



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ANDERSON FONSÊCA DA SILVA LEMOS

**ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJARIA
NORDESTINA LTDA - MOSSORÓ/RN**

MOSSORÓ/RN

2021

ANDERSON FONSÊCA DA SILVA LEMOS

**ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJARIA
NORDESTINA LTDA - MOSSORÓ/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Rafael Barbosa Rios
Supervisor de estágio: Luana Talita Pereira
de Oliveira – Cervejaria Nordeste LTDA

MOSSORÓ/RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L555a LEMOS, ANDERSON FONSÊCA DA SILVA.
ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DA
CERVEJARIA NORDESTINA LTDA - MOSSORÓ/RN / ANDERSON
FONSÊCA DA SILVA LEMOS. - 2021.
24 f. : il.

Orientador: Rafael Barsosa Rios.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2021.

1. Cerveja artesanal. 2. Cervejaria
Nordestina. 3. Processo produtivo. 4. RN. I.
Rios, Rafael Barsosa, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANDERSON FONSÊCA DA SILVA LEMOS

**ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJARIA
NORDESTINA LTDA - MOSSORÓ/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

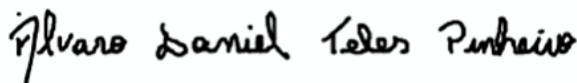
DATA DA APROVAÇÃO: 19 / 11 /2021

BANCA EXAMINADORA

RAFAEL BARBOSA
RIOS:01077828390

Assinado de forma digital por
RAFAEL BARBOSA
RIOS:01077828390
Dados: 2021.11.26 18:53:15
-03'00"

Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios
UFERSA
Presidente



Prof. Dr. Álvaro Daniel Teles Pinheiro
UFERSA
Membro Interno



B.ela Luana Talita Pereira de Oliveira
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e por me ajudar na realização dos meus objetivos, não me permitindo fraquejar nos momentos difíceis. Gratidão aos que mesmo distantes continuam a olhar por mim.

Aos meus pais, D. Maria e Sr. Tonheira, que sempre me ajudaram em tudo que estavam ao seu alcance e por serem meus exemplos. Ao meu irmão André por todas as vezes que me ajudou e os momentos de descontração.

À Patrícia, companheira e amiga, por ser minha confidente e por estar comigo nos bons e maus momentos.

Grato aos meus amigos e colegas da Universidade por compartilharem da luta vivida neste curso. Em especial, a Pedro Carlos, um amigo que a graduação me presenteou. Aos demais amigos que de forma direta ou indireta torcem, convivem e me ajudam.

À Daniel pela ajuda e pelos momentos de descontração vividos durante a realização do estágio.

Ao meu professor e orientador, Rafael Barbosa Rios por ter aceitado orientar o estágio e o trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a Cervejaria Nordestina pela oportunidade de estágio, em especial, à minha supervisora Luana Talita por ter acreditado em mim e por toda a aprendizagem.

À banca examinadora, Prof. Dr. Álvaro Daniel Teles Pinheiro por ter aceitado ao convite e pelas contribuições oferecidas de forma a contribuir a este relatório.

RESUMO

A cerveja é uma bebida obtida pelo malte de cerveja, água, juntamente com a fermentação alcoólica do mosto e a adição do lúpulo. O mercado cervejeiro é um dos que mais empregam no país e está em constante crescimento, expansão essa que também se aplica as cervejas artesanais. Essas cervejas chamam atenção devido a sua maior qualidade em comparação à cerveja convencional, produzida industrialmente em larga escala. A Cervejaria Nordestina, localizada em Mossoró-RN foi fundada em 2019 e preza pela excelência dos seus produtos, como também busca trazer o valor regional agregado à marca. Assim, se faz necessário um acompanhamento do processo produtivo com o objetivo de monitorar as principais etapas, para posteriores sugestões de melhorias no processo. O estágio realizado se mostrou de suma importância para a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o período da graduação em Engenharia Química. A Cervejaria Nordestina possibilitou a observação e acompanhamento de todas as etapas do processo produtivo que foram descritas no presente trabalho.

Palavras-chave: Cerveja artesanal; Cervejaria Nordestina; Processo produtivo; RN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do processo fermentativo (adaptado de Pinheiro, 2015)	7
Figura 2 - Etapas do processo de produção da Cervejaria Nordestina	15
Figura 3 - Moinho de rolos.....	16
Figura 4 - Tinas utilizadas na brassagem	16
Figura 5 - Filtros utilizados para a remoção de impurezas	17
Figura 6 - Chillers de aço inox e alumínio utilizados na etapa de resfriamento do mosto	19
Figura 7 - Fermentador de 250 L utilizado no processo fermentativo.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBU - International Bitter Unit

DMS - Dimetilsulfureto

SMM - S-metilmetionina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 Fermentação Alcoólica.....	7
2.2 Tipos de cerveja	8
2.3 Matérias primas.....	8
2.3.1 Água	8
2.3.2 Malte de cevada.....	9
2.3.3 Lúpulo.....	9
2.3.4 Levedura	10
2.3.5 Adjuntos.....	10
2.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL	10
2.4.1 Moagem	10
2.4.2 Mosturação.....	11
2.4.3 Filtragem e Lavagem.....	12
2.4.4 Fervura.....	12
2.4.5 Resfriamento do mosto.....	13
2.4.6 Aeração do Mosto Frio	13
2.4.7 Fermentação	13
2.4.8 Maturação	14
2.4.9 Envase.....	14
3 ATIVIDADES REALIZADAS	15
4 SUGESTÕES DE MELHORIAS	20
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a lei nº 8.918 de 14 de julho de 1994, a cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto, originado do malte de cevada e água potável, devido a ação da levedura, com adição de lúpulo (BRASIL, 2009).

Pouco se conhece sobre quando o homem começou a utilizar bebidas fermentadas. Evidências indicam que a cerveja já era fabricada na Babilônia a 6000 anos antes de Cristo (VENTURINI FILHO, 2016). Na antiguidade, a bebida teria se difundido ao lado de plantações de milho, centeio e cevada (MEDEIROS, 2017).

Com o passar do tempo, o setor cervejeiro se tornou um dos que mais empregam no país, com uma média de 2,7 milhões de empregos e com uma base de faturamento de 107 bilhões por ano (CERVBRASIL, 2017). Crescendo continuamente nesses últimos 10 anos, o mercado cervejeiro se manteve em crescimento durante o ano pandêmico de 2020 (MAPA, 2021).

O mesmo pode ser dito para o mercado de cervejas artesanais. Espera-se que esse segmento alcance cerca de US\$ 502,9 bilhões no mercado global até 2025 (SIMMMEB, 2020). Esse segmento segue em expansão no Brasil, chegando a crescer 64% nessa última década, e representando 20% do mercado nacional da bebida (SEBRAE, 2019).

As cervejas artesanais, também conhecidas como cervejas gastronômicas, são produtos que possuem uma maior qualidade e maior valor agregado, apresentando diferentes formulações e processos utilizados na grande indústria. É produzida em uma menor escala, sendo direcionado para um público mais exigente na seleção da matéria-prima, como também a valorização da cultura e características regionais (TOZETTO, 2017).

A produção de cerveja artesanal requer cuidados em todo o processo produtivo para a obtenção de um produto de qualidade, que é um dos principais pilares dessa bebida. Quando se trata de representante de produção de cerveja artesanal e valorização regional no Rio Grande do Norte, podemos citar a Cervejaria Nordeste, fundada no ano de 2019 e atuante no mercado até os dias atuais. Com base nisso, o objetivo deste trabalho é apontar e descrever todo o processo de produção das cervejas dessa empresa. Adicionalmente, espera-se monitorar as principais etapas do processo de fabricação da cerveja artesanal para identificar gargalos nas etapas do processo e propor melhorias.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fermentação Alcoólica

Para que exista vida, os seres vivos têm a necessidade de uma fonte de energia. Em alguns casos, certos microrganismos utilizam de processos fermentativos para a obtenção dessa energia, onde alguns desses empregam a fermentação alcoólica (SILVA; SILVA, 2010).

Segundo Lima *et al.* (2001), a fermentação é um processo regular a todos os substratos açucarados, onde o princípio é transformar açúcares em etanol (C_2H_6O) e dióxido de carbono (CO_2). Lima *et al.* (2001) ainda reporta que a via fermentativa é a maneira mais importante e econômica para obtenção de álcool etílico no Brasil. Isso ocorre devido a grande disponibilidade de matérias-primas naturais existentes. A fermentação alcoólica se divide em três fases: preliminar, tumultuosa e complementar. (GÓES-FAVONI, 2018).

Para que o processo produtivo do etanol seja economicamente viável, é necessário que se tenha cuidados específicos em cada etapa de produção. No processo fermentativo, deve-se garantir que a fonte de substrato (mosto) seja preservada nas melhores condições físico-químicas possíveis, de modo a favorecer os microrganismos (VANZELLA *et al.*, 2014).

Além disso, de acordo com Pinheiro (2015), o processo produtivo pode ser resumido a partir do exposto na Figura 1.

Figura 1 - Etapas do processo fermentativo (adaptado de Pinheiro, 2015)



Fonte: Pinheiro, 2015.

De forma geral, os microrganismos de gênero *Saccharomyces* são os mais utilizados nos processos fermentativos alcoólicos. As leveduras são seres facultativos,

realizando a respiração pelo metabolismo aeróbico, apresentando água (H₂O) e dióxido de carbono (CO₂) como produtos resultantes, e também pelo metabolismo anaeróbico, produzindo etanol e CO₂, além de subprodutos (VENTURINI FILHO, 2016).

2.2 Tipos de cerveja

Relacionado ao processo fermentativo, a cerveja pode ser classificada como sendo de baixa fermentação (Lager), ou como de alta fermentação (Ale). Os termos alta e baixa fermentação referem-se a temperatura em que o processo ocorre, bem como também a ação da levedura no processo fermentativo. As leveduras ales atuam na parte superior do mosto, já as lagers atuam na parte inferior. Os microrganismos utilizados nas duas classes de cerveja são diferentes. Cepas de *Saccharomices cerevisiae* são utilizadas em cervejas de alta fermentação, enquanto a espécie *Saccharomices uvarum* são aplicadas em cervejas de baixa fermentação (AQUARONE *et al.*, 2001).

De acordo com Venturini Filho (2016), as cervejas ainda podem ser classificadas:

- Quanto ao extrato primitivo;
- Quanto à cor;
- Quanto ao teor alcoólico;
- Quanto à quantidade de malte de cevada utilizado.

2.3 Matérias primas

2.3.1 Água

Á água é vista como elemento essencial para a produção da cerveja, chegando a cerca de 92% da composição da bebida. Quando utilizada na produção da bebida, a água deve ser filtrada, livre de impurezas, sem cloro, cheiro ou sabor (TOZETTO, 2017). Além de atender os requisitos de potabilidade, a água deve apresentar características específicas que influenciam no pH desejável, na extração de princípios amargos e aromáticos do lúpulo, como também na cor, no sabor e aroma da cerveja fabricada (AQUARONE *et al.*, 2001).

A dureza e alcalinidade residual são propriedades que requerem atenção na produção da cerveja artesanal. Esses parâmetros definem o perfil da água, que está relacionado com a composição de sais minerais dissolvidos nessa matéria-prima (DINSLAKEN, 2015). Vale salientar que as cervejarias necessitam da água para a

produção da bebida, mas como também para a limpeza dos equipamentos e para uso geral (SALIMBENI; MENEGUETTI; ROLIM, 2016).

2.3.2 Malte de cevada

O malte é definido por Aquarone *et al.* (2001) como “o produto da germinação controlada de semente da cevada”. O processo de malteação (germinação) ocorre quando o malte é submetido a umidade, temperatura e aeração especiais, onde o grão sofre modificações físicas, químicas e biológicas.

A maltagem tem como finalidade fundamental elevar o conteúdo enzimático dos grãos dos cereais, aumentando o poder diastático através da síntese da amilase, proteases, glucanases, etc (Aquarone *et al.*, 2001).

Segundo (UFRS), o processo de malteação se divide nas seguintes etapas:

- Classificação e limpeza dos grãos;
- Maceração;
- Germinação;
- Secagem.

O cereal germinado tem como principal função fornecer açúcar para a fermentação da cerveja. A cevada é amplamente utilizada para a obtenção do malte devido ao seu alto teor de amido, pela quantidade de proteínas para nutrir a levedura e por serem facilmente maltadas, sendo responsável também por dar sabor e cor a bebida (Aquarone *et al.*, 2001).

2.3.3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma planta diódica, apresentando flores masculinas e femininas em indivíduos diferentes. As flores femininas ou as frutas delas são ricas em glândulas amarelas contendo lupulinas (óleos essenciais, resinas), sendo responsáveis pelo aroma e amargor característicos dos lúpulos nas cervejas (Aquarone *et al.*, 2001).

Os lúpulos são comercializados no mercado tanto na forma de flor, como também no formato de *pellets*, *plugs* e extratos. Além do aroma e sabor, o lúpulo atua como um conservante por apresentar ação antisséptica, uma vez que os ácidos iso-alfas, obtidos pela isomeração das moléculas de alfa ácidos possuem características bacteriostáticas (Aquarone *et al.*, 2001; LOPES, 2021). A unidade de amargor da cerveja é denominada

International Bitterness Unit (IBU). Quanto maior a unidade do IBU, mais amarga a cerveja é. A quantidade de lúpulo utilizada na produção da bebida vai depender do tipo de cerveja a ser produzida (TOZETTO, 2017).

2.3.4 Levedura

A levedura é o principal ingrediente na transformação do mosto em cerveja, sendo responsável pela conversão do açúcar presente no mosto em álcool e dióxido de carbono, gerando também subprodutos como cetonas, ésteres, ácidos orgânicos e outras substâncias (Aquarone *et al.*, 2001).

As leveduras são fungos, apresentando-se normalmente como seres unicelulares, onde a reprodução ocorre através de brotamento. Essa matéria-prima, também chamada genericamente por “fermento”, trabalha em condições aeróbicas e aeróbicas, transformando a glicose em água e CO₂ e em álcool e CO₂, respectivamente (Aquarone *et al.*, 2001).

2.3.5 Adjuntos

São definidos como carboidratos não maltados que são utilizados na complementação ou suplementação do malte de cevada, sendo considerados também como fontes não maltadas de açúcares fermentescíveis (VENTURINI FILHO, 2016).

Os adjuntos podem ser implementados nos processos com a finalidade de atribuir características como sabor, aroma, cor e a espuma da cerveja. Também pode ser utilizada para reduzir os custos da produção (ALVES, 2017).

2.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL

2.4.1 Moagem

A Moagem é o processo onde ocorre a esmagamento do malte. A casca do grão deve ser quebrada longitudinalmente, deixando exposto o endosperma. Esse tecido vegetal deve ser triturado para facilitar a ação das enzimas durante o processo de mosturação (Aquarone *et al.*, 2001).

Essa etapa deve ser controlada, uma vez que uma moagem com granulometria influencia na eficiência na extração de açúcares e na filtração. Partículas muito grandes fazem com que o processo de mosturação apresente boa fluidez nas correntes e uma

melhor filtração, mas, a eficiência da conversão do amido em açúcares é prejudicada. Já nas partículas menores, tem-se uma melhor extração, mas, o processo de filtração é afetado, tornando-se lento (PALMER, 2006).

2.4.2 Mosturação

A mosturação tem como objetivo promover a hidrólise do amido e a dissolução das substâncias presentes no malte. Nesse processo se tem a ativação das enzimas que dependem da temperatura, do tempo e do pH do meio em que estão operando (CARVALHO, 2007). As enzimas, as temperaturas e pH ótimos estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1-Temperatura e pH de atuação das enzimas

Enzimas	Temperatura ótima (°C)	pH ótimo
β -glucanase	35-45	4,5-5,5
Peptidase	45-55	4,6-5,3
Protease	45-55	4,6-5,3
Dextrinase	55-60	5,1
β -amilase	55-65	5,0-5,5
α -amilase	67-72	5,3-5,7

Fonte: Palmer, 2006.

A mosturação é realizada através de aumentos de temperatura que se sucedem por intervalos de estabilização, fazendo com que a enzima alvo tenha tempo para atuar na sua faixa ótima de temperatura (OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015). Esses intervalos também são conhecidos como rampas de temperatura (PELLEGRIM; PROENÇA; JESUS, 2017).

Durante o tratamento enzimático, as enzimas Alfa e Beta-amilase rompem o amido, que é um polímero natural formado uma um conjunto de glicose (OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015). Durante a produção do mosto, acontece primordialmente os processos de degradação do amido, das β -glucanas e das proteínas, sendo o amido degradado em açúcares fermentáveis (COSTA, 2014).

A degradação do amido ocorre tem três etapas: gelatinização, liquefação e sacarificação. A sacarificação compreende a degradação completa do amido em maltose,

maltotriose, glucose e dextrinas através da quebra das cadeias de amilopectina e amilose (COSTA, 2014). Após a sacarificação completa do amido, o mosto deve ter sua temperatura elevada até 76 °C por cerca de 10 a 15 minutos em um processo conhecido como *mash out*, onde ocorre a inativação das enzimas (MEDEIROS, 2016).

2.4.3 Filtragem e Lavagem

A clarificação tem início com o final do processo de *mash out*, ocorrendo a partir de um processo de recirculação. A casca do malte forma uma camada filtrante (torta) no fundo da tina de mosturação. A torta é responsável pela retenção de partículas em suspensão, assim, acaba filtrando o mosto. Essa etapa é realizada até que o mosto esteja filtrado/clarificado (VENTURINI FILHO, 2016).

É importante que se obtenha um mosto o mais clarificado possível, uma vez que a turvação excessiva pode acarretar em perda do mosto, atrapalhar o andamento da fermentação/maturação, a estabilidade no paladar e a perda de amargor na cerveja (CARVALHO, 2007). Enquanto o mosto filtrado é transferido para o tanque de fervura, a água é adicionada sobre a torta de malte com a finalidade de extrair a maior quantidade de açúcares possíveis em um processo chamado de lavagem. É importante que a torta não seja exposta ao ar, o que pode acarretar na oxidação do mosto (VENTURINI FILHO, 2016; DINSLAKEN, 2015).

2.4.4 Fervura

Segundo Venturini Filho (2016), a fervura tem como finalidade a esterilização do mosto, a inativação enzimática, coagulação protéica, evaporação de compostos aromáticos indesejáveis, formação de substâncias que agregam ao sabor e ao aroma, bem como também a extração de compostos amargos e aromáticos do lúpulo e a correção da densidade do líquido. Essa etapa pode durar entre 45 a 120 minutos. Referente a volatilização de substâncias indesejadas, se faz necessário no mínimo 30 minutos do processo (VENTURINI FILHO, 2016; OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015).

Como tido anteriormente, a lupulagem ocorre durante a fervura. O tempo em que o lúpulo será adicionado durante a ebulição vai depender do sabor e do aroma que se quer proporcionar ao produto final. Os lúpulos são adicionados nessa etapa devido a isomeração dos alfas ácidos e iso-alfa-ácidos e isso ocorre por volta de 100 °C (OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015).

A fervura também é responsável pela formação do *trub*, que são taninos coagulados com polifenóis, substâncias insolúveis provenientes do lúpulo e resíduos insolúveis da fervura em geral. A remoção desse *trub* contribui significativamente para a estabilidade da cerveja e da espuma, além de garantir o sabor e a cor desejada (PALMER, 2006). Ao final da fervura, é realizado um redemoinho (*whirlpool*) que fará com que os sólidos em suspensão sejam atraídos para o centro da tina de fervura, onde ocorre a formação *trub* quente (VENTURINI FILHO, 2016).

2.4.5 Resfriamento do mosto

Etapas que sucedem a fervura, o resfriamento do mosto deve ser realizado rapidamente com a finalidade de evitar a contaminação por microrganismos e a formação de DMS (Dimetil Sulfeto). O DMS proporciona um sabor de vegetal, de milho ou repolho cozido, sendo considerado um sabor indesejado (off-flavor). Esse composto é evaporado durante a fervura, mas, se o resfriamento não apresentar boa eficiência, o DMS pode ser formado pela decomposição do SMM (S-metilmetionina), seu precursor biologicamente inativo (OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015; VENTURINI FILHO, 2016).

Além desses papéis, o resfriamento do mosto faz com que o mosto fique menos turvo, proporcionando a decantação de proteínas oriunda do choque térmico no processo (ALVES, 2017).

2.4.6 Aeração do Mosto Frio

A aeração do mosto é muito importante. Boa parte do oxigênio evapora no processo de fervura, sendo que as leveduras necessitam desse gás para obterem uma boa multiplicação celular, necessitando de 8 a 10 mg de O_2 / L. O oxigênio deve ser implementado na solução através de bolhas pequenas, aumentando assim a superfície de contato entre o gás e o líquido e diminuindo o tempo de saturação. Depois da aeração, o mosto está preparado para a etapa de fermentação. Vale salientar que essa é a única etapa onde o O_2 é benéfico (CARDOSO, 2017; OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015).

2.4.7 Fermentação

A fermentação é o ponto central da produção da bebida alcoólica, onde os açúcares fermentescíveis são convertidos primordialmente em etanol e dióxido de carbono. O processo é iniciado pela inoculação ou *pitching*, que se refere a quantidade de levedura a

ser adicionada ao mosto. Um inóculo com baixa quantidade de leveduras pode levar a uma lentidão nas etapas iniciais do processo, já uma inoculação com uma grande quantidade de microrganismos pode acarretar em uma competição por nutrientes, levando a um baixo crescimento microbiano e a uma produção acentuada de ésteres (CARDOSO, 2017; OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015).

Nessa etapa é de suma importância manter o controle da temperatura, uma vez que variações nesse parâmetro podem gerar sabores desagradáveis ou comprometer os ciclos do processo de fermentação (MEDEIROS, 2016).

As fermentações das cervejas tipo “Ale” (de alta fermentação) devem trabalhar em uma temperatura de 15 a 23 °C. Já as fermentações do tipo “Lager” (de baixa fermentação) operam a temperatura de 8 a 15 °C (COSTA, 2013).

2.4.8 Maturação

A fermentação descrita na etapa anterior é chama de primária, onde o produto ainda se encontra “verde”, apresentando turbidez e com aroma e sabor inferior ao de uma cerveja pronta, necessitando de uma etapa de refino (OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015).

A maturação, ou fermentação secundária da essa característica de refino ao produto final. A levedura ainda presente na cerveja utiliza uma quantidade de carboidratos fermentescíveis que ainda estão presentes na cerveja, além de eliminar algumas substâncias indesejadas como o diacetil. Esse processo pode levar de 6 a 30 dias a uma temperatura entre 0 a 5 °C, dependendo da cepa de leveduras utilizadas e do perfil pessoal do mestre cervejeiro. Finalizada o período de maturação, o produto está com aroma e sabor definido (CARDOSO, 2017; ALVES, 2017).

Dependendo do estilo da cerveja, a etapa de maturação pode ser realizada juntamente com uma técnica onde o lúpulo é utilizado a frio, chamada de *dry-hopping*, onde tal matéria-prima é adicionada à cerveja que está maturando para conferir aroma e sabores característicos (QUELHAS, 2017).

2.4.9 Envase

O envase é o procedimento onde há o engarrafamento ou embarrilamento do produto com o auxílio de envasadoras ou máquinas de embarrilamento. Nessa etapa é necessário a higienização e sanitização dos materiais com a finalidade de evitar

contaminações, sendo esse o principal fator para um envasamento bem realizado (VENTURINI FILHO, 2016; ALVES, 2017; OLIVEIRA; ARAÚJO; SERRANO, 2015). Após envasada, a cerveja necessita ser carbonatada. Pode-se adicionar CO₂ de forma forçada, utilizando cilindros contendo o gás puro. Outra possibilidade é a realização do *priming*, que é a técnica onde ocorre uma nova fermentação pela adição de mais açúcares no recipiente onde a bebida foi envasada (DINSLAKEN, 2015).

3 ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o período do estágio foram realizadas todas as atividades do processo de produção da cerveja artesanal. A Figura 2 mostra as etapas produtivas efetuadas.

Figura 2 - Etapas do processo de produção da Cervejaria Nordeste



Fonte: Autoria Própria.

O processo da brassagem se inicia com a redução dos grãos do malte. Nessa etapa, utiliza-se um moinho com dois rolos (Figura 3).

Figura 3 - Moinho de rolos



Fonte: Autoria Própria.

O local da brassagem é equipado com três panelas. A panela 1 contém um fundo falso, recebendo o malte moído. A segunda panela comporta a água utilizada no processo de mosturação. Já a panela 3 tem a finalidade inicial de conter a água aplicada na lavagem dos grãos. A Figura 4 mostra a configuração das tinas utilizadas nos processos.

Figura 4 - Tinas utilizadas na brassagem



Fonte: Autoria própria.

A água utilizada na brassagem passa por um sistema de 3 filtros: um filtro de carvão ativado para adsorção de impurezas e dois filtros do tipo plissado, que possuem como função a retenção de pequenas partículas, elementos tóxicos, poeira, entre outros. A configuração dos filtros montados em série pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 - Filtros utilizados para a remoção de impurezas



Fonte: Autoria Própria.

Dependendo do estilo produzido, a água de mosturação tem a quantidade de sais reajustada com a finalidade de deixar a água em níveis adequadas para o processo. Também é realizada a correção do pH das águas dispostas nas painéis 2 e 3, variando de acordo com o estilo da cerveja a ser produzida, onde o valor ideal varia entre (5,3 - 5,6).

A segunda etapa do processo de brassagem se inicia com o aquecimento da água presente na segunda panela entre 50 até 70 °C. A temperatura pode variar dependendo do estilo de cerveja que será produzida, podendo assim, haver variações nas rampas de temperatura durante o processo de mosturação. Isso leva o mosto a apresentar características intrínsecas ao tipo de cerveja, que também pode apresentar mais de uma parada em uma dada temperatura.

Atingida a temperatura ideal da água de mosturação, a bomba que está interligada às três tinas, com o auxílio das mangueiras atóxicas, é acionada, transportando o líquido para a panela 1, que irá conter o malte. Após a água cobrir o fundo falso do recipiente, o malte é adicionado lentamente com a finalidade para não se ter a formação de aglomerados do substrato. Após a arriada total do malte, a temperatura da panela é conferida através de um termômetro acoplado na própria panela.

A temperatura da água de mosturação é ajustada de forma manual, através de um sistema que utiliza gás GLP para o aquecimento. Ajustada a temperatura da rampa, tem-se o início do tratamento enzimático que dura cerca de 60 minutos. Esse é o tempo necessário para que haja a conversão total do amido presente no meio em açúcares fermentescíveis.

O processo de filtragem é realizado em conjunto ao processo de mosturação, onde o líquido sai da panela 2 até a panela 1, percorre a torta de malte e cai por gravidade na própria panela 2, fazendo com que o mosto seja filtrado pelo fundo falso da panela e pela

camada formada pelas cascas do malte enquanto ocorre o processo de sacarificação.

A confirmação do processo de conversão total do amido é dada através do teste do iodo. Constatado o final do tratamento enzimático, tem-se início a um aquecimento para o *Mash out*, processo onde ocorre a desnaturação das enzimas, interrompendo a quebra de açúcares complexos que são desejáveis na cerveja. Tal etapa ocorre a 76 °C por 10 minutos.

Finalizado a etapa anterior, tem-se o início da lavagem dos grãos para extrair o máximo de açúcares. A água utilizada na lavagem sai da panela 3 e, com o auxílio da bomba, lava a torta de malte na panela 1. Forma-se então um mosto primário que é alocado no tanque 2 e um mosto secundário que é obtido a partir do processo de lavagem que é transportado para o tanque 3. À medida que o tanque 3 é preenchido com o mosto secundário, as válvulas que ligam o tanque 2 e 3 são abertas, ocorrendo a transferência do mosto primário para a panela 3 através do princípio dos vasos comunicantes, assim, misturando os mostos com a finalidade de equilibrar suas densidades.

Com o término do processo de lavagem, tem-se início ao aquecimento para a fervura. A fervura ocorre por cerca de 45 a 130 minutos. Durante essa etapa se tem a adição dos lúpulos intrínsecos a cada cerveja, onde também se pode ter a adição de especiarias.

Passado o tempo da fervura, realiza-se um redemoinho com o auxílio de uma colher cervejeira para ajudar na decantação de proteínas, lúpulo e outros compostos que não são interessantes serem trasfegados para o fermentador. Feito o redemoinho, tem-se um tempo entre 10 a 20 min para que o processo de decantação ocorra.

O resfriamento é a última etapa realizada antes do mosto ir para o fermentador. Aqui, utiliza-se uma configuração de *chillers* de imersão que são introduzidos dentro das panelas contendo o mosto fervido. A água armazenada em caixas d'água são utilizadas como fluido frio, onde o transporte e velocidade que a água percola dentro dos *chillers* advém da pressão que o líquido recebe na própria caixa d'água. A Figura 6 mostra os *chillers* utilizados nessa etapa.

Figura 6 - Chillers de aço inox e alumínio utilizados na etapa de resfriamento do mosto



Fonte: Autoria Própria.

O mosto é transportado até o fermentador de 250 L quando apresenta uma temperatura de 40 a 50 °C. O restante do processo de resfriamento é realizado pela câmara fria que possui um controlador, onde é ajustada a temperatura de fermentação que varia dependendo se a cerveja produzida é uma Ale ou uma Lager. O fermentador é apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Fermentador de 250 L utilizado no processo fermentativo



Fonte: Autoria Própria.

Para se dar início ao processo fermentativo, duas etapas são realizadas no dia seguinte: A aeração do mosto e adição das leveduras. O oxigênio é adicionado de maneira forçada, onde utiliza-se um cilindro, juntamente com uma mangueira e um conector

acoplado ao fermentador. Já as leveduras passam por um *starter*, onde utiliza-se água filtrada e totalmente esterilizada através de fervura para hidratar os microrganismos. As leveduras são adicionadas em um frasco sanitizado, juntamente com a água com a finalidade de aumentar a seletividade e, conseqüentemente, aumentar a quantidade de células viáveis dentro do meio.

Finalizada a etapa de fermentação, onde o tempo pode variar dependendo da cerveja que está sendo produzida, realiza-se a purga de sedimentos que estão contidos dentro da cerveja (levedura e impurezas). Esses sedimentos são retirados pelo fundo do fermentador, auxiliando na qualidade da cerveja. As leveduras são descartadas no processo.

A próxima etapa é a do refino da cerveja no processo de maturação. Nessa etapa a cerveja pode receber mais lúpulo no processo de *Dry-Hop* e também especiarias. Após a finalização desse processo, onde o tempo pode variar dependendo do tipo de cerveja produzida, tem-se o envase do produto em barris de inox de 30 a 50 L. O produto flui do fermentador até o barril devido a ação gravitacional. Com o produto envasado, realiza-se a carbonatação por pressão para a gaseificação, etapa essa que dura entre 2 e 3 dias.

Para finalizar o processo produtivo, a cerveja é envasada em garrafas com o auxílio de uma envasadora de um bico em um sistema a contrapressão, que faz a cerveja fluir do barril até a garrafa.

4 SUGESTÕES DE MELHORIA

No decorrer do período de realização do estágio, algumas informações foram coletadas através da observação *in loco*, tornando-se úteis para a prevenção de problemas, bem como um melhor aproveitamento de recursos e uma diminuição nos custos do processo produtivo, como as sugestões citadas a seguir:

- Adicionar um “chuveiro” *sparge* de inox que ajudaria na distribuição do líquido sem formação de caminhos preferenciais, tendo em vista que a tina onde é realizada a mosturação, não permite que o líquido caia de forma linear e uniforme sobre a torta de grãos de malte.
- Realizar o reaproveitamento das leveduras de forma a impactar nos custos e em possíveis impactos ambientais. Se faz necessário um estudo microbiológico em relação as células viáveis, como também em relação ao desempenho das mesmas em relação ao teor alcoólico.

- Realizar o reaproveitamento da água utilizada no resfriamento, onde essa água possa ser armazenada em tanques para utilização de modo geral na empresa.
- Trocar o sistema de gás utilizado no processo de brassagem por uma panela elétrica, onde o mosto seria esquentado por uma resistência. O novo método tornaria os processos mais simples, podendo ser implementado um controle de temperatura, automatizando o processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período em que o estágio foi realizado, foi possível acompanhar todo o processo de produção das cervejas artesanais. Observou-se o quão é importante entender como as etapas de produção funcionam, bem como a sinergia entre as mesmas para que se possa obter um produto com a qualidade que é exigida pelo mercado consumidor, que ao passar dos anos se torna mais exigente, diante da atual acessibilidade do consumidor a variados produtos deste mesmo segmento.

Em prol disso, o estágio realizado na Cervejaria Nordestina, localizada no município de Mossoró-RN se mostrou muito rico em conhecimento para o aluno, onde foi possível a aplicação e aprimoramento de conhecimentos teóricos obtidos durante a graduação em Engenharia Química. Além da parte acadêmica, os âmbitos interpessoais e profissionais foram de grande importância.

Por fim, foi possível observar e participar ativamente das etapas que compõem o processo produtivo da cerveja artesanal na Cervejaria Nordestina, de modo a atingir o objetivo do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ALIMBENI, Juliana Faria; MENEGUETTI, Mariana Pereira Devolio R. R. D.; ROLIM, Tatiana Ferretti. **Caracterização da água e sua influência sensorial para produção de cerveja artesanal**. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade São Francisco, Campinas, 2016.

ALVES, Alanderson Arthur Araújo. **Estudo do processo fermentativo da cerveja artesanal com polpa de fruta desidratada**. 2017. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido,

Angicos, 2017.

AQUARONE, Eugênio *et al.* **Biotecnologia Industrial**: biotecnologia na produção de alimentos. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2001. 4 v.

BRASIL. **Lei nº 8918, de 14 de julho de 1994**. Padroniza, classifica, registra e inspeciona, a produção e a fiscalização de bebidas (Revogado pelo Decreto 6871 de 4 de junho de 2009). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2009.

CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico: **Produção de Cerveja**. Rio de Janeiro, REDETEC Rede Tecnológica do Rio de Janeiro, 54 p., 2007.

CERVBRASIL. **Dados do setor cervejeiro nacional**. 2017. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/. Acesso em: 05 nov. 2021.

COSTA, M. I. C. R. **Implementação e validação da nova sala de brasagem: Caso de estudo desenvolvido na Sociedade Central de Cervejas e Bebidas**. 2014. 76p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

DINSLAKEN, DANIEL. **Manual do cervejeiro caseiro: Um guia completo para iniciantes**. CONCERVEJA - Congresso nacional de cerveja. 2ª Edição. 2015.

GÓES-FAVONI, Silvana Pedroso de; MONTEIRO, Anne Caroline Cardoso; DORTA, Claudia; CRIPPA, Mariele Gonçalves; SHIGEMATSU, Elke. Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 285-296, 23 maio 2018. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2018.004.0023>.

LIMA, Urgel de Almeida *et al.* **Biotecnologia Industrial**: processos fermentativos e enzimáticos. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2001. 3 v.

LOPES, Paula França Nascimento. **Produção artesanal de cerveja premium lager**

com adição da polpa de abacaxi. 2021. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

MAPA. Com crescimento de 14,4% em 2020, número de cervejarias registradas no Brasil passa de 1,3 mil. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil>. Acesso em: 04 nov. 2021.

MEDEIROS, Augusto Francisco. **GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADE ARTESANAL DE PRODUÇÃO DE CERVEJA.** 2017. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MEDEIROS, Vlagner Chaves. **Obtenção de cepas a partir de frutas regionais objetivando a produção de cerveja aromatizada.** 2016. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

OLIVEIRA, Caio Jacques Alpino de; ARAÚJO, Felipe de Castro; SERRANO, Helena Lobato. **Estudo do uso de adjuntos em mosto cervejeiro.** 2015. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

PALMER, J. J. **How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time.** Brewers Publications, 2006.

PELLEGRIM, Caio Cesar; PROENÇA, Letícia Brizolla; JESUS, Victor Evangelista de. **Panela com Controle de Temperatura para Etapa de Brassagem da Fabricação de Cerveja Artesanal.** 2017. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

PINHEIRO, Alvaro Daniel Teles. **VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO SUCO DE CAJU POR *Saccharomyces cerevisiae* FLOCULANTE.** 2015. 182 f. Tese

(Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

QUELHAS, João Olavo Figueiredo. **Avaliação do processo de dry-hopping durante a maturação de cervejas artesanais**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2017.

SEBRAE. **O lucrativo mercado da cerveja**: saiba como empreender com sabor. saiba como empreender com sabor. 2019. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-lucrativo-mercado-da-cerveja-saiba-como-empreender-com-sabor,e124e4f7f4619610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 04 nov. 2021.

SILVA, Sandro do Nascimento; SILVA, Carlos Roberto Rosa. **Técnico em Alimentos: Bioquímica**. Recife: Ufrpe, 2010.

SIMMMEB. **O mercado de cervejas artesanais**: no brasil e em santa catarina. no Brasil e em Santa Catarina. 2020. Disponível em:

<https://simmmebnegocios.com.br/images/simmmebnegocios.com.br/noticias/OMercadoDeCervejasArtesanais.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021

TOZETTO, Luciano Moro. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL ADICIONADA DE GENGIBRE (Zingiber officinale)**. 2017. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

VANZELLA, Edson et al. **Processo fermentativo na indústria sucroalcooleira**. 2014. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/9627/7065>. Acesso em: 01 nov. 2021.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas alcoólicas**: ciência e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2016.