Brix, densidade, temperatura e teor alcoólico durante o processo de fermentação.

A variação do pH ocorre devido a produção de ácidos orgânicos (ácido cítrico, acético, pirúvico, succínico e axaloacético) pela fermentação alcoólica confirmando o comportamento esperado nesta etapa. O pH é um fator de grande importância para que o processo de fermentação da cerveja ocorra de maneira ideal, e deve encontrar-se entre 4 e 5. O pH encontrado durante a fermentação, basicamente esteve dentro dessa faixa por todo o período, tendo algumas pequenas variações.

A partir do valor da densidade calcula-se a Unidade de Amargor (BU ou IBU) pela Equação 6.

$$IBU = (M_{\text{lúpulo}} \times \%AA \times U \times 1000) \div (V \times OG) \quad (6)$$

Onde:

$M_{\text{lúpulo}}$ – Massa de lúpulo adicionada (g);

$\%AA$ – porcentagem de alfa-ácidos do lúpulo utilizado exibido na própria embalagem dividido por 100;

U – Fator de utilização (valor de utilização de alfa-ácidos de Rager relacionado ao tempo de fervura = 0,231);

V – Volume de cerveja sendo produzida (L);

OG – Pontos de gravidade. 25,296.

Para a cerveja produzida e utilizando a Equação 6, o ponto de gravidade (densidade original) obtido experimentalmente foi de 1,054 (Tabela 2); o fator de utilização é 0,231 (OTTEN BRAU, 2015); a porcentagem de alfa-ácidos do lúpulo é 0,067; o volume de cerveja produzido foi de 24 L e a massa de lúpulo utilizada corresponde a 31,07 g.

$$IBU = (31,07 \times 0,067 \times 0,231 \times 1000) \div (24 \times 1,054) = 19$$

Utilizando-se o valor da densidade inicial medida antes da fermentação e através da Equação 7 pode-se calcular o valor de grau Plato (°P). Por definição, grau Plato é uma medida utilizada para medir a concentração (em massa) de sacarose em uma solução de água e sacarose. Portanto, pode-se dizer que 1°P equivale a 1% de toda a massa da solução que é composta por sacarose e os 99% restantes são a massa da água do mosto, considerando a massa total igual a 100%. Porém existem diversas outras substâncias no mosto que possuem diferentes massas de sacarose. O resultado obtido (através da Equação 7) é apenas uma aproximação do valor da concentração dessas substâncias no mosto (ROSA, 2012).

$$P = 668,72 \times SG - 463,37 - 205,35 \times SG^2 \quad (7)$$

Onde,

SG – Densidade inicial (g/mL);

$$P = 668,72 \times 1,054 - 463,37 - 205,35 \times 1,054^2 = 13,33^\circ P$$

O valor obtido de grau Plato pode ser utilizado para classificar a cerveja quanto ao extrato primitivo. Ou seja, de acordo com a legislação brasileira, a cerveja produzida é uma

Cerveja Extra devido ao fato de que 13,33°P equivale a 13,33% de extrato primitivo, e este valor está entre os valores de extrato primitivo de 12,5% a 14% em peso (BRASIL, 2009).

Outros parâmetros analisados foram as absorbâncias (a 600 nm), medidas ao longo da fermentação. O comportamento da absorbância ao longo de toda a fermentação está apresentado na Figura 5. Nota-se que nos primeiros dias ocorreu um aumento do valor de absorbância por corresponder ao período em que as leveduras estão se adaptando ao meio e consequentemente aumentando a proporção das células presentes. O trecho seguinte, aproximadamente de 11 de Setembro a 19 de Setembro, as leituras das amostras superaram o limite máximo do equipamento, apresentando esse comportamento de patamar. Somente após 19 de Setembro, quando já tinha iniciado a redução da temperatura de fermentação que os valores de absorbância passaram a ser lidos pelo equipamento.

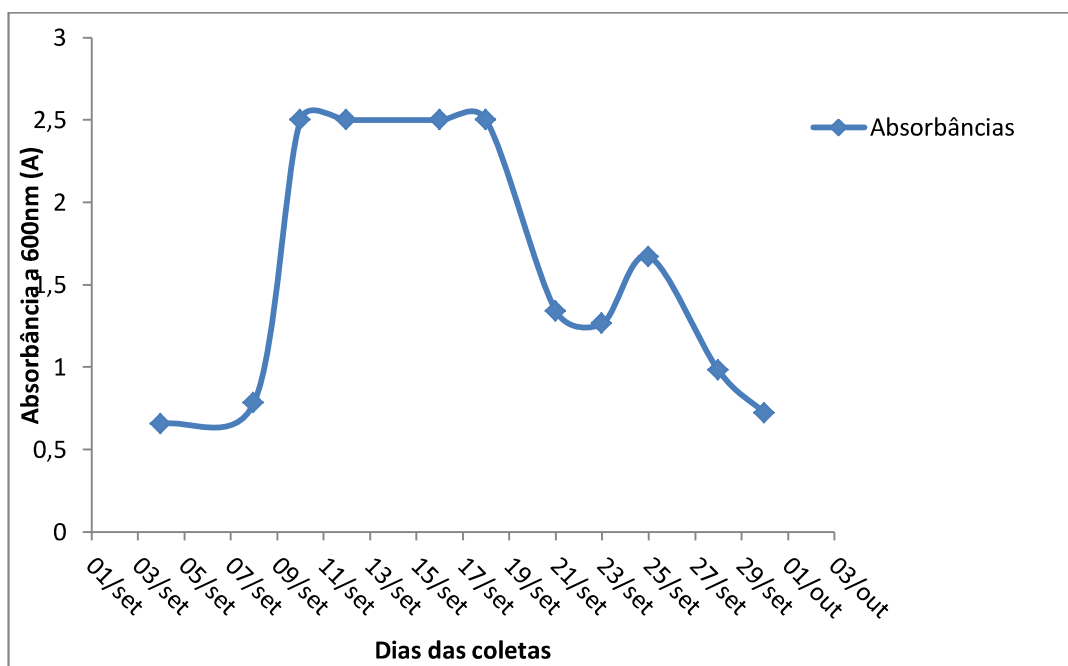


Figura 5. Comportamento das médias das absorbâncias ao longo da etapa de fermentação.

Ao comparar este comportamento ao comportamento do crescimento microbiano na Figura 6, verifica-se semelhança. Os primeiros quatro dias da fermentação equivalem ao período de adaptação das células de levedura ao meio, ocorrendo pouco consumo de substrato pelas leveduras. Do dia 7 de Setembro a 11 de Setembro correspondem ao período de crescimento exponencial (fase Lag) com grande consumo de substrato. De 11 de Setembro a 18 de Setembro corresponde a fase estacionária. A partir do dia 18 de Setembro começa a redução mais brusca da temperatura e concomitantemente nota-se uma redução no valor de

absorbância. Isso ocorre devido ao fato de que à medida que se inicia a redução da temperatura, as leveduras começam a acelerar o processo de deposição no fundo do fermentador e consequente diminuição da densidade de células suspensas no mosto cervejeiro. Visto que a absorbância é influenciada pela quantidade de células por volume de mosto.

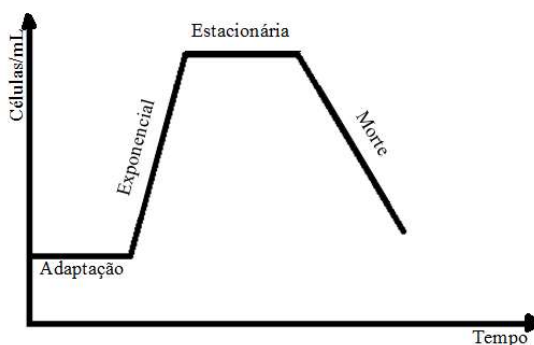


Figura 6. Curva do comportamento crescimento celular de microrganismos.

5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Todos os resultados das análises físico-químicas realizados na cerveja artesanal de bancada com gengibre e alecrim, já carbonatada, são apresentados a seguir.

5.2.1 *Análise organoléptica*

O exame organoléptico foi realizado na cerveja *Witbier* produzida com a adição de gengibre e alecrim (Figura 7). Este exame é baseado em técnica do MAPA



Figura 7. Cerveja especial produzida com adição de gengibre e alecrim.

Neste exame foram levadas em consideração as observações realizadas pelo avaliador mesmo que o resultado apresentado fosse “normal”. Os resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados obtidos na análise organoléptica da cerveja especial produzida.

ANÁLISE	NORMAL	ANORMAL	OBSERVAÇÃO
Aspecto – ausência de elementos estranhos	X		
Coloração – característica com a origem dos componentes da matéria prima	X		Coloração dourada.
Limpidez – ausência de corpos estranhos, depositados e/ou turvações	X		
Vazamentos – o recipiente não deve apresentar vazamento	X		
Estufamento – (gases) estado da embalagem	X		
Outros aspectos relevantes à embalagem e da aparência	X		Mesmo não exibindo rótulo, a parte externa da garrafa apresentava-se em boas condições.
Imediatamente – o odor, a aparência e a presença de gases (anormais)	X		O odor característico é muito agradável, sendo possível senti-lo logo que a tampa é removida.
Por degustação – sensação na boca e possível alteração de sabor	X		Muito saborosa, porém considerou um pouco amargar ao que está acostumado.

5.2.2 Açúcares totais

Os volumes de solução de glicose utilizados nas titulações foram:

- Branco – 19 mL (adicionados na preparação do branco) + 4,3 mL (gasto na titulação). E a soma desses volumes é 23,3 mL = b.
- Amostra prévia – 8,7 mL (primeira titulação) + 8,3 mL segunda titulação. E a soma desses volumes é 17,3 mL = a
- Amostra I – 16,3 mL (volume equivalente a K-1) + 2 mL (titulação). O total desses volumes é 18,3 mL = a₁
- Amostra II – 16,3 mL (volume equivalente a K-1) + 1,6 mL (titulação). O total desses volumes é 17,9 mL = a₂

Calculando-se a média do “a” (a=18,1); V= 10 mL; o fator que envolve todas as diluições (f₁) igual a 8; f₂ igual a 1 e substituindo esses dados na Equação 1, obtém-se:

$$A_t = \frac{(b - a) \times 5 \times f_1 \times f_2}{V}$$

$$A_t = \frac{(23,3 - 18,1) \times 5 \times 8 \times 1}{10} = 20,8 \frac{g}{L} \text{ de glicose}$$

O valor de açúcar total de 20,8 g/L obtido pela Equação 1 quando comparado aos teores de açúcar referente da literatura de outra cerveja artesanal *Ale*, sendo de 14 a 24 g/L de açúcares totais, apresenta-se plausível (DOLSON, 2015). Porém mesmo estando dentro da faixa característica para cervejas artesanais *Ale* este valor está alto, sendo justificado pela ineficiência do processo de fermentação.

5.2.3 Proteínas solúveis

Na análise de proteínas solúveis, utilizou-se a equação da reta da curva padrão da albumina (Figura 8) que apresentou um bom ajuste de R² por estar muito próximo do valor de 1. A partir dessa equação calcula-se as concentrações de proteínas presentes nas amostras de cerveja.

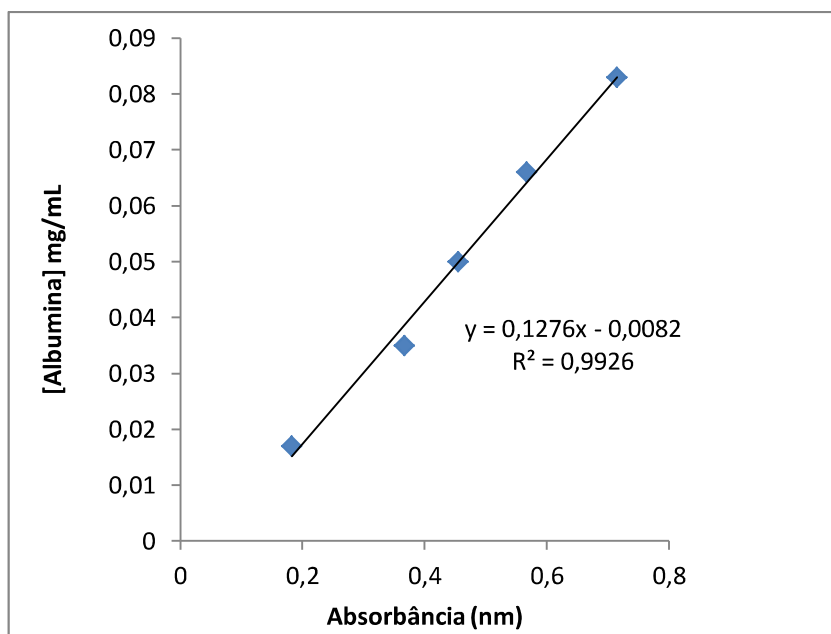


Figura 8. Curva padrão de albumina Método de Lowry.

Os resultados das absorbâncias e das concentrações de proteínas das amostras em triplicatas estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Valores das absorbâncias obtidos no espectrofotômetro para as três amostras de cerveja.

Amostras	Absorbância (nm)	Concentração de proteínas (mg/mL)	Média da	
			Concentração de proteína (mg/mL)	Desvio padrão
I	0,343	0,0355626		
II	0,33	0,0339036	0,034499	± 0,0009232
III	0,331	0,0340312		

A partir da Tabela 5, calcula-se a média dos três valores de proteínas solúveis para as amostras, obtendo-se $0,034499 \pm 0,0009232$ mg/mL para a cerveja *Witbier* com adição de gengibre e alecrim.

5.2.4 Determinação de umidade

A análise de umidade teve duração média de 15 horas. Através da Equação 2 obteve-se os valores de porcentagem de perda por dessecação (Tabela 6). Das três

porcentagens de perda de umidade (respectivamente: 92,4306%; 91,9001% e 91,7878%) calculou a média dos valores, obtendo-se o resultado igual a $92,0395 \pm 0,3433\%$ de umidade presente na cerveja *Witbier* com adição de gengibre e alecrim. Confirmando que mais de 90% cerveja é composta por água.

Tabela 6. Dados obtidos dos pesos das amostras para a análise de determinação de umidade.

	Béquer I	Béquer II	Béquer III
Amostra úmida (g)	50,6940	50,6747	50,8098
Béquer com amostra úmida (g)	121,7745	118,7868	122,3482
Béquer com amostra seca (g)	74,9177	72,2167	75,7110
Amostra evaporada (g)	46,8568	46,5701	46,6372
Perda de umidade (%)	92,4306	91,9001	91,7878

A Figura 9 apresenta o comportamento da curva de secagem para as três amostras analisadas.

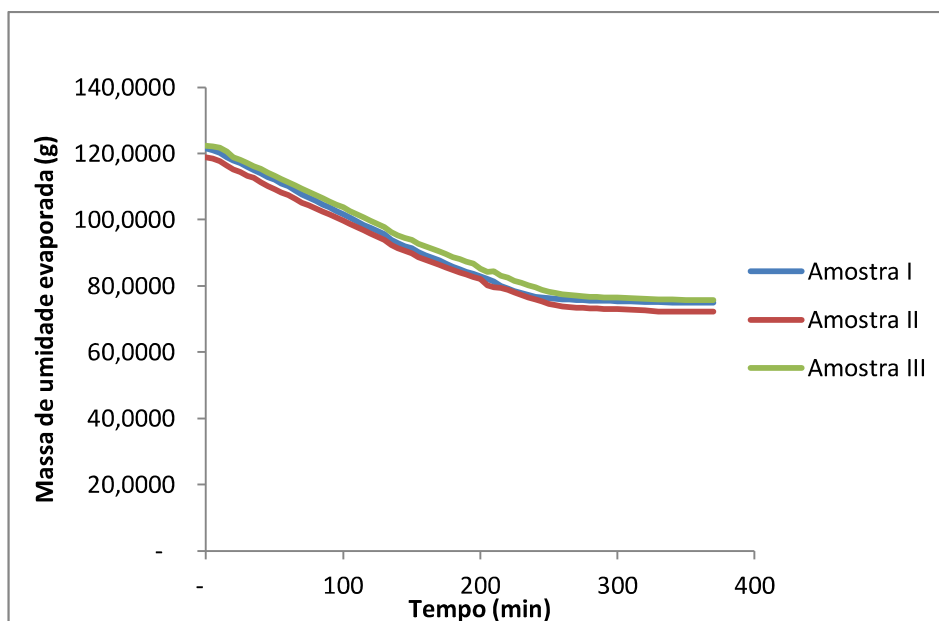


Figura 9. Curva do comportamento da secagem das três amostras da cerveja *Witbier* com adição de gengibre e alecrim.

A secagem das três amostras resultaram em uma substância açucarada, de coloração dourada e cristalizada como pode ser verificado na Figura 10.



Figura 10. Amostras da cerveja especial com adição de gengibre e alecrim completamente secas pela análise de determinação de umidade.

5.2.5 *Análise de Sólidos Totais*

Após desidratação total das três amostras da análise de umidade total, obtiveram-se respectivamente os seguintes valores de percentagem de sólidos totais: 8,28%, 8,21 % e 8,34%. Calculou-se a média dos valores, obtendo-se o resultado igual a $8,2766 \pm 0,065064$ %

de sólidos totais presentes na cerveja artesanal de alecrim e gengibre. Os resultados estão relacionados na Tabela 7.

Tabela 7. Relação dos resultados obtidos para as análises de sólido totais.

	Béquer I	Béquer II	Béquer III
Peso sem amostra (g)	70,7745	68,1121	71,5384
Peso amostra seca (g)	74,9177	72,2167	75,7110
Sólidos totais (g)	4,1432	4,1046	4,1726
% de sólidos totais	8,28	8,21	8,34

5.2.6 *Acidez total ou titulável*

A Tabela 8 relaciona os volumes titulados e os pH's iniciais e finais das amostras de cervejas que foram utilizadas para as análise de acidez total ou titulável. A partir desses dados da tabela e com a Equação 3 (considerando $N = 0,1$ a normalidade da solução de hidróxido de sódio), obtém-se a acidez volátil de cada amostra:

Tabela 8. Dados dos volumes gastos na análise de acidez total ou titulável.

	pH_{inicial}	pH_{final}	Volume NaOH 0,1M (mL)	Acidez volátil (meq/L)	Média da acidez volátil (meq/L)
Amostra I	4,57	8,06	2,1	21	
Amostra II	4,54	8,11	2,2	22	22
Amostra III	4,56	8,08	2,3	23	

5.2.7 *pH*

As três medições de pH das amostras de cerveja já carbonatadas obtiveram como resultados os valores: 4,57; 4,54 e 4,56. A média é o pH de $4,5566 \pm 0,01527$. Pode-se afirmar que este valor quando comparados os valores encontrado na literatura para cerveja artesanal se enquadram ao encontrado. Comparando-se esses resultados com os da Tabela 1, nota-se que a redução do valor do pH acontece pois durante a fermentação alcoólica ocorre a produção de ácidos orgânicos.

5.2.8 Densidade

A densidade final da cerveja foi obtida a partir da leitura do valor lido no densímetro automático. Os valores obtidos foram; Amostra I – 1,02522 g/mL; Amostra II – 1,02545 g/mL e Amostra III – 1,02571 g/mL. O valor médio das densidades é de $1,02546 \pm 0,000245$ g/mL. Não está dentro da faixa esperada para uma cerveja artesanal *Witbier*, que é de 1,008 a 1,012 g/mL. Esse valor mais elevado da densidade demonstra que o consumo do açúcar fermentável não foi muito eficiente pelas leveduras, ocasionando a produção de uma cerveja mais adocicada e consequentemente com teor alcoólico mais reduzido.

5.2.9 Teor alcoólico

O teor alcoólico da cerveja artesanal produzida foi obtido após a etapa de carbonação que ocorreu com a adição de *prime*. Para o cálculo utilizou-se a Equação 5, a densidade inicial de 1,054 e a densidade do tópico 8.2.8. O teor alcoólico obtido de 3,7458 %(v/v) na cerveja especial produzida, permite enquadrar de acordo com a legislação brasileira como uma Cerveja de médio teor alcoólico, devido ao fato de estar na faixa de 2 até 4,5 % de álcool. Porém está abaixo da faixa de 4 a 5,5 % de álcool para uma cerveja *Belgian Witbier*. Indicando que a fermentação do mosto cervejeiro não ocorreu de forma eficiente. Pois a densidade final obtida pelo densímetro automático ficou acima do esperado (literatura) para uma *Witbier*.

5.2.10 Cinzas

Os valores obtidos das massas na análise de teor de cinza das amostras de cerveja estão relacionados na Tabela 9. A média da concentração foi $5,476 \pm 1,092337$ g/L de cinzas. Esta análise apresentou um grande valor de desvio padrão, pois quando as amostras de cerveja foram selecionadas, a cerveja não devia estar muito homogênea (possui concentração de leveduras decantadas no fundo da garrafa).

Tabela 9. Dados das massas pesadas na análise de cinzas.

	Cadinho I	Cadinho II	Cadinho III
Peso sem amostra (g)	19,0645	20,7083	21,5815
Peso com amostra (g)	19,2329	20,5884	21,7039
Cinzas da amostra em gramas por Litro (g/L)	6,736	4,7960	4,896

A Figura 11 apresenta imagens tiradas durante a etapa de secagem das amostras para a análise de cinzas. A primeira imagem corresponde ao período de secagem em banho-maria fervente que durou aproximadamente 5 horas. A segunda imagem é o resultado da secagem do banho-maria fervente e a última é após a ser completamente queimada em bico Bunsen.

**Figura 11.** Etapas da secagem das amostras em banho-maria fervente e carbonização em bico de Bunsen.

Os valores dos parâmetros que são característicos de uma cerveja *Belgian Witbier* que são utilizados para título de comparação estão dispostos na Tabela 10 (WITBIER, 2015).

Tabela 10. Dados dos parâmetros que caracterizam uma cerveja *Belgian Witbier*.

Densidade original (OG)	Densidade final (FG)	IBU	Teor Alcoólico
1,044 – 1,052 g/mL	1,008 – 1,012 g/mL	10 – 20	4% - 5,5% (v/v)

6 CONCLUSÃO

As análises dos resultados obtidos demonstram que a cerveja especial com adição de gengibre e alecrim produzida em escala laboratorial apresenta características físico-químicas de acordo com a legislação vigente.

Com a ocorrência do pico de temperatura durante o processo de brassagem pode-se concluir que este não afetou diretamente os processos seguintes de fermentação, pois a densidade inicial do mosto de 1,054 g/mL enquadrava-se na faixa de 1,044 a 1,052 g/mL dos valores característicos para a produção de uma *Belgian Witbier*. Os valores do teor alcoólico de 4,5 %, o amargor de 19 IBU, densidade final de 1,02546 g/mL indicam parâmetros característicos da cerveja do tipo *Belgian Witbier*. Além de possuir concentração de açúcares totais de 20,8 g/L; pH de $4,5566 \pm 0,01527$ e boa aceitação na análise organoléptica.

Portanto conclui-se que a cerveja *Witbier* produzida com adição de gengibre e alecrim em escala laboratorial agrega valor para um mercado exigente e que a mesma apresenta qualidade por ser analisadas com métodos fundamentados em normas do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

7 REFERÊNCIAS

- ABRABE - Associação Brasileira de Bebidas. **Categorias:** Fermentados. São Paulo. Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br/categorias/>>. Acesso em: 22/09/2015.
- ALONSO, J. R. **Tratado de fitomedicina:** bases clínicas y farmacológicas. Buenos Aires: Isis Ediciones SRL, 1998.
- AMBEV. **Histórico.** 2015. Disponível em: <http://ri.ambev.com.br/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=43349>. Acesso em: 23/11/2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASIL PARKINSON. **Farmacologia e benefícios do alecrim.** Brasil. 2011. Disponível em: <<http://associaobrasilparkinson.blogspot.com.br/2011/06/farmacologia-e-beneficios-do-alecrim.html>>. Acesso em: 10/07/2015.
- BARBOZA, M. Q. **O negócio milionário das cervejas artesanais:** Cada vez mais brasileiros adotam as cervejas especiais e alimentam um mercado que não para de crescer. Disponível em: <http://www.mecbier.com.br/img_noticias/negociomilionario.pdf>. Acesso em: 20/11/2015.
- BICHARA, N. **Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros.** 2014. Disponível em: <<http://www.lamasbier.com.br/2014/05/dicas-sobre-o-uso-de-densimetros-e-refratometros.html>>. Acesso em: 25/11/2015.
- BORGES, P. F. O. **Concentração do mercado de cerveja no Brasil e a participação das microcervejarias.** Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: <<http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/742/1/TCC - Pedro Felipe.pdf>>. Acesso em: 22/09/2015.
- BRASIL. Diário Oficial da União. Decreto nº 6.871, de 4 de julho de 2009. 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. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRUNELLI, L. T. **Produção de cerveja com mel:** características físico-químicas, energética e sensorial. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0755.pdf>>. Acesso em: 21/11/2015.
- CERVBRASI. Anuário 2014. Disponível em: <<http://cervbrasil.org.br/wpcontent/themes/cerv/pdf/anuariofinal2014.pdf>>. Acesso em: 25/03/2015.

COUTO, B. **O que é Nanocervejaria e o que é Microcervejaria?** 2011. Disponível em:

<<http://www.hominilupulo.com.br/cultura/o-que-e-nanocervejaria-e-o-que-e-microcervejaria/>>. Acesso em: 20/11/2015.

DOLSON, L. **Alcoholic Beverages on a Low Carb Diet:** Carb Counts for Wine, Beer, Spirits, and Liqueurs. 2015. Disponível em:

<<http://lowcarbdiets.about.com/od/whattoeat/a/alcbbev.htm>>. Acesso em: 02/12/2015.

EMBRAPA (Brasil). **Gengibre**. 2001. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100654/1/Folder-gengibre.pdf>>. Acesso em: 04/12/2015.

EXAME. **Ambev compra a cervejaria artesanal Wäls, de Minas**, São Paulo: Editora Abril.

Fev. 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/ambev-compra-a-cervejaria-artesanal-wals-de-minas>>. Acesso em: 22/09/2015.

FARTRIGO. **O Trigo**. Disponível em: <<http://www.fartrigo.com.br/fartrigo/trigo/trigo-e-seus-aspectos>>. Acesso em: 22/11/2015.

FERREIRA, A. S.; BENKA, C. L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. 2014. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2014. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3455/1/FB_COALM_2014_2_06.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

FERREIRA, R. H. *et al.* **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte**. Scielo, Belo Horizonte, v. 16, n. 4, p.171-191, dez. 2011.

FERREIRA, R. H. **Inovação em cervejas especiais na região metropolitana de belo horizonte**. 2010. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Administração, Faculdades Integradas de Pedro Leopoldo, Pedro Leopoldo, 2010.

FLARYS, F. **Mercado de cervejas *premium* no Brasil está em franca**

fermentação: Cervejas especiais já respondem por 6% das vendas totais do produto..

Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2014/04/mercado-de-cervejas-premium-no-brasil-esta-em-franca-fermentacao.html>>. Acesso em: 20/11/2015.

FREITAS, A. G. **Relevância do mercado cervejeiro brasileiro:** avaliação e perspectivas e a busca de uma Agenda de Regulação. *Pensamento e Realidade*, São Paulo, v. 30, n. 2, p.22-33, jun. 2015.

G1 (São Paulo). **SABMiller aceita oferta de compra da AB InBev por US\$ 109**

bilhões: Juntas, empresas produzem cerca de um terço da cerveja mundial. Com a compra bilionária, a AB InBev abre caminho na África.. 2015. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2015/10/sabmiller-aceita-oferta-de-compra-da-ab-inbev-por-us-109-bilhoes.html>>. Acesso em: 07/12/2015.

GENGIBRE. Disponível em: <

http://www.cultivando.com.br/plantas_medicinais_detalhes/gengibre.htm>. Acesso em: 19/10/2015.

GOSSANI, C. M. D.; WALDMAN, W. R. **Fermentação e Biotecnologia** - História. 2009. Elaborado por Instituto Virtual de Estudos de Meio Ambiente e Saúde na Área Rural de Nova Friburgo - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13075/13075.PDFXXvmi=f61lngxoxVT9njtZ9d5vsMnxQpo2n6hu8DspbixGeRQCckCmxHT1uh0lHoo6vGBEju4vN3c3V3G8nivW1pxvIZSqnhwTZ9ziFDOtH2wD5eLtxiqzlp6qo0RMipHhgzgBeUqICsggzv334ltD4TKvjLn64OOmn6xD2pmFTEVsaZwek2SpWDVgpknt9cQxjPblgz1adxEoWcDiewIbbEsB0Q594WInNUK4tMfIKT7I6K1lhKxto15pRazW8hkVc60H>>. Acesso em: 21/09/2015.

R7. Top 10 cervejas mais vendidas no Brasil. 2014. Disponível em:

<<http://top10mais.org/top-10-cervejas-mais-vendidas-brasil/#ixzz3sBQBCtK4>>. Acesso em: 21/11/2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagre. 2008.

MAYS, Z. *et al.* **Otimização da secagem do malte de Zea mays.** *SciELO*, Campinas, v. 1, n. 1, p.787-792, dez. 2006.

MEGA, *et al.* **A Produção de Cerveja no Brasil.** *Revista Citino*, Mato Grosso, v. 1, n. 1, p.34-42, dez. 2011. Disponível em:< <http://www.hestia.org.br/wp-content/uploads/2012/07/CITINOAno1V01N1Port04.pdf>> Acesso em: 22/09/2015.

OTTEN BRAU (Petrópolis). **Como Calcular o IBU.** Disponível em:

<<http://www.ottenbrau.com.br/como-calcular-o-ibu/>>. Acesso em: 06/12/2015

PAES, R. F. **A construção da qualidade: estudo sobre a legitimação do standard da lei de pureza alemã no mercado catarinense de cervejas.** 2015. 76 f. TCC (Graduação) - Grau de Bacharel em Ciências Sociais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/130417/TCCRicardoPaes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 02/12/2015.

PALMER, J. J. **How to brew:** Everything you need to know to brew beer right the first time. Estados Unidos da America: Natl Book Network, 2006. 347 p.

PIATO, M. S.; RÉVILLION, J. P. **Restrições ao Desenvolvimento das Microcervejarias Informais no Brasil.** Revista Acta Ambiental Catarinense, Cachepo, v. 10, n. 1/2, p.7-18, dez. 2013. Disponível em:

<<https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/acta/article/download/2567/1488>>. Acesso em: 24/09/2015.

PIRES, J. M. **A importância nutricional do trigo.** 2012. Disponível em:

<<http://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-nutricional-do-trigo/87670/>>. Acesso em: 14/09/2015.

PONTES, H. M. S. **Expansão recente e perspectivas para a indústria cervejeira do brasil.** 1997. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1997. Disponível em:

<[https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12257/1/HEIDERSON MARCEL SANTIAGO PONTES.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12257/1/HEIDERSON%20MARCEL%20SANTIAGO%20PONTES.pdf)>. Acesso em: 31/07/2015.

RIO, R. F. **Desenvolvimento de uma cerveja formulada com gengibre (*Zingiber officinalis*) e hortelã do Brasil (*Mentha arvensis*):** avaliação de seus compostos bioativos e comparação com dois estilos de cerveja existentes no mercado. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Ciência e Tecnologia do Alimento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:

<http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/7052>. Acesso em: 23/08/2015.

ROSA, R. **Gravidade específica e extrato.** 2012. Disponível em:

<<http://cervejarte.org/blog/calcularte/gravidade-especifica-e-extrato/>>. Acesso em: 02/12/2015.

SANGION, R.; BELTRAMELLI, M. **Cervejas Especiais.** Disponível em:

<<https://www.brejas.com.br/cervejas-especiais.shtml>>. Acesso em: 21/11/2015.

SCIPIONI, Gustavo Callegari. **Otimização do processo de sacarificação do amido de batata (*Solanum Tuberosum* L.) utilizando enzima amilolíticas.** 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <

http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4361>. Acesso em: 05/12/2015.

SANTOS, F. R. **MÉTODO DE LOWRY: VALIDAÇÃO E ESTIMATIVA DO CÁLCULO DA INCERTEZA**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Alimentos e Nutrição – Área de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2012. Disponível em:

<http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/Flavia_Regina_dos_Santos - ME.pdf>. Acesso em: 06/12/2015.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Negócios com sabor de cerveja**. Disponível em: <<http://www.sebraers.com.br/index.php/noticia/2621-negocios-com-sabor-de-cerveja>>. Acesso em: 22/09/2015.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Como montar uma microcervejaria**. 2015. Disponível em:

<<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-microcervejaria>>. Acesso em: 21/10/2015.

SILVA, M. S. A. *et al.* **Atividade antimicrobiana e antiaderente in vitro do extrato de Rosmarinus offi cinalis Linn sobre bactérias orais planctônicas**. Revista Brasileira de Farmacognosia, Recife, v. 2, n. 18, p.236-240, jun. 2008. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v18n2/17.pdf>>. Acesso em: 09/11/2015.

SINDICERV. **Mercado**. 2007. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>. Acesso em: 30/07/2015.

SIQUEIRA, P. B. *et al.* **O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 12, n. 4, p.491-498, dez. 2008. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/660/556>>. Acesso em: 28/10/2015.

TAKEITI, C. Y. **Árvore do conhecimento: Tecnologia de Alimentos**. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html>. Acesso em: 22/11/2015.

TROMMER, M. W. **Avaliação do processo produtivo da cerveja com abordagem de ciclo de vida**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'oeste, 2014. Disponível em:

<https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/19052014_181911_michaeltrommer.pdf>.

Acesso em: 29/09/2015.

WITBIER. Disponível em: <http://www.brew365.com/style_witbier.php>. Acesso em: 02/12/2015.

ZANGARO, G. A. C. **Perfil químico de óleo essenciais de lúpulo em flor e as suas classificações quimiometria**. 2014. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3325/1/PB_DAQUI_2014_2_6.pdf>. Acesso em: 2/11/2015.