



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



Elyane Fernandes Lima dos Reis

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL
UTILIZANDO ADJUNTO DE MILHO CULTIVADO NA
REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA**

BRASÍLIA – DF

2016



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



Elyane Fernandes Lima dos Reis

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL
UTILIZANDO ADJUNTO DE MILHO CULTIVADO NA
REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília como parte do requisito para obtenção do título de bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dr^a. Grace Ferreira Ghesti

Brasília - DF

2016

Elyane Fernandes Lima dos Reis

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL
UTILIZANDO ADJUNTO DE MILHO CULTIVADO NA
REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA**

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Nádia Parachin Skorupa – IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof.^a Dr.^a Talita Souza Carmo- IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof.^a Dr.^a Grace Ferreira Ghesti- IQ/UnB
Presidente da banca – IQ/UnB

Brasília, 9 de dezembro de 2016

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Reis, Elyane Fernandes Lima dos

Produção e análise de cerveja artesanal utilizando adjunto de milho cultivado na região Centro-Oeste brasileira, Elyane Fernandes Lima Dos Reis, Brasília: Unb, 2016. 60 p.: Il.; 4,5 mm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Instituto de Química, Brasília, 2016. Orientação: Grace Ferreira Ghesti.

1. Adjunto cervejeiro. 2. Cerveja. 3. Milho cultivado na região Centro-oeste

I. Ghesti, Grace. II. Produção e análise de cerveja artesanal utilizando adjunto de milho cultivado na região Centro-Oeste brasileira.

CDU Classificação

Dedico esse trabalho a minha família e amigos. Com todo o meu amor, dedico em especial a uma grande amiga, Gabriele Linhares Lima, que permanece viva em meu coração todos os dias.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que passaram pela minha jornada nesses anos, a todos que tive o prazer de conviver e aprender.

Eu agradeço infinitamente aos meu pais. Em especial a minha mãe, maravilhosa e grande guerreira que sempre lutou e me proporcionou o melhor que alguém pode ter. Mãe, gostaria de ser 1% de quem tu és, ter a tua bondade, o teu enorme coração. João e Yann, irmãos, obrigada por serem os insuportáveis que eu mais amo. Lud, irmã, obrigada por fazer química, você me ajudou muito na minha escolha.

Ao meu grande amor, Pedro, de uma forma tão especial e carinhosa, me deu forças e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldade. Obrigada por cada sorriso, cada abraço e desabafo. Te amo!

Jade, Iarhane, Eduardo e Camila, vocês são os melhores que alguém pode ter. Obrigada por tornar a minha vida mais alegre com o Bento e o Enzo. Amo vocês com todo o meu coração.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam durante a graduação. Agradeço em especial a Prof.Dr^a. Grace Ferreira Ghesti, minha orientadora e responsável pela realização deste trabalho, obrigada pela paciência, apoio e dedicação. Obrigada por estimular os meus sonhos!

Agradeço a todos os amigos que a UnB me deu. Gabriele, Kaline e Elisa vocês estão no meu coração. Pedro Ivo, sou grata por tudo, meu grande amigo! Luma, minha amiga e parceira, obrigada sua maravilhosa, juntas somos mais fortes! Babi, com os seus conselhos eu mantive a serenidade e a calma, sou muito grata.

Carolina, minha irmã que a Diva e o Joca me deram. Obrigada por tudo, desde sempre e para sempre. Como a Alemanha nos aproximou, mesmo longe, você sempre esteve ao meu lado. Sou grata por tudo que você já fez, não sei se consigo te recompensar um dia, te amo!

Meus amigos que a Dilminha e a Alemanha me deram: Bianquinha e Pedro, hab ich euch, hab ich alles!

Agradeço ao mestre Lourenço (louraboy). Eu posso dizer que a minha formação, inclusive pessoal, não teria sido a mesma sem a sua pessoa. Agradeço ao Tiago e Kaik, que tornaram meus dias de cervejaria mais alegres e valiosos.

Agradeço a galera do Labccerva, Labcat, e aos companheiros de tcc e agregados. Rafa, Vivis e Munique, obrigada por todo apoio e ensinamentos, nossas conversas me engrandecem todos os dias. Bernardo, Ayrton, Felipe obrigada por contribuírem com esse trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma estiveram próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

“ Não é sobre chegar no topo do mundo, e saber que venceu.

É sobre escalar e sentir, que o caminho te fortaleceu.

É sobre ser abrigo e também ter morada em outros corações.

E assim ter amigos contigo, em todas as situações.”

Ana Vilela – Trem bala.

Resumo

O Brasil é consolidado como um dos maiores produtores de cerveja do mundo, apresentando a terceira maior produção mundial. Um movimento internacional colocou as microcervejarias em evidência aumentando ainda mais a demanda por malte, um dos principais insumos utilizado na indústria cervejeira. Sabe-se que as cervejas que apresentam maior volume de vendas no país utilizam em sua composição adjuntos como o milho, arroz e açúcar. O objetivo do presente trabalho foi produzir uma cerveja com o uso de adjunto, milho safrinha na forma de flocos de milho, cultivado no centro-oeste brasileiro e caracterizar o produto final conforme análises físico-químicas. A fim de comparar a amostra produzida com aproximadamente 36 % de adjunto com uma cerveja, foi produzida uma cerveja utilizando 100% malte pilsen e uma amostra de mercado também foi analisada. Os experimentos foram conduzidos em escala laboratorial (mosto Kongress), posteriormente foram escalonados e conduzidos em planta piloto (produção em batelada, 100 L). O adjunto de milho foi adicionado juntamente com o malte na etapa de mosturação por meio de infusão. As cervejas foram analisadas quanto ao teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, degradação fermentescível, cor, pH, CO₂, O₂ e densidade. Além disso, o balanço de massa dos processos foi realizado apresentando 51,99 % para o processo apenas com malte pilsen e 50,47 % para a utilização do adjunto. As cervejas foram classificadas como claras. Conforme a legislação vigente, classificação das cervejas produzidas foi realizada, a cerveja 100% malte pilsen foi enquadrada como cerveja extra e a cerveja produzida com adjunto de milho, como cerveja comum. A presença de adjunto de milho acarretou em problemas na filtração, tornando-a mais lenta, e a sacarificação do amido foi incompleta, além de não favorecer a carbonatação no produto final. Os resultados do balanço de massa em bancada laboratorial não se repetiram na cerveja produzida em planta piloto, além de ter apresentado dificuldades na etapa de mosturação relacionados a transferência de massa, calor e superfície de contato. Os resultados para a cerveja com adjunto de teor alcoólico, concentração de O₂, o extrato original e real foram inferiores ao da cerveja com 100% malte pilsen. Os resultados são positivos e recomenda-se um estudo com enzimas comerciais para o uso de flocos de milho para a produção cervejeira em grandes cervejarias a fim de promover o desenvolvimento regional da região Centro-oeste.

Palavras-chave: Adjunto cervejeiro, milho safrinha, produção cervejeira.

Abstract

Brazil is one of the largest beer manufacturer, being the third in the world. An international process put microbrewery in evidence increasing the demand for malt, which is one of the main components used in the brewing industry. The highest beer sales have in the composition adjuncts, such as corn, rice and sugar. The work purpose was produce a beer with an adjunct, corn safrinha as corn flocos, cultivated in the center-west of Brazil and characterize the final product conforming physical-chemical analyzes. In order to compare a beer produced with 36% adjunct with a beer that was produced using 100% malt, and then compare with a comercial beer, the samples were also analyzed. The experiments were made in laboratory scale (most kongress), and conduct to a brewhouse yield (in batch, 100 L). The corn adjunct was added with the malt in the mashing by infusion. The beers were analyzed by alcoholic content, real extract, apparent extract, fermentable degradation, color, pH, CO₂, O₂ and density. Besides that, a mass balance of the processes were 50.99% for beer with 100% malt and 50.47% for beer with adjunct. The beers were classified as clear. According to the current legislation, the brazilian classification of beers, the 100% malt Pilsen beer was considered as extra beer and a beer produced with adjunct was classified as common beer. The presence of corn adjunct resulted in filtration issues, making it slower, an incomplete starch saccharification, and did not offer a satisfactory carbonation in the final product. The results of mass balance in the laboratory are not the same in the brewhouse, besides the mashing issues, related to mass transfer, heat and contact surface. The results to the beer with adjunct of alcohol content, O₂ concentration, original extract were inferior in compare to the beer 100% malt. Although the results were positive and it is recommended a work with commercial enzymes to apply corn flocos on brewhouse yield in big industries, to promote regional development the Midwest region.

Keywords: Adjunct, regional corn, brewhouse production.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. Objetivo Geral	21
2.2. Objetivos Específicos	21
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
3.1. Aspectos Históricos.....	22
3.2. Definição de cerveja conforme Legislação Brasileira.....	22
3.3. Insumos Cervejeiros	25
3.3.1. Malte	25
3.3.2. Adjuntos	26
3.4. Processo de produção da cerveja.....	28
3.4.1. Mosturação	29
4. PARTE EXPERIMENTAL	34
4.1. Materiais	34
4.2. Produção do mosto em escala laboratorial.....	34
4.3. Produção da cerveja	35
4.4. Análise de proteínas totais – Qubit	38
4.5. Análise da coloração.....	39
4.6. Análise com PBA-B Geração M - <i>Alcolyzer Beer</i>	39
4.7. Análise elementar- CHN (Norma ASTM E777 e E778).....	39
4.8. Análise de pH	40
4.9. Teor de umidade do bagaço	40
4.10. Análise de Extrato.....	40

4.11. Balanço de massa dos <i>processos</i>	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1. Resultados dos mostos produzidos em escala laboratorial	42
5.2. Resultados das cervejas produzidas em planta piloto	44
5.3. Análise da composição dos grãos.	49
5.4. Cálculo dos balanços de massa.	50
6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	54
7. REFERÊNCIAS.....	56

Lista de Tabelas

TABELA 1 - PARÂMETROS E CARACTERÍSTICAS DAS CERVEJAS.....	23
TABELA 2 – ALGUNS TIPOS DE CERVEJA E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	24
TABELA 3: TEMPERATURAS DE GELATINIZAÇÃO DO AMIDO ORIUNDO DE DIFERENTES CEREAIS.....	32
TABELA 4: PARÂMETROS ANALISADOS DURANTE A PRODUÇÃO DO MOSTO NO LABORATÓRIO.....	42
TABELA 5 - ANÁLISE DO BRIX DOS MOSTOS DURANTE A PRODUÇÃO EM ESCALA DE PLANTA PILOTO.	44
TABELA 6 - PARÂMETROS ANALISADOS DAS CERVEJAS PRODUZIDAS.....	46
TABELA 7 - ANÁLISES DAS AMOSTRAS OBTIDAS NA PRODUÇÃO EM PLANTA PILOTO.	48
TABELA 8 – COMPOSIÇÃO DOS GRÃOS DE MILHO E MALTE PILSEN UTILIZADOS NA PRODUÇÃO.	49
TABELA 9 - VALORES OBTIDOS PARA O CÁLCULO DE PORCENTAGEM DE UMIDADE DO MALTE.	50
TABELA 10- COMPARAÇÃO ENTRE O RENDIMENTO DOS MOSTOS NA PRODUÇÃO LABORATORIAL E NA PLANTA PILOTO.	51
TABELA 11: PORCENTAGEM DE EXTRATO SOLÚVEL NA PRODUÇÃO CERVEJEIRA.	52

Lista de Figuras

FIGURA 1: FLUXO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	28
FIGURA 2: PROCESSO DE SACARIFICAÇÃO DO AMIDO DURANTE A PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	30
FIGURA 3: DEGRADAÇÃO DO AMIDO DURANTE A MOSTURAÇÃO.....	31
FIGURA 4: FLUXOGRAMA DETALHADO DA PRODUÇÃO CERVEJEIRA REALIZADO.....	36
FIGURA 5: RELAÇÃO DE TEMPO E TEMPERATURA NA MOSTURAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DA CERVEJA DO TIPO PILSEN COM ADJUNTO DE MILHO.....	37
FIGURA 6: RELAÇÃO DE TEMPO E TEMPERATURA NA MOSTURAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DA CERVEJA DO TIPO PILSEN.....	38
FIGURA 7: BALANÇO DE MASSA PARA A PRODUÇÃO DO MOSTO PILSEN COM ADJUNTO DE MILHO.....	43
FIGURA 8: BALANÇO DE MASSA PARA A PRODUÇÃO DO MOSTO 100 % PILSEN.....	43
FIGURA 9 - BALANÇO DE MASSA DA PRODUÇÃO DA CERVEJA COM ADJUNTO.....	51
FIGURA 10 - BALANÇO DE MASSA DA PRODUÇÃO DA CERVEJA 100 % MALTE.....	52

Lista de Abreviações

L	Litros
Kg	Quilogramas
mL	Mililitros
g	Gramas
m/m	Razão mássica
°C	Graus Celsius
h	Horas
min	Minutos
EBC	<i>European Brewery Convention</i> (Convenção Brasileira de Cerveja)
S.R.M	<i>Standard Reference Method</i> (Método de Referência Padrão)
Atm	Pressão atmosférica
ASTM	America Society for Testing and Materials (Sociedade Americana para Testes e Materiais).

1. INTRODUÇÃO

Os principais insumos utilizados na indústria cervejeira são água, malte, lúpulo e levedura. Devido à insuficiente disponibilidade de cereais malteados em alguns países, foi necessário adicionar adjuntos à cerveja, o que tornou o custo de produção menor e o preço comercial do produto mais atraente ao mercado consumidor nos anos 90, e a cerveja apresentou ainda as características desejadas pela bebida, como aroma, sabor, refrescância e translucidez.

A produção de cevada brasileira é de, aproximadamente, 300 mil toneladas/ano e atende apenas 43% da necessidade da indústria brasileira para a produção de malte cervejeiro. No Brasil, a plantação de cevada é feita de cultivares obtidos por meio de programa de melhoramento genético liderado pela Embrapa, aproximadamente 91% das plantações (EMBRAPA, 2016).

Na pesquisa Ibope de 2013, a cerveja foi a bebida preferida de 64% dos brasileiros para ser consumida em datas comemorativas. O Brasil, é um grande consumidor e importador de malte (cereal germinado e seco), sendo o terceiro maior consumidor em volume total. A importação de cevada chega a ser de 400 mil toneladas/ano para suprir a produção industrial de malte (EMBRAPA, 2016).

Entre os meses de abril e maio do ano de 2016, o número de cervejarias registradas no Mapa aumentou de 320 para 397. Esse aumento mostra a abertura do mercado, o interesse por cerveja artesanal e as novas tendências. O consumidor está disposto a conhecer produtos diferenciados e as microcervejarias estão se adaptando para atender a demanda de mercado. Estimado pela Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil), o faturamento anual do setor cervejeiro nacional é próximo a R\$ 70 bilhões (EMBRAPA, 2016).

A cerveja do tipo lager é a mais produzida mundialmente por grandes cervejarias, tanto pela preferência do consumidor como pelo fácil manuseio industrial. De acordo com a demanda do mercado brasileiro, a cerveja deve apresentar translucidez, ser refrescante e ser consumida gelada. Sendo assim, visando atender as exigências do mercado, o uso de adjunto cervejeiro têm sido bastante empregado

para tal finalidade e também para a redução de custo de produção, o que torna o preço da cerveja bastante atrativo (SLEIMAN *et al.*, 2010).

No Brasil, o Decreto nº 6.871, de 4 de junho 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. Conforme o artigo 36º, do decreto nº 6.871, o malte é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada, devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem. Parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo (WAINWRIGHT; BUCKEE, 1977). Nesse trabalho, o milho safrinha, cultivado no centro-oeste brasileiro, foi utilizado como adjunto numa proporção de 40% em relação ao extrato primitivo, na produção da cerveja do tipo Pilsen.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Esse trabalho tem por objetivo produzir uma cerveja artesanal a partir de malte comercial e adjunto cervejeiro, milho safrinha, cultivado no centro-oeste brasileiro em planta piloto adquirida pela empresa Agrícola Sempre Viva. As análises físico-químicas serão realizadas para comparar a cerveja com adjunto e a puro malte (contraprova).

2.2. Objetivos Específicos

- Produção do mosto cervejeiro em planta piloto adquirida pela empresa agrícola Sempre Viva, utilizando como adjunto cervejeiro cultivado na região Centro-oeste o milho safrinha;
- Balanço de massa da produção de cerveja utilizando puro malte e 40% (m/m) de adjunto cervejeiro;
- Levantamento dos aspectos tecnológicos abordados para a utilização de adjuntos cervejeiros na planta piloto em questão;
- Avaliação da cerveja produzida por meio de análises físico-químicas e classificação conforme legislação vigente.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Aspectos Históricos

Desde os primórdios, o homem produz cerveja. Com características e composições diferentes, mas todas a partir da conversão de açúcares em álcool. Na maioria das cervejas, esses açúcares são oriundos do amido de cereais. (BAMFORTH, 2003).

O tipo de cerveja mais popular do mundo é a cerveja tipo Lager. A palavra tem origem alemã e significa a cerveja que foi armazenada. É uma cerveja de baixa fermentação, criada na Alemanha por um mestre cervejeiro bávaro que a introduziu na cidade checa de Pils, de onde provém a designação “Pilsner”. A cerveja tipo Lager é caracterizada por possui um sabor amargo e ser refrescante, além de ser uma cerveja clarificada. (Tap Into your beer, 2016)

3.2. Definição de cerveja conforme Legislação Brasileira

A Legislação Brasileira, pelo Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009, define a bebida alcoólica, no artigo 12º, como bebida com graduação alcoólica acima de 0,5% (v/v) até 54% (v/v), a 20º C e define a bebida alcoólica fermentada como a bebida alcoólica obtida por processo de fermentação alcoólica. Este decreto cita no art. 36º que a “cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”. O malte é obtido a partir da germinação e secagem da cevada, devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem. Parte do malte da cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo. Sendo assim, 55 % do peso dos ingredientes fornecedores de carboidratos devem ser maltes. (Brasil, 2009)

O art. 39 do Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009 informa que a cerveja é definida de acordo com o seu tipo, sendo denominada: *pilsen, export, lager, dortmunder, munchen, bock, malzbier, ale, stout, porter, weissbier, alt* e outras denominações internacionalmente reconhecidas que vierem a ser criadas, por meio de observações das características do produto original (Brasil, 2009). O Decreto nº 6.871 classifica as cervejas pelas características e os parâmetros listados na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros e características das cervejas.

Fonte: Adaptado http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm

Parâmetro	Característica
Quanto ao extrato primitivo	
Cerveja leve	Extrato primitivo maior ou igual a 5 % e menor que 10,5 %
Cerveja comum	Extrato primitivo maior ou igual a 10,5 % e menor que 12,0 %
Cerveja extra	Extrato primitivo maior ou igual a 12 % e menor ou igual a 14 %
Cerveja extra forte	Extrato primitivo maior que 14 %
Quanto a cor	
Cerveja clara	> 20 unidades EBC
Cerveja escura	< 20 unidades EBC
Quanto ao teor alcoólico	
Cerveja sem álcool	< 0,5 % de álcool, não sendo obrigatório declarar no rótulo o teor alcoólico
Cerveja com álcool	≥ 0,5 % de álcool, sendo obrigatório declarar no rótulo o teor alcoólico
Quanto a proporção de malte de cevada	
Cerveja puro malte	100 % de malte de cevada como fonte de açúcar
Cerveja	≥ 50 % de malte de cevada como fonte de açúcar
Cerveja com nome do vegetal predominante	> 20 e < 50 % de malte de cevada como fonte de açúcar
Quanto a fermentação	
Baixa fermentação	Processo de fermentação que utiliza leveduras ativas a temperaturas baixas (9 a 15 °C) com fermentação mais lenta e maior produção de aromas
Alta fermentação	Processo de fermentação que utiliza leveduras ativas a temperaturas mais elevadas (15 a 25 °C) com aromas típicos frutados e, por vezes, condimentados

Em relação à proporção de malte de cevada, esse decreto aborda três denominações diferentes. A que tem uma única fonte de açúcares o malte de cevada é denominada como “cerveja de puro malte”; a que possuir quantidade igual ou superior a 55% em peso sobre o extrato primitivo recebe a denominação de “cerveja”; e a que possuir proporção de malte de cevada maior que 25% e menos que 55% deve

conter a expressão “cerveja de ...”, seguida do nome do vegetal predominante (Brasil, 2009). A Tabela 2 abaixo classifica as cervejas de acordo com a coloração, origem, teor alcoólico e fermentação.

Tabela 2 – Alguns tipos de cerveja e suas características.

Fonte:< www.sindicerv.com.br/tipo-cerveja.php>.

TIPOS DE CERVEJA				
CERVEJA	ORIGEM	COLORAÇÃO	TEOR ALCOÓLICO	FERMENTAÇÃO
Pilsen	República Checa	Clara	Médio	Baixa
Dortmunder	Alemanha	Clara	Médio	Baixa
Stout	Inglaterra	Escura	Alto	Geralmente Baixa
Porter	Inglaterra	Escura	Alto	Alta ou Baixa
Weissbier	Alemanha	Clara	Médio	Alta
Munchen	Alemanha	Escura	Médio	Baixa
Bock	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Malzbier	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Ale	Inglaterra	Clara e Avermelhada	Médio ou Alto	Alta
Ice	Canadá	Clara	Alto	-

3.3. Insumos Cervejeiros

3.3.1. Malte

Diversos cereais podem originar malte, dentre eles: aveia, trigo, milho, cevada, entre outros. Os fatores, como valor econômico e o potencial de conversão de amido (poder diastático), são considerados para a escolha do grão a ser malteado (CARVALHO, 2007; KUNZE, 1999).

A malteação tem por finalidade produzir enzimas no interior do grão, para alterá-lo bioquimicamente. Nesse processo as enzimas são formadas e ativadas, o amido torna-se mais disponível e ocorre modificações na cor, aroma e sabor. O grão se torna estável e armazenável (KUNZE, 1999; TSCHOPE, 1999)

Portanto, o malte é o grão de cevada (ou de outro cereal) que em condições controladas foi germinado, teve sua germinação interrompida e passou por um processo de secagem. A cevada é o cereal mais comumente utilizado nas maltarias, por possui características diferenciadoras. Esse grão é composto em abundância por amido; possui um reduzido teor de gorduras (que interfere na qualidade da cerveja); alto teor de enzimas, que são essenciais para a transformação do amido em açúcares que serão consumidos pelas leveduras; o teor de proteínas é satisfatório e irá fornecer aminoácidos para o crescimento da levedura e é responsável pelo corpo, espuma e estabilidade coloidal; e possui substâncias nitrogenadas, importantes também para a formação de espumas. A casca do grão de cevada é insolúvel, dando assim proteção ao grão e atua como camada filtrante durante a filtração (CARVALHO, 2007; HOUGH, 1990; KUNZE, 1999; MORADO, 2009).

O malte é a fonte primária de proteínas, lipídios, carboidratos e substâncias polifenólicas para cerveja. A maioria dos ingredientes do malte é modificado durante a mosturação por reações de hidrólise de seus componentes. As proteínas, por exemplo, são degradadas em pequenos peptídeos na malteação e na mosturação (HARDWICK, 1994).

3.3.2. Adjuntos

De acordo com o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, consideram-se adjuntos cervejeiros, a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal.

No Brasil, os adjuntos mais utilizados são o xarope de maltose, o milho moído e a quirera de arroz, além de eventual presença de sacarose de cana-de-açúcar. Dentre eles, o milho é o mais utilizado no país, pois promove uma cerveja mais leve e refrescante, condizentes com o clima brasileiro. Vale ressaltar que a produção nacional desse cereal está entre as três maiores do mundo, tornando assim a sua oferta abundante, acessível e viável, justificando sua larga aplicação nesta função (BRASIL, 2015b; D'AVILA *et al.*, 2012; SLEIMAN *et al.*, 2008).

Segundo Reinold, os adjuntos são ingredientes que contêm carboidratos, não são malteados e são utilizados com intenção de diminuir o custo de produção, e em algumas vezes, proporcionar uma característica peculiar ao produto final. Os principais adjuntos utilizados são os açúcares, xaropes e cereais não maltados. Pesquisas indicam que o uso excessivo de adjuntos na fabricação da cerveja aumenta os níveis de diacetil no produto final e produzem um alto teor de alcoóis superiores (responsáveis pela ressaca) (REINOLD, 1997).

A substituição parcial do malte por adjuntos na fabricação de cervejas é permitida por lei em diversos países. Os adjuntos apresentam menores custos de produção em relação ao malte. Quando o adjunto utilizado não é malteado, não exige processos anteriores ao uso, a produção não gasta tanta energia e nem se gasta tempo com a malteação, logo torna o seu uso economicamente viável. Além disso, os adjuntos são mais disponíveis no mercado nacional em comparação ao malte, apresentando menor custo (VENTURINI, 2000). De um modo geral os adjuntos possibilitam a produção de cervejas mais leves e sabor mais suave, gera uma cerveja mais clara e com mais brilho, a estabilidade físico-química é maior e o produto final tem maior homogeneidade (SANTOS, 2005). Diversos cereais podem ser utilizados como adjuntos, dentre eles o arroz, milho, sorgo, trigo não malteado, entre outros. O milho,

por exemplo, delega à cerveja um sabor encorpado, levemente adocicado. Enquanto uso de arroz como adjunto delega um sabor encorpado, porém mais “seco” e cervejas mais claras. (BRUNELLI *et al.*, 2014; HARDWICK 1994, KUNZE, 1993)

Uma das formas de classificar os adjuntos é baseada em como os açúcares são encontrados na matéria-prima. Os adjuntos podem ser divididos em dois grandes grupos: adjuntos amiláceos e adjuntos sacaríneos. Os adjuntos amiláceos são caracterizados por possuírem açúcares na forma macromolecular (amido). E para serem utilizados na produção cervejeira necessitam de tratamento prévio, podem ser cozidos previamente em uma panela e depois adicionados ao mosto ou podem ser adicionados durante a mosturação/brassagem, para que as moléculas de amido sejam hidrolisadas enzimaticamente, formando partículas menores, mono, di, trissacarídeos e dextrinas. O processo citado é importante uma vez que a levedura não tem capacidade de alimentar-se diretamente do amido, visto que o maior carboidrato fermentescível é a maltotriose (KUNZE, 1999).

O outro grande grupo são os adjuntos sacaríneos. Esses adjuntos são caracterizados por possuíres os açúcares sob a forma de partículas de baixo peso molecular, portanto podem ser absorvidos imediatamente pela levedura cervejeira. A adição é feita diretamente na caldeira de fervura, proporcionando um maior controle da concentração do mosto, ganho na produtividade (menor carga sólida é recebida na tina de clarificação) e diminuição da viscosidade do mosto. O açúcar cristal e os diversos xaropes (xarope de alta maltose, xarope de açúcar invertido, xarope de sacarose) pertencem a classe de adjuntos sacaríneos. (BRUNELLI *et al.*, 2014; KUNZE, 1999; VENTURINI, 2004).

Alguns cuidados devem ser tomados ao se escolher a proporção de adjuntos que será adicionado, visto que pode gerar uma redução no corpo da cerveja (cerveja aguada) e uma má qualidade da espuma, sendo ambos os problemas ocasionados por carência de proteínas. Além disso, pode ocasionar elevada viscosidade do mosto, prejudicial à sua filtração. A utilização de adjuntos pode gerar outros problemas como, possibilidade do aumento da concentração de diacetil; modificação do perfil de subprodutos da cerveja; redução de propagação da levedura; piora na qualidade da espuma.

Durante o processo pós-fermentativo adequado, os níveis dos subprodutos retornam ao normal após a maturação, logo há uma redução da concentração de diacetil, assim como a formação de ésteres (CARVALHO, 2007). Porém, o uso excessivo de adjuntos, maior do que 40% desencadeia uma maior formação de subprodutos como diacetil, acetoina e 2,3-butanodiol. Esses subprodutos modificarão as características sensoriais.

3.4. Processo de produção da cerveja

O processo convencional de produção de cerveja pode ser ilustrado em fluxo simplificado conforme Figura 1.



Figura 1: Fluxo de produção de cerveja. Fonte: Adaptado, KUNZE, 1999.

Com base na Figura 1, a utilização de adjuntos cervejeiros pode acontecer em várias etapas do processo, como nas etapas de:

- Mosturação, havendo a necessidade de pesagem e moagem anterior ao processo. Ainda, pode haver a necessidade de cozimento prévio do adjunto para após adição na panela principal de mosturação, uma vez que o amido necessita já estar gelatinizado para que o ataque enzimático ocorra. Como exemplo pode ser citado: gritz de milho, flocos de milho, quirera de milho ou arroz, amido, mandioca, entre outros;

- Fervura: adição de adjunto já modificado previamente na forma de xarope ou de fácil solubilização. Pode ser citado o xarope de alta maltose 78 % (apenas moléculas de maltose e frações menores de açúcares estão em sua composição) e açúcar de cana (em sua composição apenas há sacarose e frações menores de açúcares). É dosado no início da fervura para que ocorra a esterilização da matéria prima e a solubilização completa até o momento final desta etapa.

3.4.1. Mosturação

A mosturação é a fase de preparação do mosto. Consiste em adicionar o malte moído à água pré-aquecida, geralmente essa adição é feita sob agitação e baseada em uma rampa de temperaturas de acordo com as receitas cervejeiras e composição da matéria prima. Nessa etapa o objetivo é gomificar o amido, tornando mais fácil a hidrólise deste pelas enzimas do malte (CARVALHO, 2007).

Todas as substâncias que se tornam solúveis são referidas como extrato. Por razões econômicas e para garantir mais extrato de qualidade é preciso converter as substâncias insolúveis em solúveis durante a mosturação, por meio de reações hidrolíticas. Alguns exemplos de substâncias insolúveis são amido, celulose, proteínas de alto peso molecular, entre outros. No entanto, esse extrato deve ser de alta qualidade, portanto deve obter a menor quantidade possível de outras substâncias, como taninos oriundos da casca, que poderão ser extraídos em grande quantidade a temperaturas acima de 80 °C (KUNZE, 1999).

A importância do amido é devido à característica de fornecer substrato para a produção alcoólica e, além disso, contribui para o corpo da cerveja, classificando-a como a legislação vigente existente (CARVALHO, 2007; KUNZE, 1999).

A mosturação ocorre em várias faixas de temperatura, devido à ação enzimática otimizada em suas respectivas temperaturas. Durante o processo de mosturação, a densidade do mosto varia devido ao grau hidratação do amido. O amido passa por 3 etapas (KUNZE, 1999): gelatinização, liquefação e sacarificação, Figura 2.

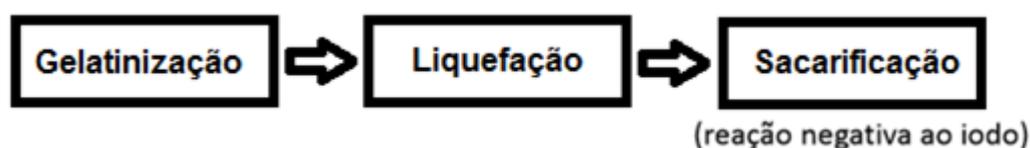


Figura 2: Processo de sacarificação do amido durante a produção de cerveja.

Fonte: adaptado, KUNZE, 1999.

A primeira etapa, gelatinização, é o momento onde os grânulos de amido começam a inchar (moléculas de água adsorvem fisicamente aos polímeros de glicose) em solução aquosa quente, entrando em contato com enzimas hidrolíticas (BAMFORTH, 2003). A liquefação é caracterizada pela redução da viscosidade em relação a da gelatinização. Isso ocorre pela ação das enzimas α -amilase, ou seja, as longas cadeias de glicose do amido, que podem estar na forma de amilose (solúvel em fase aquosa) e amilopectina (insolúvel em fase aquosa), que serão rapidamente rompidas por essas enzimas, Figura 4-b, tendo uma queda na densidade do amido em relação ao gelatinizado. Também ocorre ação das enzimas β -amilases, que possuem atividade exoamiolítica, ou seja, hidrolisam as cadeias de amido a partir das extremidades, figura 4-a,b, obtendo como produto maltoses, caso houvesse apenas a atividade das enzimas β -amilases levaria dias para que todo o amido fosse degradado (KUNZE, 1999). E, ao final, a etapa de sacarificação, onde se realiza o teste de iodo (solução de iodo em álcool) que permite inferir se o amido foi completamente convertido em maltose e dextrinas de menor peso molecular, Figura 4-c (KUNZE, 1999). O iodo complexa com o amido apresentando coloração escura. A medida que não há mais amido, o iodo apresenta coloração marrom pela ausência desses complexos.

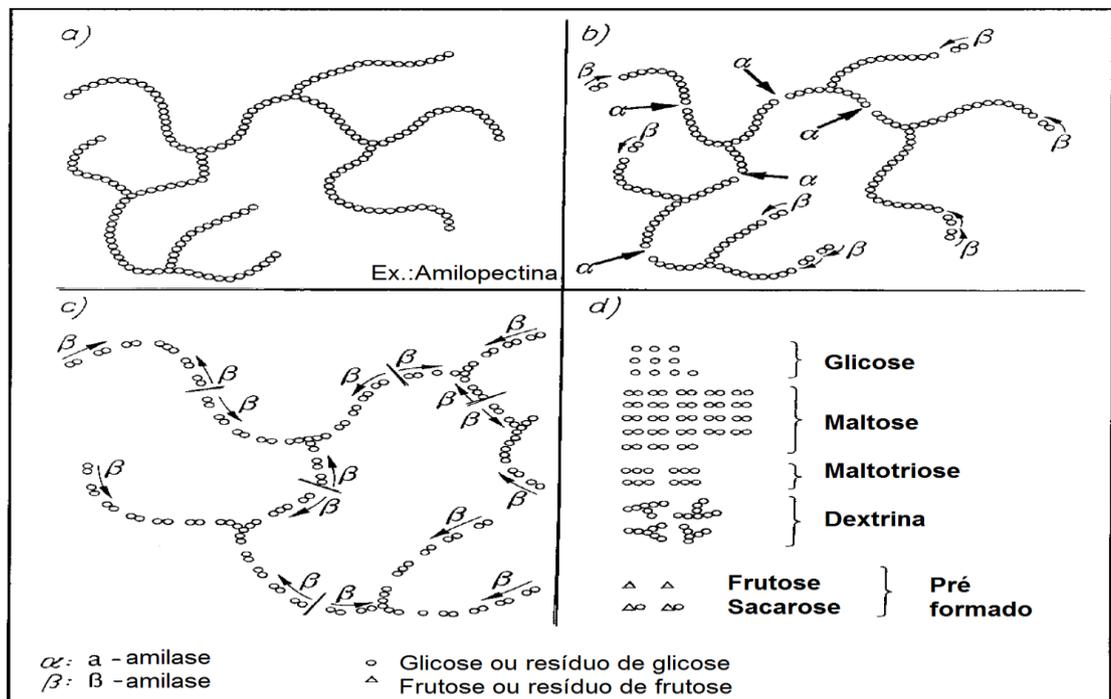


Figura 3: Degradação do amido durante a mosturação. Fonte: KUNZE, 1999.

As enzimas que hidrolisam o amido são chamadas de amilases. Essas enzimas apresentam atividades durante a malteação, mas só começam a agir quando ocorre a gelatinização do amido, ou seja, ocorre durante o processo de mosturação (BAMFORTH, 2003). Durante a mosturação ocorre a importante ação das enzimas proteolíticas. Os aminoácidos que essas enzimas proteolíticas/ proteases produzem são essenciais, pois servem de nutrientes às leveduras, na fase de fermentação. As proteínas que não foram hidrolisadas também são importantes para proporcionar uma boa qualidade e estabilidade à espuma da cerveja (KUNZE, 1999; PALMER, 2006).

Para a produção de uma cerveja comercial/básica (*mainstream*), Kunze cita intervalos de temperatura fundamentais. O malte deve ser adicionado à água em 50-52 °C, intervalo no qual as proteases estão em atividade; a 60-65 °C ocorre a sacarificação pela enzimas β -amilases, período responsável pelo aumento da concentração de açúcares redutores, que serão convertidos em álcool durante a fermentação. No intervalo de 70-75°C decomposição do amido em dextrinas pela ação das enzimas α -amilase. A última temperatura durante a mosturação é 78 °C para garantir que as enzimas cessarão suas atividades (PINHEIRO, 2016; KUNZE, 1999).

Depois de realizadas as etapas da mosturação, a primeira filtração deve ser realizada para separar as partes insolúveis do mosto. Kunze afirma que durante a filtração deve ser recuperado a maior quantidade possível de extrato (KUNZE, 1999).

Para a produção cervejeira com o uso de adjuntos é preciso saber qual a temperatura de gelatinização do amido referente a cada tipo de cereal, como ilustra a Tabela 3, para que esse adjunto seja adicionado na temperatura correta durante a mosturação. No caso da utilização de milho, sorgo ou arroz, recomenda-se um cozimento prévio para que todo amido presente seja gelatinizado. Isso pode ocorrer em reator de cozimento paralelo ao de mosturação e, após gelatinização (temperaturas superiores a 80 °C), o conteúdo do reator paralelo é adicionado ao reator principal (BAMFORTH, 2003). Muitas vezes, utiliza-se enzimas comerciais, enzimas α -amilase termoestáveis para garantir toda a gelatinização e liquefação do conteúdo de amido do adjunto.

Tabela 3: Temperaturas de gelatinização do amido oriundo de diferentes cereais. Fonte: BAMFORTH, 2003.

Fonte	Temperatura de Gelatinização (°C)
Cevada	61-62
Milho	70-80
Aveia	55-60
Arroz	70-80
Centeio	60-65
Sorgo	70-80
Trigo	52-54

Kunze aborda sobre a mosturação com o uso de adjunto de milho, que pode ser farinhoso ou em flocos. Se o adjunto de milho for utilizado em sua forma farinhosa, ou seja, finamente moído, é cozido e gelatinizado separadamente ou com o malte. Se o adjunto de milho for utilizado na forma de flocos, os grãos de milho sofrem moagem em um moedor plano de flocos, o qual aplica uma pressão de 50 toneladas, que o espreme até formar flocos planos (flocos de milho). A gelatinização e a secagem

ocorre a 160 °C em fluxo turbulento (KUNZE, 1999). O mesmo pode ocorrer para o arroz e para o sorgo.

Atualmente, as grandes empresas cervejeiras têm optado por utilizar flocos de cereais, pois o amido já vem gelatinizado e apto a ser dosado diretamente ao reator de mosturação. Sendo assim, o amido já está pronto para sofrer o ataque enzimático das enzimas oriundas do malte, uma vez que após o processo de produção de flocos todas as enzimas são inativadas.

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Materiais

Os materiais utilizados na produção cervejeira estão listados abaixo.

- Malte Pilsen – Marca Malte Agrária
- Malte Vienna - Marca Weyermann
- Malte cara 50 - Marca Weyermann
- Milho safrinha (flocos de milho pré cozidos) - Marca Mainha
- Água filtrada
- Lúpulo saaz - T90 , 2,4% iso α .ácidos, marca Hopsteiner
- Lúpulo cascade – T90 , 7,1% iso α .ácidos, marca Hopsteiner
- Levedura – marca Lallemand

4.2. Produção do mosto em escala laboratorial

A produção do mosto no laboratório foi realizada adaptando o método de Adolf Lutz. Foi adicionado 75 g de malte em um béquer com 300 mL de água destilada a 45 °C, e mantido nessa temperatura durante 30 minutos, sob agitação. Em seguida, a temperatura foi elevada em 1 °C por minuto até atingir 70 °C, sendo que em 65 °C foi adicionado 200 mL de água destilada previamente aquecida a 70 °C. O mosto foi mantido por 60 minutos a 70 °C. Decorrido o tempo, o mosto foi resfriado à temperatura ambiente, em aproximadamente 15 minutos. O béquer com o mosto foi pesado e a massa ajustada para 675 g, pela adição de água destilada; filtrado e o 0,3 g de lúpulo foi adicionado no início da fervura, que durou 60 minutos. Por fim, realizou-se mais uma filtração do mosto cervejeiro em papel de filtro qualitativo.

4.3. Produção da cerveja

A produção das cervejas foi realizada em planta piloto (Modelo brewhouse, marca Serra Inox), com capacidade de produzir 100 L em batelada. A Tabela 4 mostra a quantidade utilizada das matérias primas para a produção da cerveja tipo Pilsen e da cerveja tipo pilsen com adjunto de milho.

Tabela 4 - Matéria prima utilizada na fabricação da cerveja.

Matéria Prima	Quantidade	
	Pilsen	Pilsen c/ milho
Água filtrada	150 L	150 L
Malte pilsen	21,5 kg	12,0 kg
Malte cara 50	1,5 kg	1,5 kg
Malte Vienna	3,5 kg	3,5 kg
Milho safrinha	-	9,5 kg
Total	26,5 kg	26,5 kg
Lúpulo Amargor	45 g	45 g
Lúpulo Aromático	60 g	60 g
Levedura	$5,5 \times 10^9$ células	$5,5 \times 10^9$ células

A figura 4 mostra o fluxograma da produção cervejeira realizado. A cerveja produzida com adjunto de milho teve a adição do mesmo junto com o malte.

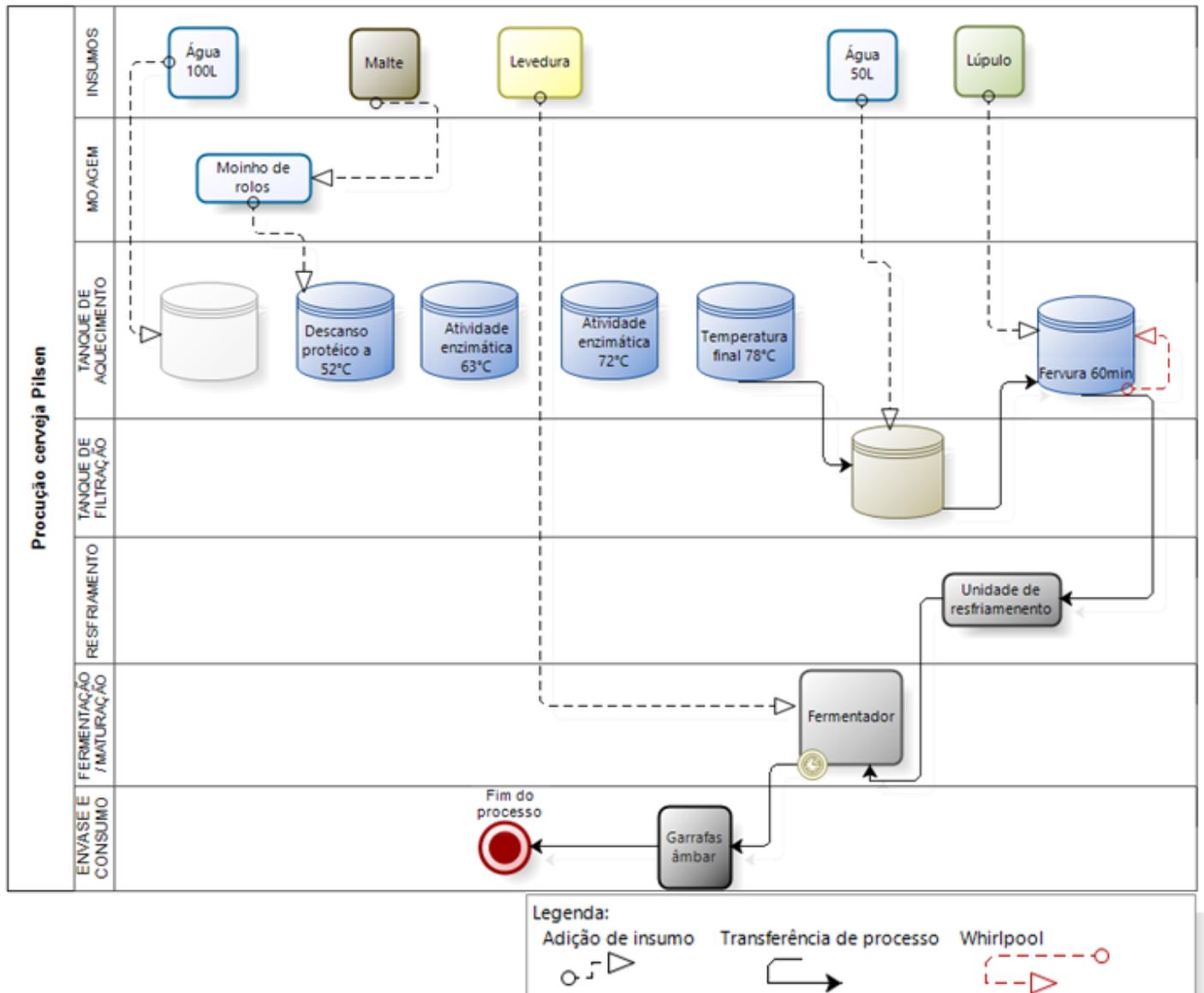


Figura 4: Fluxograma detalhado da produção cervejeira realizado.

A Figura 5 ilustra a rampa de temperatura durante a mosturação realizada para a produção da cerveja do tipo Pilsen com adjunto de milho. O malte foi arreado a 52 °C em 100 L de água filtrada. O teste de iodo foi realizado após 20 minutos a 72 °C, confirmando que o amido não tinha sido sacarificado, portanto, foi adicionado mais 3 kg de malte Pilsen, o que diminuiu a porcentagem de milho de 40 % para 35,8 %, e

por mais 30 minutos o mosto ficou a respectiva temperatura para garantir que uma maior quantidade de amido fosse sacarificada. A 78°C, o mosto foi transferido para a panela de filtração. A recirculação durou 12 minutos e o mosto foi filtrado e transferido para a panela de fervura. Foi utilizado 50 L de água de lavagem e, logo após, o mosto foi transferido para a panela de fervura, na qual ferveu por 60 minutos com adição de lúpulo.

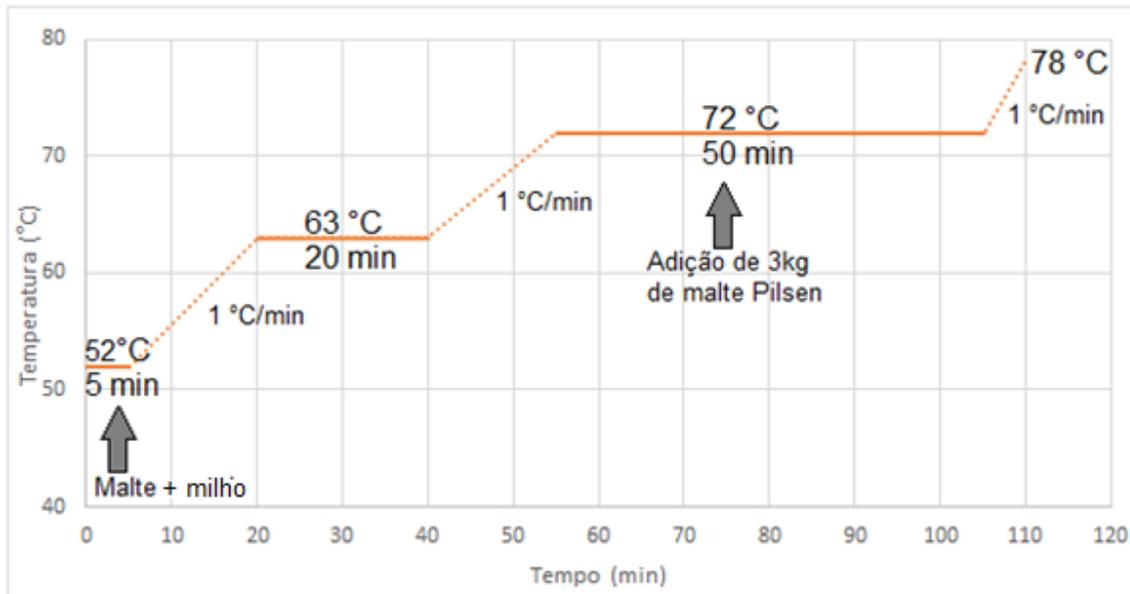


Figura 5: Relação de tempo e temperatura na mosturação para a produção da cerveja do tipo Pilsen com adjunto de milho.

A Figura 6 ilustra a rampa de temperatura durante a mosturação realizada para a produção da cerveja do tipo Pilsen. O malte foi arreado a 52 °C em 100 L de água filtrada e permaneceu 5 minutos a essa temperatura. Permaneceu a 63 °C por 20 minutos e 20 minutos a 72 °C quando o teste de iodo foi realizado. O resultado foi negativo, ou seja, não há mais concentração significativa de amido. A 78 °C o mosto foi transferido para a panela de filtração. Realizada a recirculação por 12 minutos, para garantir a quantidade mínima de partículas sólidas e a formação da cama de filtração, o mosto foi filtrado e 50 L de água de lavagem foi utilizado. Logo após, o mosto foi transferido para a panela de fervura, na qual ferveu por 60 minutos com adição de lúpulo.

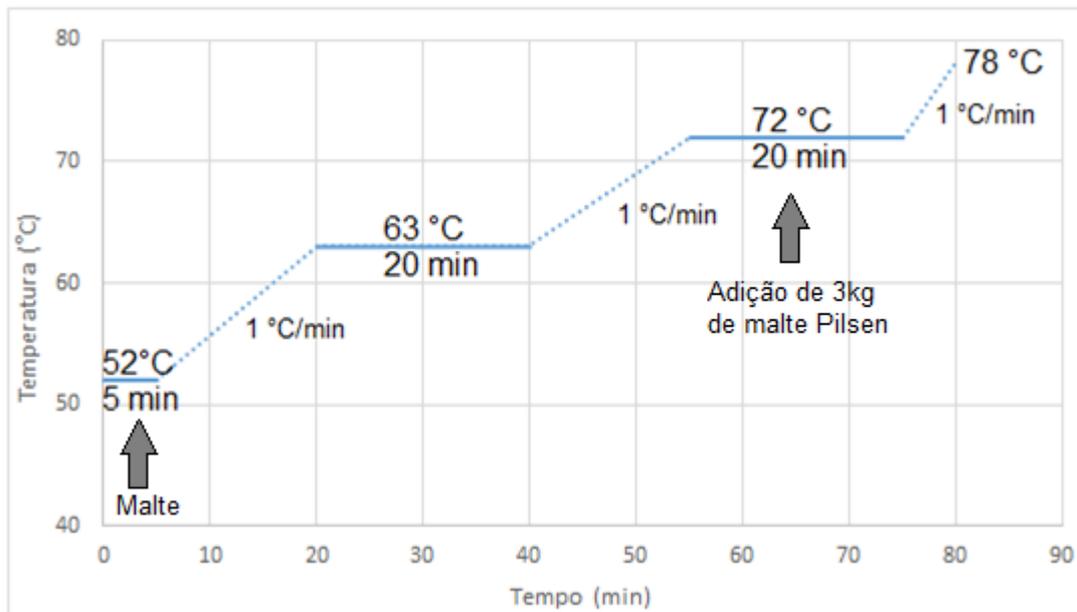


Figura 6: Relação de tempo e temperatura na mosturação para a produção da cerveja do tipo Pilsen.

Após a fervura do mosto, realizou-se o *whirlpool*, ou seja, o mosto foi bombeado tangencialmente à parede interna do tanque, gerando um movimento favorável para a deposição das partículas sólidas, as resinas do lúpulo, as proteínas coaguladas e os taninos do malte (ALMEIDA E SILVA, 2005). Em seguida, o mosto foi resfriado, por uma unidade de resfriamento, à temperatura de aproximadamente 23 °C e transferido para o fermentador, no qual foi fermentado por 14 dias a 15 °C e maturado por 5 dias a 2°C.

4.4. Análise de proteínas totais – Qubit

A quantificação de proteína foi realizada utilizando-se o Qubit® 2.0 Fluorometer. O qual utiliza um fluoróforo e um fluorímetro que quantifica a intensidade de fluorescência presente em cada amostra, que é diretamente proporcional à concentração de proteína da amostra. Uma solução de trabalho foi feita com 199 µL de buffer e 1 µL de fluoróforo. Uma nova solução foi feita para a análise com 190 µL da solução trabalho e 10 µL da amostra, a qual foi agitada por 5 segundos em *vortex*, guardada no escuro por 15 minutos e realizada a leitura no equipamento Qubit.

4.5. Análise da coloração

A cor da cerveja foi determinada pelo método visual, com o auxílio de discos colorimétricos ou pelo método espectrofotométrico, sendo este o método utilizado. As análises foram realizadas no espectrofotômetro de UV/Vis, da marca DU 650 Beckman, no comprimento de onda de 430 nm. Essa análise é baseada no trabalho de Smidley, que descreve o cálculo de coloração do mosto em EBC.

O método espectrofotométrico nos fornece um valor de absorção da luz em 430nm, corresponde a faixa do amarelo e esse valor multiplicado por 25 fornece a escala de coloração de acordo com a *European Brewing Conversion* (EBC). O valor de EBC fatorado por 1,97 fornece o valor de coloração na escala americana *Standard Reference Method* (SRM), como descreve a Eq.1.

$$\text{EBC} = 1,97 \times \text{SRM} \quad [\text{Eq. 1}]$$

4.6. Análise com PBA-B Geração M - *Alcolyzer Beer*

Para determinar a densidade, teor de álcool, extrato original e real, teor de CO₂ e O₂ e outros importantes parâmetros de qualidade da cerveja utilizou-se o Sistema de medição modular para análise de cerveja PBA-B Geração M – Anton Paar, acoplado ao Alcolyzer Plus Beer e ao medidor de densidade (DMA 5000 M).

4.7. Análise elementar- CHN (Norma ASTM E777 e E778)

Os cereais foram macerados em cadinhos de porcelana. Destas amostras foram fornecidas frações em peso dos principais elementos que compõem a biomassa: carbono (C), oxigênio (O), nitrogênio (N) e hidrogênio (H). Esses elementos foram determinados pelo equipamento Perkin Elmer Series 2400 II CHN e o oxigênio foi obtido por diferença o qual foi calculado a partir dos resultados de CHN e cinzas.

Os resultados de cinzas (resíduos) foram obtidos pela análise térmica no TG/DTG/DTA, MODELO 2960 Simultaneous DSC-TGA usando ar sintético (99,999%) como gás purga (100 mL/min). As análises dos grãos de malte Pilsen e flocos de milho foram feitas a temperatura ambiente (~ 26°C), 20° C/min até 900°C. As amostras são

pesadas, com massa entre 15 e 20 mg e colocadas em panelinhas de platina.

4.8. Análise de pH

A análise de pH foi realizada em um pHmetro de bancada, Q400AS- Quimis, com compensação automática de temperatura, display gráfico de cristal líquido e calibração em três pontos. A calibração foi realizada com três soluções buffer pH 10,0; pH 6,86 e pH 4,01. O eletrodo é introduzido na amostra e a medida é estabilizada, obtendo-se assim a medida de pH.

4.9. Teor de umidade do bagaço

Após a produção do mosto cervejeiro, uma amostra de bagaço foi retirada para ser possível obter a umidade do bagaço (U) e assim calcular as perdas e por fim a eficiência do processo. A análise foi realizada em triplicata, em três cadinhos de porcelana devidamente limpos e pesados, nos quais foram adicionados 1 g do bagaço, e levados à estufa. Após 4 horas a 105 °C, as amostras foram retiradas e novamente pesadas (m final), o teor de umidade foi obtido a partir da Eq. 2.

$$U\% = [g \text{ bagaço inicial} - (m \text{ final} - m \text{ cadinho})] \times 100 \quad [\text{Eq.2}]$$

4.10. Análise de Extrato

Para as análises dos mostos em escala laboratorial, a densidade do líquido foi aferida através de um refratômetro, o valor obtido em BRIX foi convertido em densidade e graus platôs. Os valores obtidos em °P permitiu a partir da Eq.3 calcular o extrato solúvel em gramas (g) e pela Eq.4 em porcentagem (%).

$$\frac{^{\circ}P \times g \text{ de mosto final}}{100 g \text{ de mosto}} = X (\text{gramas de extrato solúvel}) \quad [\text{Eq. 3}]$$

$$\frac{X \times 100\%}{total\ de\ gr\tilde{a}os\ (g)} = \% \textit{ Extratos\ s\acute{o}luveis} \quad [Eq.4]$$

4.11. Balanço de massa dos processos

Na produção em escala laboratorial e na produção em planta piloto, as etapas foram quantificadas através da pesagem do conteúdo, pesagem do bagaço, volume final aferido, umidade do bagaço, para que se obtivesse os resíduos líquidos (R_L) e resíduos sólidos (R_s) e por fim o rendimento do processo (TROMMER, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Resultados dos mostos produzidos em escala laboratorial

Os mostos com 40 % de milho e 100 % malte Pilsen foram feitos em triplicatas em metodologia mosto kongress. Os valores obtidos estão na Tabela 4. Durante a produção do mosto com adjunto de milho e malte pilsen não houve tempo adicional durante a mosturação visto que o amido sacarificou, baseado no teste de iodo.

Tabela 4: Parâmetros analisados durante a produção do mosto no laboratório

	Malte pilsen (60 %) + flocos de milho (40 %)	100 % malte PILSEN
Quantidade de Grãos (g)	75,4 ± 0,2	75,039 ± 0,029
Massa final (g)	675,7 ± 1,2	678,203 ± 2,3
Mosto pré fervura (g)	554,2 ± 2,0	554,143 ± 3,2
Bagaço (g)	121,0 ± 4,4	119,517 ± 5,9
Mosto depois da fervura (g)	327,4 ± 7,3	322,19 ± 26,6
BRIX antes da fervura	8,5 ± 0,1	8,5 ± 0,153
BRIX depois da fervura	14,8 ± 0,8	12,4 ± 0,693
Densidade antes da fervura g/ml	1,034 ± 0,001	1,034 ± 0
Densidade após a fervura g/ml	1,060 ± 0,003	1,050 ± 0,003
°P antes da fervura	8,2 ± 0,5	8,7 ± 0,110
°P depois da fervura	14,8 ± 0,6	16,4 ± 0,400
Proteínas totais (mg/L)	9,7 ± 0,5	22,3 ± 2,082
Cor (EBC)	6,8 ± 0,3	13,1 ± 0,456

O desvio padrão do volume após a fervura foi de 26,6 para a produção do mosto com 100 % de malte Pilsen. Isso aconteceu devido ao uso de chapas de aquecimento diferentes para cada triplicata, que foram consideradas com a potência desajustadas, causando uma maior perda de água por evaporação durante a fervura.

O balanço de massa para a produção do mosto com adjunto está representado na Figura 7. O rendimento foi de 48,4 %, superior ao rendimento da produção do mosto 100 % malte Pilsen, Figura 8, que foi de 47,5 %. Essa diferença não é significativa.

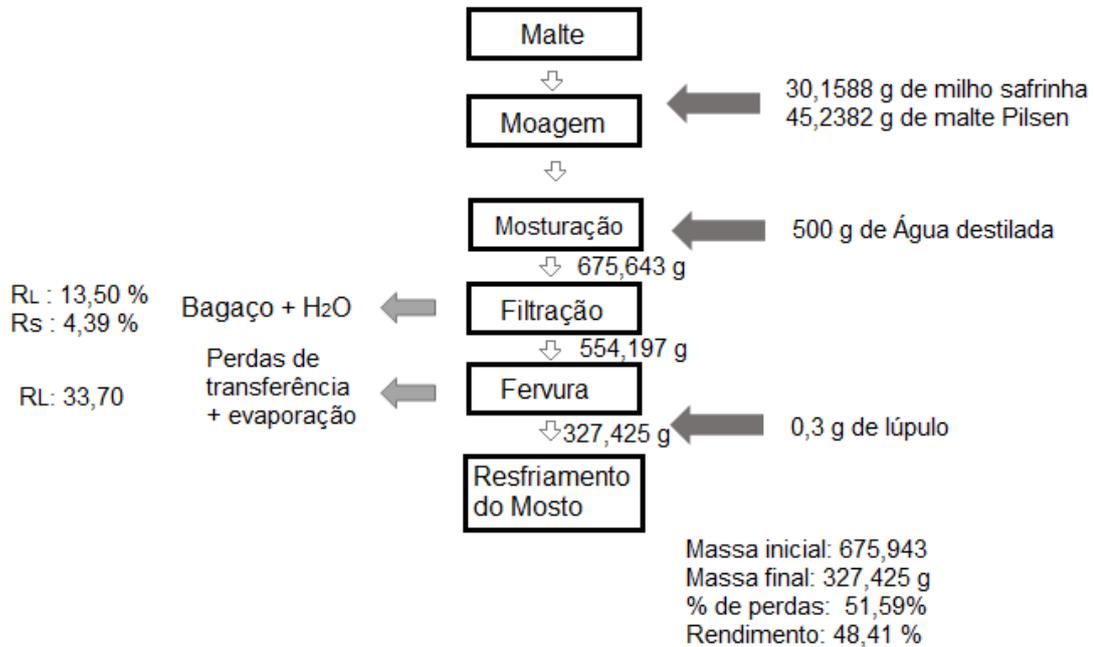


Figura 8: Balanço de massa para a produção do mosto Pilsen com adjunto de milho.

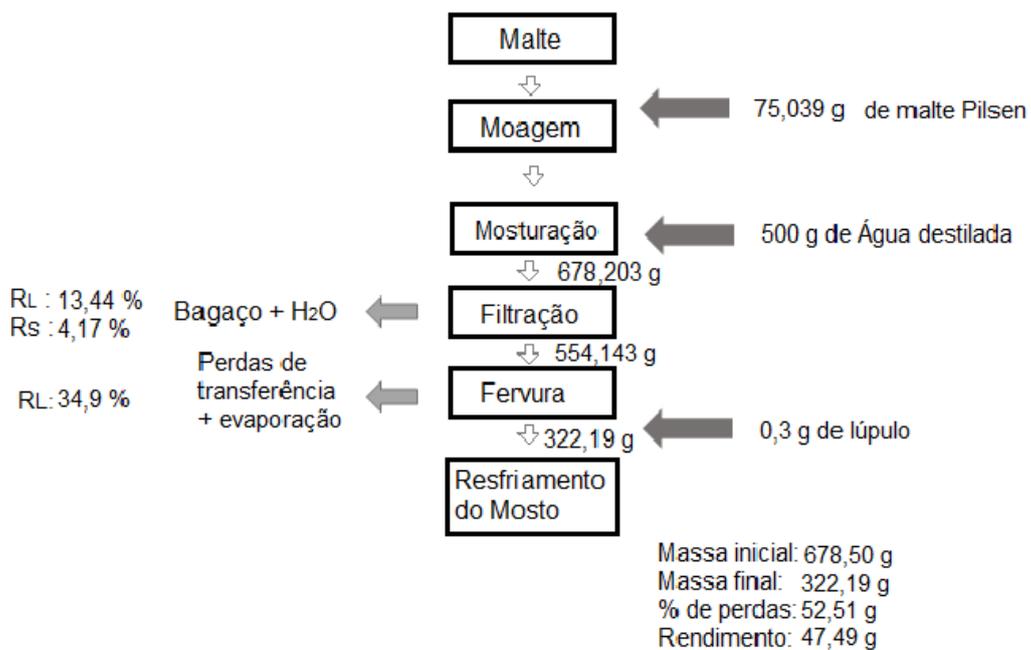


Figura 7: Balanço de massa para a produção do mosto 100 % Pilsen.

5.2. Resultados das cervejas produzidas em planta piloto

As análises de graduação alcoólica, pH, coloração, composição elementar, extratos tiveram como objetivo verificar as possíveis alterações que o uso de adjunto de milho safrinha cultivado no centro-oeste pode gerar na qualidade da cerveja.

Durante a produção do mosto cervejeiro foi possível analisar o brix a partir do refratômetro portátil, sendo vantajoso por ser preciso e utilizar poucas gotas. O lado negativo é que não é preciso para medições após a fermentação, visto que a presença de álcool muda o índice de refração com a luz. A Tabela 5 aborda as análises realizadas em planta piloto.

Tabela 5 - Análise do Brix densidade dos mostos durante a produção em escala de planta piloto.

	Produção com Adjunto			100% malte pilsen		
	Densidade g/mL*	Brix	°P	Densidade g/mL	Brix	°P
Água	1,0	0	0	1,0	0	0
Mosto antes da lavagem	1,057	14	13,4	1,068	16,5	15,2
Mosto antes da fervura	1,042	10,5	10,2	1,040	10	9,7
Mosto original	1,046	11,5	11,18	1,051	12,5	12,56
Cerveja envasada**	1,01087	2,8	2,9	1,009	2,4	2,3

*Brix convertido em g/mL: <http://www.brewersfriend.com/brix-converter/>

**valor obtido pela tabela 7.

O mosto final, após ser resfriado pela unidade de resfriamento, possui uma densidade original de 1,042 g/mL, baseada em uma cerveja com adjunto de milho, de até 40%, a densidade do mosto deve ser entre 1,040 – 1,050 g/mL de acordo com o BJCP- Beer Judge certification Program. Sendo assim, a cerveja produzida apresenta a densidade exigida.

O extrato primitivo do mosto foi medido a partir do refratômetro, um momento antes da levedura ser inoculada (Tabela 6) como mosto original, tendo 11,18 °P para a cerveja com adjunto e 12,5 °P para a cerveja 100 % malte. Pela legislação brasileira,

são classificadas como cerveja comum e cerveja extra, respectivamente (BRASIL, 2009; BRUNELLI *et al.*, 2014). O extrato original do mosto é um parâmetro que está relacionado com o “corpo da cerveja”, ou seja, quanto maior o valor percentual do extrato original, mais encorpada é a cerveja.

As ligações químicas hidrolisadas do amido com o uso de adjuntos são em todos os casos iguais às do amido oriundo do malte. A diferença é que os grânulos de amido obtidos de diferentes cereais possuem granulometria diferente e muitas vezes estão cercados por substâncias diversas. Sendo assim, espera-se que as enzimas atuem tanto no amido oriundo do malte quanto dos adjuntos (BRUNELLI *et al.*, 2014; KUNZE, 1999; PALMER 2006).

O uso de milho como adjunto proporcionou uma cerveja com uma densidade maior do que a contraprova e teor alcoólico menor, 4,20 % (v/v). Ou seja, a relação de densidade e teor alcoólico mostra que mais açúcares redutores da cerveja 100% malte foram convertidos em álcool, tornando-a menos densa e mais alcoólica, aproximadamente 5,61 % v/v, como descrito na Tabela 6. O valor alcoólico de cervejas comerciais com adjunto de milho é entre 4,5 a 5,0 %v/v e cervejas tipo pilsen puro malte, 4,5-5,5 % v/v. Ou seja, a cerveja produzida utilizando adjunto, apresentou teor alcoólico menor que o esperado e a cerveja 100 % malte apresentou maior conteúdo alcoólico. Essas observações podem ser explicadas pela atividade enzimática. Foi observado uma dificuldade de sacarificação na cerveja com adjunto (foi acrescido malte pilsen e aumentou o tempo de repouso para contornar), porém as taxas de reação de sacarificação foram menores. Sendo assim, maior conteúdo de amido não sofreu modificação pela carência de enzimas amilases oriundas do malte. Sabe-se que o flocos de milho não apresenta enzimas, sendo assim o conteúdo enzimático foi dependente da porcentagem de malte. Logo, a cerveja 100% malte pilsen, apresentou maior conteúdo de enzimas, conseqüentemente, apresentou maior taxa de reação de sacarificação, logo maior teor alcoólico.

As análises do mosto e da cerveja final foram realizadas no equipamento *Alcolyzer Beer* e estão descritas na Tabela 6. É possível analisar as concentrações de oxigênio dissolvido em mg/L. No início da fermentação, a análise do teor de O₂ foi de 6,414 mg/L mosto da cerveja com adjunto e 6,086 mg/L mosto da cerveja 100 %

malte Pilsen. Esses valores estão bem próximos ao valor que a literatura sugere, que é de 7 a 9 mg/L de O₂, para garantir a fase de respiração e reprodução da levedura (BRUNELLI *et al*, 2014; KUNZE,1999).

Após a fermentação, o teor de O₂ foi analisado e percebeu-se que o valor diminuiu a 0,188 mg/L para a cerveja com adjunto e 0,218 mg/L para a cerveja 100 % malte. Esses valores estão dentro dos sugeridos pelo autor Kunze, que cita o valor máximo de 0,5 mg O₂ /L na cerveja.

Tabela 6 - Parâmetros analisados das cervejas produzidas.

Análise	Densidade (CO ₂ - corr.) g/cm ³	Álcool %v/v	Álcool %w/w	Er (extr.real) %w/w	Ea (extr. apar.) %w/w	p (extr. original) °P	Grau de Fermentação %	Calorias kcal/L	[CO ₂] g/L	[O ₂] mg/L
Mosto Pilsen c/ Milho	1,04374	0	0	11,32	11,35	11,18	0	418,83	0	6,414
Cerveja final Pilsen c/ Milho	1,01087	4,20	3,28	4,78	3,25	11,16	58,64	403,11	2,44	0,188
Mosto Pilsen	1,05178	0	0	13,13	13,27	12,56	0	474,02	0	6,086
Cerveja final 100% Pilsen	1,00890	5,61	4,39	4,76	2,75	13,21	65,58	479,35	3,67	0,218
Cerveja Comercial Stella Artois	1,00377	5,09	4,00	3,29	1,43	11,09	71,55	397,37	4,71	0,072

É importante assegurar que o teor de CO₂ na cerveja esteja entre 4,7 a 5,2 g/L, alguns parâmetros como pressão no fermentador, temperatura, duração da maturação e teor de extrato residual influenciam nessa medida. Os valores obtidos de CO₂ aumentaram durante a fermentação, e o resultado final foi de 3,67 g CO₂/L cerveja 100% malte Pilsen e 2,44 g CO₂/L para a cerveja com adjunto. Esse valor baixo pode ser explicado devido à proporção de malte final, aproximadamente 35% ou quanto ao maior conteúdo de dextrinas, que denota a má atuação das enzimas amilolíticas do malte (pela menor concentração), resultando em menor rendimento em extrato, menor grau de fermentação e menor produção de etanol e CO₂. Alguns estudos indicam que as dextrinas têm papel similar as proteínas, as quais são relevantes para a espuma,

corpo e retenção de CO₂, devido ao aumento da viscosidade da cerveja, provocado pela sua presença (KUNZE, 1999).

Os valores de extrato obtidos na Tabela 6, permite averiguar o teor de extrato dos mostos. O extrato original é a quantidade de extrato antes de iniciar o processo de fermentação; é o extrato originado no começo do cozimento e sua unidade é dada em graus Platôs (°P). Os valores obtidos são 11,18 °P para o mosto da cerveja com adjunto e 12,56 °P para o mosto da cerveja 100% malte. Esses valores foram bem próximos dos obtidos pelo refratômetro, sendo 11,5 Brix para a cerveja Pilsen com milho e 12,5 Brix para a cerveja Pilsen.

Extrato aparente é o extrato medido durante o processo de fermentação. O nome aparente é dado devido ao erro analítico originado pelo álcool, que possui uma densidade diferente da água. Extrato real é o extrato medido durante o processo de fermentação, considerando a correção da densidade do álcool (CARVALHO, 2007). O extrato real, para uma cerveja *lager*, deve ser acima de 3 %, logo a cerveja com adjunto, a cerveja 100 % malte e a cerveja comercial obtiveram valores que se enquadram a esse parâmetro. Logo, a presença de álcool não será observada em função da presença de dextrinas e corpo observado, o que reflete no extrato real (Pinto *et al.*, 2015).

A cerveja tem valor energético que pode variar de 400 kcal/L (SINDICERV, 2006) a 450 kcal/L (TSCHOPE, 2001). Já Vannuchi *et al.* (2001) e Almeida e Silva (2005) citam valores aproximados de 420 e 430 kcal/L, respectivamente. O valor calórico obtido da cerveja com adjunto foi de 403,11 kcal/ L e a 100 % malte foi de 479,35 kcal/L. Logo, a cerveja com adjunto é menos calórica em função de apresentar um conteúdo alcoólico menor e menor conteúdo de dextrinas. Pode-se observar que a cerveja comercial apresentou um conteúdo energético menor em função de seu grau de fermentação. Ou seja, apresenta menor conteúdo de dextrinas e menor conteúdo de álcool quando comparada a cerveja 100 % malte.

Kunze aborda sobre a concentração de gás carbônico e o pH, pois interferem na análise sensorial, principalmente na sensação de adormecimento e picância que a cerveja proporciona. Logo, esses valores devem ser controlados. O autor diz que o pH deve estar entre 4,35 a 4,40 para cervejas puro malte e para cervejas com adjuntos

entre 4,0 a 4,2. Espera-se que as cervejas produzidas com adjunto apresentem maior conteúdo de ácidos orgânicos em sua composição em função das reações de transaminação das leveduras, uma vez que o teor de proteínas será menor para fornecimento de aminoácidos essenciais a levedura. Os valores obtidos, Tabela 9, da cerveja com adjunto e 100 % malte foram 4,13 e 4,45, respectivamente, dentro do intervalo proposto pela literatura (KUNZE, 1999). O pH da cerveja comercial analisada foi de 4,22, bem próximo do valor que o Kunze cita para cervejas com adjuntos.

A adição de milho promoveu uma queda nos valores de pH da cerveja e do mosto já citadas anteriormente. Segundo Kunze, a diminuição do pH promove a perda de algumas substâncias corantes e interfere na coloração de pigmentos polifenólicos. Para Biggs *et al.* (2004a) grande parte da coloração está relacionada à melanoidinas e substâncias caramelizadas presentes no malte. Portanto, a cerveja fabricada com adjunto, possui menos malte na composição e conseqüentemente menos pigmentos. Os resultados de coloração das cervejas se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Análises das amostras obtidas na produção em planta piloto.

Análise	Proteínas totais mg/L	UV (430nm)	EBC	SRM	pH
Mosto 100% malte	24,9	0,7494	19	9,51	5,68
Cerveja 100% malte	24,2	0,7707	19	9,78	4,45
Mosto com adjunto	19,1	0,4065	10	5,16	4,92
Cerveja com adjunto	13,5	0,7671	19	9,73	4,13

A partir da análise de coloração, ambas as cervejas produzidas são classificadas como claras, visto que o valor de EBC é menor do que 20 unidades.

A análise de teor de proteínas obtidas a partir do equipamento Qubit, estão na tabela 7. É possível perceber como a concentração de proteínas diminui durante as etapas de fermentação e maturação. Durante a fermentação a quantidade total de proteínas é reduzida cerca de 20-25 % através da assimilação do fermento, coagulação ou precipitação (CARVALHO, 2007). A análise de proteínas feita após a fermentação do mosto com adjunto mostra que essa redução foi de 25,65 % até o período de maturação. Durante a fermentação do mosto 100 % malte, a diminuição foi baixa, cerca de 3,00 %. Isso pode ser explicado devido a uma maior quantidade de

malte Pilsen que foi utilizado, visto que apresenta mais proteínas do que o milho safrinha.

5.3. Análise da composição dos grãos.

Os resultados obtidos da composição do malte de cevada comercial utilizada e do milho safrinha na forma de flocos de milho foram realizados em triplicatas e as médias dos valores estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição dos grãos de milho e malte Pilsen utilizados na produção.

Amostra	Carbono %	Hidrogênio %	Nitrogênio %	Oxigênio %	Teor de Cinzas
Flocos de Milho	39,85	6,3	0,87	52,00	0,98
Malte Pilsen	41,28	6,59	1,47	48,78	1,88

O teor de cinzas foi obtido a partir da análise térmica, a qual nos permite obter os compostos inorgânicos e óxidos que não foram decompostos. Kunze aborda que esse valor deve estar entre 2 e 3 % e os principais compostos presentes são fosfatos, silicatos, sais de potássio.

A partir da quantidade de nitrogênio é possível determinar a quantidade de proteínas, baseado na literatura, o valor da porcentagem de nitrogênio deve ser multiplicado 6,25. O resultado de proteínas na composição do milho safrinha é de 5,4375 % e a composição do malte pilsen é de 9,19 %. Hardwick aborda que o valor típico, fornecido pelas indústrias malteiras, de proteínas no malte deve ser próximo de 10,8 %. Kunze aborda que esse valor deve ser menor do que 11 %. Portanto, com base nesse parâmetro medido, o malte utilizado possui boas características para a indústria cervejeira. Na informação nutricional do rótulo comercial do flocos de milho safrinha, a composição de proteínas é de 6 %, portanto o valor obtido de proteínas na composição do milho safrinha pelo método descrito acima é confiável, visto que o desvio padrão é de 0,398.

O uso de adjuntos proporciona uma diminuição no teor de proteínas (KUNZE, 1999). Portanto, a cerveja com adjunto apresentou 13,5 mg/mL de proteínas e a cerveja 100% malte apresentou um conteúdo de 24,2 mg/mL.

5.4. Cálculo dos balanços de massa.

O teor de umidade do bagaço do bagaço obtido a partir da cerveja 100 % malte foi de aproximadamente 76,9 % e da cerveja com adjunto foi de 75,49 %, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Valores obtidos para o cálculo de porcentagem de umidade do malte.

Tipo	% Umidade média	Desvio Padrão
Média do bagaço 100% malte	76,927	0,813
Média do bagaço com adjunto	75,490	0,226

Os rendimentos mássicos de ambas as produções foram baixos, visto que o total de perdas está próximo a 50 %. As maiores perdas são de água, tanto por evaporação, *trub* e no bagaço. Já era esperado que o rendimento com o uso de adjunto utilizado juntamente com o malte fosse menor, visto que a qualidade do cereal não malteado diminui o rendimento, no entanto torna o processo mais econômico devido ao custo do cereal.

Os balanços de massa na produção dos mostos em escala laboratorial e na escala industrial foram próximos, portanto, é de extrema importância a realização da produção em laboratório para verificar e prever possíveis problemas que poderão ocorrer na produção em larga escala.

Tabela 10- Comparação entre o rendimento dos mostos na produção laboratorial e na planta piloto.

Tipo	% Rendimento mássico		Desvio Padrão
	Produção laboratorial	Produção planta piloto	
Mosto c/ milho	48,41	50,47	1,414
Mosto Pilsen	47,49	51,99	3,182

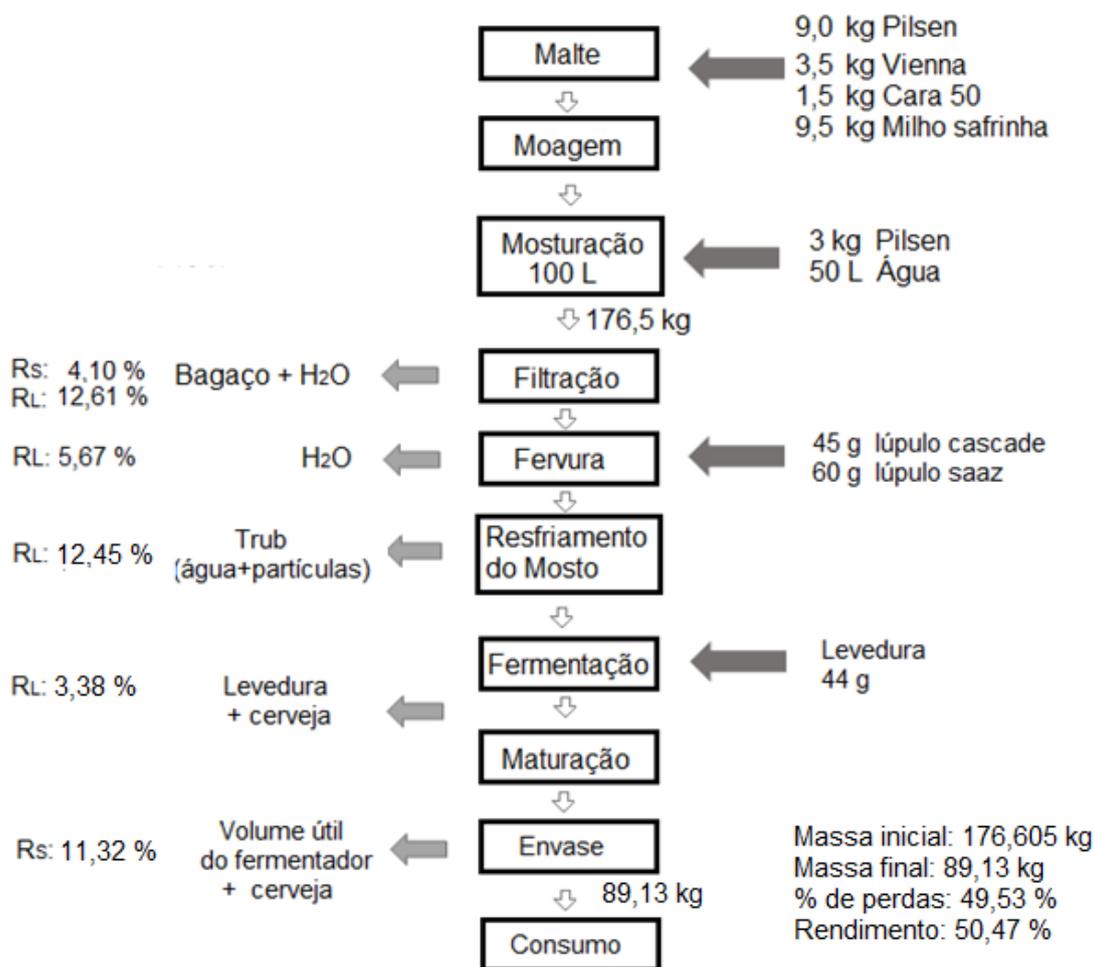


Figura 9 - Balanço de massa da produção da cerveja com adjunto

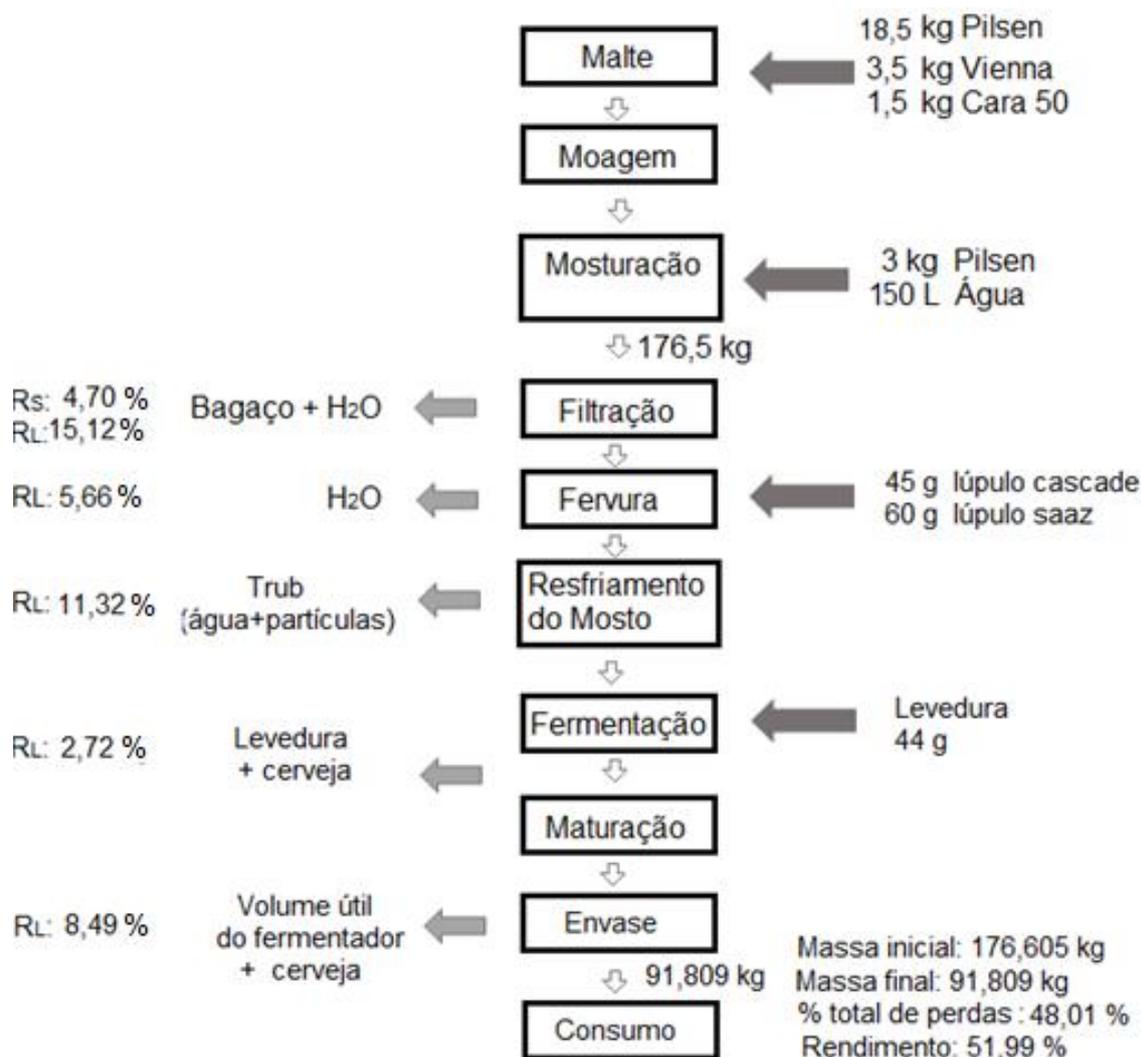


Figura 10 - Balanço de massa da produção da cerveja 100 % malte

A partir das equações 3 e 4 foi possível obter a porcentagem de extrato solúvel para a produção laboratorial e na planta piloto. Para Kunze o percentual de extrato para a produção cervejeira com malte do tipo pilsen deve ser maior do que com o uso de adjuntos, devido a sua composição equilibrada na composição, poder diastásico e fonte de matérias solúveis (KUNZE, 1999).

Tabela 11: Porcentagem de extrato solúvel na produção cervejeira.

		Produção Com adjunto	Produção 100% Pilsen
Produção Planta piloto	% de extrato solúvel	46,02785	50,59073
Produção laboratorial	% de extrato solúvel	64,26419	70,4156
	Desvio Padrão	12,892	14,018

Os experimentos em escala laboratorial foram conduzidos antes de seu uso em escala de planta piloto. Em escalas menores, não foi observado problemas da etapa de sacarificação, portanto o experimento foi conduzido esperando este comportamento. Devido às trocas de calor, de massa e área de contato, a produção em escala piloto não ocorreu como esperado e remediações foram tomadas a fim de reverter a situação. Por isso, mais malte de cevada foi adicionado a fim de resolver o problema. A não sacarificação implicaria em maiores perdas de processo, assim como um teor alcoólico menor, não sendo possível sua caracterização como cerveja similar a contraprova (100% malte). Em função disso, a decisão foi tomada.

Atualmente o flocos de milho é utilizado como adjunto em grandes cervejarias, porém o uso de enzimas amilolíticas termoestáveis comerciais é adicional ao processo. As empresas relatam maiores perdas de processo e de extrato, assim como dificuldades de manuseio. Logo, as empresas utilizam no máximo 15% de flocos de milho e, o restante da porcentagem de adjuntos, dosa-se na etapa de fervura. As cervejarias artesanais não têm acesso a esse tipo de enzimas e muitas apresentam resistência ao seu uso, uma vez que seu uso deve ser declarado em rótulo.

Para as cervejarias artesanais a dosagem desse xarope encarece muito o processo. Portanto, o uso de flocos de milho pode tornar o processo mais economicamente viável, deixando a cerveja mais leve e mais límpida. Porém, recomenda-se maior carbonatação da cerveja final para que a espuma se torne mais estável e a sensação de refrescância fique mais visível.

O cultivo de milho safrinha na região Centro-oeste visa à comercialização para fins de ração animal e alimentício. Não apresenta qualidade e valor comercial similar ao milho tradicional também cultivado na mesma região. Por isso, esse estudo visou a aplicação em produção de cerveja artesanal a fim de aumentar um nicho de mercado para esse cereal a fim de melhorar seu valor agregado.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O uso do milho safrinha como adjunto na formulação da cerveja promoveu uma diminuição da turbidez, cor, pH, teor alcoólico, amargor em relação aos valores obtidos a partir da cerveja 100% malte, a contraprova. O teor alcoólico deveria ser maior com o uso de adjunto, no entanto houve uma dificuldade para sacarificar o amido do milho, conseqüentemente a cerveja apresentou menor grau de fermentação, maior conteúdo de extrato real em função de maior concentração de maltodextrinas.

Para o uso do flocos obtido do milho safrinha recomenda-se algumas alterações no processo tradicional de produção de cerveja a fim de aumentar o rendimento mássico e melhorar os aspectos organolépticos da cerveja, como cor, brilho, odor, sabor. Dentre eles podemos listar:

- Dosagem de enzima amilolítica termoestável comercial, se a porcentagem de adjunto for a mesma realizada neste estudo;
- Redução da porcentagem de uso de flocos de milho na produção, até 20% de massa de malte de cevada;
- Realizar decocção do processo para que haja maior tempo de contato das enzimas com o substrato;
- Carbonatar mais a cerveja final a fim de melhorar a refrescância e estabilidade de espuma.

Atualmente, a região Centro-oeste apresenta potencial de suprimento de flocos de milho para todo o mercado cervejeiro. É uma variedade de milho que resiste a seca, para seu desenvolvimento necessita de um índice pluviométrico baixo e apresenta quantidade de folhagem desejada para seu uso em plantio direto de outras culturas. O milho safrinha é cultivado para aumentar a quantidade de palhagem no solo para a posterior plantação de soja. Outras culturas podem ser empregadas como o trigo sarraceno, o sorgo, o triticale, milheto, dentre outros, porém o milho safrinha é o único que é comercializado, mesmo como valor muito baixo de mercado, pois é o que é capaz de fornecer maior palhagem.

Sendo assim, recomenda-se um estudo para o uso de flocos de milho para a produção de cerveja em grandes cervejarias a fim de promover o desenvolvimento

regional da região Centro-oeste. Uma nova produção cervejeira é recomendada, no entanto utilizando como adjunto o milho cultivado em outras regiões brasileiras, para análises físico-químicas e possíveis comparações.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA E SILVA, J.B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas**: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005, cap. 15, p. 347-382.

BRASIL. **Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: 8 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 24, de 08 de setembro de 2005. **Aprova o manual operacional de bebidas e vinagres**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 09 set. 2005b.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. **Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 17, n. 1, p. 19–27, 2014.

BAMFORTH, C., **Beer Tap into the Art and Science of Brewing**, Oxford University Press, 2a Ed., 2003.

BJCP- **Style Guidelines**, 2008. Disponível em: <<http://www.bjcp.org/2008styles/style01.php>> Acesso em: 12 nov. 2016

BRIGGS, D. E. *et al.* **Malting and Brewing Science**. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1995.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C.A.; BROOKES, P.A.; STEVENS, R. **Chemistry of wort boiling**. In: Briggs, D.E.; BROOKES, P.A.; STEVENS, R. *Brewing Science and Practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004 a . cap. 9 p.306- 325.

CARVALHO, L.G. **Dossiê Técnico: Produção de Cerveja**. Rio de Janeiro, REDETEC Rede Tecnológica do Rio de Janeiro, 2007.

CONAB, **Cultura semanal de milho**, nov. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_11_25_08_35_20_conjuntura_semanal_de_milho_14_a_18.pdf> Acesso em: 25 nov 2016.

CONAB, **Perspectivas da Agropecuária** ISSN 2318-3241 Volume 4- Safra 2016/2017 Brasília, v.4, p.1-129, set. 2016 Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_13_09_06_46_perspectivas_da_agropecuaria_2016-17_digital.pdf>. Acesso em: 02 out.2016.

D'AVILA, Roseane Farias *et al.* **Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 8, n. 2, p. 60-68, 2012.

EMBRAPA, **Mais de 90% da cevada plantada no Brasil é resultado da pesquisa nacional**, 2016 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/13242920/mais-de-90-da-cevada-plantada-no-brasil-e-resultado-da-pesquisa-nacional>>. Acesso em: 10 out.2016

GHESTI, G. F.; GUPTA, V. K.; ZEILINGER-MIGSICH, S. ; FERREIRA FILHO, E. X.; DURAN, C. ; PARACHIN, N. S. . **Microbes in Wine and Beer Industries. Microbial Applications: Recent Advancements and Future Developments.**1th ed: Brasilia 2016.

HARDWICK, W.A. (Ed.). **Handbook of brewing.** New York: Marcel Dekker, 1994.

HOUGH, J.S. **Biotenología de la cerveza y de la malta.** Zaragoza: Editorial Acribia, 194p., 1990.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v 1:Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos. São Paulo: IMESP, 3. ed., 1985. p. 171-172.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting.** 2 nd ed. Berlin: VLB, 1999.

LALLEMANDY, **YEAST**, 2015. Disponível em: <http://www.lallemandyeast.com/sites/default/files/pdfs/lallemand_catalog_2015.pdf?download=1> Acesso em: 29 out. 2016.

- MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357p.
- MUNROE, J.H. Fermentation. In: HARDWICK, W.A. (Ed.). **Handbook of brewing**. New York: Marcel Dekker, p.323-362, 1994.
- Narzis, L. **The German beer Law**, J. Inst. Brew., 90: 351-358,1984.
- NELSON. D.L; Cox, M.M; Lehnigher. **Princípios de Bioquímica**; 6th ed, EUA editora Artmed,420p., 2014.
- PALMER, J. J. **How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time**. Brewers Publications, 2006.
- PINHEIRO, Lourenço di Giorgio Silva. **Caracterização e processamento de cevada cultivada no Cerrado brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2016.
- PINTO, L.I.F.; ZAMBELLI, R.A.; JUNIOR dos SANTOS, E.C.; PONTES, D.F. Desenvolvimento de Cerveja Artesanal com Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). Pombal: Revista Verde, v.10, nº4, p. 67-71, 2015.
- PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011, disponível em:**
<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>_Acesso em: 15 set. 2016
- PY-DANIEL, K.R. **Atividades amilolíticas identificadas em bibliotecas metagenômicas da microbiota do solo do cerrado**, Brasília, DF. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 101 p, 2010.
- REINOLD, M.R. **Manual Prático de Cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997. 213p.
- SANTOS, I.J. **Cinética de fermentações e estudo de metabólitos e enzimas intracelulares envolvidas na fermentação alcoólica cervejeira conduzidas com leveduras de alta e baixa fermentação em diferentes composições de mosto**. Viçosa, MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 139p, 2005
- SIMEDLY, S. M;J. Ins Brew; 98; 497,1992

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CERVEJA - **SINDICERV**.

Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

SINDICERV. **Cerveja e Saúde**. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br>>.

Acesso em: 10 ago. 2006.

SLEIMAN, M. *et al.* **Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica**. *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 34, n. 1, p. 163–172, 2010.

TAP INTO YOUR BEER. Disponível em: :

<http://www.tapintoyourbeer.com/become_beermaster.cfm>. Acessado em 09 set. 2016

TROMMER, Michael Walter; DOS REIS COUTINHO, Aparecido. **ACV DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA**. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_187_064_22352.pdf>

Acesso em 8.nov. 2016

TSCHOPE, E.C.; NOHEL, F. **A malteação da cevada**, Vassouras: Senai-RJ 1999, 272p.

TSCHOPE, E.C. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden, 2001. 223p.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. Muris SLEIMAN. **Braz. J. Food Technol**, v. 7, n. 2, p. 145-153, 2004.

WAINWRIGHT, T.; BUCKEE, G. K. **BARLEY AND MALT ANALYSIS—A REVIEW**. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 83, n. 6, p. 325–347, 1977.

