



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
ENGENHARIA QUÍMICA**

GUSTAVO HENRIQUE AQUINO BEZERRA

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DA
CERVEJARIA BACURIM**

MOSSORÓ - RN

2019

GUSTAVO HENRIQUE AQUINO BEZERRA

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DA
CERVEJARIA BACURIM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Campus
Mossoró para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Costa dos
Santos– UFERSA

Supervisor de estágio: Francisco
Fernandes da Costa Filho – Cervejaria
Bacurim

MOSSORÓ-RN

2019

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

Ba Bezerra, Gustavo Henrique Aquino.
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DA
CERVEJARIA BACURIM / Gustavo Henrique Aquino
Bezerra. - 2019.
27 f. : il.

Orientador: Cláudio Costa dos Santos.
Relatório (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2019.

1. Pasteurização. 2. Cerveja artesanal. 3.
Inativação dos microrganismos. I. Costa dos
Santos, Cláudio , orient. II. Título.

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

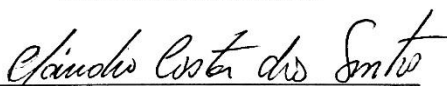
GUSTAVO HENRIQUE AQUINO BEZERRA

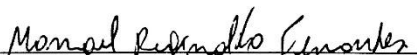
**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DA CERVEJARIA
BACURIM**

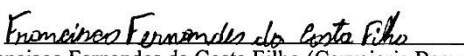
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Defendida em: 20 / 03 / 2019.

BANCA EXAMINADORA


Cláudio Costa dos Santos (UFERSA)
Presidente


Manoel Reginaldo Fernandes (UFERSA)
Membro Examinador


Francisco Fernandes da Costa Filho (Cervejaria Bacurim)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, pois sem ele essa caminhada não seria possível.

Meus pais por toda a atenção e carinho prestados durante os momentos de dificuldade, minha irmã pelo apoio incondicional que sempre deu.

Também gostaria de agradecer aos amigos que fiz durante a trajetória do curso, Pedro Lucas, Almeida Neto, Victória Shirley, João Afonso, etc. E aos colegas de curso por dividir os momentos de dificuldades e de vitórias.

E meu muito obrigado a todos da empresa Cervejaria Bacurim, aos donos Ciro, Veridiana e Sr. Gilberto Jales, o supervisor de estágio Fernandes Costa, ao auxiliar de produção Rodrigo Mendes, e também a auxiliar de limpeza Lúcia, pelos conhecimentos repassados, que agregaram bastante para o desenvolvimento profissional.

Gratidão também a instituição UFERSA durante estes cinco anos de graduação, por todo o espaço e conhecimento fornecidos para agregar-me como um ser humano melhor. Aos professores mestres/doutores pelos ensinamentos compartilhados durante o curso.

Para finalizar, gostaria de lembrar que jamais desista de seus sonhos. Eles podem demorar a se concretizar, mas no final vai valer a pena cada tempo dedicado para sua realização.

RESUMO

A pasteurização é um processo térmico que visa tratar alimentos, sendo amplamente utilizado na indústria de bebidas. Cabe a ela determinar a durabilidade do produto dentro dos padrões adequados para sua utilização pelo ser humano. Suas ações têm impactos diretos nas propriedades organolépticas e estabilidade química da cerveja. A pasteurização busca a redução dos microrganismos presentes para prejudicar o mínimo possível o produto pasteurizado, com isso, alguns fatores precisam ser considerados: qualidade e quantidade de microrganismos a destruir, pH do produto, velocidade de penetração do calor ao longo da garrafa, temperatura e tempo de pasteurização e a temperatura inicial do produto. O objetivo do presente trabalho é descrever o processo de pasteurização da cerveja e realizar a verificação da eficiência da pasteurização através da análise da atividade enzimática. Com isso, desenvolver uma possibilidade na otimização para esse processo para que seja obtido uma diminuição dos riscos de variação do produto final, ou seja, buscar uma redução nos custos no processo produtivo, porém desejando preservar a qualidade final da cerveja artesanal fabricada.

Palavras-chaves: Pasteurização, cerveja artesanal, inativação dos microrganismos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Aguaraíba com o vasilhame de 600mL antes da pasteurização
AG'	Aguaraíba com o vasilhame de 600mL depois da pasteurização
AP	Aguaraíba com o vasilhame de 355mL antes da pasteurização
AP'	Aguaraíba com o vasilhame de 355mL depois da pasteurização
TG	Tremembé com o vasilhame de 600mL antes da pasteurização
TG'	Tremembé com o vasilhame de 600mL depois da pasteurização
TP	Tremembé com o vasilhame de 355mL antes da pasteurização
TP'	Tremembé com o vasilhame de 355mL depois da pasteurização
MG	Maracá com o vasilhame de 600mL antes da pasteurização
MG'	Maracá com o vasilhame de 600mL depois da pasteurização
MP	Maracá com o vasilhame de 355mL antes da pasteurização
MP'	Maracá com o vasilhame de 355mL depois da pasteurização
IG	Ibaté com o vasilhame de 600mL antes da pasteurização
IG'	Ibaté com o vasilhame de 600mL depois da pasteurização
IP	Ibaté com o vasilhame de 355mL antes da pasteurização
IP'	Ibaté com o vasilhame de 355mL depois da pasteurização
CG	Cabaú com o vasilhame de 600mL antes da pasteurização
CG'	Cabaú com o vasilhame de 600mL depois da pasteurização
CP	Cabaú com o vasilhame de 355mL antes da pasteurização
CP'	Cabaú com o vasilhame de 355mL depois da pasteurização
BG	Iguaúna com o vasilhame de 600mL antes da pasteurização
BG'	Iguaúna com o vasilhame de 600mL depois da pasteurização
BP	Iguaúna com o vasilhame de 355mL antes da pasteurização
BP'	Iguaúna com o vasilhame de 355mL depois da pasteurização

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
2.	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GERAL	9
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	9
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1	HISTÓRIA DA CERVEJARIA BACURIM	10
3.2	MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	10
3.2.1	Malte de cevada	10
3.2.2	Água	11
3.2.3	Lúpulo.....	11
3.2.4	Levedura	11
3.3	PROCESSO PRODUTIVO	12
3.3.1	Moagem.....	12
3.3.2	Mosturação	12
3.3.3	Filtragem.....	13
3.3.4	Fervura.....	13
3.3.5	Fermentação e maturação	13
3.3.6	Envase.....	14
3.3.7	Processo de limpeza e sanitização (CIP)	14
3.4	PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DA CERVEJA.....	15
3.4.1	Principais fatores que influenciam na pasteurização	15
3.4.2	Efeito da pasteurização nos microrganismos atacados.....	17
3.4.3	Consequências de uma pasteurização mau realizada	18
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica de mosto oriundo do malte da cevada e água potável, por ação de levedura e com adição de lúpulo. Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (2005), o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, perdendo apenas para a China e Estados Unidos. O crescimento da indústria cervejeira foi motivado pelo incremento da demanda, que vem apresentando uma taxa de crescimento constante em torno de 5% ao ano (VANINI, 2016).

Diante do grande crescimento desse mercado, um dos principais fatores envolvidos é a qualidade do produto, a qual está aliada à satisfação do consumidor. Por isso, a cerveja deve apresentar uma boa qualidade visual e aspecto límpido, sem a deposição de sedimentos no fundo das embalagens (RONCONI, 2016).

Uma das etapas de produção da cerveja que possui uma grande importância é a pasteurização, operação que envolve o uso de altas temperaturas em um curto período de tempo, a fim de proporcionar estabilidade microbiológica à cerveja. Contudo, o processo de pasteurização ocupa grande espaço na área industrial, requer um alto consumo de água, vapor e energia elétrica, além de afetar as propriedades sensoriais da cerveja (NETA; HABERT; BORGES, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever todo o processo produtivo da cerveja artesanal.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar a verificação da eficiência da pasteurização através da análise da atividade enzimática do produto final obtido da cervejeira Bacurim.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 HISTÓRIA DA CERVEJARIA BACURIM

No ano de 2014 Ciro Jales iniciou a produção artesanal da cerveja Bacurim na sua casa em Mossoró-RN produzindo inicialmente em panelas de 40 litros para consumo próprio, de amigos e familiares. Em 2015 começou a comercialização da cerveja juntamente com seus familiares, que se aprofundaram na busca de conhecimento das cervejas artesanais, passando de uma produção artesanal caseira para tanques maiores e aumentando os leques de cerveja da casa. O estudo inicial e as degustações fizeram descobrir uma paixão, produzir cerveja de alta qualidade para todos. Atualmente a cervejaria Bacurim possui 6 tipos de cervejas: American Lager, American Pale Ale, American Blon Ale, Session Indian Pale Ale (IPA), Belgium Dubble e Black IPA, com nomes respectivos de Aguaráiba, Maracá, Ibaté, Tremembé, Cabaú e Iguaúna (VIEIRA, 2017).

3.2 MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA

3.2.1 Malte de cevada

De acordo com a legislação brasileira (MAPA, 1997), caracteriza a cerveja como sendo uma bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte da cevada e água potável, por ação de levedura e adição de lúpulo. O malte possui influência decisiva nas características da cerveja, pois a combinação correta irá determinar a cor final, sabor, sensação na boca, corpo e aroma da cerveja (REINOLD, 2010).

Para Junior et al. (2009) a transformação da cevada em malte consiste em colocar o grão em condições favoráveis de germinação, sendo interrompida por secagem quando o grão inicia processo de criação de uma nova planta. Neste período, o amido do grão está presente em cadeias menores que na cevada, tornando-o mais solúvel e menos duro. Enzimas são formadas dentro do grão, que são fundamentais na elaboração da cerveja. O malte pode ser substituído por adjuntos tais como o arroz, milho, trigo, entre outros.

Para se conseguir o malte, os grãos do cereal são umedecidos a ponto de iniciarem a germinação. Quando o embrião começa a germinar, produz enzimas que quebram parcialmente o amido e as proteínas. A intensidade dessa quebra é chamada grau de modificação do malte, e é fundamental na formação do sabor e dos aromas do malte.

Nesse ponto temos, o malte não-maduro, que após a secagem ou torrefação se tornará o malte utilizado na produção de cerveja (MORADO, 2009).

3.2.2 Água

De acordo com Hough (1990), cerca de 95% do peso da cerveja é água e para cada litro de cerveja elaborado, são usadas de 5 a 20 litros de água, considerando o volume usado na limpeza, pasteurização e o volume usado diretamente na sua fabricação. Aquarone et al. (2001) salienta que a água utilizada na empresa para a produção da cerveja, não deve apenas ser uma água potável, mas sim, possuir características específicas para um pH desejável na mistura do malte e adjunto durante a mosturação, promover extração dos princípios aromáticos e amargos do lúpulo, boa coagulação do *trub* (sólido que decanta da cerveja) durante a fervura do mosto e desenvolver as características de cor, aroma, sabor e fermentação asséptica que são desejadas na bebida produzida.

3.2.3 Lúpulo

O lúpulo é considerado a terceira matéria-prima na fabricação da cerveja, sendo necessários de 40 a 300 gramas de lúpulo para produzir 100 litros de cerveja. O lúpulo não modifica o corpo e o teor alcoólico da cerveja, sendo inseridos para conferir aroma e sabor, contribuindo também para a estabilidade da espuma. Cada tipo de lúpulo possui a sua combinação diante do aroma e sabor, no qual permite que o cervejeiro determine a que mais convém ao seu paladar ou exigência do mercado (MORADO, 2009).

O lúpulo, classificado como *Humulus lupulus*, é uma planta trepadeira, na qual suas flores são usadas para a fabricação da cerveja. O lúpulo possui óleos essenciais altamente voláteis que, juntamente com o malte, proporcionam sabor e aroma característicos às cervejas (MORADO, 2009). Além disso, o lúpulo tem papel fundamental na conservação da bebida, uma vez que alguns de seus componentes possuem ações bacteriostáticas, inibindo o crescimento de bactérias gram-positivas (SACHS, 2001).

3.2.4 Levedura

A cerveja possui as suas características especiais devido à levedura, que é um fungo microscópico, no qual transforma o açúcar do mosto em álcool, acrescentando a bebida novas dimensões relacionadas a sabores e textura (JACKSON, 2010). Segundo

Botelho (2009) as leveduras convertem açúcar em etanol e outros subprodutos. Existem diversas variedades e tipos, onde no passado, consideravam-se dois tipos de levedura cervejeira: a *Saccharomyces cerevisiae* (Ale) e a *Saccharomyces uvarum* (Lager). Nos dias atuais, os resultados de uma classificação recente da espécie *Saccharomyces*, caracterizaram a Ale e a Lager como membros da mesma espécie *S. cerevisiae*.

Como todos os microrganismos, seu crescimento é favorecido por alguns fatores, como, temperatura, umidade, oxigênio, pH e a qualidade do substrato. Esses fatores variam para cada espécie de levedura, existindo condições específicas para melhor crescimento (EVANGELISTA, 2008).

Por ser fundamental na formação de aromas na cerveja, é de suma importância que a cultura de levedura seja a mais pura possível, ou seja, isenta de leveduras “mutantes” e de microrganismos contaminantes. Por isso, a assepsia das cervejarias é fundamental para evitar contaminações e mudança no perfil de sabores da cerveja (MORADO, 2009).

3.3 PROCESSO PRODUTIVO

3.3.1 Moagem

O primeiro processo a ser realizado é a moagem, utilizando um moinho de rolos com distância de aproximadamente 0,6 mm, que tem o objetivo de quebrar os grãos de malte liberando o amido, de modo a se obter partículas de tamanho intermediário e uma casca quebrada longitudinalmente (SANTI, 2015; VIEIRA, 2017).

A moagem apresenta como função a quebra dos grãos do malte para expor seu endosperma, rico em amido, para atuação das enzimas durante a brasagem (processo ou efeito de misturar o malte e a água, sob a ação do calor). A moagem ideal é aquela em que o endosperma é exposto e quebrado, mantendo as cascas inteiras. Muito pó fino e grãos inteiros não são desejáveis.

3.3.2 Mosturação

O malte e os adjuntos são misturados com água quente para conseguir a hidrólise das proteínas e amido graças à ação de enzimas que foram desenvolvidas durante a malteação da cevada. A mistura é feita em um tanque chamado tanque de mosturação onde sob condições de calor e agitação, o amido vai se gelatinizar, isto é, os grãos de amido absorvem água, se incham e depois explodem liberando os constituintes amilose e

amilopectina para depois permitir a ação das enzimas. As enzimas mais importantes são: as amilases que atuam no amido para produzir açúcares e as proteases que decompõem as proteínas em compostos simples que são necessários para a atividade metabólica da levedura, para fornecer corpo à cerveja e estabilidade à espuma (KUNZE, 2006).

3.3.3 Filtragem

A filtração consiste em separar o bagaço de malte do mosto líquido. O bagaço pode ser utilizado para fabricação de ração animal, pois possui valor nutritivo e alto teor de fibras (JÚNIOR et al., 2009). Esta etapa do processo é dividida em duas fases: a filtração do mosto primário e a lavagem do bagaço. Na primeira fase, a parte líquida atravessa o leito filtrante, originando o mosto primário. Na segunda fase, o resíduo sólido é lavado com água, com a finalidade de recuperar o extrato que fica encadeado na torta do filtro após a separação do mosto primário. A temperatura nesta etapa deve estar por volta de 75° C, no qual a viscosidade favorece completa separação do resíduo, as enzimas estão inativadas, o desenvolvimento bacteriano encontra-se bloqueado e não existem riscos de extração de substâncias insolúveis das matérias-primas, como taninos da casca do malte (JORGE, 2004).

3.3.4 Fervura

Após a filtração, ocorre aquecimento do mosto em uma caldeira de fervura até 100 °C, por aproximadamente 90 minutos, ocorrendo inativação das enzimas, coagulação e precipitação das proteínas, concentração e esterilização do mosto. Nesta etapa, é adicionado o lúpulo, caramelo, açúcar, mel, entre outros. É imprescindível efetuar a clarificação do mosto antes da fermentação, pois a presença de partículas no mosto, proveniente de proteínas coaguladas, resíduos de bagaço e outras fontes, podem comprometer a qualidade da fermentação, originando ésteres, álcoois de cadeia molecular maior e até outras substâncias indesejáveis. O resíduo sólido que é retirado nesta fase é chamado de *trub grosso* (resíduos sólidos retirados nesta etapa) (SANTOS et al., 2005).

3.3.5 Fermentação e maturação

O mosto após passar pelo processo de resfriamento é transferido para um fermentador de aço inoxidável, previamente sanitizado e com uma saída de CO₂ que não permita a entrada de oxigênio. Para resfriar, passa-se o mosto por um trocador de calor

de placas para reduzir a temperatura até a faixa próxima da temperatura de fermentação.

A fermentação da cerveja consiste na inoculação da levedura no mosto resfriado, o qual age sobre os açúcares transformando-os em álcool e dióxido de carbono. Os processos de fermentação são específicos para cada tipo de cerveja e devem ser levados em conta alguns fatores como temperatura, tempo de processo, tipo e quantidade de levedura. A formação de diacetil, quantidade de álcool gerado e o fim da produção de CO₂ indicam o término da fermentação e início da maturação (MATOS, 2011).

Durante a maturação ocorre a sedimentação das leveduras e precipitação de proteínas e outras partículas em suspensão, promovendo a redução da concentração de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, além de clarificar e melhorar o sabor da cerveja. O objetivo da maturação é melhorar as características do sabor e aroma. Esta etapa é feita em temperatura baixa, aproximadamente a 4°C para promover a sedimentação das leveduras, proteínas e polifenóis e assim poder retirar esses compostos e obter uma cerveja clara. A duração da maturação depende do estilo de cerveja (MATOS, 2011).

3.3.6 Envase

A etapa de envase é considerada um momento crítico para o futuro da cerveja, pois ela deixa o recipiente, do ambiente controlado que foi processado, e é exposto ao ambiente externo. É de fundamental importância a assepsia das instalações e das garrafas para assegurar a qualidade e estabilidade da cerveja. A cerveja é uma bebida muito sensível, sujeita a deterioração rápida. Com o desenvolvimento dos sistemas avançados de refrigeração e processo de pasteurização, a cerveja depois de envasada, torna-se mais estável, permitindo assim, sua distribuição para lugares distantes da cervejaria (MORADO, 2009).

3.3.7 Processo de limpeza e sanitização (CIP)

O CIP, do inglês *Clean in Place*, é a limpeza de todos os equipamentos e tubulações numa planta, sem que haja a necessidade de desmontá-los e com pouca, ou nenhuma, interferência do operador (TAMIME, 2008).

O sistema aparenta ter um custo elevado, porém, com o tempo, se torna mais vantajoso economicamente devido as vantagens: menor custo com mão de obra, funcionamento mais econômico com aproveitamento ótimo das soluções utilizadas, maior segurança dos funcionários (MELERO JUNIOR, 2011).

Esse processo consiste em fazer transitar água, detergentes e sanitizantes pelas mesmas tubulações onde será passado o produto. Dessa forma, é retirada todas as sujidades acumuladas nos locais (EVANGELISTA, 2008).

3.4 PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DA CERVEJA

O processo de pasteurização consiste no aquecimento da bebida em torno de 60°C, por um período curto, de modo a proporcionar um ganho na sua estabilidade microbiológica, eliminando **microrganismos** que poderiam alterar o seu sabor. As reações químicas provocadas pelo aquecimento, em processos mal controlados, prejudicam o paladar, conferindo a bebida uma adstringência adicional e até mesmo aromas de “queimado” ou “caramelado” (MORADO, 2009).

A resistência térmica e/ou enzimas que se deseja inativar, a sensibilidade do produto ao calor, bem como sua composição química e o tempo de prateleira desejável são fatores que interferem no tempo e temperatura empregados na etapa de pasteurização. Existem dois tipos de pasteurização, a lenta (*Low Temperature Long Time* - LTLT) e a rápida (*High Temperature Short Time* - HTST).

A pasteurização lenta consiste utilizar baixas temperaturas e um longo intervalo de tempo, geralmente adota-se um tempo médio de 30 minutos, em seguida a cerveja é resfriada para uma temperatura geralmente a 65°C. Enquanto, a pasteurização rápida adota altas temperaturas em um curto intervalo de tempo, usa-se temperatura em média de 75°C durante alguns segundos com temperaturas mais baixas de resfriamento.

A pasteurização HTST é a mais utilizada, por ser um processo rápido e de controle mais eficaz na inativação microbiana, sendo empregado em indústrias de laticínios, sucos e cervejas (LAVARDA, 2011).

3.4.1 Principais fatores que influenciam na pasteurização

Adotando o princípio de que em temperaturas mais baixas, apenas o aspecto bacteriológico é considerado utilizando um tempo constante, realiza uma boa pasteurização, pode-se então dizer que em temperaturas mais altas obtém-se um melhor resultado para o mesmo efeito bacteriológico. Ou seja, elevando a temperatura, teríamos a mesma pasteurização com um tempo menor. Porém, não podemos realizar esse raciocínio para a cerveja, pois se elevar demais a temperatura durante o processo de

pasteurização, pode-se afetar sua composição química e também suas propriedades organolépticas, assim, causando uma degradação do produto.

Se tratando de cerveja, quando temos altas temperaturas, ocorrem reações químicas e processos físico-químicos de maneira mais rápida, podendo inutilizar o produto final. Então a pasteurização seria ineficaz sobre os microrganismos do tipo termotolerantes que suportam temperaturas elevadas, próximas da completa esterilização.

Para se obter uma boa pasteurização, alguns fatores devem ser avaliados de forma que prejudique o mínimo possível o produto final. De acordo com (GAVA,2008):

- **Qualidade e quantidade dos microrganismos a destruir:** com diferenças não só entre as espécies, bem como as formas vegetativas e de resistência (esporos). Deve-se saber qual é a resistência térmica de cada grupo;
- **pH do produto:** a acidez de um produto determina o processamento requerido. Em alimentos com maior acidez, a pasteurização pode ser mais suave, já que seu baixo pH já elimina os esporos, não havendo a produção de toxinas;
- **Velocidade de penetração do calor da periferia até o centro da garrafa:** influenciada pela composição da cerveja e pelo tamanho da garrafa, condutividade térmica do vasilhame, que vai determinar o tempo que a garrafa irá chegar até a temperatura desejada;
- **Temperatura e tempo de pasteurização:** quanto mais alta a temperatura ou mais longo o tempo de pasteurização, mais eficiente é a destruição dos microrganismos. Porém, em excesso, também mais eficiente é a alteração do produto;
- **Temperatura inicial do produto:** influi apenas no tempo que levará até o produto atingir a temperatura de pasteurização.

Estes fatores devem ser observados para cada tipo de cerveja, tanto quantitativo quanto qualitativamente, através de uma análise bacteriológica laboratorial. Com o conhecimento de cada microrganismo, foi possível determinar a temperatura que se chamou de letal, pois é a partir desta faixa que os microrganismos são “desativados” em seu crescimento e multiplicação. Para cada microrganismo buscou-se sua temperatura letal.

3.4.2 Efeito da pasteurização nos microrganismos atacados

A seguir serão mostrados os principais microrganismos atacados pelo processo de pasteurização. Com o conhecimento de qual o tipo de microrganismo, pode-se determinar a temperatura padrão de pasteurização do produto.

1) Leveduras destruídas a 50 °C

- a) *Saccharomyces cerevisiae* – levedura pura de alta fermentação. A temperatura limite para a formação da célula é de 30 a 40 °C. A temperatura ótima para sua esporulação é de 30 °C.
- b) *Saccharomyces carlsbergensis* – levedura de baixa fermentação.
- c) *Saccharomyces pastorianus* – levedura silvestre. As temperaturas limite para a formação de células são de 0,5 a 34 °C. As temperaturas para a formação de esporos estão na zona de 0,5 a 4°C e 26,5 a 31,5°C. Essa levedura é perigosa, pois transmite um gosto desagradável e amargo e dá um mau cheiro a cerveja. Causando também o fenômeno de turvação.

2) Leveduras destruídas entre 54 - 56°C

- a) *Saccharomyces ellipsoideus* – levedura oriunda do vinho, sendo silvestre para o cervejeiro. A mesma forma uma película e um anel sobre o mosto. Quando atinge a temperatura de 25°C ocorre uma redução na quantidade de esporos em um período de 40 horas. Possuem espécies com teor alcoólico de até 17% em sua composição.
- b) *Saccharomyces turbidans* – levedura silvestre. A temperatura ótima de esporulação é de 29°C. A levedura pode causar infecções perigosas nas cervejas de baixa fermentação, ocasionando mal sabor e turvação.

3) Bactérias destruídas a 50°C

- a) *Pediococcus pernicius* e *Pediococcus sarcina* – ambos são tipos Gram-positivas e aparecem em forma de diplococcus e tetracoccus (*Sarcina*) na cerveja, causando sabor desagradável. As duas bactérias anaeróbias desenvolvem-se facilmente no mosto e na cerveja.

4) Bactérias destruídas a 54°C

- a) *Acetobacter viscosum* – bactéria causadora da viscosidade. Aparece mais em cervejas de baixa fermentação.

- b) *Lactobacillus pastorianus* – são bastonetes de ácido láctico. O lactobacilo anaeróbio atua somente em cervejas de alta fermentação, transferindo um gosto não aceitável para o padrão do tipo “ale”.
- c) *Lactobacillus lindneri* – apresenta as mesmas características do *Lactobacillus pastorianus*. Aparece somente em cervejas de baixa fermentação. Ocasionalmente mau sabor e turvação na cerveja.

Resumindo esse tópico, de acordo com Clerk (1958) é provado que a 60°C e durante 20 minutos de contato, criam-se as condições necessárias para eliminar as leveduras e bactérias, de forma geral. Tratando-se de estabilidade biológica, conclui-se que não se acrescenta mais em nada o produto trabalhar com um pasteurizador a temperaturas mais elevadas que a indicada para o processo.

3.4.3 Consequências de uma pasteurização mau realizada

Quando não se atinge os requisitos necessários para que seja completamente garantido a destruição dos microrganismos, diz-se que o produto sofreu uma subpasteurização. Porém, quando o produto permanece muito tempo na temperatura de pasteurização, ou a temperatura aplicada foi alta demais, o produto sofre uma superpasteurização.

Durante o processo de pasteurização, a cerveja sempre sofre pequenas variações de sabor, aroma e cor. A cerveja também está sujeita a alterações em suas estabilidades coloidais (Clerk, 1958), isto porque é intrínseco à bebida a presença de inúmeras proteínas na sua composição, que possuem uma tendência natural à aglutinação. Por este motivo, são dosadas nas cervejas soluções estabilizantes. Porém, superpasteurizações fazem com que o oxigênio que existe na cerveja promova ou acelere reações químicas que quebrem esta estabilidade, além da ocorrência de uma variação mais forte no sabor.

Um fator também a ser levado em consideração é a pressão causada no interior do vasilhame devido à presença de gás carbônico. Os vasilhames sempre são abastecidos deixando um espaço livre de 5 a 6% de seu volume. Em temperaturas elevadas ou se o vasilhame for abastecido com um volume maior, poderá ocorrer a quebra do vasilhame no interior do pasteurizador.

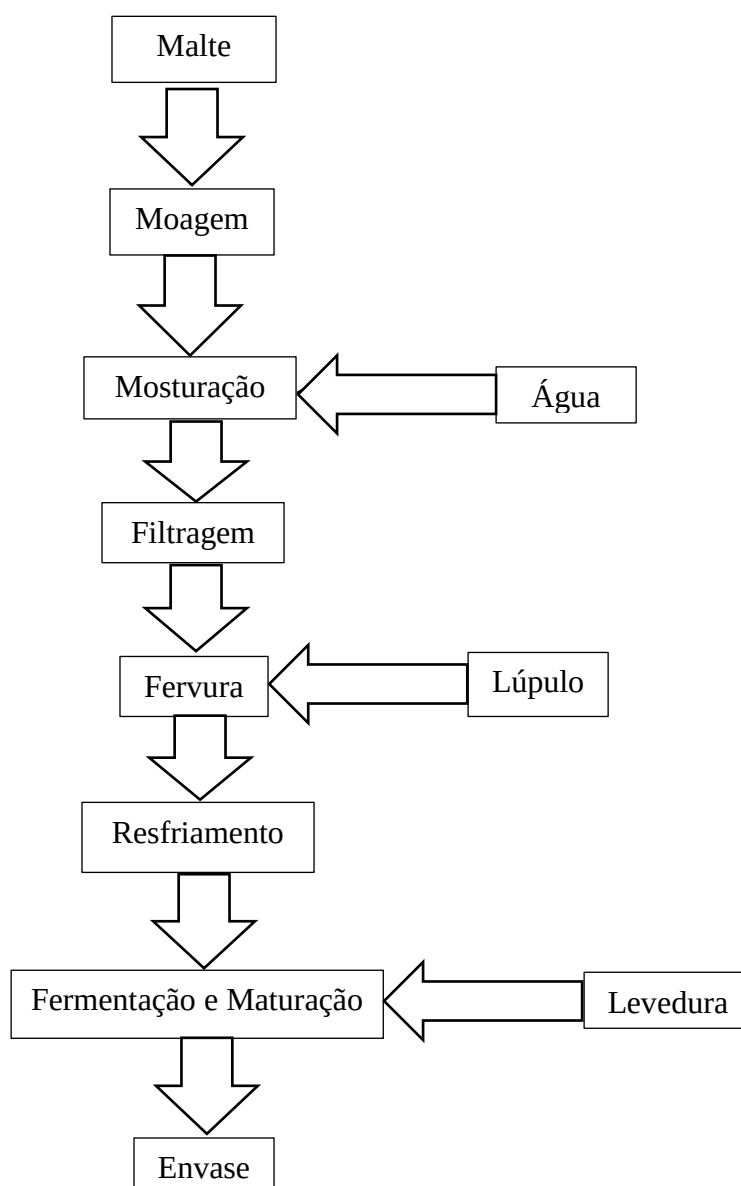
Visando diminuir o tempo de aquecimento do vasilhame, pode-se utilizar temperaturas mais altas no meio aquecedor, geralmente a água, assim, possibilitando um choque térmico no vasilhame e uma possível quebra do mesmo. Este choque térmico deve

ocorrer com um valor que leve em consideração o tipo de material e tamanho do vasilhame (FONTANA, 2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se as atividades em todos os setores na produção da cerveja no estágio, partindo da moagem do malte, mosturação, clarificação, fervura, resfriamento, fermentação, maturação e envase. O fluxograma 1 mostra as etapas de produção:

Fluxograma 1: Etapas do processo produtivo da cerveja.



Fonte: Primária, 2019.

Além do processo de produção, foram realizadas todas as etapas de limpeza e sanitização nos equipamentos da cervejaria, sendo elas: o pré-enxague, que tem **como** função remover a maioria dos resíduos na superfície utilizando água filtrada em temperatura ambiente junto com aplicação de esponjas e esforços manuais; aplicação do detergente, após feito o pré-enxague é utilizado um detergente alcalino que possui como principal composto o hidróxido de sódio, aplicando uma concentração de 2 % em volume, sendo que a água de lavagem é aquecida até uma temperatura próxima a 100 °C. Após feita a mistura, a solução de limpeza é recirculada nos tanques com auxílio de uma bomba durante um tempo de 3 a 4 minutos, para que haja a remoção de incrustações e de microrganismos; após a aplicação do detergente, é feito o enxague final para que seja removido o restante do detergente na superfície dos tanques e tubulações; por fim é feita a aplicação do sanitizante, para que não haja proliferação de microrganismos, o composto utilizado é o ácido peracético com uma concentração de 0,3% em volume, que também é recirculado pelos equipamentos (COSTA, 2018).

Diante das atividades propostas durante o estágio, percebeu-se a necessidade de avaliar como a Cervejaria Bacurim corresponderia caso utilizasse o processo de pasteurização após a etapa de envase, já que até então não estava sendo utilizado na empresa. Buscou-se avaliar a viabilidade econômica deste processo e se obteria uma eficiência considerável da pasteurização.

A finalidade destas análises é de avaliar se teria microrganismos presentes na cerveja antes e depois da pasteurização, quais tipos estavam presentes e procurar reduzir essa quantidade de microrganismos após a pasteurização.

Para isso, foi realizado a coleta dos seis tipos de cervejas presentes na Cervejaria Bacurim para efetuar análises da atividade enzimática, utilizando o método de contagem de microrganismos em placas, quando a cerveja é submetida a diferentes binômios de temperatura no processo de pasteurização.

Inicialmente, preparou-se o meio de cultura nas placas utilizando Agar Nutriente e 2% de sacarose, colocando em seguida na capela para solidificação do meio e ainda no mesmo dia, adicionou-se uma amostra de cada tipo de cerveja nestas placas. Após a pasteurização realizou-se o mesmo procedimento de preparação do meio de cultura, diferenciando somente a amostra da cerveja utilizada, isto é, a cerveja sem passar pelo pasteurizador e a cerveja após participar do processo de pasteurização, respectivamente.

O tempo de contato entre o meio e as amostras das cervejas foi durante dois dias para todos.

Os testes utilizaram tanto o vasilhame do tipo Long Neck (LN) com volume de 355mL como também o vasilhame de 600mL. Isto implica afirmar que para cada tipo de cerveja teve-se duas análises realizadas, e como procurou-se avaliar o processo antes e depois da pasteurização, no total são quatro placas para cada tipo de cerveja. Como na Bacurim, atualmente, é produzido seis tipos diferentes, no total foram avaliadas vinte e quatro placas pelo método de contagem de microrganismos.

A pasteurização foi simulada em um banho ultratermostático, utilizando uma metodologia adaptada de FONTANA (2009), variou-se a temperatura do banho para cada tipo de cerveja e mantendo o tempo constante, adotou-se 240 segundos como padrão. Já que nos pasteurizadores reais, o tempo necessário para um processo eficiente, utilizam-se 280 segundos. Pode-se visualizar a divisão efetuada na tabela 1 a seguir:

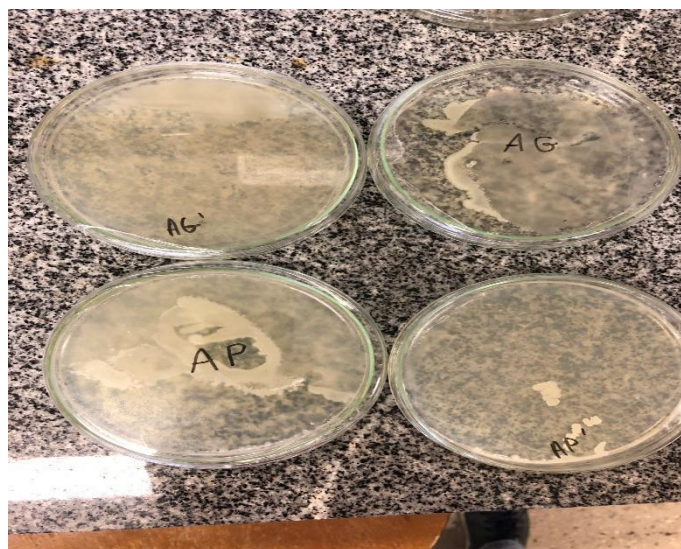
Tabela 1 – Metodologia adotada para o processo de pasteurização.

Tipo de cerveja	Temperatura do banho (°C)	Tempo (s)	Nomenclatura das amostras
Aguaraíba	54	240	AG, AG'/AP, AP'
Tremembé	56	240	TG, TG'/TP, TP'
Maracá	58	240	MG, MG'/MP, MP'
Ibaté	60	240	IG, IG'/IP, IP'
Cabaú	62	240	CG, CG'/CP, CP'
Iguaúna	64	240	BG, BG'/BP, BP'

Fonte: Primária, 2019.

Notou-se que antes da pasteurização, as cervejas apresentavam microrganismos diversos, com maior presença de leveduras e bactérias nos diversos tipos de cerveja, comprovando a necessidade desta etapa no processo produtivo. Após a pasteurização, realizou-se uma comparação, entre as placas, antes e depois de realizar o processo de pasteurização. Podemos observar que se obteve um resultado satisfatório na diminuição/eliminação dos microrganismos presentes nos meios de cultura da placa.

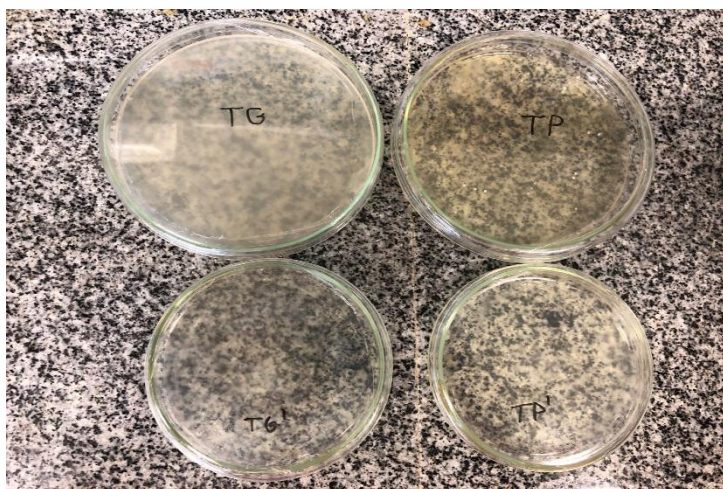
Figura 1 – Amostras da Aguaraiíba.



Fonte: Primária, 2019.

Observa-se que a pasteurização na figura 1, realizada a 54°C para a cerveja do tipo Aguaraiíba, reduz os microrganismos consideravelmente em torno de 90% para LN, só que para o vasilhame de 600mL não foi eficaz, não havendo redução. Isto quer dizer que para esta temperatura ainda não é suficiente para obter um processo eficiente.

Figura 2 – Amostras da Tremembé.

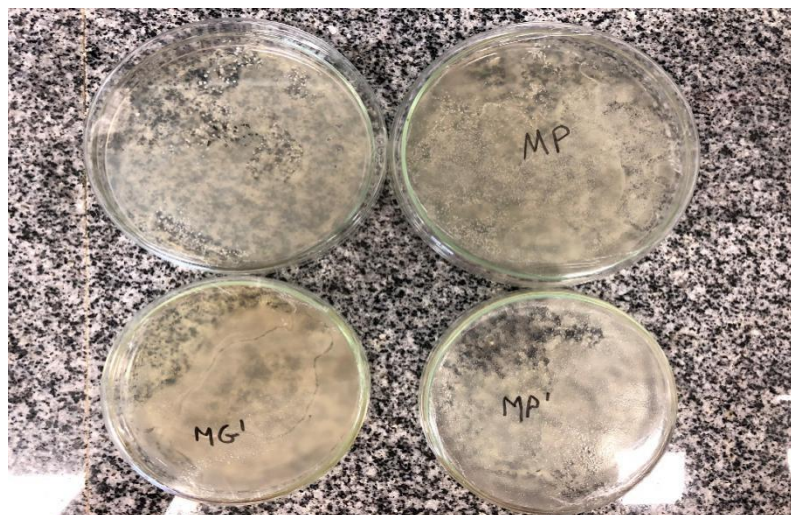


Fonte: Primária, 2019.

Já para a pasteurização feita na cerveja do tipo Tremembé visualizada na figura 2, a 56°C ocorreu a eliminação dos microrganismos, tanto no vasilhame de 600mL como também para a LN, presentes na cerveja após o processo. Tornando a pasteurização eficiente para este tipo de cerveja nesta temperatura, de acordo com a literatura, a

temperatura ótima de pasteurização está na faixa de 60 a 66°C, podendo ser inviável para outros tipos de cerveja, por isso, é necessário realizar mais análises nesta temperatura obter resultados mais conclusivos.

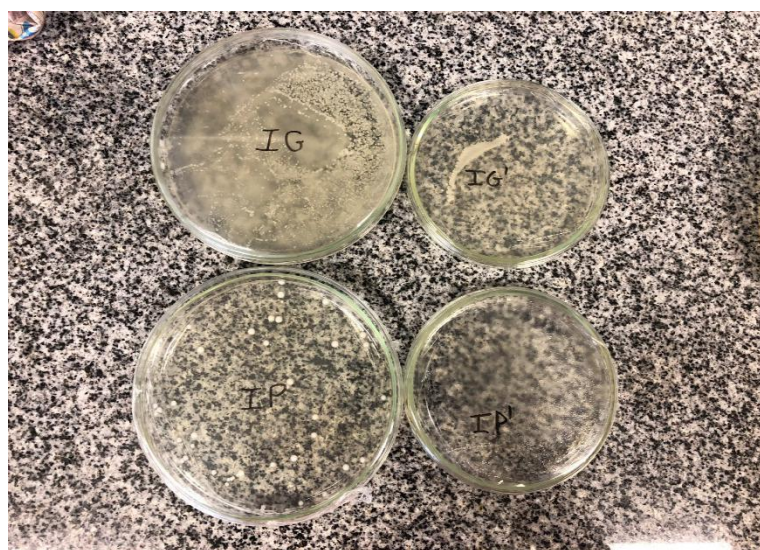
Figura 3 – Amostras da Maracá.



Fonte: Primária, 2019.

Na pasteurização da Maracá observada na figura 3, a 58 °C notou-se que para o vasilhame de 600 mL não houve redução de microrganismos e para LN teve redução de somente um tipo.

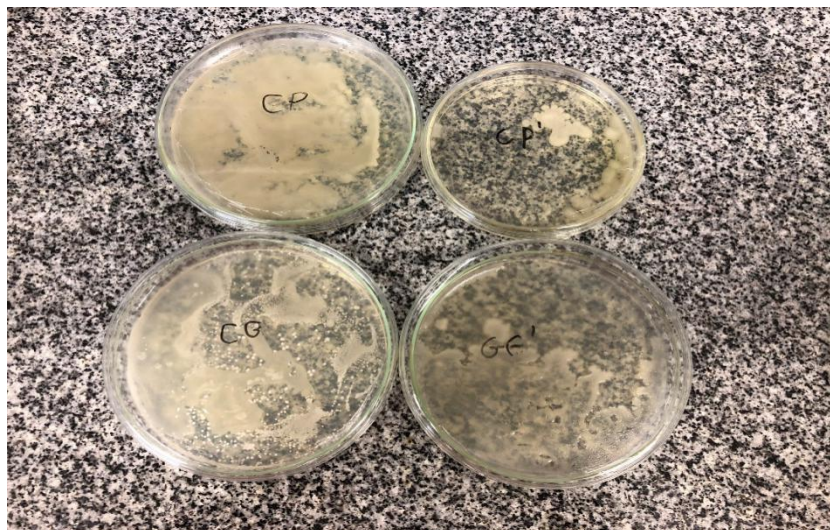
Figura 4 – Amostras da Ibaté.



Fonte: Primária, 2019.

A pasteurização da Ibaté vista na figura 4, a uma temperatura de 60 °C pode-se visualizar que para LN teve eliminação dos microrganismos presentes na cerveja e para o vasilhame de 600 mL ocorreu uma redução de cerca 80% presente anteriormente ao processo de pasteurização.

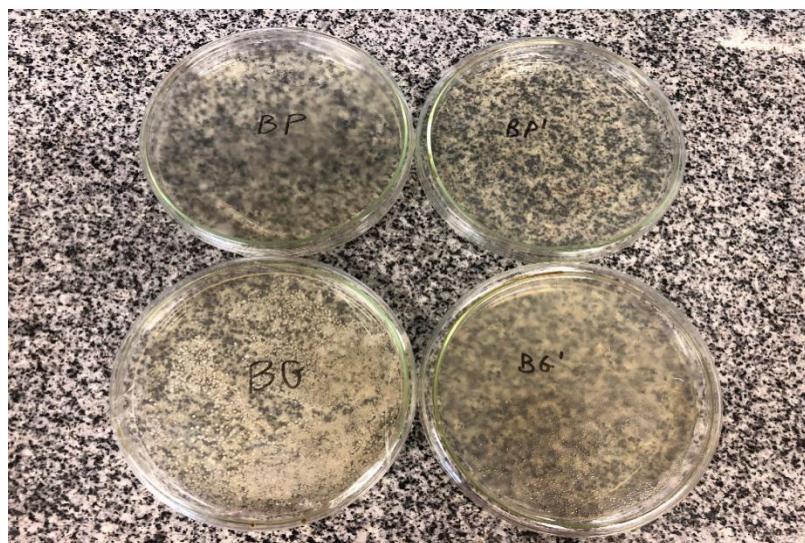
Figura 5 – Amostras da Cabaú.



Fonte: Primária, 2019.

O processo de pasteurização para a Cabaú observada na figura 5, a uma temperatura de 62 °C observou-se que para a LN houve uma redução dos microrganismos em torno de 70% e para a garrafa de 600 mL apenas reduziu um tipo de microrganismo após o banho ultratermostático.

Figura 6 – Amostras da Iguaúna.



Fonte: Primária, 2019.

A pasteurização para a Iguaúna teve o melhor resultado obtido, como visto na figura 6. Na temperatura de 64°C teve-se a eliminação total dos microrganismos presentes na cerveja em ambos os tipos de vasilhames. Com isso, podemos afirmar que de acordo com a literatura, para ocorrer uma pasteurização eficiente da cerveja, 64°C é uma temperatura ótima que condiciona esse processo a um rendimento satisfatório.

Outro ponto positivo desta análise enzimática, estudando o comportamento dos microrganismos após a pasteurização, é o tempo para que ocorra este processo. Já que para todas as análises efetuadas, abordamos um tempo menor (240s) do que o utilizado pelos pasteurizadores reais na indústria (280s), tornando o processo mais rápido de ser efetuado e assim, promovendo uma economia financeira para a empresa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as análises realizadas pelo método de contagem de microrganismos em placas, pode-se concluir que o processo de pasteurização é extremamente válido e viável para o processo produtivo da cerveja, já que a empresa Bacurim possui um pasteurizador em seu local de produção, só que ainda não está em funcionamento.

Outro fator que deve ser relativamente considerado é seu custo/benefício, que vai trazer inúmeros benefícios para a empresa. Podemos citar como exemplos, uma maior garantia e segurança no produto final utilizando um processo de pasteurização eficiente e também o aumento do prazo de validade do produto final em até seis meses, viabilizando com que a marca da empresa cresça ainda mais e permita a logística de expandir-se para outras localidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo; LIMA, Urgel de Almeida. **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Blucher, p. 91 á 144, 2001.

BOTELHO, Bruno Gonçalves Botelho. **Perfil e teores de aminos bioativas e características físico-químicas em cervejas**. Faculdade de Farmácia, UFMG, Belo Horizonte, MG, 2009.

DE CLERK, J. Theory of fermentation. In: DE CLERK, J. **A Textbook of Brewing**. 1ª Edição. Vol. 1. London: Chapman & Hall, 1958.

DINSLAKEN, D. **Manual do cervejeiro caseiro: um guia completo para iniciantes**, disponível em <<https://concerveja.com.br/2016/03/30/manual-cervejeiro-caseiro/>> Acessado em 11 de fevereiro de 2019.

EVANGELISTA, José. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

FONTANA, G.H.Daniel. **Elaboração de um modelo para o controle do processo de pasteurização em cerveja envazada (in-package)**. 2009. 122f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; GAVA J. R. F. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

HOUGH, J.S. **Biotecnología de lacerveza y de lamalte**. Editora ACRIBIA S.A, Zaragoza, 1990.

JACKSON, Michael. **Cerveja**. Traduzido por Marina Slade Oliveira. 2ª edição- Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2010.

JORGE, Érico Pereira Marum. **Processamento da cerveja sem álcool**. Universidade Católica de Goiás - Departamento de matemática e física- Engenharia de Alimentos. Goiânia, GO, 2004.

JUNIOR, Amaro A. D.; VIEIRA, Antonia G.; FERREIRA, Taciano P.. **Processo de produção de cerveja**. Revista Processos químicos. Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Mange, Anápolis-GO, jul\dez de 2009.

KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. 1.ed. Berlín: VLB Berlin, 2006.

LAVARDA, L. **Determinação da cinética de degradação térmica da vitamina C em polpa de acerola via aquecimento ôhmico**. 2011. 44 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MAPA, **Decreto nº 2.314, de setembro de 1997**. Acesso em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>, dia 11 de fevereiro de 2019.

MARANGONI, B.Anielle. **Avaliação da microfiltração como processo alternativo à pasteurização da cerveja artesanal**. Monografia – Curso Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharias, Universidade Federal e Uberlândia, Patos de Minas, 2018.

MATOS, R. A. G. **Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado**. 2011. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MELERO JUNIOR, Valdir. **Instrumentação e identificação de um processo de sanitização cinética CIP**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.

COSTA, R.M. **Processo de limpeza e sanitização da cervejaria bacurim**, 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja. Larousse do Brasil**. 1ed. São Paulo, 2009.

REINOLD, Mathias. **Reações enzimáticas e físico-químicas que ocorrem durante a malteação da cevada**. Veículo: Revista Indústria de Bebidas – ano 9 – nº 55. Data/Edição: 2010.

SACHS, L. G. **Cerveja**. Fundação Faculdades Luiz Meneghel. Bandeirantes, 2001. Disponível em: <<http://www.schumacherinsumos.com.br/images/cerveja.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

SANTI, Guilherme Alberici de. **Cerveja Artesanal**. 2015. 30 p. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/br-cerveja-artesanal-guilherme-alberici-de-santi.html>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

SANTOS, Matheus Sales dos; RIBEIRO, Flávio de Miranda. **Cervejas e refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 11 fev. 2019.

TAMIME, A. **Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations**. 3.ed. Oxford: Blackell Publishing, 2008.

VIEIRA, E. S. **Acompanhamento do processo produtivo de uma cervejaria artesanal em Mossoró**, 2017. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.