

Produção de uma cerveja avermelhada e levemente adocicada

Relatório Final apresentado à comissão de avaliação do Projeto Integrador I do trimestre 2017.2 como parte integrante da terceira avaliação das disciplinas Mecânica de Fluidos I, Transferência de Calor I e Tecnologia de Processos Químicas pelos discentes Andresa Oliveira Tavares Lima, Daniele Albertazzi Faria Souza, Gabriel Dultra Lima, Iago Pereira Fernandes Santos, Jonatas de Oliveira Souza Cavalcante e Pedro Henrique Pereira Quaglio.

Salvador, 21 de agosto de 2017

Andresa Oliveira Tavares Lima

Danielle Albertazzi Faria Souza

Gabriel Dultra Lima

Iago Pereira Fernandes Santos

Jonatas de Oliveira Souza Cavalcante

Pedro Henrique Pereira Quaglio

Luzia Aparecida Tofaneli

Agradecemos primeiramente a nossa orientadora Luzia Tofaneli por todo o apoio dado ao projeto, a todos os coorientadores pelo auxílio nas diversas etapas de realização, a Lucio Sarrizo por toda a disponibilidade de material para a nossa produção, a Paulo Roberto, que ajudou no desenvolvimento da nossa logomarca, a Turan Dias, que auxiliou no dimensionamento do agitador, a Alan Reis, que ajudou muito no desenvolvimento da receita e a João Dionísio que forneceu todas as impressões necessárias relativas ao relatório final. Agradecemos também ao Senai – CIMATEC pelo suporte na utilização de alguns equipamentos utilizados na produção.

Resumo

De acordo com o atual crescimento das cervejarias artesanais, bem como a problemática apresentada a Cervejaria OXeNTe, foi desenvolvida uma nova receita de cerveja avermelhada e levemente adocicada que atende a grande parte do público segundo pesquisas de opinião. O processo de produção da cerveja foi idealizado e concretizado de maneira a instrumentalizar as principais etapas de produção, como o controle de temperatura durante a mostura, e a higienização do processo de acordo com o regimento desenvolvido para a empresa. Para atingir o objetivo determinado (cerveja avermelhada e levemente adocicada) foram realizadas duas produções, sendo a primeira um teste para aquisição de conhecimentos acerca do processo cervejeiro em si, e a segunda para realizar, de fato, uma produção passível de comercialização. A cerveja foi obtida com sucesso, com um rendimento de 91,4 % com um teor alcoólico de 4,73 %, realizando testes de viscosidade e pH, além da produção de curvas de temperatura do processo e utilização de refratômetro para medição de teor de açúcares.

Abstract

According to the current growth of artisanal breweries, as well as the problem presented to the OXeNTe Brewery, a new recipe of reddish and slightly sweet beer was developed that serves the majority of the public according to opinion surveys. The beer production process was designed and implemented in such a way as to instrumentalize the main stages of production, such as the temperature control during the brewing, and the hygiene of the process according to the regiment developed for the company. In order to reach the determined objective (reddish and slightly sweet beer) two productions were made, the first one being a test to acquire knowledge about the brewing process itself, and the second one to perform, in fact, a commercially viable production. The beer was successfully obtained with a yield of 91.4 % with an alcohol content of 4.73 %, carrying out viscosity and pH tests, besides the production of process temperature curves and the use of a refractometer to measure the content of Sugars.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Problema	1
1.2	Hipótese	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo geral	2
1.3.2	Objetivos específicos	2
1.4	Justificativa	2
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	Etapas do processo cervejeiro	3
2.1.1	Malteação	3
2.1.2	Moagem do malte	4
2.1.3	Brassagem	5
2.1.4	Filtragem do mosto	8
2.1.5	Fervura do mosto	8
2.1.6	Resfriamento do mosto	9
2.1.7	Fermentação	9
2.1.7.1	Produtos secundários da fermentação	10
2.1.7.2	Classificação da cerveja quanto ao teor alcoólico	13
2.1.8	Maturação	14
2.1.9	Envase da cerveja	14
2.2	Processo industrial de produção de cerveja	15
2.3	A receita (RED X)	19
2.3.1	Preparação dos equipamentos	19
2.3.2	Mosturação	19
2.3.3	Fermentação	20
3	MÉTODOS E TÉCNICAS	21
3.1	Sanitização dos equipamentos	21
3.2	Equipamentos para cozimento e filtração do mosto	21
3.2.1	Montagem do circuito elétrico do termostato	23
3.2.2	Dimensionamento do agitador (misturador)	26
3.3	Equipamentos para fervura do mosto	31

3.4 Equipamento para resfriamento do mosto.....	31
3.5 O fermentador.....	32
3.6 Maturação.....	32
3.7 Equipamentos utilizados para o envase da cerveja.....	33
3.8 Desenvolvimento da receita.....	33
3.9 Fluxo da carga durante o processo.....	34
3.10 Coleta e tratamento de dados.....	39
3.10.1 Análise cromatográfica dos teores de álcool e açúcares..	39
4 RESULTADOS DA PRODUÇÃO.....	40
4.1 Regimento de segurança, higiene e controle de qualidade.....	40
4.1.1 Da segurança dos funcionários.....	40
4.1.2 Da higiene do processo.....	41
4.2.3 Do controle de qualidade.....	41
4.2 Primeira produção realizada (teste dos equipamentos).....	42
4.3 Segunda produção realizada.....	49
5 RECURSOS FINANCEIROS.....	57
5.1 Apoio.....	57
5.2 Bahia Malte.....	57
5.3 Orçamento.....	57
5.4 Custos.....	59
6 CRONOGRAMA.....	61
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
8 REFERÊNCIAS.....	63
9 APÊNDICE A – PESQUISA DE OPNIÃO.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição ideal do mosto cervejeiro.....	7
Tabela 2. Principais ácidos orgânicos sintetizados pelas leveduras.....	11
Tabela 3. Principais álcoois alifáticos superiores e suas concentrações.....	12
Tabela 4. Classificação das cervejas quanto ao teor alcoólico.....	14
Tabela 5. Dados coletados durante a fermentação.....	54
Tabela 6. Orçamento para aquecimento/cozimento.....	58
Tabela 7. Orçamento para fervura.....	58
Tabela 8. Orçamento para resfriamento.....	58
Tabela 9. Orçamento para fermentação.....	59
Tabela 10. Orçamento para envase.....	59
Tabela 11. Custo de matérias para o projeto.....	59
Tabela 12. Insumos para realização da primeira produção da cerveja.....	60
Tabela 13. Insumos para realização da segunda produção da cerveja.....	60
Tabela 14. Cronograma desenvolvido para acompanhamento do projeto.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de Processos genérico de uma cervejaria em escala industrial.....	18
Figura 2. Agente sanitizante, PAC 200, utilizado na sanitização dos equipamentos e utensílios utilizados no processo de produção.....	21
Figura 3. Bazooka e sistema de recirculação utilizados no processo.....	22
Figura 4. Circuito elétrico.....	23
Figura 5. Desencapamento dos fios.....	24
Figura 6. Conexão dos fios ao conector “macho”.....	24
Figura 7. Circuito elétrico para o termostato.....	26
Figura 8. Relação do tipo de agitador a ser utilizado com a viscosidade absoluta.....	27
Figura 9. Representação da tripla hélice curva utilizada no kit Micro Cervejaria Maltbite.....	28
Figura 10. Representação do agitador projetado, bem como o modelo de hélice adotado para este.....	29
Figura 11. Tabela de índice de agitação.....	31
Figura 12. Tonalalidades de uma cerveja.....	34
Figura 13. Diagrama de blocos do processo da Cervejaria OXeNTE.....	37
Figura 14. Fluxograma de processos da Cervejaria OXeNTE.....	38
Figura 15. Sistema para a produção da cervejaria OXeNTE.....	43
Figura 16. Teste do iodo realizado no início do cozimento, comprovando a alta existência de amido presente no mosto.....	44
Figura 17. Resíduo da filtração.....	45
Figura 18. Resfriamento da solução.....	46
Figura 19. Transferencia do mosto para o fermentador após resfriamento.....	47
Figura 20. Representação da cerveja OXeNTE.....	48
Figura 21. Curva de aquecimento da água.....	49
Figura 22. Medição da densidade do mosto pré-fervura.....	51
Figura 23. Curva de temperatura de fervura.....	52
Figura 24. Curva de resfriamento da temperatura.....	53
Figura 25. Medição do teor de açúcares e densidade relativa.....	54
Figura 26. Curva do teor alcoólico em comparação com teor de açúcares durante a fermentação.....	55
Figura 27. Variação do pH em relação ao tempo de fermentação.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A_c - Área da seção transversal	$[m^2]$
d - Densidade Relativa	[adimensional]
D_a - Diâmetro do agitador	$[m]$
D_p - Diâmetro da panela	$[m]$
f - revoluções	$[Hz]$
I - Calor Latente	$[J.kg^{-1}]$
m - Massa	$[kg]$
$\dot{m}$ - Vazão mássica	$[kg.s^{-1}]$
P - Potencia	$[W]$
ρ - Massa específica	$[kg.m^{-3}]$
ppm - Parte por milhão	[ppm]
Q - Quantidade de calor	$[J]$
R_a - Raio do agitador	$[m]$
rps - Revoluções por segundo	[rps]
T - Torque	$[N.m]$
v - Velocidade	$[m.s^{-1}]$
V - Volume	$[m^3]$
$\dot{V}$ - Vazão Volumétrica	$[m^3.s^{-1}]$

1 INTRODUÇÃO

A cerveja artesanal e seu mercado estão em processo de crescimento no Brasil e, principalmente, na região do Nordeste. Tal fato pode ser observado com o surgimento dos grandes cervejeiros, preocupados com a qualidade, com uma cerveja feita com mais cuidado e com a promoção de uma experiência diferente daquela esperada pelos consumidores de cervejas industriais. A princípio a produção desse tipo de cerveja era feito à mão, com processos arcaicos utilizando de moedores manuais e ainda barris de madeira. Entretanto, com a expansão desse mercado e com a aderência de um crescente número de pessoas, houve uma busca pela automatização do processo, sendo utilizadas painéis com válvulas e moedores automáticos, como por exemplo.

Desta forma, avaliou-se a possibilidade automatizar ainda mais esse processo, conhecido por produzir cervejas bem mais cuidadas e com produções mais restritas, entretanto não necessariamente pequenas. Automatizar ainda mais o processo implica a adição de aparelhos mais sofisticados, como o termostato, e facilita a produção pelo cervejeiro, além de proporcionar uma maior eficiência em algumas etapas do processo, como por exemplo, a etapa de resfriamento.

1.1 Problema

A partir do crescimento das cervejarias de pequeno porte de caráter quase artesanal no Brasil, as cervejarias de cunho tradicional se veem num quadro de queda de vendas, uma vez que, no país, houve um aumento da participação de produção de cervejas de cunho artesanal de 14,3 %, Segundo dados do TV Jornal (2017). Cada vez mais consumidores se tornam produtores, aumentando a permanência destes em suas casas para consumo das cervejas já produzidas com seus amigos e familiares, além do prazer proporcionado pela produção propriamente dita. Dessa forma, o consumo das cervejas tradicionais se torna menos constante e as empresas se veem num impasse: o que poderia ser feito para que os consumidores fossem atraídos de volta, aumentando as vendas e se restituindo no mercado?

1.2 Hipótese

Uma alternativa completamente viável é a inovação na receita utilizada pela empresa, a fim de buscar contemplar o que o público vem buscado na cerveja; ou ainda, buscando a ênfase em um público específico. A partir dessa mudança, é possível obter um sabor diferenciado e um aroma inovador, além de uma coloração que possa ser combinada a tais características. Além disso, a possibilidade de apoio ajudaria a reduzir os gastos da empresa, tirando-a do “vermelho” e reerguendo-a de volta ao mercado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver uma receita de cerveja adocicada com aspecto diferenciado compreendendo uma produção mais instrumentalizada que os processos tradicionais.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma receita que contemple os padrões desejados;
- Instrumentalizar os processos cervejeiros tradicionais;
- Realizar análise da carga durante o processo, bem como do produto final;
- Aplicar o conhecimento teórico da Transferência de Calor I, Mecânica dos Fluidos e Tecnologia de Processos Químicos Industriais.

1.4 Justificativa

Sabendo da atual situação cervejeira no Brasil, em que cada vez mais os produtores de pequeno porte vêm dominando o mercado dos consumidores, e o mercado cervejeiro tradicional vai ficando para trás, foi solicitado que houvesse uma inovação em uma receita de cerveja, a fim de recuperar os lucros da empresa. Dessa maneira, é possível justificar a medida tomada, uma vez que a empresa apresentada ainda possui a capacidade de recuperação financeira e retorno ao mercado; do mesmo modo, uma mudança

na receita é perfeitamente aceitável, visto que uma inovação pode ter uma repercussão extremamente positiva e atrativa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Derivada do latim, a palavra beer significa beber, e está associada ao consumo de cerveja por todo o mundo desde as civilizações antigas, onde a cerveja era consumida em locais onde o plantio de uvas, para a produção de vinho, não era favorável (REINOLD, 1997).

Entender cada uma das etapas do processo de produção de cerveja é de fundamental importância para a realização da produção em si, desde a preparação da cevada até o envase da cerveja após o processo fermentativo. Assim, é necessário destrinchar cada uma dessas etapas, afim de suprir qualquer tipo de necessidade de fundamentação teórica para o entendimento dos resultados a serem apresentados. Desta maneira, as principais etapas do processo de produção de cerveja podem ser classificadas em: malteação, moagem do malte, brassagem, filtragem, fervura, resfriamento, fermentação e envase, ocorrendo também algumas etapas secundárias do processo, como pesagem de insumos, teste do iodo, sanitização dos equipamentos, dentre outros (KUCK, 2008).

2.1 Etapas do processo cervejeiro

2.1.1 Malteação

O processo de produção de cerveja utiliza como uma das matérias-primas a cevada, que para entrar efetivamente no processo de produção da cerveja passa por um procedimento para ser convertida em malte que nada mais é do que a germinação controlada da semente. O processo de malteação é subdividido em outras três partes, a maceração, a germinação e a secagem dos grãos.

A maceração, nada mais é do que a imersão dos grãos de cevada em água, com o intuito de aumentar a umidade do grão de 12 % (umidade inicial do grão) para 42 % em um intervalo de tempo de 3 a 5 dias. A germinação ocorre após essa absorção de umidade, e pode ser definida como a formação

de enzimas no próprio grão e desagregação do mesmo, possuindo tempo de duração de cerca de 8 dias. Após essa modificação na estrutura biológica do grão, a etapa de secagem interrompe a germinação com o aquecimento do malte a aproximadamente 70 °C por alguns minutos, o que reduz a umidade adquirida anteriormente para 2 a 5 %, valor abaixo da umidade inicial dos grãos (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1983; OETTERER, REGITANO-D'ARCE e SPOTO, 2006; VENTURINI, 2005).

O processo de malteação produz S-metil metionina, que é um composto orgânico responsável por conferir aromas a cervejas e é o principal precursor do dimetilsulfuro, que possui a mesma função (KUCK, 2008).

Desta maneira, este processo tem como principal objetivo a obtenção de substâncias com atuação enzimática que provocarão modificações nas estruturas de algumas substâncias presentes no grão, e reduzindo as moléculas de amido presentes neste, incrementando a sua solubilidade e tornando-o menos duro do que o costume (REINOLD, 2008). Vale ressaltar que a malteação não é uma parte propriamente dita do processo de produção de cerveja, visto que, esta consiste apenas na preparação da matéria prima a ser utilizada na cervejaria.

2.1.2 Moagem do malte

A moagem do malte é uma das etapas mais importantes do processo e determinantes da qualidade da cerveja a ser preparada. O objetivo principal desta etapa, como normalmente é pensado, não é simplesmente triturar o malte para facilitar a sua solubilidade, mas sim expor as partes do grão que efetivamente contém amido, além de separar a casca deste (Condado da cerveja).

A moagem expõe o amido que será sacarificado em açúcares menores para que, posteriormente, as leveduras tenham capacidade de produzir o etanol desejado. Sem essa etapa, durante o cozimento (onde ocorre a quebra das ligações do amido por ação enzimática) não haveria produção dos açúcares e conseqüentemente não haveria substratos para ocorrer a fermentação por parte das leveduras (Condado da cerveja).

Segundo Reinold (1997) há ainda um outro objetivo na moagem do malte, que seria produzir, minimamente, uma farinha de granulometria muito fina, que consegue evitar a formação de substâncias pastosas durante o cozimento.

As cascas do malte rompidas constituirão o elemento filtrante do mosto no processo que será realizado posteriormente. Assim, é importante que a moagem não seja muito severa, para que não se tenha um malte muito fino, já que isto irá reduzir a velocidade da filtragem. Entretanto, é importante que a moagem não seja muito grosseira, para que a hidrólise do amido realmente seja facilitada através do aumento da superfície de contato do substrato amiláceo. (KUCK, 2008, p. 23)

2.1.3 Brasagem

A brassagem, também chamada de mosturação ou sacarificação é onde ocorre a mistura da água pré-aquecida com o malte e, se requerido, os aditivos, sempre em temperaturas controladas e num intervalo correto para ação das enzimas. Nessa etapa ocorre a solubilização dos compostos solúveis em água e hidrólise do amido presente no meio, produzindo o denominado mosto cervejeiro (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1983; REINOLD, 1997; VENTURINI, 2005).

Segundo Varnan e Sutherland (1997) o produto final da brasagem, o mosto, deve ser uma mistura completa, balanceada e equilibrada de carboidratos aptos para fermentação, proteínas e minerais que, posteriormente, servirão como alimento para a levedura na produção de etanol e outras substâncias que proporcionam sabores e aromas na cerveja. Para a produção deste mosto ideal, é necessário que todas as condições de mosturação sejam satisfeitas, sendo que a principal delas é a temperatura, visto que, uma temperatura alta demais, pode ocasionar a desnaturação das enzimas, fazendo com que estas percam completamente o seu poder enzimático e não realize as reações bioquímicas necessárias. As principais enzimas que atuam na mosturação são as amilases, as fosfatases e as proteases.

As amilases são responsáveis pela degradação do amido presente no mosto, sendo, portanto, a enzima de maior atividade e de maior importância

para o processo como um todo. O amido do malte é composto por dois tipos de componentes, a amilose e a amilopectina, sendo a amilose um carboidrato insolúvel, constituído por uma grande cadeia linear de glicoses ligadas entre si por ligações do tipo α 1-4, e a amilopectina um carboidrato solúvel constituído também por moléculas de glicose ligadas entre si, porém de cadeia ramificada e com ligações do tipo α 1-6 além das ligações α 1-4 (REINOLD, 1997).

As enzimas capazes de degradar esse amido são as denominadas α -amilase e β -amilase, que agem durante as três fases da mosturação. A primeira parte da mosturação é denominada gelatinização e consiste no rompimento das ligações mais fracas entre a amilose e a amilopectina por efeito da temperatura elevada da água em que o malte é submetido, formando soluções viscosas, enquanto a segunda etapa onde os grânulos de amido são dispersados na solução, ocorrendo a liquefação do amido (BRODERICK et al., 1977).

A terceira e última etapa é a sacarificação propriamente dita. Esta ocorre quando o mosto atinge a temperatura ótima para ação das enzimas α -amilase e β -amilase, que é em torno de 70 a 76 °C, transformando o amido em açúcares fermentáveis (em sua grande maioria, maltose) e outros não-fermentáveis como maltotetraose e maltohexaose (REINOLD, 1997). A tabela 1 mostra a composição ideal de um mosto cervejeiro após a sacarificação, bem como se esses açúcares são fermentáveis ou não.

Tabela 1. Composição ideal do mosto cervejeiro.

Açúcar	Quantidade	Fermentável/não ferment.
Maltose	48-52%	Totalmente Fermentável
Glicose	12-15%	Totalmente Fermentável
Frutose	4-6%	Totalmente Fermentável
Sacarose	4-6%	Totalmente Fermentável
Maltotriose	10-12%	Fermentável no final do processo de fermentação
Maltotetraose	1-2%	Não fermentável
Maltohexaose	2-6%	Não fermentável
Dextrinas superiores	15-20%	Não fermentável

Fonte: Reinold, 1997

Outra enzima atuante é a chamada fosfatase, que atua na clarificação do mosto. Esse tipo de enzima age como um tampão possibilitando a acidificação do maio a partir da conversão de fosfato dibásico em fosfato monobásico, ocorrendo a precipitação de fosfato de cálcio (REINOLD, 1997).

Existem também uma série de proteínas no mosto que precisam ser degradadas tanto quanto os carboidratos. As enzimas responsáveis por essa parte do processo são as proteases, que convertem as proteínas em unidades menores como peptídeos e aminoácidos (compostos nitrogenados da cerveja). As proteases são enzimas extremamente específicas, atuando em substratos (proteínas) também específicos como albumina, globulina, prolanina e glutelina, e se utilizam de uma temperatura ótima de cerca de 60 °C para a correta proteólise do mosto (BRODERICK et al., 1977).

A obtenção de peptídeos ocorre em temperaturas mais elevadas, portanto, quanto menor a temperatura do mosto, maior será o número de aminoácidos presente nele, já que a formação de peptídeos só é favorecida em temperaturas maiores. Isso pode prejudicar a cerveja quanto ao seu sabor e estabilidade física e química, a depender da proporção de aminoácidos e peptídeos formados (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1983).

Além dos carboidratos a serem degradados, existem também outros componentes a serem degradados no mosto, tais como glucanos, lipídios, fenóis e polifenóis (KUCK, 2008).

2.1.4 Filtragem do mosto

O objetivo desta etapa é separar o mosto cervejeiro cozido da suspensão de sólidos (casca) presente no recipiente de cozimento. Este processo ocorre em duas partes distintas, sendo que a primeira é simplesmente a separação da fase sólida da fase líquida, constituindo o chamado mosto primário e a segunda parte que consiste na lavagem do resíduo do cozimento, para retirar possíveis açúcares e carboidratos solúveis que não foram filtrados suficientemente durante a primeira filtração, originando o mosto secundário.

O bagaço restante (resíduo da filtração) deve ter aproximadamente 1 % de açúcares solúveis residuais, e é frequentemente utilizado para a fabricação de rações animais (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1983).

Esta etapa de lavagem não necessariamente precisa ser realizada no processo de produção de cerveja, principalmente, quando se refere a produção de cerveja artesanal.

2.1.5 Fervura do mosto

A fervura do mosto é a etapa do processo que possui o maior número de funcionalidades dentro da produção como um todo, dentre elas pode-se citar a 'inativação das enzimas, a esterilização do mosto, a precipitação das proteínas não degradadas, resinas e taninos (provenientes da adição de lúpulos), extração dos compostos amargos também oriundos do lúpulo, formação de substâncias responsáveis por dar aroma, sabor e cor à cerveja, concentração do mosto pela evaporação da água, redução do pH através da formação de ácidos e eliminação dos compostos voláteis que não agregam em nenhum aspecto na cerveja, como os sulfurosos, além de solubilizar e modificar substâncias amargas do lúpulo (REINOLD, 1997).

Na etapa de fervura é onde são adicionados os lúpulos, geralmente no início da fervura e frequentemente durante esta, visto que os óleos essenciais que justificam parte do sabor e do aroma da cerveja são extremamente voláteis e podem ser perdidos no decorrer da fervura, já que esta deve durar cerca de duas horas (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1983).

A inativação das enzimas não prejudica, de nenhuma maneira, o mosto cervejeiro, já que a composição deste, já estabilizada, não irá mais se alterar por conta disso. Além disso a fervura proporciona a coagulação das proteínas não degradadas através das altas temperaturas e do grande tempo de fervura, além da ação dos taninos provenientes dos lúpulos (REINOLD, 1997).

2.1.6 Resfriamento do mosto

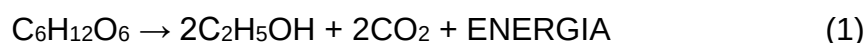
O mosto, após a adição dos lúpulos, deve ser resfriado até a temperatura de fermentação, de maneira a decantar os sólidos em suspensão provenientes do lúpulo e das proteínas coaguladas. Esse resíduo (lúpulos e proteínas coaguladas) é denominado *trub* e contém cerca de 40 % das substâncias amargas, sendo recomendado que este seja retirado ainda enquanto o mosto está em altas temperaturas, visando uma melhor estabilidade físico-química e sensorial da cerveja (REINOLD, 1997).

A temperatura a ser atingida com o resfriamento depende de uma série de fatores, o principal deles é o tipo de fermentação (alta ou baixa) e o tipo de cerveja que se deseja fazer. Em cervejas do tipo *Lager*, o mosto normalmente é resfriado entre 7 e 15 °C e em cervejas do tipo *Ale* é resfriado entre 18 e 22 °C (REINOLD, 1997; VENTURINI, 2005).

2.1.7 Fermentação

A fermentação é um dos processos mais importantes para “encorpar” a cerveja, no caso, conceder-lhe sabor e aroma através da produção de algumas substâncias por microorganismos. O principal objetivo deste processo é a produção de álcool (etanol) e gás carbônico (CO₂) pela conversão dos açúcares fermentáveis formados nas etapas anteriores, sendo produzidos também algumas outras substâncias (KUCK, 2008).

A fermentação em si é um processo biológico, anaeróbio (ocorre somente na ausência de O_2), realizado pelas leveduras que convertem carboidratos em energia de interesse para o microorganismo, gerando como produtos também o etanol e o gás carbônico. Segundo Reinold (1997) a reação simplificada desse processo biológico está representada pela reação (1).



Como observado, o açúcar fermentável que gera o etanol, majoritariamente, é a glicose, porém como mostrado anteriormente, existem ainda outros açúcares fermentáveis no mosto cervejeiro. Portanto, caso a levedura se utilize desses outros açúcares como fonte de alimentação, podem ser gerados alguns subprodutos da fermentação, tais como, ácidos e ésteres orgânicos, alguns álcoois de cadeia mais longa do que o etanol, diacetil, acetoína, ligações de enxofre, dentre outros, sendo que o teor desses compostos pode variar de acordo com os padrões de crescimento celular, alterado pelas condições de processo (concentração e composição do mosto, duração do processo fermentativo e a temperatura em que as leveduras estão submetidas) (VENTURINI, 2005; REINOLD, 1997).

A fermentação é de suma importância também para classificar a cerveja a ser produzida, podendo dividir em duas classes distintas, as cervejas de alta fermentação, que originam cervejas do tipo *Al*e, utilizando leveduras do tipo *saccharomyces cerevisiae* que atuam a altas temperaturas de fermentação em um curto período de duração, e cervejas de baixa fermentação, originando o tipo *Lager*, que altera os parâmetros de processo para baixas temperaturas e um tempo mais longo no processo fermentativo utilizando leveduras da espécie *saccharomyces uvarum*, possuindo um sabor mais frutado (CARVALHO, 2005; REINOLD, 1997).

2.1.7.1 Produtos secundários da fermentação

É necessário também conhecer quais os principais produtos secundários gerados no processo de fermentação, e quais seus efeitos em

relação a cerveja, sendo eles alguns ácidos orgânicos, álcoois alifáticos de cadeias superiores, esteres, diacetil, 2,3-pentanodiona, e alguns aldeídos (ARAUJO, SILVA e MINIM, 2003).

Com relação aos ácidos orgânicos, pode-se afirmar que sua produção está associada ao consumo de aminoácidos e outros compostos nitrogenados presentes no mosto. A tabela 2 apresenta os principais ácidos orgânicos formados durante a fermentação bem como suas concentrações em média.

Tabela 2. Principais ácidos orgânicos sintetizados pelas leveduras.

Ácido	Quantidade
Ácido acético	20-150mg/L
Ácido fórmico	20-40mg/L
Piruvato	40-75mg/L
Malato	60-100mg/L
D-lactato	10-100mg/L
L-lactato	40-80mg/L
Citrato	110-200mg/L

Fonte: Reinold, 1997.

Existem ainda outros ácidos que podem ser formados durante a fermentação, sendo esses os ácidos succínico, piroglutâmico e málico, que conferem a cerveja sabores diferenciados, tais como, sabor frutado, sabor de queijo, ou amanteigado, propiciando também o aroma alcoólico característico de bebidas fermentadas, sendo responsáveis também pela redução do pH da cerveja e consequente melhora na estabilidade biológica das leveduras. (ARAUJO, SILVA e MINIM, 2003; CARVALHO, 2005; REINOLD, 1997).

Os álcoois alifáticos superiores são formados também pela assimilação de nitrogênio e aminoácidos pelas leveduras através da desaminação ou descarboxilação dos aminoácidos, ou também por sínteses através de carboidratos (CARVALHO, 2005; REINOLD, 1997; VARNAN e SUTHERLAND, 1997). Os principais álcoois superiores estão representados na tabela 3.

Tabela 3. Principais álcoois alifáticos superiores e suas concentrações.

Álcoois superiores	Concentração na cerveja (mg/L)
n-propanol	2-10
n-butanol	0,4-0,6
Isobutanol	5-10
Álcool amílico	10-15
Álcool isoamílico	30-50
Álcool fenil-etílico	10-20

Fonte: Reinold, 1997.

Estes álcoois permitem que a cerveja possua um aroma alcoólico ou de solvente, bem como o álcool fenil-etílico, que está presente em quantidades substanciais na cerveja, como mostra a tabela 3, pode contribuir positivamente para o flavor da cerveja, através de um aroma de fragrância (CARVALHO, 2005).

Com relação aos ésteres, pode-se dizer que estes são obtidos através da reação de um álcool com um ácido orgânico, sendo os principais precursores do aroma da cerveja formado durante o processo fermentativo, variando em concentração entre 20 a 25 mg.L⁻¹ (REINOLD, 1997).

A formação de ésteres é influenciada por uma série de fatores (condições) de produção, dentre eles pode-se citar o tipo da levedura, a temperatura de fermentação, onde quanto mais alta a temperatura, maior será o teor de ésteres e a quantidade de nitrogênio do mosto (BRODERICK et al., 1977; REINOLD, 1997).

Vale ressaltar que o excesso de ésteres na cerveja pode torná-la desagradável ao consumo e proporcionar um aroma intenso demais (característico de cervejas do tipo Ale) (ARAUJO, SILVA e MINIM, 2003; CARVALHO, 2005).

O diacetil e a 2,3 – pentanodiona são compostos que se formam no ambiente extracelular por descarboxilação oxidativa espontânea dos ácidos α -acetohidroxi, sendo que o α -acetolactato origina o diacetil e a 2,3 pentanodiona é oriunda do α -acetohidroxibutirato. Ambos os compostos têm capacidade de fornecer sabores diferenciados a cerveja, como sabor amanteigado, mel ou caramelo, isso quando suas concentrações estão em torno de 1 ppm (CARVALHO, ROSSI E SILVA, 2007; REINOLD, 1997; VARNAM e SUTHERLAND, 1997).

Esses dois compostos podem sofrer ainda algumas modificações através de reações de oxirredução. Assim, o diacetil pode ser reduzido para acetoína e esta pode ser reduzida para 2,3-butanodiol, o que deixa a cerveja com um sabor desagradável e mais intenso do que o diacetil. A 2,3-pentanodiona também pode ser reduzida, originando o 2,3-pentanodiol (REINOLD, 1997).

É importante saber que existem alguns fatores que influenciam na produção destes componentes, como altas temperaturas, que favorecem a redução do diacetil (BRODERICK et al., 1977).

Há ainda os aldeídos, que são formados de diversas formas, desde o próprio metabolismo da levedura até a descarboxilação de alguns ácidos orgânicos (CARVALHO, 2005).

O aldeído mais relevante para a constituição da cerveja é o acetaldeído, que é proveniente de uma ramificação do metabolismo de fermentação alcoólica das leveduras, já que pode ser oxidado até acetato ou reduzido a etanol. A produção de aldeídos é fator importante e que pode ocasionar uma perda de sabor na cerveja. (CARVALHO, 2005; VARNAM e SUTHERLAND, 1997).

2.1.7.2 Classificação da cerveja quanto ao teor alcoólico

Um aspecto importante da cerveja é que é determinado através da fermentação é o teor alcoólico da cerveja, visto que é nessa etapa que a quantidade de álcool é determinada. Assim é necessário classificar a cerveja de acordo com a quantidade de álcool que esta possui. A tabela 4 demonstra justamente essa classificação.

Tabela 4. Classificação das cervejas quanto ao teor alcoólico.

Classificação	Faixa percentual (%)
Baixo teor alcoólico	0,05-2,00
Médio teor alcoólico	2,00-4,50
Alto teor alcoólico	4,50-7,00
Muito alto teor alcoólico	>7,00

Fonte: Adaptado de SILVA et al. 2009.

2.1.8 Maturação

A maturação é o processo de fermentação secundária, podendo ser definida como o processo de repouso prolongado da levedura, e onde ocorrem alguns processos como a saturação com CO₂, a clarificação da cerveja (natural, ou por adição de agentes coagulantes) e amadurecimento dos componentes de sabor e aroma (REINOLD, 1997).

Durante a maturação ocorre a formação de novos ésteres e álcoois alifáticos superiores (cerca de 10 % desses compostos), ocorrendo também a redução dos teores de compostos de enxofre, como o ácido sulfídrico, além da atenuação do amargor propiciado pelo lúpulo, determinando o sabor final da cerveja (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1983; REINOLD, 1997).

A clarificação, decorrente da maturação, ocorre através da decantação completa das leveduras, bem como de alguns complexos tanino-proteicos, provenientes da complexação dos taninos do lúpulo com as proteínas não degradadas do mosto. Existem alguns fatores que afetam essa clarificação, tais como o peso específico das substâncias a serem decantadas (quanto maior mais efetiva a clarificação) e a viscosidade do mosto (quanto menor melhor será a clarificação), além da temperatura e do tempo de maturação (REINOLD, 1997).

2.1.9 Envase

O envase consiste no ato de engarrafar a cerveja, ou seja, colocá-la no recipiente onde esta será guardada até o seu consumo se efetivar. Para a realização do envase é necessária uma garrafa de vidro (que não seja

transparente, pois a luz solar pode interferir na ação das leveduras durante a carbonatação), uma tampa própria pra essa garrafa, um mecanismo para acoplar essa tampa a garrafa (sem deixar o CO₂ produzido escapar ou o ar atmosférico entrar), geralmente um arrolhador, e uma quantidade de açúcar fermentável extra, previamente calculada, para o processo de carbonatação, onde as leveduras residuais dentro da garrafa se encarregarão de produzir o tão desejado gás da cerveja. Industrialmente, muitas vezes a carbonatação não é realizada, visto que os reatores em escala industrial não possuem escapamento do gás carbônico produzido durante a fermentação, podendo este ser aproveitado como o próprio gás da cerveja (não há necessidade de escapamento de gás no fermentador já que os fermentadores industriais são projetados para suportar altas pressões como as produzidas pelo gás carbônico liberado).

2.2 Processo industrial de produção de cerveja

A fonte de carboidrato é descarregada em uma moega de recebimento de grãos e é armazenada em silos, destes silos, ela é levada até um recipiente de armazenamento menor para que passe por uma peneira, a fim de se obter apenas os grãos desejados, eliminando outros tipos de grãos, pedras etc. Após a peneira os grãos passam por um separador que elimina qualquer material metálico e, posteriormente, por uma balança, onde a quantidade correta a ser usada é pesada de forma apropriada. Começa-se, então, o processo de malteação, onde a fonte de carboidrato irá ser macerada, germinada e moída, dando origem ao malte (AQUARONE, 2001).

Após ser pesado, o malte é levado para o macerador que possui um sistema de recirculação de água de forma a manter a temperatura da mistura (grãos e água) constante. A maceração dura em torno de 3 a 5 dias e tem como função aumentar o grau de umidade do grão de 12 % para 50 % a fim de deixar os grãos hidratados o suficiente para a germinação, além de facilitar a moagem, visto que a casca do grão se torna mais maleável. A germinação ocorre durante o processo de maceração e tem o objetivo de produzir as enzimas que irão transformar o amido em glicose para posterior fermentação (AQUARONE, 2001).

Terminada a maceração e a germinação, os grãos são levados para o moinho onde são triturados para que o ataque enzimático possa ter uma maior área de contato, aumentando a velocidade da reação. Os moinhos podem ser do tipo rolo ou martelo, sendo que o último reduz os grãos a pó, o que forma um material mucilaginoso na mistura com água resultando em uma obrigação na utilização em um filtro do tipo prensa posteriormente (AQUARONE, 2001).

Após a malteação, dá-se início ao processo de mosturação. O principal objetivo desta etapa é a de converter a maior quantidade possível de amido em glicose. Existem dois tipos de mosturação, a cocção, normalmente usada quando se usa adjuntos amiláceos pré-gomificados ou que gomifiquem a baixas temperaturas ou que sejam adjuntos açucarados ou quando não se usa adjunto na receita da cerveja, e a infusão por duas massas, sendo esta usada quando o adjunto é amiláceo. A principal diferença entre os dois tipos de mosturação é que o último necessita de uma operação unitária a mais, o cozedor de cereal (AQUARONE, 2001).

No processo de cocção o malte é misturado com água quente no mosturador, onde fica em repouso a uma temperatura fixa por uma determinada quantidade de tempo. Caso a receita necessite de um aumento de temperatura em algum momento, parte desta mistura é levada até uma caldeira onde é fervida e retornada para o mosturador, elevando a temperatura total da mistura. Esta etapa é conhecida como fervura e pode ser repetida algumas vezes, sendo mais comum o “processo de três fervuras” (AQUARONE, 2001).

No processo de infusão por duas massas é necessário que o amido do adjunto seja também transformado em glicose, por este motivo utiliza-se o cozedor de cereal, onde uma pequena quantidade de malte moído é misturado com água quente, que fica em maceração por até 30 minutos. Após isto, o adjunto é adicionado e a temperatura é aumentada com uma certa aceleração, o que gomificará a fração amilática do adjunto e posteriormente liquefará esta goma por conta da enzima alfa-amilase que atua em temperaturas próximas de 85 °C. Após um período de fervura, entre 5 a 45 minutos, a mistura é transferida para o mosturador (AQUARONE, 2001).

Completada a mosturação é necessário fazer a filtração do mosto, por isso ele é levado ao filtro com a finalidade de separar a parte líquida do subproduto sólido. A temperatura da mistura deve estar próxima de 75 °C, pois nesta temperatura a viscosidade do mosto favorece uma melhor separação da porção sólida, a maior parte das enzimas estão inativas, o risco de contaminação biológica (bactérias) é mínimo, assim como o de extrair substâncias insolúveis. A fração sólida remanescente como torta de filtro é lavada com água para que o rendimento aumente e é removida do filtro como “bagaço de malte” que pode ser vendida como alimento animal, por possuir um alto teor de fibras (AQUARONE, 2001).

Terminada a filtragem leva-se o mosto a uma caldeira onde será fervido. Nesta etapa todas as enzimas são inativadas, qualquer vida bacteriana é destruída, a maioria das substâncias voláteis - que deixariam a cerveja com odores e sabores da fonte de carboidrato utilizada - são eliminados com a ebulição, e o aroma e o sabor, característicos da cerveja, são adicionados com a inserção do lúpulo. A quantidade, tipo e tempo em que o lúpulo é adicionado varia com a receita (AQUARONE, 2001).

Após a fervura o mosto é levado para a decantação. Esta ocorre no decantador, onde irá se separar as proteínas e taninos coagulados (*trub*) e o bagaço de lúpulo. Estes podem ser reaproveitados sendo levados novamente para o filtro ou enviado para o mosturador, onde será descartado, posteriormente, com o bagaço de malte (AQUARONE, 2001).

Finalizada a decantação o mosto é direcionado ao fermentador, mas antes passa por um trocador de calor que tem o objetivo de fazer o seu resfriamento, que é necessário para que ele alcance a temperatura de inoculação da levedura. Esta temperatura varia com o tipo de fermentação (alta ou baixa) e com a receita. Agora que o mosto está na temperatura desejada, adiciona-se o fermento e transfere-se a mistura para o fermentador. O objetivo desta etapa é fermentar toda a glicose, transformando-a em álcool, e o tempo de fermentação depende do tipo de fermentação (alta ou baixa) e da receita (AQUARONE, 2001).

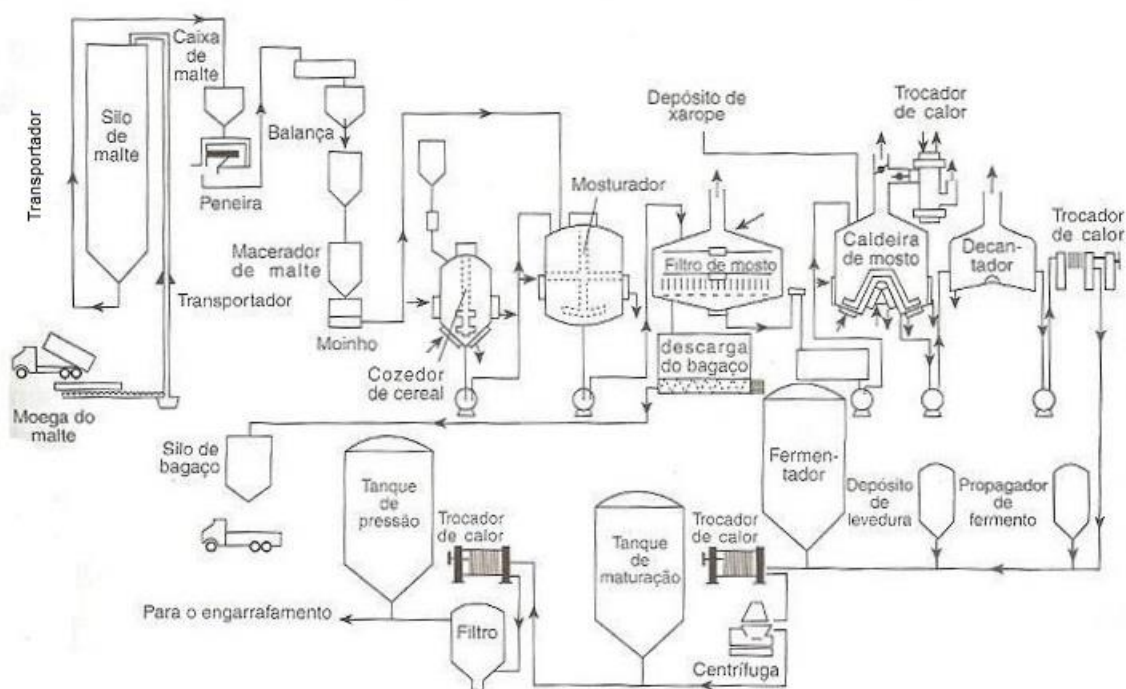
Após a fermentação inicia-se o processo de maturação da cerveja. Ela passa por um trocador de calor antes de entrar no maturador, a fim de diminuir a

temperatura, sendo que esta depende da receita. Ainda na etapa de maturação, deve-se fazer também a etapa de carbonatação, que pode ser em linha, onde o gás carbônico é injetado como bolhas pequenas, criadas por um difusor, feita normalmente na transferência da cerveja filtrada para o tanque de pressão, ou pode ser em tanque, onde um difusor injeta o gás carbônico diretamente em um tanque de armazenamento (AQUARONE, 2001).

O engarrafamento é a penúltima etapa podendo ser o armazenamento feito em tipos diferentes de embalagens, porém não necessariamente este envase será imediato. Por isso, a cerveja já maturada, filtrada e carbonatada fica em repouso dentro dos tanques de pressão, estes que devem manter o nível de carbonatação a partir de uma contrapressão de gás carbônico (AQUARONE, 2001).

A figura 1 representa um fluxograma industrial do processo de produção de cerveja como descrito anteriormente.

Figura 1. Fluxograma de Processos genérico de uma cervejaria em escala industrial.



Fonte: Aquarone, 2001.

2.3 A receita RED X

A receita Best Apa Red X e Mosaic (America Pale Ale) é do tipo todo grão. A receita escolhida objetiva a produção de 9,75 L, aproximadamente, de cerveja.

2.3.1 Preparação dos equipamentos

Para dar início à produção, é preciso que haja a limpeza e sanitização dos equipamentos que serão utilizados. Após a higienização, é preciso separar o volume de água que será utilizada para a produção, que nesse caso é de 17 L, aproximadamente.

2.3.2 Mosturação

Os ingredientes utilizados nesta etapa se dividem em duas partes: ingredientes para mostura e ingredientes para fervura.

O ingrediente utilizado para a mostura é o malte BestMälz RedX, que é do tipo grão. Ele é adicionado em 10 L de água, após atingir a temperatura de 65 °C e o mosto então passa pela etapa de brasagem por 75 minutos (1h e 15 min), sendo então promovida a recirculação deste por 30 minutos (utilizando uma Bazooka), a fim de um maior aproveitamento do grão. O tempo de recirculação pode ser definido pelo cervejeiro.

O ingrediente utilizado na fervura é o lúpulo Mosaic (HBC 369). Após o início da fervura do mosto, este deve permanecer fervendo por mais uma hora. A adição do lúpulo se dá em etapas, dentro desse intervalo de tempo: quando o mosto começa a ferver, os primeiros 6 g de lúpulo são adicionados. Após 45 minutos, são adicionados mais 7 g e, a partir desse tempo, após 10 minutos, a última leva de lúpulo é adicionada, correspondendo a mais 7 g. Estima-se que o volume do mosto, após a etapa da fervura, seja de, aproximadamente, 12,48 L.

Após completar 60 minutos de fervura e todas as quantidades de lúpulos serem adicionadas, é necessário dar um choque térmico ao mosto, resfriando-o até uma temperatura entre 18 e 22 °C. O resfriamento é feito com a utilização do chiller (uma serpentina), feito, de preferência, de um material

com boa condutividade térmica. O chiller deve ficar dentro da panela com o mosto quente, e dentro dele passar água a baixas temperaturas, a fim de diminuir a temperatura até o intervalo citado. Lembrando que a fermentação utilizada é do tipo *A/e* (alta fermentação) e, por isso, o intervalo de temperatura está entre 18 e 22 °C.

2.3.3 Fermentação

O ingrediente utilizado nesta etapa da produção é a levedura Safale American. Para a adição desta ao mosto, é necessário que a levedura seja adicionada numa água esterilizada, com volume de 10 vezes o seu peso, a uma temperatura de $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, sendo misturada e deixada para repouso por 15 a 30 minutos, agitando levemente por mais 30 minutos e, enfim, adicionando a mistura ao mosto. Durante 5 dias, o fermentador com o mosto deve ser mantido numa temperatura de aproximadamente 18 °C e, durante 3 dias após concluída a primeira etapa de fermentação, este deve ser mantido numa temperatura de, aproximadamente, 24 °C. Após a etapa de fermentação ser finalizada, a mosto fica ainda 30 dias no fermentador, numa temperatura próxima a 2 °C, para maturação da cerveja.

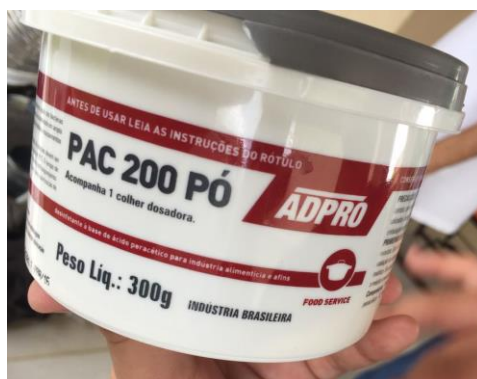
Após o fim da maturação, a cerveja é envasada em garrafas com, aproximadamente, 1,72 g de açúcar (massa determinada para garrafas com volume de 300 mL) para que ocorra a carbonatação.

3 METÓDOS E TÉCNICAS

3.1 Sanitização dos equipamentos

Para a produção da cerveja e montagem do equipamento a ser utilizado no processo, foi necessário sanitizar todos os equipamentos a serem utilizados, desde as panelas de cozimento até as garrafas do envase. Para isso, água e sabão foram utilizados para lavar todos os possíveis sólidos suspensos nas panelas, na bomba de circulação, nas mangueiras e em todos os materiais, utensílios e equipamentos os quais entrariam em contato com a carga do processo. Utilizou-se também álcool 70 % para esterilizar todos os materiais metálicos e compostos por silicone que teriam alguma utilidade durante o processo, incluindo as garrafas utilizadas no envase. Para finalizar a sanitização, utilizou-se um agente próprio para exterminação de germes (PAC 200) representado pela figura 2, geralmente utilizado por cervejeiros artesanais, numa concentração de 0,5 g.L⁻¹.

Figura 2. Agente sanitizante, PAC 200, utilizado na sanitização dos equipamentos e utensílios utilizados no processo de produção.



Fonte: Autoria própria.

3.2.1 Equipamentos para cozimento e filtração do mosto

Para o cozimento do mosto foi utilizada uma panela com válvula com capacidade para 36 L. Inicialmente 17 L de água mineral Indaiá foi posta para ser aquecida a 65 °C, tendo os maltes BestMälz RedX (30 EBC) e Carared adicionados assim que esta temperatura foi atingida e estabilizada. A

estabilização da temperatura e o controle desta foi realizado através de um termostato acoplado ao equipamento responsável pelo aquecimento do mosto, que, no caso, consistia em uma resistência elétrica proveniente de uma churrasqueira comum de um dos componentes do grupo.

O deslocamento do fluido do processo para a panela seguinte foi realizado através de uma bomba de máquina de lavar de potência equivalente a 34 W, bem como para que a cerveja fosse razoavelmente clarificada, utilizando a mesma bomba para recircular o mosto na panela de cozimento.

A filtração do mosto se deu também na panela de cozimento através de um mecanismo denominado Bazooka, que consiste numa mangueira de metal que se acopla a válvula presente na panela. Essa mangueira por sua vez é porosa, e permite a passagem do fluido com os açúcares menores impedindo a passagem de sólidos suspensos e do malte que não foi sacarificado. Na figura 3 é possível entender melhor o aspecto de uma Bazooka e como ela funciona, bem como o sistema de recirculação utilizado.

Figura 3. Bazooka e sistema de recirculação utilizados no processo.



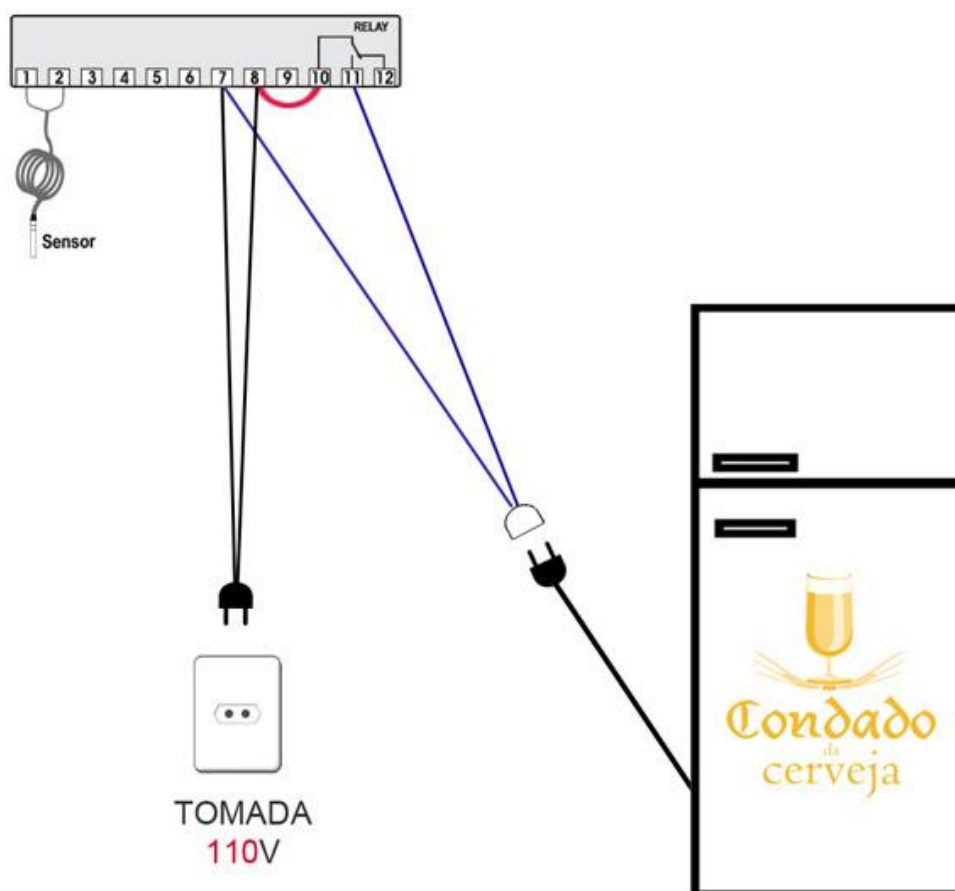
Fonte: Autoria própria.

Para proporcionar uma melhor transferência tanto de massa como de calor o mosto foi constantemente agitado utilizando uma pá cervejeira previamente sanitizada. Porém, pensando em um processo industrial, não seria utilizada uma pá cervejeira como um meio de agitação, portanto, foi projetado um agitador para ser utilizado no processo.

3.2.1 Montagem do circuito elétrico do termostato

Outra etapa importante para o projeto foi a metodologia para montagem do circuito elétrico necessário para o uso do termostato. Embalado na caixa, o termostato consta com o seu aparelho e um cabo conectando um sensor, o qual medirá a temperatura no meio em que estiver inserido. Entretanto, o uso do termostato pode ir além de apenas um indicador de temperatura, mas também como um controlador. O termostato pode ligar e desligar um equipamento através de uma prévia programação. Para que ocorra esse controle, é necessário antecipadamente a formação de um circuito elétrico conforme a figura 4.

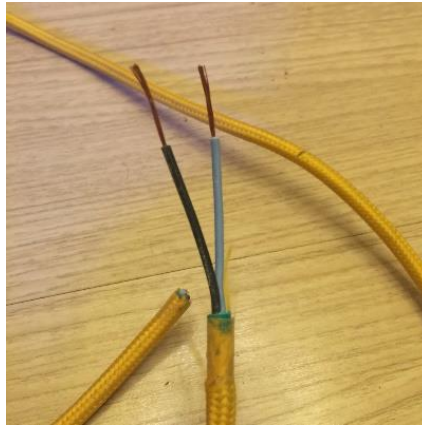
Figura 4. Circuito elétrico.



Fonte: Condado da Cerveja.

Como visto na figura 4, a parte elétrica do termostato representa a parte superior da figura, semelhante a uma régua. Inicialmente, para montagem do circuito, foi necessário o desencapamento de dois fios, conforme a figura 5.

Figura 5. Desencapamento dos fios.



Fonte: Ideias diferentes.

Posteriormente, o lado desencapado do fio foi ligado em um conector “macho”, conector o qual será inserido a uma tomada comum Figura 6.

Figura 6. Conexão dos fios ao conector “macho”.

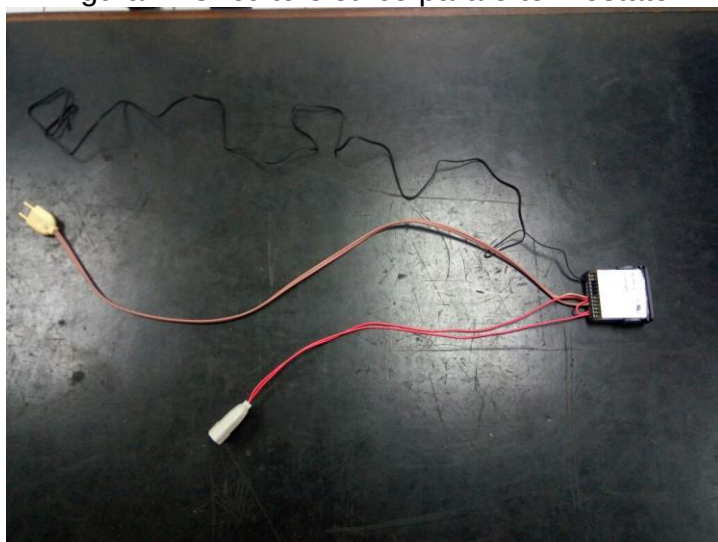


Fonte: Autoria própria.

Logo após conectar essa parte elétrica ao conector macho, foi desencapada a outra extremidade do fio, semelhante a primeira vez, e os fios foram inseridos nos pontos 7 e 8 (figura 4) do termostato. No ponto 8 também foi conectado um cabo com a finalidade de formar um “jump” para o ponto 10, o qual apresentava uma chave contida no próprio equipamento. Em seguida, em outro fio semelhante ao desencapado anteriormente, foi feito o mesmo procedimento anterior, diferenciando que, uma extremidade do fio, ao invés de ser posta em outro conector macho, foi inserido em uma conexão fêmea, ou seja, conector o qual será inserido o equipamento em que se haverá o controle de temperatura. Enquanto isso, a outra extremidade da segunda fiação teve um fio ligado ao mesmo ponto 7 da primeira fiação, enquanto que o outro fio foi conectado ao ponto 11.

Com o circuito elétrico formado (figura 7) pode-se explicar seu funcionamento da seguinte forma: quando o conector macho fosse inserido em uma tomada, uma corrente elétrica passaria pela primeira fiação construída, chegando aos pontos 7 e 8. Em seguida, a corrente percorreria os pontos 8 e 10 através do jump formado, até chegar a chave contida no próprio circuito. Quando essa chave está aberta, a corrente elétrica iniciada na tomada, percorre a segunda fiação, chegando ao equipamento que já estava interligado o termostato pelo ponto 7. Assim, quando a temperatura estivesse na programação, a chave do termostato permaneceria ligada, e caso a temperatura estivesse fora da programação, o próprio aparelho abriria a chave, não permitindo a passagem de corrente elétrica para o equipamento, dessa forma, controlando a temperatura do meio.

Figura 7. Circuito elétrico para o termostato.



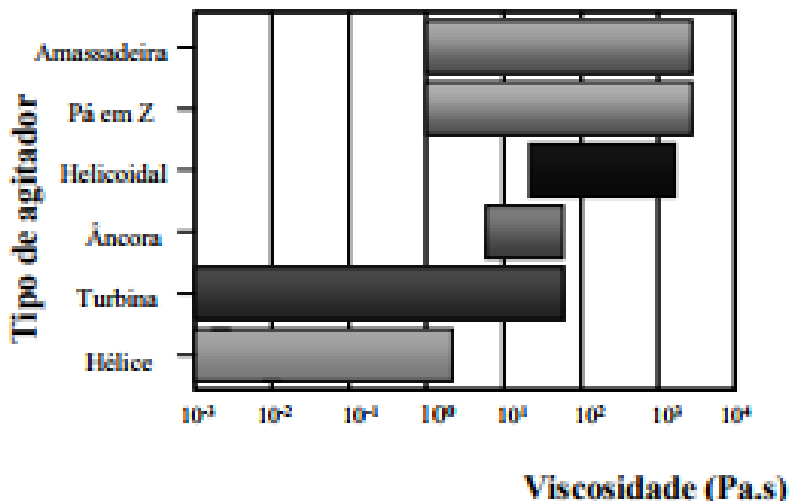
Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Dimensionamento do agitador (misturador)

Durante o cozimento, é necessário promover a agitação no próprio mosto para adquirir uma temperatura homogênea em todas as regiões do fluido, para isso, pode-se utilizar um agitador, ou misturador que, segundo Macintyre (1997), são equipamentos compostos por pás, palhetas ou lâminas que provocam a mistura de substâncias a partir do efeito de giro.

Para dimensionar o agitador da Cervejaria OXenTe tomou-se por base alguns dados obtidos durante a produção. Observou-se a rotação requerida no agitador durante o processo de cozimento do mosto, obtendo-se um valor de aproximadamente 1 Hz (rotações por segundo). O modelo do agitador foi escolhido tomando por base a viscosidade dinâmica da água (visto que no momento do cozimento cerca de 85 % do mosto era constituído de água), que segundo Munson (2004) possui valor de $1,12 \times 10^{-3}$ Pa.s. Utilizando o diagrama apresentado na figura 8, pode-se observar que agitadores do tipo hélice ou turbina são apropriados para viscosidades da ordem de 10^{-3} . Optou-se por agitadores do tipo hélice para obter uma agitação mais lenta, sem degradar os grãos de malte.

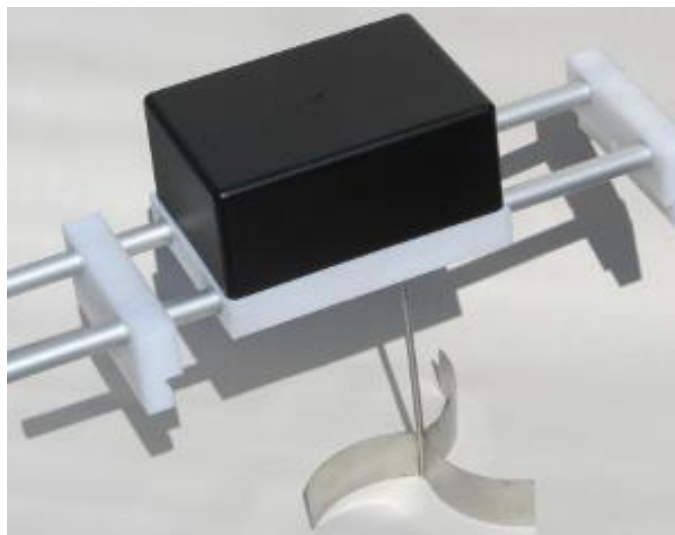
Figura 8. Relação do tipo de agitador a ser utilizado com a viscosidade absoluta.



Fonte: MACINTYRE, 1997.

O modelo da hélice do agitador foi determinado por comparação a um agitador, empregado com base num modelo atual já existente, utilizado pelo kit de micro cervejaria Maltbite, consistindo em 3 pás curvas, que carregam o líquido de baixo para cima e o movimentam em toda a panela, como representado na figura 9. Vale ressaltar que para um melhor aproveitamento do agitador, no modelo a ser desenvolvido foram utilizadas 4 pás, para uma melhor eficiência deste.

Figura 9. Representação da tripla hélice curva utilizada no kit Micro Cervejaria Maltbite.



Fonte: Maltbite.

O diâmetro do agitador também foi um dado obtido através da primeira produção. Procurou-se varrer grande parte do diâmetro da panela sem degradá-la, ou seja, sem que as pás encostem nas extremidades dessa. Para isto, admitiu-se que o diâmetro necessário no agitador seria equivalente a 90 % do diâmetro do cozedor, no caso, a panela de cozimento. Sabendo que diâmetro da panela é de 37,56 cm, utilizou-se a relação (1) para calcular o diâmetro do agitador.

$$D_a = 0,9D_p \quad (1)$$

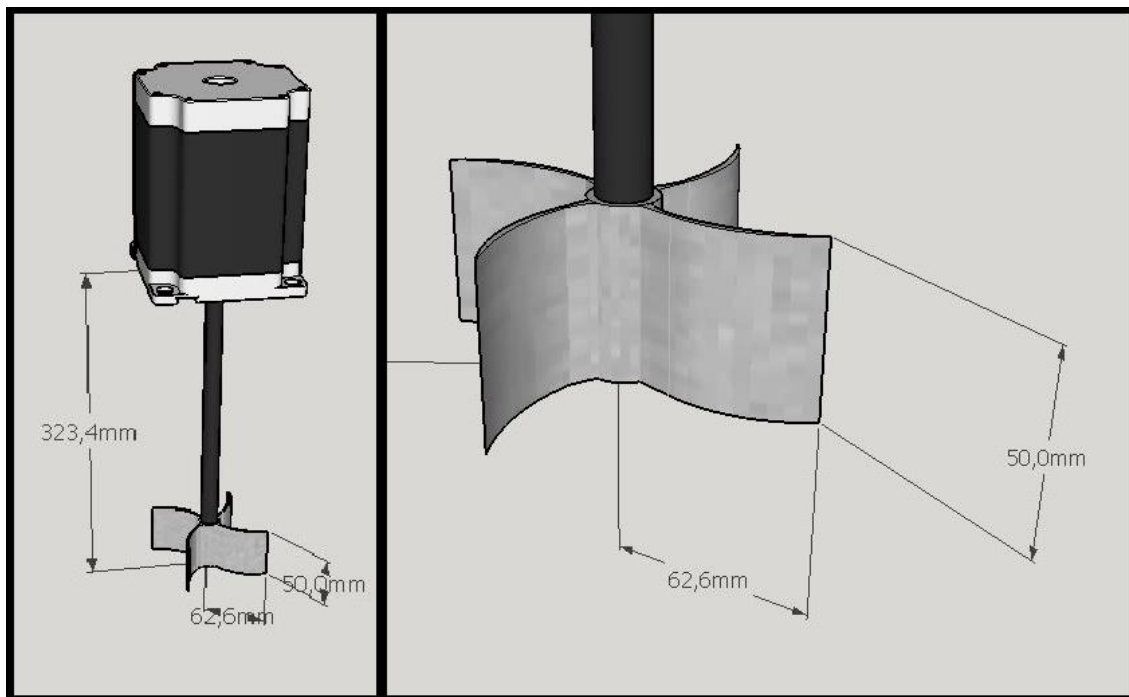
$$D_a = 0,9.37,56$$

$$D_a = 33,80 \text{ cm}$$

O tamanho do eixo de rotação também foi determinado através de observações realizadas durante a agitação manual da produção, procurou-se um tamanho que englobasse toda a panela de cozimento sem degradar a sua área inferior, bem como o mecanismo de filtração (bazooka) que nesse local se encontrava. Desta maneira, o tamanho definido para este eixo foi de 32,34 cm.

O modelo desenvolvido para a cervejaria OXenTe, com as especificações relativas a medidas está representado pela figura 10.

Figura 10. Representação do agitador projetado, bem como o modelo de hélice adotado para este.



Fonte: Autoria Própria.

Para que o misturador possa ser colocado em prática é necessário ainda realizar cálculos para determinar a potência requerida por este e o torque a ser fornecido. O cálculo da potência toma como base o número de potência (N_{Po}) do agitador. O N_{Po} de um agitador do tipo hélice com quatro pás curvas, segundo Pereira (2014), é 2,52, podendo ser calculada através da relação (2).

$$\dot{W}_U = N_{Po} \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho \quad (2)$$

Considerando que N é o número de rotações determinado anteriormente, D_a é o diâmetro do agitador que também já é conhecido e ρ é a massa específica do fluido (aproximadamente a massa específica da água), pode-se determinar a potência útil ($\dot{W}_U$), ou potência mecânica, a ser fornecida no agitador.

$$\begin{aligned} \dot{W}_U &= 2,52 \cdot 1^3 \cdot 0,338^5 \cdot 1000 \\ \dot{W}_U &= 11,12 \text{ W} \end{aligned}$$

Assim, tem-se que a potência necessária para realizar o número de rotações desejadas é de 11,12 W, porém, a potência necessária, do motor, a ser utilizada é um pouco maior do que esta, visto que nenhum motor funciona com 100 % de eficiência. Supondo que o motor possua 70 % de eficiência mecânica (η), pode-se realizar o cálculo da potência elétrica ($\dot{W}_E$) através da relação (3).

$$\eta = \frac{\dot{W}_U}{\dot{W}_E} \quad (3)$$

$$\dot{W}_E = \frac{\dot{W}_U}{\eta}$$

$$\dot{W}_E = \frac{11,12}{0,70}$$

$$\dot{W}_E = 15,89 \text{ W}$$

Outro parâmetro necessário ao dimensionar um agitador é o torque que este deve fornecer às pás para que estas trabalhem de acordo com o esperado. Para calcular o torque necessário no agitador utiliza-se algumas relações conhecidas da física. Sabe-se que a potência em geral pode ser calculada como o produto da força pela velocidade, e que o torque pode ser obtido pelo produto da força pela distância (no caso o raio do agitador). Portanto, obtém-se a relação (4).

$$\dot{W}_E = T \cdot \omega \quad (4)$$

A velocidade angular por sua vez pode ser calculada através do produto de 2π pela frequência, que no caso será de 1 Hz, segundo a equação (5).

$$\omega = 2\pi \cdot f \quad (5)$$

Portanto, pode-se afirmar que o cálculo do torque do agitador pode ser realizado utilizando a equação (6).

$$T = \frac{\dot{W}_U}{2\pi f} \quad (6)$$

Substituindo a potência pela calculada anteriormente e f pelo número de rotações por segundo encontra-se o valor para o torque.

$$T = \frac{15,89}{2\pi 1}$$

$$T = 2,53 \text{ N}$$

Portanto, para projetar o agitador a ser utilizado na produção de cerveja artesanal, deve-se utilizar um motor de 15,89 W para conseguir cerca de 1 Hz, com um torque de 2,53 N, utilizando um agitador de três pás curvadas e que possuam um terço do raio da panela e um eixo com aproximadamente 320 mm, como representado na figura 9.

Para efeito de comparação deve-se ainda calcular a razão potência/volume para definir o nível de agitação a ser utilizado. Dessa maneira, a relação potência volume encontrada para o agitador da Cervejaria OXenTE foi de 556,17 W.m⁻³, que segundo a tabela 4 se encontra no nível de agitação mais usual (agitação forte).

Figura 11. Tabela de índice de agitação.

$\frac{\dot{W}_u}{V}$		Nível ou grau de agitação
Watts m ³	HP m ³	
Até 80	até 0.1	Débil
80 - 230	0.1 - 0.3	Suave
230 - 460	0.3 - 0.6	Média
460 - 750	0.6 - 1.0	Forte
750 - 1500	1 - 2	Intensa
1500 - 2250	2 - 3	Muito forte
2250 - 3000	3 - 4	Muito intensa

← valor mais usual

Fonte: MACINTYRE, 1997.

3.3 Equipamentos para fervura do mosto

Para a fervura do mosto foi utilizada uma nova panela (também com válvula) com capacidade para 32 L e um fogareiro a gás como fonte de calor. O uso do termostato nessa etapa foi dispensável, visto que não é necessário o controle de temperatura. Portanto, apenas mediu-se a temperatura de fervura com um termômetro cervejeiro.

3.4 Equipamentos para resfriamento do mosto

Para resfriar o mosto fervido até a temperatura de fermentação utilizou-se uma serpentina dupla de alumínio e diâmetro do tubo 9,53 mm, e

mangueiras de silicone, tanto para conectar as serpentinas entre si, como para ligá-las a fonte do fluido refrigerante (água) e do descarte deste. A água entra na primeira serpentina à temperatura ambiente e é resfriada através de uma solução crioscópica formada por água, álcool etílico e gelo, sendo posteriormente levada ao mosto quente para trocar calor com este e resfriá-lo, seguindo para o descarte.

3.5 O fermentador

O fermentador, ou dorna de fermentação, utilizado foi um recipiente cilíndrico de diâmetro 23,87 cm e altura de 28 cm feito em PVC (policloreto de vinila), com duas válvulas acopladas, uma para retirada do líquido, localizada na parte mais baixa do recipiente e outra situada na tampa. Esta última possui função de escapamento de gás carbônico (CO_2), com um tubo de silicone, previamente esterilizado, conectado a saída da válvula e com destino a uma garrafa de água, permitindo a saída do gás carbônico e impedindo a entrada de oxigênio (apresentando desempenho semelhante a um Air Lock). Como a temperatura de fermentação da levedura deve ser extremamente controlada, utilizou-se o mesmo termostato acoplado, dessa vez, a um frigobar onde o fermentador seria colocado a uma temperatura de 18 °C por cinco dias de fermentação e mais três dias como uma segunda fermentação a 24 °C.

3.6 Maturação

A maturação ocorre também no fermentador, porém a uma temperatura ainda mais baixa (2 °C) para a completa inativação das leveduras. Dois dias após o início da maturação, adiciona-se cerca de 10 g de gelatina sem sabor para cada 10 L de cerveja, caso a recirculação não seja satisfatória para a clarificação desta. A gelatina antes de ser adicionada deve ser dissolvida em cerca de 5 mL de água fervente e adicionada ao fermentador somente quando sua temperatura cair até 65 °C com acompanhamento de um termômetro cervejeiro previamente sanitizado.

3.7 Equipamentos utilizados para o envase da cerveja

O envase foi realizado utilizando um sifão para retirada da cerveja pré-pronta pela área superior do fermentador, no intuito de evitar a passagem de leveduras pela válvula, enchendo cada uma das garrafas previamente sanitizadas (tomando cuidado para não exceder demais o volume controlado pelo gargalo da garrafa). A adição de 1,72 g de açúcar também foi realizada no momento do envase, para que as leveduras pudessem carbonatar e produzir o gás necessário na cerveja, utilizando um arrolhador para lacrar a garrafa e impedir que gás escape.

3.8 Desenvolvimento da receita

Como objetivo da cervejaria OXenTe era buscar uma cerveja adocicada com aspecto diferenciado, teve-se como base a receita RED X, como tratado no item 2.3. Para isso, utilizou-se na primeira produção 2,3 kg do malte red x, e para intensificar o gosto adocicado, fez-se o uso de 200 g do malte carared. Mas para que as características pudessem ser evidenciadas, fez-se necessário o uso de um software para simular os objetivos, o Beersmith. O Beersmith é um programa que permite criar receitas usando ingredientes pré cadastrados e ingredientes cadastrados pelo usuário. O programa calcula algumas variáveis, como IBU (amargor), EBC (coloração), e com os maltes utilizados na produção, constatou-se que o EBC da cerveja OXenTe ficaria entre 25 e 35, evidenciado pela figura 12.

Figura 12. Tonalidades de uma cerveja.

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

Fonte: Adaptado de BJCP Guideline 2008 **Classificação de acordo com a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994

Fonte: (www.ocaneco.com.br)

Com o uso do programa, em teoria, pôde-se alcançar o objetivo escolhido para o grupo na primeira produção. Entretanto, para realização da segunda produção, houve ausência do malte utilizado na primeira produção (red x) na instituição de venda, sendo necessária a aquisição de um outro malte que trouxesse as caracterisíticas desejadas (coloração avermelhada). Para isso, utilizou-se 2,3 kg do malte BEST pale ale que apresenta 6,0 de EBC e 300 g do malte caramunich III que apresenta 139,9 de EBC. Com essa significativa diferença, e levando a proporção de cada malte, pôde-se alcançar em teoria EBC de 30,0 utilizando-se o Beersmith como simulador.

3.9 Fluxo da carga durante o processo

Inicialmente, a carga do processo é representada apenas por água mineral a ser aquecida a 65 °C, com controle de temperatura por parte do termostato, portanto esta se encontra em repouso. Após a adição dos maltes, ocorre o cozimento do mosto, que demora entre uma hora e uma hora e meia,

com agitação constante, sendo que a próxima etapa do processo é a recirculação. O líquido é bombeado através da válvula da panela e retorna para o interior desta, intensificando a filtração da carga através da Bazooka por cerca de 30 a 40 minutos, desviando a direção da carga para a panela de fervura seguinte após esse tempo.

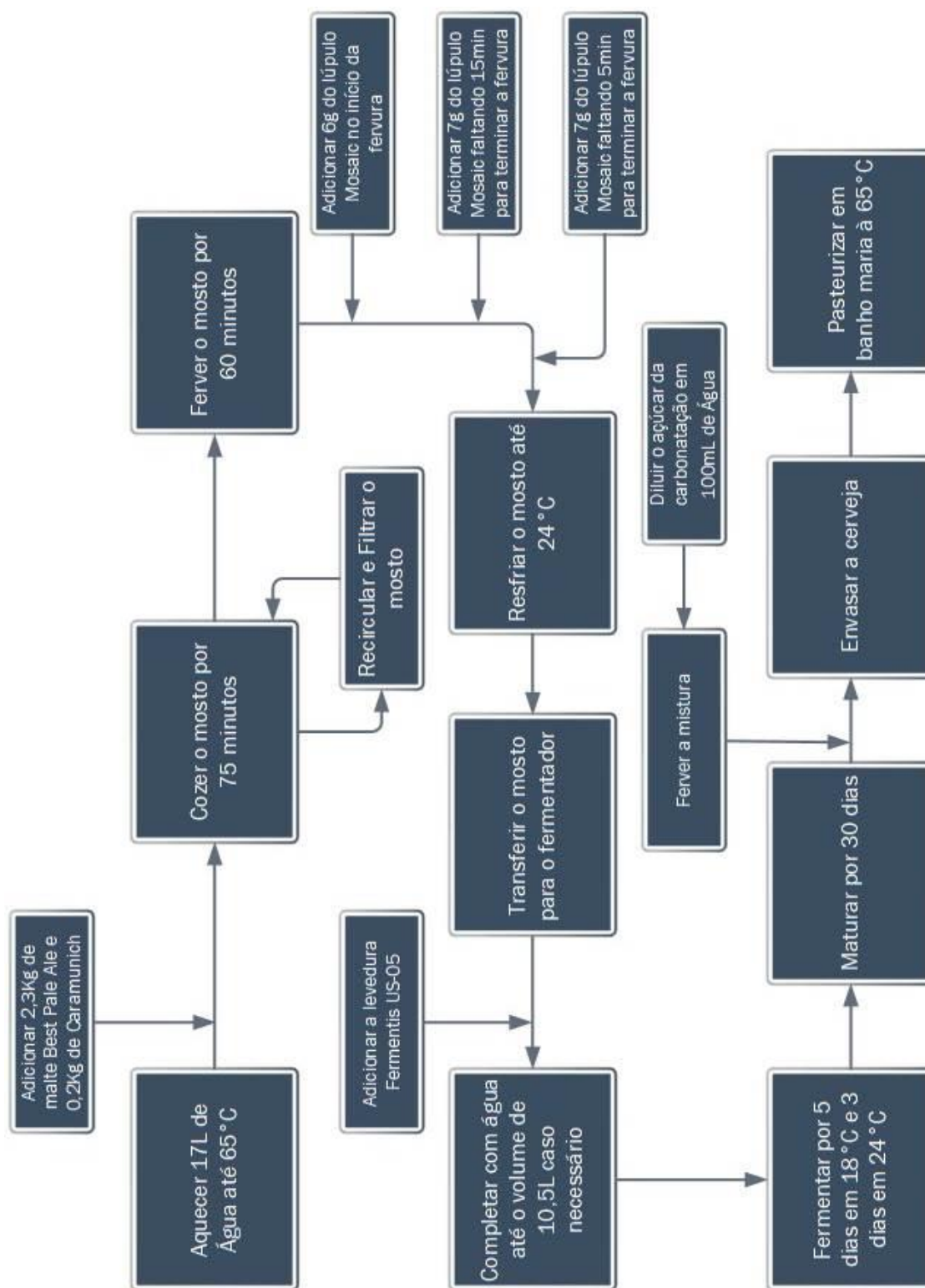
Na panela de fervura foi onde ocorreu a adição dos lúpulos que garantiram sabor, aroma e amargor na cerveja, sendo que a receita desenvolvida utiliza apenas um tipo de lúpulo, o Mosaic (HBC 369) [12,70 %]. O primeiro lúpulo (6 g) foi adicionado no início da fervura. Passados 45 minutos, o segundo lúpulo (7 g) foi adicionado e 10 minutos após a adição do segundo, o terceiro e último lúpulo (7 g) foi adicionado. Após completar 5 minutos a partir da adição do último lúpulo, a fervura foi finalizada, totalizando uma hora para esta etapa. Após a fervura, a serpentina se encarregou de resfriar o mosto até a temperatura de fermentação, onde água foi utilizada como fluido de refrigeração. Com o mosto resfriado a carga foi transferida para o fermentador, utilizando a válvula contida na panela e a gravidade como auxílio, não necessitando de bombeamento. No fermentador foram adicionadas as leveduras Safale American (DCL/Fermentis #US-05) (cerca de 11 g), lacrando o fermentador após a adição. Este seguiu para um refrigerador onde a temperatura foi controlada também pelo termostato na temperatura ideal de trabalho da levedura. Após o tempo da primeira fermentação de cinco dias a 18 °C, e da segunda fermentação de três dias a 24 °C, a cerveja entrou em processo de maturação, permanecendo numa temperatura de 2 °C. Dois dias após o início da maturação, a gelatina preparada foi adicionada conforme o item 3.6, sendo este o último insumo a ser utilizado na cerveja (essa etapa deve ser realizada apenas se o mosto não for clarificado com sucesso durante a recirculação).

O tempo de maturação é suficiente entre 7 e 10 dias, sendo que 30 dias é o ideal para uma melhor qualidade da cerveja. Após a maturação é realizado o envase da cerveja. O processo de envase da cerveja deve ser realizado seguindo as seguintes etapas: transferência da cerveja através de um mecanismo de sifão para uma panela com válvula, adição de açúcar para carbonatação, preenchimento das garrafas com a cerveja e fechamento das

garrafas. A transferência da cerveja para uma panela através de um mecanismo, tem como objetivo garantir que a cerveja, ao ser engarrafada, não leve consigo uma quantidade desnecessária de levedura, evitando que esta fique turva e aprimorando seu aspecto visual. A partir disto, o sistema de sifão foi feito utilizando uma mangueira previamente sanitizada, que foi totalmente preenchida com a cerveja, bloqueando ambas as pontas. Logo em seguida, uma dessas pontas foi destampada e mergulhada no balde fermentador, enquanto a outra continuou bloqueada. Em seguida, a ponta que estava bloqueada foi posta na panela com válvula, sendo liberada, permitindo assim que o líquido fosse transferido do balde fermentador para a panela, enquanto a maior parte da levedura decantada permanecesse no balde. Após completa a transferência, uma quantidade de açúcar, preestabelecida pela receita, foi adicionada à cerveja, misturando-a com uma pá cervejeira para homogeneização da mistura. Logo em seguida, a válvula da panela foi aberta, permitindo encher as garrafas e lacrá-las com uso de um arrolhador de garrafas.

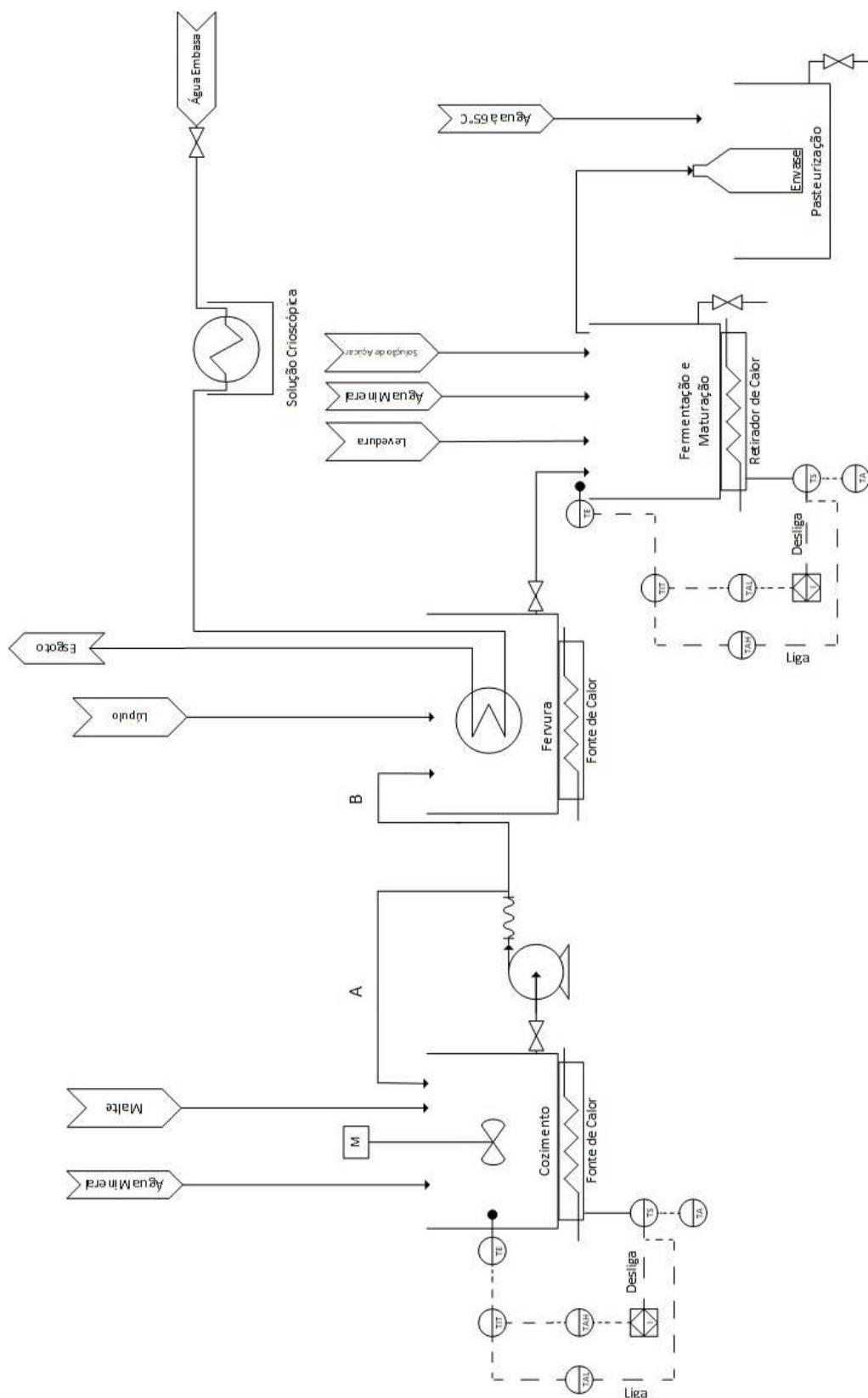
O diagrama de blocos retratado na figura 13 representa o processo de produção da cervejaria OXenTe de maneira simplificada, sendo que a figura 14 representa um fluxograma de processos dessa mesma produção.

Figura 13. Diagrama de blocos do processo da Cervejaria OXeNTE.



Fonte: Autoria própria.

Figura 14. Fluxograma de processos da Cervejaria OXeNTe.



Fonte: Autoria própria.

3.10 Coleta e tratamento de dados

Os dados a serem analisados foram basicamente de viscosidade dinâmica e densidade relativa para posterior cálculo do teor alcoólico da cerveja. Os dados de densidade foram obtidos através da utilização de um refratômetro, sendo estas medições das densidades antes da fervura e após esta, a gravidade original e todas as gravidades específicas durante o processo de fermentação (uma medição a cada dia de fermentação para acompanhamento do teor de álcool). Vale ressaltar que tanto a gravidade específica como a gravidade original são medidas de densidade relativa. Os dados de viscosidade foram obtidos através da análise utilizando viscosímetro no Laboratório Didático do Senai – CIMATEC, para acompanhamento desta durante a fermentação, utilizando o método de análise do viscosímetro capilar de Ubbelohde, segundo o método descrito por Pilling em notas de aula da UNIVAP. Foram realizadas medidas de volume utilizando recipientes graduados (incluindo o próprio fermentador) e de tempo utilizando cronômetros para posteriores cálculos de vazão, velocidade e rendimento do processo. O tratamento dos dados foi realizado utilizando a plataforma da Microsoft Excel para plotagem de curvas de temperatura e teor alcoólico, bem como realização dos cálculos necessários. Também, foram realizadas análises de pH utilizando fitas de pH nas mesmas amostras coletadas para análise de viscosidade.

3.10.1 Análise cromatográfica dos teores de álcool e açúcares

Para obtenção de resultados mais precisos e concisos da quantidade de álcool e açúcares presentes no mosto cervejeiro durante a fermentação, foi desenvolvido um método de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

A preparação das amostras é realizada através de amostragem direta, isso é, retirada diretamente do meio fermentativo (aproximadamente 15 mL) mantendo sempre as amostras em temperaturas negativas para inativar as leveduras, preservando as características e componentes do mosto. A amostra, posteriormente, deve ser centrifugada a 3000 rpm durante 5 minutos e filtrada em papel de filtro comum por gravidade, realizando testes para constatar a necessidade ou não de diluir a amostra. (MONOSIK et al. 2012)

A análise da amostra é realizada utilizando uma coluna Polymer IEX em H^+ 250x8 mm, 8 μm de diâmetro (HC-75 H^+), feita de permutador de ácido sulfônico, a uma temperatura de 80 °C e uma pressão de 300 psi. A fase móvel deve ser água Milli-Q (ultrapura) a um fluxo de 1 mL.min⁻¹ e o detector de índice de refração – IR (modelo PU 4026, Philips, Eindhoven, Holanda).

4 RESULTADOS

O desenvolvimento do processo cervejeiro segue uma higienização adequada, para que o resultado do processo apresente um controle de qualidade elevado, e oferece ainda um certo risco a segurança dos funcionários. Dessa forma, fez-se necessário a elaboração de um regimento do processo cervejeiro da cervejaria OXeNTE conforme a seguir.

4.1 Regimento de segurança, higiene e controle de qualidade

4.1.1 Da segurança dos funcionários

- ✓ Todo e qualquer funcionário da empresa deverá estar, em período de produção, utilizando jaleco de laboratório, preferencialmente constituído por algodão, podendo também ser constituído de poliéster;
- ✓ Todo e qualquer funcionário da empresa deverá estar, em período de produção, utilizando os EPI's necessários, tais como óculos de proteção e luva de látex, vinil ou nitrila;
 - Se por ventura algum funcionário se utilizar de óculos de grau durante o período de produção o mesmo não poderá se desvencilhar deste, mesmo enquanto utiliza o EPI;
 - Caso seja necessário manipular equipamentos com elevada temperatura será necessário o uso de uma luva especial que suporte essa temperatura sem degradar o funcionário;
 - No caso de o funcionário envolvido possuir cabelos longos sempre mantê-los presos para evitar contato com fogo e sempre estar de touca não importando o tamanho dos cabelos para evitar contaminação da carga em qualquer parte do processo.

- Utilizar máscara sempre que entrar em contato, direto ou indireto, com a carga para evitar que partículas de saliva a contamine.
- ✓ Todo e qualquer funcionário da empresa deverá estar, em período de produção, utilizando vestimenta adequada, incluindo camisa de manga (comprida ou não), calça jeans e sapato fechado.
- ✓ Instalar corretamente os controladores e indicadores de pressão e temperatura para não danificar os equipamentos e reduzir o risco de choques e queimaduras.

4.1.2 Da higiene do processo

- ✓ Utilização de álcool 70 % em borrifador para higienização de todos os aparelhos e equipamentos a serem utilizados durante o período de produção;
- ✓ Nunca abrir o balde de fermentação em hipótese alguma, no intuito de não contaminar a levedura nem deixar o oxigênio penetrar no meio fermentativo;
- ✓ Utilizar PAC 200 Pó para sanitizar todas as painéis e o balde de fermentação a serem utilizados;
- ✓ Sempre verificar o local a ser instalada a aparelhagem para certificar se o local é seco, arejado e apropriado para a produção de cerveja;
- ✓ Testar todas as válvulas e bombas utilizadas no processo para verificar a presença ou não de impurezas nesses equipamentos;

4.2.3 Do controle de qualidade

- ✓ Realizar o teste do iodo a cada 15 minutos no período de cozimento do malte para verificar a quantidade de amido ainda presente no mosto;
- ✓ Coletar amostras diariamente, no mesmo horário, durante o período da fermentação para realizar testes de viscosidade e utilizar refratômetro com o objetivo de verificar o teor de álcool da cerveja bem como a sua variação em relação ao tempo;
- ✓ Sempre verificar a pressão contida na garrafa, no momento da carbonatação, para garantir que o gás estará na concentração correta e evitar o risco de explosão caso a pressão esteja muito elevada;

- ✓ Realizar um teste geral dos equipamentos a serem utilizados para a produção, produzindo uma única vez a cerveja sem compromisso, no intuito de detectar erros de processo e garantir uma melhor produção com maior rendimento.

4.2 Primeira produção realizada

A primeira produção da cervejaria OXeNTe ocorreu no dia 16 de julho de 2017. Inicialmente, o grupo não tinha realizado nenhum projeto próximo ao processo cervejeiro, e no dia 16, a única coisa que motivava a realização do processo era o entendimento teórico do mesmo. Dessa forma, foi conveniente realizar duas produções, sendo a primeira com a finalidade de aplicar os conhecimentos teóricos para primeira produção, e a partir desta, levar os conhecimento e erros adquiridos para o processo da segunda produção, desenvolvendo um processo mais satisfatório. Em seguida, será apresentado mais detalhadamente como ocorreu a primeira produção.

Antes de se iniciar a produção, por volta das 10 horas da manhã, fez-se a sanitização dos equipamentos, conforme apresentado no item 3.1. Primeiramente, todos os equipamentos foram lavados a base de água e sabão, para que todo o resíduo grosso fosse retirado dos equipamentos. Em seguida, todos os equipamentos foram esterilizados com álcool 70 % para que estivessem mais higienizados, e por último, foi utilizada uma solução com agente sanitizante (figura 2) típico das cervejarias, o PAC 200. Após todos os equipamentos higienizados, foi montado o sistema da produção, conforme a figura 15.

Figura 15. Sistema para a produção da cervejaria OXenTe.



Fonte: Autoria Própria.

Com todo o sistema montado, deu-se início ao processo, conforme a metodologia do item 3.2. Após a água contida na panela chegar a temperatura de 65 °C, a adição do malte causou uma queda na temperatura para, aproximadamente, 55,4 °C, diminuição justificada pela diferença de temperatura entre a água e o malte adicionado. Necessariamente, esta nova mistura (mosto) precisava retornar a 65 °C, fato ocorrido por volta de 25 minutos depois. Vale ressaltar que logo ao se iniciar o aquecimento da água, a elevação se deu de maneira rápida, entretanto, ao chegar a mais ou menos 45 °C, a variação de grau em grau se deu de maneira lenta, causando um tempo longo para que chegasse a temperatura específica. Após o mosto retornar a temperatura requerida, foi cronometrado 75 minutos para que se iniciasse a fervura do mosto. Durante o processo em que ocorria o cozimento deste, foi programado através do termostato, uma variação para que houvesse um controle automático do aquecedor, ou seja, quando a temperatura do mosto passava dos 65 °C, automaticamente o aquecedor desligava, e só retornava a ligar quando a temperatura do equipamento diminuía razoavelmente. Ao mesmo tempo em que se dava o cozimento, fazia-se necessário realizar o teste do iodo em alguns momentos, conforme a figura 16

abaixo. O teste do iodo era necessário para verificar a presença de amido no mosto, e a tendência era que ao passar do cozimento, a presença de amido fosse cada vez menor, justificado pela quebra da sua molécula em açúcares fermentáveis. À medida em que a coloração da solução de iodo e o mosto estivesse próxima, representaria que o mosto estaria seguindo seu fluxo normal.

Figura 16. Teste do iodo realizado no início do cozimento, comprovando a alta existência de amido presente no mosto.



Fonte: Autoria Própria.

Após o tempo necessário de cozimento, 75 minutos, deu-se início a recirculação. Seguindo a figura 3 e o item 3.9, a recirculação ocorreu durante 20 minutos, tempo um pouco abaixo do necessário, justificado pela dificuldade em que ocorria a recirculação. A bomba utilizada apresentava picos em que em alguns momentos funcionava com uma alta potência, enquanto em outros, levava pouco líquido na recirculação. Posterior a recirculação, iniciou-se a filtração. A filtração ocorreu através de uma bazooka, como explicitado no item 3.2, e ocorreu durante 5 a 10 minutos, não apresentando qualquer problema em sua etapa. Abaixo (figura 17) o resíduo existente na panela após a filtração.

Figura 17. Resíduo da filtração.



Fonte: Autoria própria.

Após a filtração da solução para a panela seguinte, deu-se início a fervura. Inicialmente, em uma tentativa de não se utilizar o fogareiro a gás, a fervura da solução se dava apenas pelo uso de um ebulidor. Entretanto, após passar 1 hora e 30 minutos, e a partir da constatação de que a temperatura não estava variando para mais nem para menos a partir dos 78 °C, foi conveniente transportar a panela que antes tinha a solução aquecida pelo ebulidor para um fogareiro comum. Dessa forma, por volta de 15 minutos após se utilizar o fogareiro, percebeu-se que a solução começou a ferver, com uma temperatura de 92 °C. A partir do momento em que se dava a ebulição, fazia-se necessário a cronometragem do tempo junto a adição do lúpulo, conforme o item 3.9.

Após completada a etapa da fervura e adição de todos os lúpulos, iniciou-se o resfriamento. Inicialmente, como descrito no item 3.9, o fluido refrigerante escolhido foi a água, e este fluido antes de chegar a serpentina que estava contida na solução fervida, foi antecipadamente resfriada em uma solução crioscópica. Ou seja, esta solução continha água, gelo, sal e álcool. Em primeira instância, ao se iniciar o resfriamento, a temperatura diminuiu em um tempo considerável, o que era teoricamente previsto. Entretanto, ao chegar por volta dos 25 °C, temperatura ambiente, a solução não apresentava mais variação, visto que era necessário que esta chegasse a 23 °C para que não houvesse degradação da levedura. Desta forma, foi necessário realizar um

suporte improvisado para que a temperatura decaísse e, para isso, mergulhou-se o fundo da panela em um recipiente contendo água com gelo, o que favoreceu a queda da temperatura. Uma etapa do resfriamento pode ser observada na figura 18 abaixo.

Figura 18. Resfriamento da solução.



Fonte: Autoria própria.

Com o mosto resfriado, a carga foi transferida para a dorna de fermentação. Após toda a solução ser transferida para o fermentador, fez-se necessário a adição de 500 mL de água, visto que, segundo a receita, caso o rendimento final não chegasse a 10 L, fazia-se necessário o complemento com água. Em seguida, foi adicionado a levedura com uma agitação constante para que esta se espalhasse pela solução, conforme o item 3.9. Abaixo, tem-se na figura 19 uma representação da transferência do mosto após resfriamento para o fermentador.

Figura 19. Transferencia do mosto para o fermentador após resfriamento.



Fonte: Autoria Própria.

Com a solução devidamente posta dentro do fermentador, e este lacrado perfeitamente, colocou-se a dorna dentro do frigobar.

Inicialmente, o frigobar funcionou como o aquecedor utilizado durante o cozimento, ou seja, ele estava programado para operar automaticamente, dentro do especificado pela receita, utilizando-se o termostato. A fermentação tinha previsão de 5 dias, e neste tempo, ocorreu um imprevisto por conta de uma falha do grupo em que, após a coleta de uma amostra dentro do frigobar, a válvula em que permitia a passagem do gás carbônico foi mantida echada, o que provocou um aumento de pressão no balde fermentador, gerando vasamento de mosto e possibilidade de explosão. Entretanto, a ocasião foi percebida a tempo e a válvula foi reaberta, não interferindo no restante da fermentação. Terminados os dias da fermentação e maturação, iniciou-se o envase.

O envase da cerveja foi realizado no dia 25 de julho de 2017. Inicialmente, para que a cerveja fosse envasada, foi conveniente ao grupo retirar um pouco da mesma, e assim, ter uma noção do resultado encontrado, como observado na figura 20 abaixo.

Figura 20. Representação da cerveja OXeNTe.



Fonte: Autoria própria.

Logo ao se retirar uma quantidade de cerveja do balde fermentador, a solução apresentou-se em apenas uma fase, com uma coloração voltada para o marrom. Após alguns minutos, como pode ser visualizado na figura 20, houve uma decantação de leveduras no copo, e a solução passou a ter duas fases: a fase superior representava a cerveja fermentada, com objetivo alcançado (cerveja avermelhada), e a fase inferior, constituída por um excesso de levedura, o que não era esperado. Dessa forma, para que não houvesse desperdício do processo, a cerveja foi envasada. Como foi possível perceber que o primeiro envase apresentou excedeu a concentração de levedura, foi necessário realizar uma pesquisa em que se utilizasse uma nova técnica para o envase, conforme o item 3.9, a qual foi realizada na segunda produção.

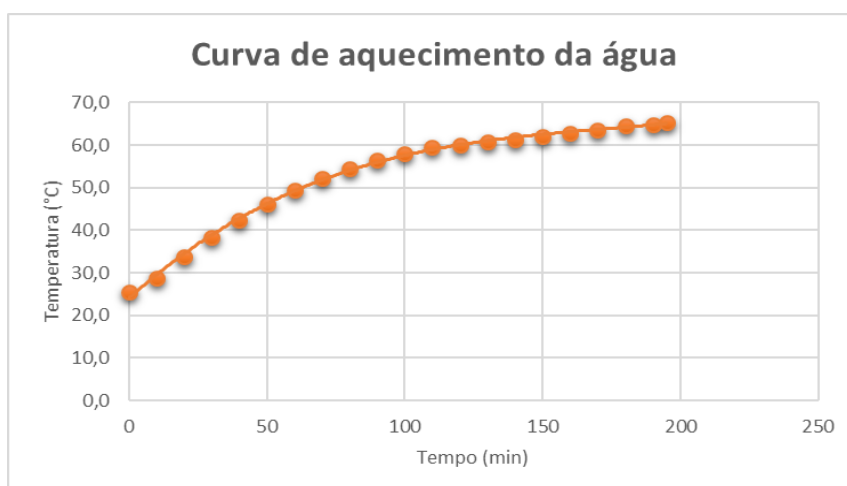
Após o envase, era necessário medir o teor alcoólico da cerveja, o que não foi possível, já que a gravidade original não foi obtida após a fervura, impossibilitando a conversão do teor alcoólico.

4.3 Segunda Produção Realizada

Devido a necessidade de estabelecer-se um meio de comparação entre a primeira e a segunda produção da cerveja OXeNTe, assim como fazer algumas correções no processo de produção, realizou-se a segunda produção, esta que ocorreu no dia 06 de agosto de 2017. Inicialmente procurou-se repetir o processo com os mesmos insumos utilizados previamente, porém devido ao malte utilizado na primeira produção não estar disponível, fez-se o uso do malte BEST Pale Ale e do Caramunich III (Weyermann) nas seguintes quantidades: 2,3Kg e 0,3Kg, respectivamente, com intuito de buscar uma cerveja com tonalidade avermelhada.

O processo de produção iniciou com a sanitização dos equipamentos seguindo o regimento de segurança, sequenciado do aquecimento da água de cozimento. O processo de aquecimento da água teve duração total de 3 horas e 15 minutos, partindo da temperatura de 25,5 °C até 65,3 °C. Durante o período de aquecimento fez-se a medição da temperatura da água a cada 10 minutos e diante dessas informações coletadas estabeleceu-se um gráfico sobre a temperatura em função do tempo de aquecimento, este que está representado pela figura 21.

Figura 21. Curva de aquecimento da água.



Fonte: Autoria própria.

Depois de atingida a temperatura esperada de 65,3 °C fez-se a adição do malte e com isso observou-se uma queda de temperatura para 61,3 °C.

Esta queda pode ser explicada devido à diferença de temperatura entre o malte e a água, devido ao equilíbrio térmico da solução composta entre ambos. A partir deste momento deu-se início ao processo de cozimento, este que teve duração de 1 hora e 15 minutos e foi acompanhado de uma leve agitação manual e controle de temperatura, obtendo uma média de 64,4 °C. Após concluído o processo de cozimento, iniciou-se a etapa de recirculação do mosto, esta que durou aproximadamente 40 minutos. Logo em seguida, realizou-se a filtração do mosto, a qual durou aproximadamente 156 segundos. Dado que o valor teórico do volume de mosto era de 20 L e o diâmetro da válvula de escoamento era de 0,0127 m, tornou-se possível estimar a vazão assim como a velocidade média do mosto a partir do uso das equações 7 e 8, estes sendo respectivamente, 0,000128 m³.s⁻¹ e 1,012 m.s⁻¹.

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \quad (7)$$

$$\dot{V} = V_m \times A_s \quad (8)$$

Onde $\dot{V}$ é a vazão volumétrica medida em m³.s⁻¹, V é o volume em m³, t é o tempo em segundos (s), V_m é a velocidade média e A_s é a área superficial.

Nesta etapa também foi feito a medição da densidade relativa do mosto pré-fervura com auxílio de um refratômetro, como pode ser observado na figura 22, obtendo o valor de 1,050, tendo como base a massa específica da água como sendo 997 kg.m⁻³ (LIDE, 2004) à 25 °C e à pressão de 1 atm. Estimou-se que a massa específica do mosto com uso da equação 9 seria de 1046,85 kg.m⁻³ e com isso a vazão mássica calculada a partir da equação 10 seria de aproximadamente 0,134 kg.s⁻¹.

Figura 22. Medição da densidade do mosto pré-fervura.



Fonte: Autoria própria.

$$d = \frac{\rho}{\rho_0} \quad (9)$$

$$\dot{m} = \rho \times \dot{V} \quad (10)$$

Onde d é a densidade relativa, ρ é a massa específica do fluido analisado e ρ_0 é a massa específica do fluido padrão.

A etapa de fervura se seguiu após o término da filtração, esta que durou aproximadamente 1 hora. Na etapa foi adicionada os lúpulos no mesmo período que da primeira produção. Durante esta etapa foram medidas as temperaturas do mosto e com isso confeccionou-se um gráfico, representado pela figura 23. Ao observá-lo, pode-se analisar uma constância na temperatura dentro da faixa de 94 °C, isto deve-se ao fato de que nesta etapa a solução encontra-se no estado de transição de fases, logo a energia fornecida pela fonte estaria atrelada ao calor latente, representado pela equação 11, que não varia a temperatura do mosto. Vale ressaltar que a etapa da fervura ocorreu em um fogareiro pelo fato de não existir a necessidade do controle da temperatura, e ainda, não necessário o uso do ebulidor.

Figura 23. Curva de temperatura de fervura.



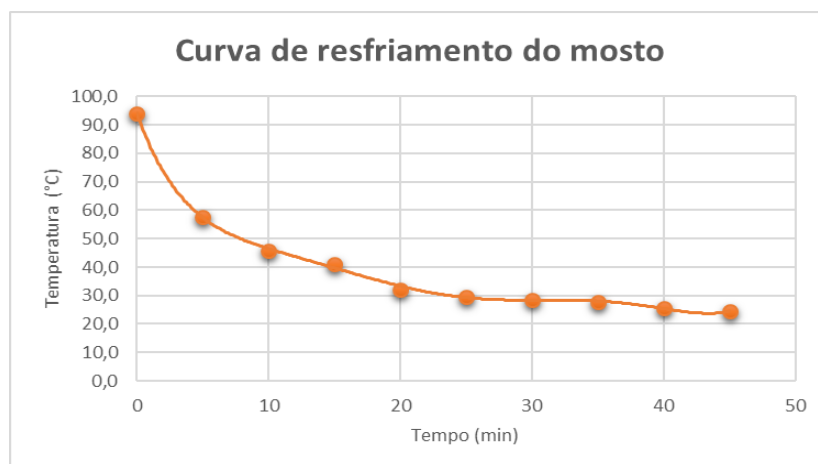
Fonte: Autoria própria.

$$Q = m \cdot l \quad (11)$$

Onde Q é a quantidade de calor necessária para que um corpo mude de estado físico, dada em joule (J), m é a massa, dada em kg e l é o calor latente, dado em J.kg⁻¹.

A etapa de fervura foi seguida pela etapa de resfriamento que foi feita através da circulação de água fria por uma serpentina de aço inoxidável mergulhada no mosto filtrado com duração total de 45 minutos. A escolha do material da serpentina com aço inoxidável se deu pois o mesmo apresenta uma condutividade térmica de 15 W.(m.K)⁻¹ e por apresentar um custo baixo. Sabe-se que a referência para a condutividade térmica está no material cobre, entretanto, para se adequar ao custo benefício vivenciado pela empresa, se utilizou o aço inoxidável. Com intuito de se medir a vazão volumétrica e mássica, assim como a velocidade média da água dentro do sistema de resfriamento, e sabendo que o diâmetro deste era de 0,009525 m, utilizou-se uma vasilha de volume de 1,5 m³ e mediu-se o tempo que levaria para enchê-la, que foi de, aproximadamente, 62 segundos. Com isso, utilizou-se das equações 7, 8 e 10, e calculou-se uma vazão de 0,000024 m³.s⁻¹, uma velocidade média de 0,340 m.s⁻¹ e vazão mássica de 0,024137 kg.s⁻¹. Também foi medida a temperatura do mosto a cada 5 minutos e o resultado dessa variação é verificado na figura 24.

Figura 24. Curva de resfriamento do mosto.



Fonte: Autoria própria.

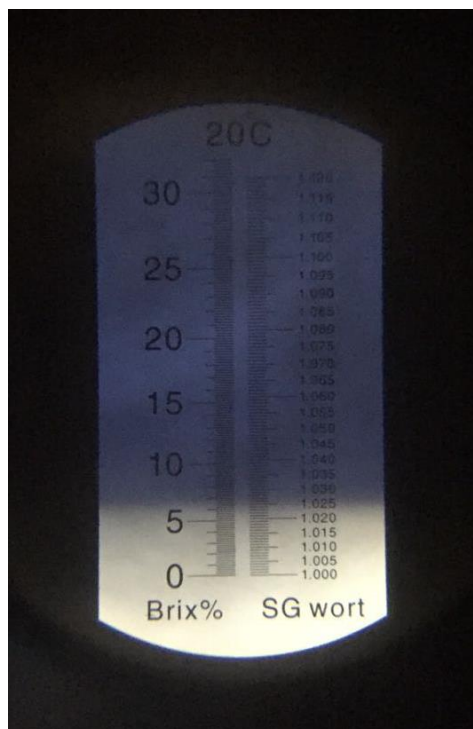
Após completo o resfriamento coletou-se uma pequena amostra do mosto e fez-se a medição da densidade relativa pós-fervura, obtendo um valor de 1,055. A partir desta medição utilizou-se novamente a equação 9 e constatou-se que a massa específica do mosto seria de $1051,835 \text{ kg.m}^{-3}$.

Ao mesmo tempo em que se fazia o resfriamento, realizou-se a inoculação da levedura através do aquecimento de 100 mL de água até uma faixa de 32 °C. Depois de transferir o mosto para o balde fermentador colocou-se a levedura inoculada no mosto e transferiu-o para o frigobar sobre uma temperatura de 18 °C para a fermentação.

O processo de fermentação teve duração total de 8 dias, e este foi dividido em duas etapas. Primeiramente o mosto foi mantido a uma temperatura de 18 °C por 5 dias e, nos 3 dias finais, essa temperatura foi aumentada para 24 °C. Este aumento de temperatura foi preciso, pois após a primeira fermentação, grande parte da glicose presente na solução já havia sido consumida pela levedura, logo o aumento de temperatura favoreceria com que o açúcar restante na solução fosse convertido em álcool. Durante o processo de fermentação foi recolhido a cada dia uma pequena amostra do fermentado e com isso se obteve informações sobre o teor de açúcar e a densidade relativa da cerveja, como representado na figura 25. Utilizando da equação 12 (PAPAZIAN, 1991), pode-se obter o teor alcoólico e estes dados

estão presentes na tabela 5. A partir deles foi possível, também, confeccionar o gráfico mostrado na figura 26.

Figura 25. Medição do teor de açúcares e densidade relativa.



Fonte: Autoria própria.

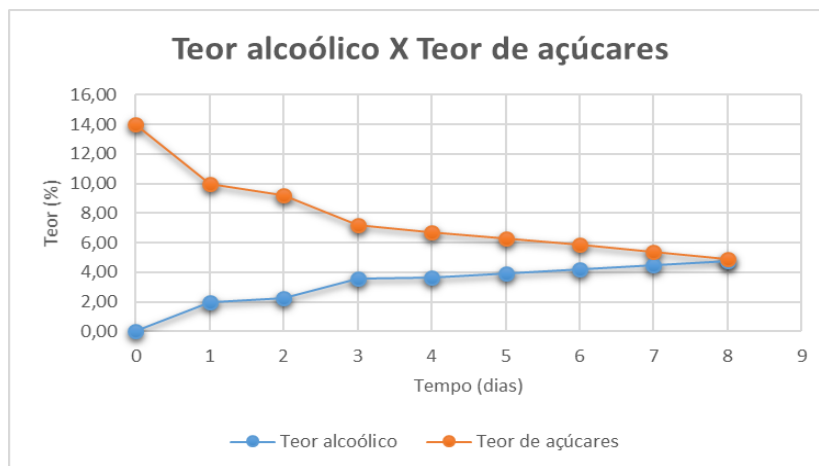
$$ABV = (OG - SG) \times 131,25 \quad (12)$$

Tabela 5. Dados coletados durante a fermentação.

Tempo de fermentação (dias)	Gravidade específica (SG)	Teor de açúcares (%)	Teor alcoólico (%)
0	1,055	14	0,00
1	1,040	10	1,97
2	1,038	9,2	2,23
3	1,028	7,2	3,54
4	1,027	6,7	3,68
5	1,025	6,3	3,94
6	1,023	5,9	4,20
7	1,021	5,4	4,46
8	1,019	4,9	4,73

Fonte: Autoria própria.

Figura 26. Curva do teor alcoólico em comparação com teor de açúcares durante a fermentação.

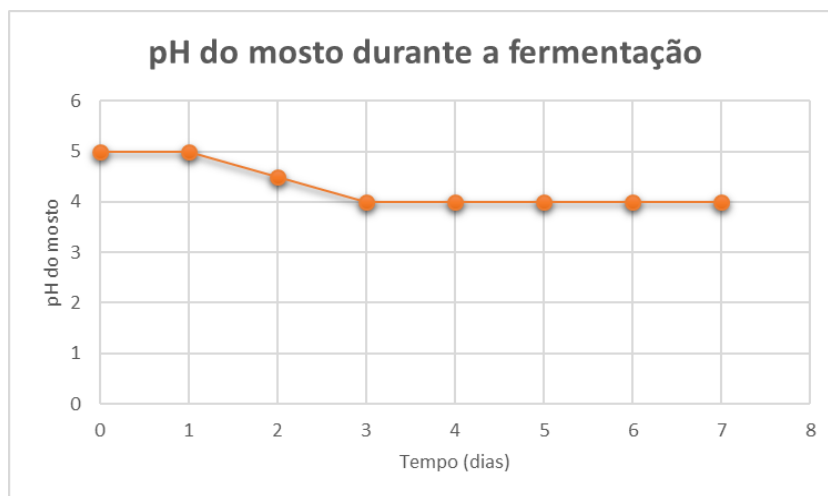


Fonte: Autoria própria.

No dia 15 de agosto de 2017 deu-se início ao processo de maturação, onde a temperatura do frigobar foi reduzida para 2 °C. Este decréscimo de temperatura foi realizado para inativar a levedura e forçar com que esta decantasse no fundo do balde fermentador. A decantação garantirá que no processo de envase haja menos levedura suspensa na cerveja, dando um aspecto mais translúcido a cerveja, melhorando-a visualmente.

Também foram coletadas amostras para testes de viscosidade e análise de pH. A análise de pH não se mostrou muito efetiva, visto que o método utilizado para aquisição dos valores não se apresentou muito preciso (fitas de pH), porém os dados coletados podem ser representados através da figura 27.

Figura 27. Variação do pH em relação ao tempo de fermentação.



Fonte: Autoria própria.

Os testes de viscosidade usando o viscosímetro de Ubbelohde não foram conclusivos, visto que as amostras coletadas continham uma certa concentração de leveduras o que ocasionavam um entupimento do capilar da vidraria, impossibilitando a conclusão do experimento. Além disso, algumas das amostras, possivelmente por condicionamento incorretos, não apresentaram inativação das leveduras, ou seja, estas não deixaram de fermentar no tubo de ensaio como deveriam, produzindo gás carbônico que, ao ser liberado no momento de utilização das amostras, degradou o mosto e impossibilitou a análise.

Com o objetivo de proporcionar maior qualidade a cerveja, o processo de maturação deve ocorrer durante 30 dias, ressaltando que existe a necessidade de pelo menos 7 dias de maturação. Mas como o objetivo é a qualidade do produto, a cerveja se encontra no processo de maturação para ser “envelhecida” e será envasada mais adiante, conforme a metodologia do envase descrita no item 3.9.

5 RECURSOS FINANCEIROS

5.1 Apoio

Entre alguns pontos, uma das problemáticas do projeto integrador envolveu a dificuldade financeira que estava ocorrendo dentro da empresa. Dessa forma, fez-se necessário a busca de um apoiador para o projeto, para que todos os custos fossem minimizados. Desta maneira, através de uma busca, foi apresentado a empresa, Lúcio Sarrizo, detentor da marca “Benza Deus”. Lúcio Sarrizo é formado em engenharia de controle e automação pela PUC-MG, e tem como hobby a produção de cerveja artesanal. Foi realizado uma reunião com Lúcio para um maior entendimento do processo cervejeiro, e em algumas das conversas, foi relatado a possibilidade de Lúcio ser um apoiador do projeto, mostrando-se solidário para tal. Desta forma, tem-se que a maior parte dos equipamentos utilizados pela Cervejaria OXeNTe foram dispostos por um apoiador.

5.2 Bahia Malte

A Bahia Malte é a maior loja do seguimento de insumos e equipamentos cervejeiros na Bahia. Desde que o projeto integrador foi apresentado, a Bahia Malte foi referência para dúvidas e entendimentos. Nesta, em todas as idas, houve boa recepção pela equipe por Alan Reis, e este sempre se mostrou disposto a retirar as dúvidas e dar conselhos para que a receita saísse da melhor forma possível. A Bahia Malte disponibilizou 10 % de desconto nas compras necessárias para que fosse possível a realização da cerveja OXeNTe.

5.3 Orçamento

Inicialmente, após a primeira reunião do grupo para elaboração do plano de trabalho, foi necessário um orçamento geral para apresentar um orçamento prévio para o projeto. O orçamento abaixo, foi aprimorado com valores referentes a Bahia Malte, empresa referência para elaboração da cerveja. Dessa forma, segue, da tabela 6 a 10, o orçamento para cada parte específica do processo cervejeiro.

Tabela 6. Orçamento para aquecimento/cozimento.

Item	Equipamento	Quantidade	Observação	Valor
1	Bazuca	1	p/ recirculação	-
2	Bomba	1	p/ recirculação	-
3	Ebulidor	1	p/ aquecimento	R\$49,00
4	Malte	2,5 kg	Kit c/ lúpulo e levedura	R\$78,00
5	Mangueira	1	p/ recirculação	-
6	Panela	1 de 20L	Com válvula	R\$ 85,00
7	Termostato	1	-	R\$109,00
8	Iodo	-	p/ teste do Iodo	R\$5,00
	-	-	-	Total : R\$326,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7. Orçamento para fervura.

Item	Equipamento	Quantidade	Observação	Valor
9	Bomba	1	p/ levar o mostro	Item 2
10	Cronometro	1	-	-
11	1° Lúpulo	6 g	Amargor	Item 4
12	2° Lúpulo	7 g	Sabor	Item 4
13	3° Lúpulo	7 g	Aroma	Item 4
14	Panela	1 de 20L	Com válvula	R\$ 85,00
15	Termostato	1	-	Item 7
	-	-	-	Total : 85,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8. Orçamento para resfriamento.

Item	Equipamento	Quantidade	Observação	Valor
16	Serpentina	2	-	R\$120,00
17	Bacia	1	p/ resfriamento	-
18	Mangueira silicone	2	-	R\$ 40,00
	-	-	-	Total : R\$160,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9. Orçamento para fermentação.

Item	Equipamento	Quantidade	Observação	Valor
19	Dorna (completa)	1	-	R\$57,00
20	Termostato	1	-	Item 7
21	Densímetro	1	-	R\$ 54,00
	-	-	-	Total : R\$111,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10. Orçamento para envase.

Item	Equipamento	Quantidade	Observação	Valor
22	Tampinhas	n/a	-	R\$ 8,00
23	garrafas	n/a	-	-
24	Máquina de envasar	1	-	-
	-	-	-	Total : R\$8,00

Fonte: Autoria própria.

A partir das tabelas especificadas acima e com o somatório a partir delas, calculou-se que o valor total para elaboração do projeto foi de R\$ 690,00.

5.4 Custo do projeto

Tabela 11. Custo de matérias para o projeto.

Material	Quantidade	Observação	Valor
Pá Cervejeira	1	-	R\$ 22,50
Balde Fermentador	1	-	R\$ 39,00
Tampinhas	kit	-	R\$ 8,00
Termostato	1	-	R\$ 102,00
Iodo	1	-	R\$ 5,00
Copos	4	P/ coordenadores	R\$ 15,00
-	-	-	Total: 191,50

Fonte: Autoria própria

Tabela 12. Insumos para realização da primeira produção da cerveja.

Material	Quantidade	Observação	Valor
Kit insumos	1	-	R\$ 78,37
Água	20 L	Indaiá	R\$ 22,00
-	-	-	Total: 100,37

Fonte: Autoria própria.

Tabela 13. Insumos para realização da segunda produção da cerveja.

Material	Quantidade	Observação	Valor
Kit insumos	1	-	R\$ 60,00
Água	20 L	Indaiá	R\$ 11,00
-	-	-	Total: 70,00

Fonte: Autoria própria

Tendo apresentado todas as tabelas específicas para o custo do projeto, tanto da primeira produção, como para segunda produção, tem-se que o projeto ao todo apresentou um valor total de R\$ 361,87.

6 CRONOGRAMA

Para uma melhor realização e organização do projeto foi desenvolvido um cronograma a ser seguido e utilizado como orientação para obtenção dos melhores resultados possíveis, como pode ser observado na tabela 14.

Tabela 14. Cronograma desenvolvido para acompanhamento do projeto.

Tarefas	24/06 até 01/07	01/07 até 08/07	08/07 até 15/07	15/07 até 22/07	22/07 até 29/07	29/07 até 05/08	05/08 até 12/08	12/08 até 20/08	21/08	23/08
Escolha da receita	X									
Produção do plano de trabalho	X									
Produção do orçamento	X	X	X							
Aquisição de materiais			X	X	X	X	X			
Montagem das instalações			X	X	X	X	X			
Primeira produção de cerveja				X						
Segunda produção de cerveja							X			
Análise da carga e do produto				X	X	X	X	X		
Produção do relatório final			X	X	X	X	x	X		
Produção da apresentação final				X	X	X	X	X		
Produção dos vídeos				X	X	X	X	X		
Postagens no blog	X	X	X	X	X	X	X	X		
Entrega do relatório final									X	
Apresentação do projeto										X

Fonte: Autoria própria

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no aprofundamento dos conhecimentos teóricos em mecânica dos fluidos I, tecnologia de processos químicos industriais e transferência de calor I foi possível melhorar o desenvolvimento de tecnologias e inovações para a produção de cerveja artesanal. Também foi possível, a partir desses conhecimentos, uma melhor análise da carga durante todo o processo de teste e de produção, trazendo um maior controle de produção, o que gerou um produto final de melhor qualidade.

Esse alto controle dos processos, juntamente com a elaboração do regimento de higiene, segurança e controle de qualidade, e com a otimização do processo, através da mecanização do processo original, foi possível agregar um maior valor a cerveja produzida podendo, assim, aumentar o custo benefício da produção da mesma. Além de otimizar o tempo de produção, tal regimento trouxe uma maior credibilidade tanto na cerveja quanto na empresa, deixando-a mais atrativa para o consumidor e possivelmente aumentando o índice de vendas. Fatores como a inovação na receita também foram de crucial importância para esse aumento, já que as características de sabor e cor são de extrema importância para a maior aceitação do produto no mercado e, com isso, atingir o objetivo de aumentar as vendas e elevar o faturamento da empresa. O rendimento do processo também é um fator importante. Obteve-se um rendimento de 91,4 % na segunda produção da cervejaria, sendo que o pH desta se estabilizou em 4 e o teor alcoólico apresentado foi de 4,73%, além de constatar curvas de aquecimento e resfriamento durante o processo, bem como a efetividade da instrumentação idealizada para as cervejarias tradicionais.

8 REFERÊNCIAS

Agitação e mistura. Apresentação de slides Unicamp. Disponível em: http://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf. Acesso em: 29 jul. 2017.

AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentações. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. 227p.

AQUARONE, Eugênio. et al. Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na produção de alimentos; Vol 4. Ed Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/17330629/biotecnologia-industrial-vol-iv---borzani-schmidell-lima-aquarone>. Acesso em 16 ago. 2017.

ARAÚJO, F.B.; SILVA, P.H.A.; MINIM, V.P.R. Perfil sensorial e composição físicoquímica de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.23, n.2, p.121-128, 2003.

BRODERICK, H. M.; CANALES, A. M.; COORS, J. H., et al. El cervecero em la practica: um manual para la industria cervecera. 2.ed. Peru: Asociación de Maestros Cervecedores de las Américas, 1977. 550p.

CARVALHO, D. S. de. Aceleração do processo fermentativo na obtenção de chope tipo Pilsen. 2005. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CARVALHO, G. B. M.; ROSSI, A. A.; SILVA, J. B. A. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 2º parte – A Fermentação. Revista Analytica. n.26, p.46-54, 2007.

Condado da Cerveja. Disponível em: <http://www.condadodacerveja.com.br/como-instalar-o-termostato-na-geladeira-cervejeira/>. Acesso em: 01 ago. 2017.

Condado da cerveja. Disponível em: <http://www.condadodacerveja.com.br/moagem-do-malte/>. Acesso em: 04 ago. 2017.

HPLC Columns and Accessories: Solutions for liquid chromatography. **Hamilton**. Disponível em: <https://www.esslab.com/material/HPLC%20Columns%20Catalog.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2017.

Ideias diferentes. Disponível em: <http://www.ideiasdiferentes.com.br/site/transformando-um-cachepo-em-luminaria-faca-voce-mesmo/>. Acesso em: 01 ago. 2017.

KUCK, L. S. Cerveja: Sabor e aroma. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2008.

MACINTYRE, A. J. Equipamentos industriais e de processo. **Editora LTC**. Rio de Janeiro –RJ. 1997.

Maltbite. Disponível em: https://www.maltbite.com/index.php?pg=shop&cat=cervejaria&gclid=CjwKCAjw16HLBRBFEiwAEIREqAv7VnCIWMmo1N8FBXjgj_hHxK8NxqbqteE1VXo5qIXklGGSbG0FxoCHUgQAvD_BwE#!/Microcervejaria-com-misturador/p/53196361/category=15873050. Acesso em: 29 jul. 2017.

MONOSIK, R.; MAGDOLEN, P.; STREDANSKY, M.; STURDÍK, E. Monitorind Of Monosaccharides, Oligosaccharides, Ethanol and Glycerl durind wort fermentation by biosensors, HPLC and spectrophotometry. **Food Chemistry**. 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/PII/S0308814612015646#0025>. Acesso em: 21 jul. 2017.

MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. Fundamento de mecânica dos fluidos. **Editora Blucher**. São Paulo – SP.2004.

PEREIRA, F. M. Operações unitárias II: Agitação e mistura. Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP. 2014. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817066/438/agitacaomistura.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.

PILLING, S. Notas de aula da UNIVAP: Determinação da Viscosidade de Líquidos. São José dos Campos - SP. Disponível em: http://www1.univap.br/spilling/FQE1/FQE1_EXP4_ViscosidadeLiquidos.pdf. Acesso em: 14 ago. 2017.

Produtos Fisatom Equipamentos Científicos. Disponível em: http://www.fisatom.com.br/agitadores_mecanicos.html. Acesso em: 29 jul. 2017.

REINOLD, M. R. Disponível em: <http://www.cervesia.com.br/>. Acesso em: 12 ago. 2017.

SILVA, A. E. da; COLPO, E.; OLIVEIRA V. R. de; HERBST JUNIOR, C. G.; HECKTHEUER, L. H. R.; REICHERT, F. S. Elaboração de cerveja com diferentes teores alcoólicos através do processo artesanal. **Alim. Nutr.** Araraquara v.20, n.3, p. 369-374, jul./set. 2009. Disponível em: <http://200.145.71.150/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1129/832>. Acesso em: 18 ago. 2017.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. Bebidas alcoólicas: I. Cerveza. In: Bebidas: Tecnologia, Química y Microbiologia. Zaragoza: Acribia, S.A., 1997. 487p.

VENTURINI, W. G. Cerveja. In: Tecnologia de Bebidas. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 550p.

9 APÊNDICE A – PESQUISA DE OPINIÃO

Para saber se a cerveja idealizada pela Cervejaria OXeNTe seria aceita de uma maneira geral, foi realizada uma pesquisa de opinião online no dia 01 de Julho de 2017 iniciada às 18 horas com duração de duas horas, com cerca de 200 respostas.

A pesquisa teve maioria de público feminino, sendo que, apesar de ser preferida a cerveja industrializada, a cerveja artesanal com as características da OXeNTe (sabor adocicado e coloração avermelhada) foi bem aceita dentre as respostas adquiridas. Os gráficos abaixo representam os resultados obtidos através dessa pesquisa.

