

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LEANDRO ANDRADE PERANDIM

**ASSOCIAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA E DE FERRAMENTAS DA
GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE
UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira
2018

LEANDRO ANDRADE PERANDIM

**ASSOCIAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA E DE FERRAMENTAS DA
GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE
UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Câmpus Medianeira, como requisito à disciplina de TCC2.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Aziza Kamal Genena

Coorientador: Prof. Me. Edson Hermenegildo Pereira Júnior

Medianeira

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação
Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

ASSOCIAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA E DE FERRAMENTAS DA GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Por

LEANDRO ANDRADE PERANDIM

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às **13:50** horas do dia 19 de novembro de 2018 como requisito para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação **aprovado**.

Prof^a. Dr^a. Aziza Kamal Genena
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Edson Hermenegildo Pereira Júnior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Dr^a Daiane Cristina Lenhard
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu Pai, Vagner Antônio Perandim, meu maior herói, meu maior exemplo de liderança, perseverança, trabalho e honestidade, este trabalho só pode ser escrito por toda a ajuda que você me providenciou ao longo da caminhada da vida, e por isto sou eternamente grato.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Medianeira, que me proporcionou toda a base e conhecimento necessário, me acolheu e me mostrou que o trabalho e estudo constante recompensam enormemente.

A professora Doutora Aziza Kamal Genena, minha orientadora e grande amiga, que acreditou na ideia deste trabalho antes de todos e que não só encorajou como ajudou em cada etapa deste projeto, por todo encorajamento, atenção e ajuda sou eternamente grato.

Ao professor Mestre Edson Hermenegildo Pereira Júnior, coorientador e grande amigo que forneceu todas as ajudas necessárias para que as teorias relacionadas a gestão de produção pudessem se relacionar com o balanço de massa.

Ao professor Moraes, meu professor de química do 1° e 2° colegial, o maior ser humano que já conheci, pelas suas aulas inspiradoras sou eternamente grato.

A todos os professores que um dia dedicaram o seu tempo para me ajudar a saciar a sede por conhecimento que me acompanha desde o dia que vivo.

As empresas que abriram as portas e permitiram que o meu amor por cerveja e pelo conhecimento do processo de fabricação deste fosse completado e continuamente reforçado, sou eternamente grato.

A todos que de uma forma ou outra me ajudaram a trazer este projeto a vida, agradeço eternamente.

If I have seen further, it is by standing upon the shoulders of giants. (Sir Isaac Newton, em uma de suas cartas escritas ao cientista Robert Hooke, Fevereiro de 1675).

RESUMO

PERANDIM, Leandro Andrade. **Associação do balanço de massa e de ferramentas da gestão da produção para otimização da produção de uma indústria cervejeira**: 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A monografia apresenta as características que envolvem o mundo cervejeiro, desde o mercado atual, a breve história da cerveja, a linha de produção de cerveja detalhada em cada etapa e as ferramentas de produção do projeto. O objetivo da pesquisa é a associação de duas vertentes: o balanço de massa como base para dados e variáveis do processo e as ferramentas da gestão de produção: Gestão de recursos e estoques, MRP (*Material Requirement Planning*), PMP (Programa Mestre de Produção), ERP (*Enterprise Resources Planning*) e eficiência do processo. A pesquisa tem caráter dedutivo e de busca de dados ao qual utilizou-se da união das ferramentas para otimizar pontos de melhoria na produção de cerveja. Os dados analisados demonstram que as etapas estudadas do processo cervejeiro de uma cervejaria regional são pontos otimizadores em contraste com as de uma microcervejaria e são viáveis para a otimização do processo de produção de cerveja desta. Concluiu-se que os pontos de otimização do algoritmo de gerenciamento de lotes, reutilização total do subproduto da filtração e da fermentação são vantajosos para o processo de produção da microcervejaria.

Palavras-chave: Fluxogramas; Controle de Produção; Malte; Dióxido de Carbono.

ABSTRACT

PERANDIM, Leandro Andrade. **Association of mass balance and production management tools to optimize the production of a brewing industry**: .2018. Monografia (Bachelor in Production Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The monograph presents the characteristics that involve the brewing world, from the current market, the brief history of beer, the beer production line detailed in each stage and the production tools of the project. The objective of the research is the association of two aspects: mass balance as a basis for data and process variables and the tools of production management: Resource and Inventory Management, MRP (Material Requirement Planning), PMP), ERP (Enterprise Resources Planning) and process efficiency. The research has a deductive character and data search which is expected to use the union of the tools to optimize points of improvement in beer production. The data analyzed demonstrate that the steps studied in the brewing process of a regional brewery are optimizing points in contrast to those of a microbrewery and are feasible for the optimization of the brewing process. It was concluded that the optimization points of the batch management algorithm, total reuse of the by-product of the filtration and the fermentation are advantageous for the production process of the microbrewery.

Keywords:: Flowcharts; Production Control; Malt; Carbon Dioxide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma adaptado de produção de cervejas	18
Figura 2: Malte para produção de cerveja	19
Figura 3: Lúpulo em pellet	20
Figura 4: <i>Levedura Saccharomyces cerevisiae</i>	20
Figura 5: Máquina para moagem do malte (moinho de martelo)	21
Figura 6: Tanque para brassagem	22
Figura 7: Tanque para filtração do mosto	23
Figura 8: Tanque para fervura do mosto	24
Figura 9: Tanque de fermentação e maturação da cerveja	26
Figura 10: Tanques para fermentação e maturação da cerveja	27
Figura 11: Fluxograma adaptado de produção de cervejas <i>Ale</i> e <i>Lager</i>	30
Figura 12: Classificação adaptada de modelo de estoques	35
Figura 13: Fluxograma da produção de cerveja de uma cervejaria regional com os pontos de otimização destacados.	46
Figura 14: Fluxograma comparativo entre o processo de gerenciamento de lotes entre a técnica de MRP e PMP e o processo do algoritmo inteligente (ERP).	47
Figura 15: Fluxograma comparativo entre a etapa de retirada do bagaço do malte entre uma microcervejaria e uma cervejaria regional.	52
Figura 16: Fluxograma comparativo entre a etapa de captação e tratamento do gás carbônico da fermentação entre os processos.	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Processos estacionários e não estacionários.....	29
Quadro 2: Processos em Batelada, Processos Contínuos e Processos em semibatelada	29
Quadro 3: Sistemas de produção de acordo com Moreira	32
Quadro 4: Classificação das cervejarias quanto a sua produção anual em litros.....	36
Quadro 5: Matriz MRP adaptada como exemplo.....	36
Quadro 6: Programação mestre da produção adaptado como exemplo.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Maiores países produtores de cerveja do mundo (2016-2017)	13
Tabela 2. Exemplo de gerenciamento de recursos e lotes de MRP e PMP de uma microcervejaria.....	49
Tabela 3. Exemplo de gerenciamento de recursos e lotes por ERP de uma cervejaria regional.....	50
Tabela 4. Produção anual de cerveja e captação de bagaço de malte de uma microcervejaria e de uma cervejaria regional.....	53
Tabela 5. Produção anual de cerveja e da captação de gás carbônico de uma microcervejaria e de uma cervejaria regional.	1356

LISTA DE SIGLAS

IBU (*Internacional Bitterness Units*)
MRP (Material Requirement Planning)
ERP (*Enterprise Resources Planning*)
PMP (Plano Mestre de Produção)

LISTA DE SÍMBOLOS

M_{malte} : Massa do malte (cereal maltado) usado na moagem

$M_{\text{água}}$: Massa de água usada na brassagem

M_{levedura} : Massa de levedura usada na fermentação

$M_{\text{lúpulo}}$: Massa de lúpulo usada na fervura

$M_{\text{gás carbônico}}$: Massa de gás carbônico produzido na fermentação

$M_{\text{bagaço do malte}}$: Massa de bagaço de malte retirado na filtração

M_{cerveja} : Massa de cerveja produzida

L_E : Lote de entrada

L_C : Lote de correção de entrada

L_{SE} : Lote de segurança de entrada

L_{AE} : Lote de atraso de entrada

L_S : Lote de saída

L_{AS} : Lote de atraso de saída

L_{SS} : Lote de segurança de saída

$\%F$: Porcentagem de fermentabilidade como grau de correção por perda de extrato ao longo do processo.

$^{\circ}P_{\text{inicial}}$: Grau Plato inicial do mosto antes da fermentação

$^{\circ}P_{\text{final}}$: Grau Plato Final do mosto após a fermentação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 CERVEJA	16
3.1.1 História	16
3.1.2 Método de Produção <i>Ale</i> e <i>Lager</i>	17
3.1.3.1 Matérias primas	19
3.1.3.2 Moagem do malte	20
3.1.3.3 Brassagem	22
3.1.3.4 Filtração do mosto	23
3.1.3.5 Fervura	24
3.1.3.6 Resfriamento e aeração	24
3.1.3.7 Fermentação	25
3.1.3.8 Maturação	27
3.1.3.9 Filtração	28
3.1.3.10 Engarrafamento e envase	28
3.2 BALANÇO DE MASSA	28
3.2.1 Balanço de Massa no Processo de Produção de Cerveja	30
3.3 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO	31
3.3.1 Conceito de Processos e Operações	31
3.3.2 Sistemas de Produção e Operações	31
3.3.3 Tipos de Cervejaria Quanto a Sua Produção	31
3.4 FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO	33
3.4.1 Gestão de Recursos e Estoques	33
3.4.2 MRP (<i>Material Requirement Planning</i>)	35
3.4.3 Eficiência do Processo Produtivo	37
3.5 OS MÉTODOS CIENTÍFICOS	38
3.6 TIPOLOGIA DA PESQUISA	40
4 MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1 AS ETAPAS DO PROJETO E O PRODUTO ESCOLHIDO	41
4.2 O MÉTODO CIENTÍFICO DO PROJETO	42
4.3 O TIPO DE PESQUISA DO PROJETO	42
4.4 PONTOS DE MELHORIA NO FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO	43
4.4.1 Gestão de Recursos e Estoques	43
4.4.2 Captação e Comercialização Bagaço do Malte	43
4.4.3 Utilização do Gás Carbônico da Fermentação	44
4.5 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROJETO	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 FLUXOGRAMA DOS PONTOS DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA	45
5.2. COLETA DE DADOS E DISCUSSÃO DOS PONTOS DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA	47
5.2.1 Gestão de Recursos e Estoques	46
5.2.2 Captação e Comercialização do Bagaço de Malte	52

5.2.3 Utilização do Gás Carbônico da Fermentação	54
6 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais consumidas pelo homem ao longo da história. A produção desta bebida é um processo que apresenta variações de acordo com o porte da empresa, ou seja, das micro cervejarias até as grandes indústrias cervejeiras, seja na modificação do processo de batelada para contínuo, respectivamente, ou nos diversos produtos que estes empreendimentos podem produzir e comercializar.

O projeto apresentado nesta monografia visou otimizar o processo de produção de cerveja, por meio da análise do processo de produção em batelada de uma cervejaria, com a proposta de associar informações obtidas de um balanço de massa como ferramenta matemática, com as de gestão de produção para otimização.

O balanço de massa está intrinsecamente ligado a todos os processos industriais que tem um início e fim, com a entrada de matérias primas e a saída de um produto final.

As ferramentas da gestão de produção têm como propósito reduzir desperdícios em um processo produtivo olhando todas as etapas que a compõe, no caso desta pesquisa, três setores vão ser avaliados, a gestão de recursos e estoques, o MRP (*Material Requirement Planning*) e a eficiência do processo produtivo.

De acordo com Morado (2017, pg 360), pode ser visto na Tabela 1 maiores produtores de cerveja do mundo

Tabela 1. Maiores países produtores de cerveja do mundo (2016-2017)

Posição	País	Volume de produção anual (bilhões de Litros)	Percentual do Mercado
1	China	47,16	24,1%
2	EUA	22,13	11,3%
3	Brasil	13,33	6,8%
4	México	10,50	5,4%
5	Alemanha	9,5	4,9%
6	Rússia	7,82	4,0%
7	Reino Unido	4,40	2,2%
8	Japão	5,51	2,8%
9	Vietnã	4,08	2,1%
10	Polônia	4,07	2,1%

Fonte: Barth-Haas Group Report, adaptado de Morado (2017, pg 360)

O mercado de produção de cerveja por ser um ramo lucrativo emprega em grandes quantidades, para cada funcionário ativo diretamente na linha de produção, há 17 trabalhadores formais em toda a cadeia de funcionamento, desde a aquisição de matérias primas até a distribuição da cerveja como produto final, promovendo assim uma justificativa econômica para o investimento neste tipo de empreendimento. (Morado, 2017)

O mercado cervejeiro lucrou 485,2 bilhões de dólares em 2015 (Morado, 2017), e o tamanho do mercado nas diversas nações justifica o investimento, nos Estados Unidos representa 1,5 % do PIB; no Brasil representa 1,6% do PIB.

A porcentagem representativa do PIB nos principais países produtores, aliado a alta demanda por cerveja em todo o mundo e o alto nível de empregabilidade no setor garante grandes investimentos para construção de novas fábricas, distribuidoras, pesquisas para otimização das etapas de produção de cerveja.

A otimização do processo de produção de cerveja é justificável vide a crescente necessidade de demanda de um produto que é consumido globalmente. As ferramentas matemáticas e gerenciais estudadas apresentam soluções não visualizadas anteriormente no processo produtivo de cerveja.

Este trabalho tem como ponto a otimização do processo de produção de cerveja.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar os conceitos de balanço de massa em associação com as ferramentas de gestão de produção para otimizar o processo industrial de produção de cerveja estilo Pilsen.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estudar o processo industrial de produção de cerveja;
- b) Analisar as etapas do processo;
- c) Coletar os dados do processo;
- d) Propor, a partir das análises feitas, soluções para otimização por meio da ferramenta associativa pesquisada;
- e) Discutir os pontos de otimização da produção de cerveja entre os dados coletados;
- f) Concluir a otimização dos pontos sugeridos no processo de produção de cerveja.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CERVEJA

A cerveja é a terceira bebida mais consumida no mundo, perdendo apenas para a água e o chá em posições de consumo mundial e, só no ano de 2016 a 2017 foram produzidos 13,33 bilhões de litros de cerveja no Brasil, o qual é o terceiro produtor mundial de cerveja. (MORADO, 2017).

3.1.1 História

Para Varnam e Sutherland (1999) a produção e consumo de bebidas alcoólicas é uma das atividades mais antigas do homem.

A cerveja tem sua origem nas civilizações iniciais como a Mesopotâmia, onde a cevada teve crescimento de modo selvagem (MARTINS, 1991), (VENTURINI, 2010).

Para Morado (2017), com o início do cultivo dos primeiros grãos a 9000 anos a.C de trigo e cevada, o ser humano pode ter descoberto acidentalmente as etapas de produção de cerveja.

No século IV os celtas começaram a produzir na região da Inglaterra uma cerveja a base de mel e trigo (MARTINS, 1991).

Na idade média, a arte cervejeira incluiu o uso do lúpulo em seu processo, neste período todo tipo de ingrediente era utilizado, então o duque Guilherme IV da Bavária (Alemanha) aprovou a lei alemã da pureza (*Reinheitsgebot*), a qual só permitia o uso de água, malte, lúpulo e levedura na produção de cerveja. (VENTURINI, 2010).

Em 1640 Maurício de Nassau tentou instalar uma cervejaria em Recife, mas após a expulsão dos holandeses em 1654 a cerveja só retornou ao Brasil em forma de produto com a chegada da família real em 1808 (MORADO, 2017).

Na América a chegada da cerveja se deu junto aos imigrantes ingleses no ano de 1548 no Estado de Virgínia. No Brasil a cerveja chegou oficialmente em 1888 com a construção da empresa Manufactura de Cerveja Brahma, Villinger e Cia e em 1891 na cidade de São Paulo, a “Companhia Antártica Paulista” (MARTINS, 1991), (VENTURINI, 2010).

3.1.2 Método de Produção *Ale* e *Lager*

Cervejas recebem geralmente o nome de acordo com a região onde se originaram. A cerveja tipo Pilsener, provém da região de Pilsen e assim em diante, de modos gerais a cerveja são classificadas em dois grandes grupos: *Ale* e *Lager* (MARTINS, 1991).

O processo produtivo das cervejas estilos *ale* e *lager* pode ser visto no fluxograma da Figura 1:

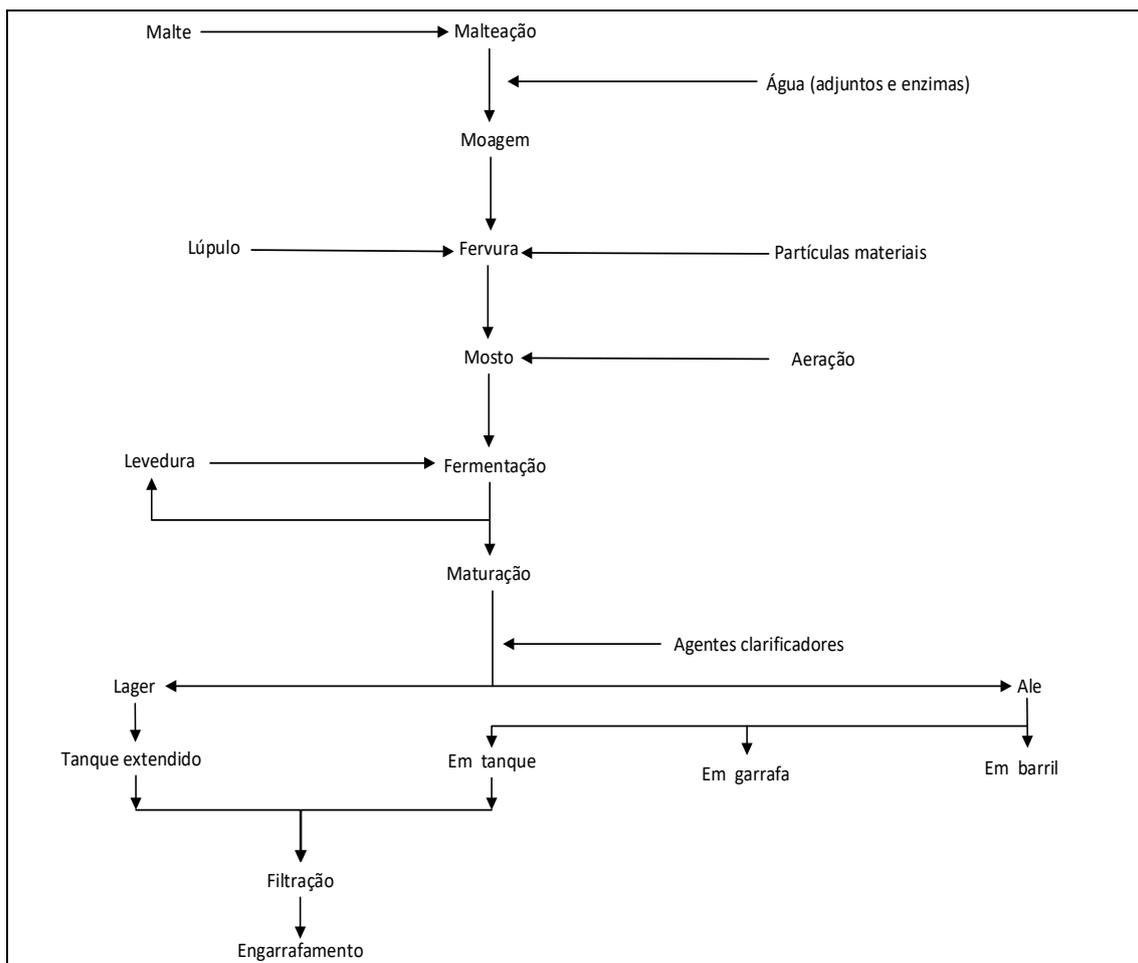


Figura 1: Fluxograma adaptado de produção de cervejas
Fonte: Varnam e Sutherland, (p 301, 1999).

As cervejas tipo *Ale* são obtidas por meio do processo de produção de alta fermentação, e têm o sabor do lúpulo destacado, com 4% a 8% de álcool em sua composição. As cervejas Porter, Stout e Weizenbier são exemplos de cervejas *Ale* (MARTINS, 1991).

A cerveja do tipo *Ale* é uma bebida mais aromática e em geral escuro e com forte paladar amargo de lúpulo, produzida com alta fermentação e teor alcóolico que varia entre médio e alto (VENTURINI, 2010).

As cervejas do tipo *Lager* são as mais comuns e produzidas no mundo. No Brasil é o tipo de cerveja que tem o maior nível de consumo, as cervejas *Lagers* são produzidas pelo método da baixa fermentação e um dos seus exemplos é a clássica *Pilsener* que pode conter entre 3% a 3,8% de álcool em sua composição (MARTINS, 1991), (VENTURINI, 2010).

3.1.3 Etapas do Processo de Produção de Cerveja

3.1.3.1 Matérias primas

Os 4 principais ingredientes de toda cerveja são: água, malte lúpulo e levedura. Podem existir também coadjuvantes como milho, arroz, aveia no processo de produção de cerveja (MARTINS, 1991), (VARNAM; SUTHERLAND, 1999).

O malte ao qual pode ser visualizado na Figura 2 é o cereal que sofreu o processo de malteação e é essencial para dar cor, sabor e paladar para a cerveja (MORADO, 2017).



Figura 2: Malte para produção de cerveja
Fonte: Autoria própria (2018)

Para Morado (2017) lúpulo que pode ser visto na Figura 3 é uma planta que agrega características sensoriais a cerveja, é utilizado na produção da cerveja desde 822 e antes disso se utilizava cascas de árvores, raízes e temperos, o lúpulo pode ser encontrado em cones frescos (pouco usado pela sensibilidade da planta), cones desidratados e pellets de lúpulo.



Figura 3: Lúpulo em pellet
Fonte: Autoria própria (2018)

As leveduras podem ditar o método de produção das *Ales* e *Lagers*, as quais podem ser fermentadas por *Saccharomyces cerevisiae*, observada na Figura 4, em uma temperatura entre 9 a 15 graus Celsius (MORADO, 2017).

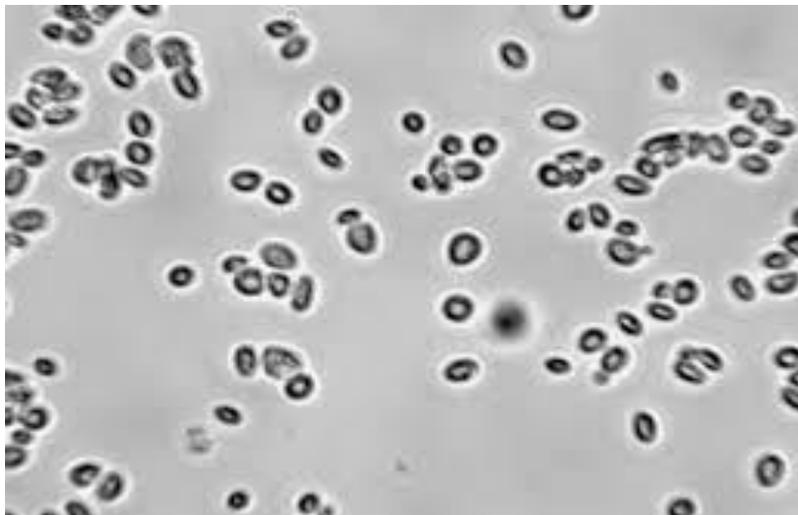


Figura 4: Levedura *Saccharomyces cerevisiae*
Fonte: College of Agricultural and Environmental Sciences UC Davis (2017)

3.1.3.2 Moagem do malte

A moagem do malte deve acontecer com cuidado, uma vez que uma moagem que resulte em um malte muito fino porque ocasionar problemas na filtração e se for muito grosso pode atrapalhar a hidrólise do amido. Industrialmente a moagem é feita em moinho de rolo. (MARTINS, 1991).

O malte moído é obtido após o processo de moagem que ocorre em maquinários de moinho de disco, moinho tipo martelo, ao qual pode ser visto na Figura 5, e rolo. A moagem em moinho tipo martelo processa em estado de pó e o rolo quebra a casca, mas não a tritura (OLIVEIRA *et al.* 2015. MORADO, 2017).

Varnam e Sutherland (1999) explicam que a moagem (*mashing*) consiste em duas partes, a conversão, em que enzimas do malte são reativadas e o processo enzimático continua e o processo *lautering* que consiste no momento que componentes solúveis são extraídos do malte para o mosto.

Para Venturini (2010) as transformações físico-químicas, o rendimento, a clarificação e a qualidade do produto são influenciadas diretamente pela moagem do malte, de acordo com Hampson (2013) a moagem do malte produz os cereais moídos chamados de *grist* ao qual liberará os açúcares quando for molhado na brassagem.



Figura 5: Máquina para moagem do malte (moinho de martelo)
Fonte: Aatoria Própria (2018)

3.1.3.3 Brassagem

De acordo com Hampson (2013) e Oliveira *et al.* (2015) a brassagem é o processo de criação inicial do mosto, onde a mistura de malte triturado e água descansa em um tanque, visualizado na Figura 6, e depois passa por um processo de aquecimento para extração de açúcares do mosto.



Figura 6: Tanque para brassagem
Fonte: Autoria Própria (2018)

A brassagem ocorre quando o malte moído é adicionado a água, para que se dê início a dissolução e ao processo de hidrólise do amido e dos açúcares, mantendo o pH controlado. (MARTINS, 1991. VENTURINI, 2010. MORADO, 2017).

O processo executado é denominado rampas de calor onde o aumento da temperatura em tempos controlados promovem reações químicas e física ao mosto, como:

Ativação enzimática (entre 40° a 45°C) ativação da betaglucanases e outras celulases;

Repouso proteolítico (entre 50° a 55° C) quebra de proteínas, nessa etapa pode regular a espuma e o brilho da cerveja,;

Repouso de sacarificação (entre 60 e 72° C): atuação da alfa-amilase e beta-amilase, determinação do corpo da cerveja;

Inativação enzimática(entre 76 a 78 °C) evita a atuação das enzimas para estabilizar o mosto para o processo de filtração. (MARTINS, 1991. VENTURINI, 2010. MORADO, 2017).

3.1.3.4 Filtração do mosto

Na filtração ocorre a separação de fases, processo no qual um sistema heterogêneo sólido-líquido ou sólido-gasoso é filtrado. A filtração ocorre quando o sistema passa por uma membrana porosa que retém a parte sólida e deixa a outra fase prosseguir (MARTINS,1991).

O processo de filtração ocorre por um tecido de filtragem que tem um rendimento de 99,95% em 1,5 a 2,5 horas. Devido a alguns problemas de inflexibilidade utiliza-se um processo de alta pressão que otimiza o processo em termos de economia de água (VARNAM; SUTHERLAND, 1999).

Para Venturini (2010) e Morado (2017) a filtração do mosto pode ser feita uma tina de filtração exemplificada na Figura 7, filtro de placas ou tanque de filtração, construído em aço inoxidável, no qual a casca do malte serve como camada filtrante.



Figura 7: Tanque para filtração do mosto
Fonte: Aatoria Própria (2018)

O processo de filtração permite a passagem do mosto com as enzimas

inativas e a retenção do bagaço do malte que foi aproveitado durante a brassagem (OLIVEIRA, *et al.* 2015. HAMPSON, 2013).

3.1.3.5 Fervura

O mosto deve ser fervido até 80°C por uma hora com o lúpulo, para que ocorra a inativação das amilases e proteases, bem como a precipitação dos flocos, deixando límpida a parte superior. A fervura tem como objetivo estabilizar o mosto nos aspectos biológicos, o procedimento deve ocorrer a altas temperaturas e ser intenso para que aromas indesejáveis (*off-flavors*) sejam evaporados e retirados do mosto. Sem a fervura o mosto seria uma unidade física e microbiológica instável. (MARTINS, 1991. MORADO, 2017).

O processo de fervura do mosto satisfaz alguns requerimentos tecnológicos como evaporação de água, extração das características do lúpulo pela reação de *Maillard* e a esterilização do mosto (VARNAM; SUTHERLAND, 1999). A fervura do mosto com o lúpulo deve acontecer em um equipamento chamado de tina de fervura ou tanque de fervura, visualizado na Figura 8 de modo a manter a inativação de enzimas e a esterilização do mosto e a extração dos compostos amargos e aromáticos do lúpulo (VENTURINI, 2010).



Figura 8: Tanque para fervura do mosto
Fonte: Autoria Própria (2018)

3.1.3.6 Resfriamento e aeração

O mosto passa por um processo de resfriamento (previamente acontecendo uma sedimentação ou filtração) por tubos que trocam calor. A aeração consiste no processo de injetar oxigênio para permitir a biossíntese de lipídios para o crescimento da levedura (VARNAM; SUTHERLAND, 1999. HAMPSON, 2013. OLIVEIRA, *et al.* 2015).

O tratamento do mosto ocorre pelo resfriamento e posteriormente pela aeração, na primeira parte é retirado o *trub* (proteínas, resinas e etc) pelo processo de redemoinho (*whirpool*) e é resfriado em placas de troca de calor, para *lagers* são resfriados até 7 a 15°C e para *Ale* são resfriados entre 18 a 22°C posteriormente ocorre a aeração por meio da adição de oxigênio concentrado (VENTURINI, 2010. MORADO, 2017).

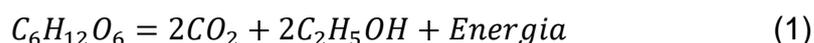
3.1.3.7 Fermentação

Para Hampson (2013) e Martins, *et al.* (2014) e Morado (2017) após o resfriamento do mosto, se dá início a fermentação alcoólica em tanques de fermentação que podem ser observados na Figura 9, onde a temperatura é essencial para a boa atividade das leveduras, em temperaturas certas, as leveduras produzem dióxido de carbono, álcool e novos subprodutos que dão sabores e aromas as cervejas. A fermentação tem o objetivo de proporcionar a produção de mais aromas agradáveis e a retirada de aromas desagradáveis controlando a pressão, temperatura, duração, o tipo e quantidade de levedura.



Figura 9: Tanque de fermentação e maturação da cerveja
Fonte: Aatoria própria (2018)

A fermentação tem um papel fundamental na produção de bebidas alcoólicas, pode ser conduzida de dois modos, a produção de *Ales* pela alta fermentação ou a produção de *Lagers* pela baixa fermentação (VARNAM; SUTHERLAND, 1999). Para a fermentação alcóolica, por meio da Equação 1 (BRIGGS, *et al.* p 513, 2004), demonstra-se que 1 mol de glicose (180 gramas) produz 2 mols de CO₂ (88 gramas) e 2 mols de álcool (96 gramas) e energia:



Para cervejas dos mais variados estilos é calculado o índice de fermentação pelo decaimento do grau Plato (P^o), ao qual 1 grau Plato indica que há 1 grama de açúcar fermentescível para cada 100 g de mosto. (BRIGGS, *et al.* 2004).

Levando em conta que o grau de fermentação ocorre devido ao decaimento do grau Plato, para entender a porcentagem de fermentabilidade é preciso observar a Equação 2 (BRIGGS, *et al.* p 511, 2004):

$$Fermentabilidade = \frac{Grau\ Plato\ Inicial - Grau\ Plato\ Final}{Grau\ Plato\ Inicial} \times 100 \quad (2)$$

Para Martins (1991) e Venturini (2010) as cervejas de baixa fermentação

(*lager*) são fermentadas de 8° C a 15° C em um período de três a dez dias e as cervejas de alta fermentação podem ser fermentadas de 15°C até 20°C durante três a seis dias.

3.1.3.8 Maturação

A etapa da maturação tem como objetivo o “refinamento” da cerveja em tanques de maturação ao qual pode ser exemplificado na Figura 10, onde reações físico-químicas ocorrem produzindo aromas e sabores, a temperatura da maturação, a duração dessa fase e a levedura interferem na qualidade da cerveja .Fermentação e maturação são consideradas duas etapas distintas, entretanto a diferença entre os dois é ainda de complexa compreensão, a maturação envolve todas as transformações que ocorrem no final da fermentação principal, como fermentação de açúcares residuais, remoção de levedura excessiva e mudanças de aromas e sabores. (VARNAM; SUTHERLAND, 1999. VENTURINI, 2010. HAMPSON, 2013. MORADO, 2017).



Figura 10: Tanques para fermentação e maturação da cerveja
Fonte: Autoria própria (2018)

3.1.3.9 Filtração

Os resíduos podem ser retirados por meio de quatro técnicas de filtração: sedimentação por gravidade, uso de agentes clarificantes, centrifugação e filtração (VENTURINI, 2010. MARTINS, *et al.* 2014). O método de clarificação de cervejas pode ocorrer por meio do processo de *fining* esse processo serve como uma pré-filtragem em vez de retirar grandes quantidade de sedimento da cerveja (VARNAM; SUTHERLAND, 1999). A filtração tem como efeito a clarificação que dá a característica de efeito brilhante e transparente na cerveja, retirando quase totalmente as leveduras. Para tanto, utiliza-se terra diatomácea, um mineral rico em sílica ou perlita, um triturado vítreo de rocha de origem vulcânica para filtrar a cerveja. (MORADO, 2017).

3.1.3.10 Engarrafamento e envase

Para Morado (2017) e Hampson (2013) as etapas de engarrafamento e do envase são de extrema importância, pois é necessário atenção aos detalhes na lavagem e sanitização das garrafas. As garrafas são então preenchidas com cervejas no enchimento e gás carbônico (CO₂) na carbonatação, posteriormente estas garrafas são pasteurizadas, um procedimento de elevação de temperatura para aumento de validade, e então mandadas ao mercado.

3.2 BALANÇO DE MASSA

De acordo com Badino e Cruz (p 49, 2010):

A Lei da Conservação das Massas proposta por Antoine Laurent Lavoisier (1743- 1794),” na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. A análise do balanço de massa baseia-se na Lei de Lavoisier, que rege a ciência e a engenharia.

Um balanço material é a aplicação do princípio de conservação de massa “Massa não é criada nem destruída”. O princípio de conservação de massa é de entendimento simples, mas abrange inúmeros processos com saídas e entradas. (HIMMELBLAU; RIGGS, 2006. FELDER; ROUSSEAU, 2005).

Os processos em estado estacionário ou regime permanente e transiente são descritos no Quadro 1:

Processos em estado estacionário ou regime permanente	Processos em estado não estacionário ou em regime transiente
Nos processos em estado estacionário ou em regime permanente, as principais variáveis de processo, como temperaturas, pressões, vazões e composições, não têm seus valores alterados com o tempo, excetuando flutuações.	Nesses processos ocorrem alterações nos valores das variáveis de processo com o tempo.

Quadro 1: Processos estacionários e não estacionários

Fonte: Badino e Cruz (2010, pg 50 e 51).

Os processos químicos podem ser classificados como contínuos, em batelada ou semibatelada e também como processos transientes ou em estado estacionário (FELDER; ROUSSEAU, 2005), (HIMMEMBLAU; RIGGS, 2006).

Os processos em batelada, contínuos e semibateladas são descritos no Quadro 2:

Processo em Batelada	Processos contínuos	Processo em Semibatelada
A alimentação é carregada no sistema no começo do processo, e os produtos são retirados todos juntos depois de algum tempo. Não existe transferência de massa através dos limites do sistema entre o momento da carga da alimentação e o momento da retirada dos produtos.	Processos contínuos. As entradas e saídas fluem continuamente ao longo do tempo total de duração do processo.	Processos em semibatelada (ou semicontínuos). Qualquer processo que não é nem contínuo nem em batelada. Se os valores de todas as variáveis no processo (quer dizer, todas as temperaturas, pressões, volumes, vazões, etc.) não variam com o tempo, excetuando possíveis flutuações menores em torno de valores médios constantes, se diz que o processo está operando em estado estacionário. Se qualquer das variáveis do processo muda com o tempo, diz-se que a operação é transiente ou no estado não-estacionário.

Quadro 2: Processos em Batelada, Processos Contínuos e Processos em semibatelada

Fonte: Felder e Rousseau (2005, pg 74)

3.2.1 Balanço de Massa no Processo de Produção de Cerveja

O processo de produção de cerveja compreende desde a brassagem até a maturação, envase e engarrafamento, deste modo passando por etapas quantitativas nos ingredientes principais que podem ser analisados em forma de processo por etapas (VARNAM, SUTHERLAND, 1999).

Para VENTURI (2010) o processo de produção de cerveja tem etapas mais lentas como a fermentação e a maturação que podem demorar dias ou semanas que respectivamente ocorrem em processos de bateladas, esses processos podem ser vistos na Figura 11:

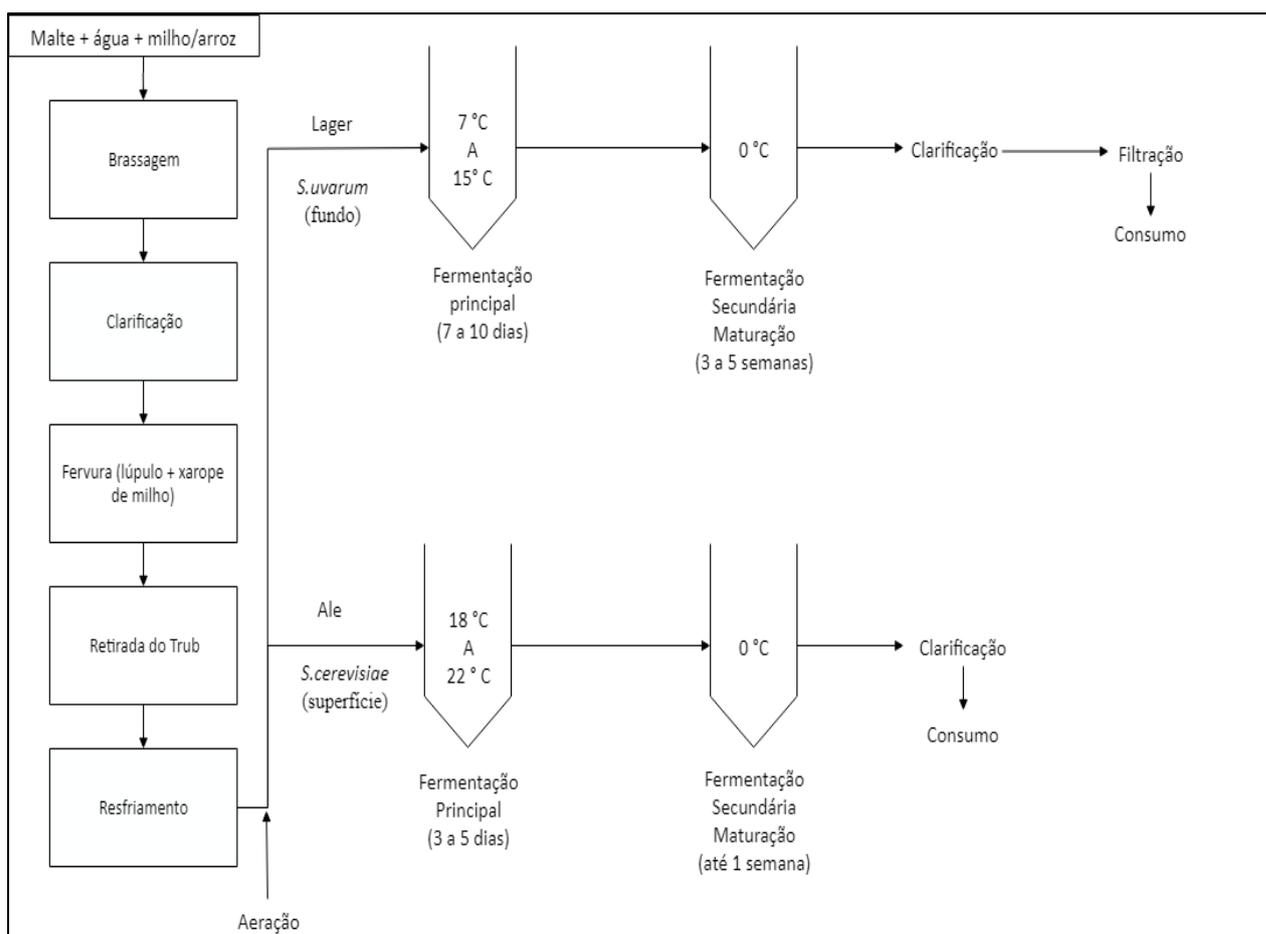


Figura 11: Fluxograma adaptado de produção de cervejas Ale e Lager
Fonte: Venturini (p 27, 2010)

3.3 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

3.3.1 Conceito de Processos e Operações

A administração de operações lida com processos: atividades fundamentais que as organizações realizam no trabalho para atingir seus objetivos de produzir bens e serviços que as pessoas usam todos os dias. Um processo é qualquer atividade ou grupo de atividades que toma um ou mais insumos (inputs), transforma-os e fornece um ou mais resultados (outputs) a seus clientes (KRAJEWSKI, 2009).

A gestão de processos ocupa-se da atividade de gerenciamento estratégico dos recursos escassos (humanos, tecnológicos, informacionais e outros), de sua interação que produzem e entregam bens, visando atender a necessidades e/ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Já para Slack (2009), a posição de uma operação no *continuum* volume-variedade determina o processo e abordagem gerais para gerenciar suas atividades.

Um processo pode ter seu próprio conjunto de objetivos, envolver um fluxo de trabalho que cruze fronteiras departamentais e necessitar de recursos de vários departamentos (KRAJEWSKI, 2009). Todas as funções gerenciais, em qualquer empresa, têm como conceito uma série de objetivos, que podem ser declarações genéricas de intenções para o futuro, até a descrição específica de metas que devem ser atingidas (MOREIRA, 2011).

3.3.2 Sistemas de Produção e Operações

Sistema de produção é o conjunto de atividades e operações relacionadas na produção de bens (caso de indústrias e serviços). O sistema de produção é

uma entidade abstrata, porém extremamente útil para dar uma ideia de totalidade (MOREIRA, 2011).

A produção em massa de acordo com Corrêa e Corrêa (2012) tem como característica desde o começo do século XX a utilização da administração por Frederick Taylor e a lógica de atividades sequenciadas para a produção de grandes volumes de produto.

Já para Slack (2009), processos produtivos possuem características diferentes, as operações iguais entre si na forma de transformar recursos de input em output de bens e serviços e quatro dos quais são particularmente importantes: “Volume de output, variedade de output, variação da demanda do output e grau da visibilidade que os consumidores possuem da produção do output.”

Para Lustosa, *et al.* (2008) os sistemas de produção podem ser classificados quanto ao fluxo de seus processos em processos de linha, processos em lote e processos por projetos.

Os sistemas de produção podem ser definidos de acordo com o Quadro 3:

Tradicional	Contínuo	Por Lotes
A classificação dos sistemas de produção tradicional, principalmente em função do fluxo do produto, revestem-se de grande utilidade na classificação de uma grande variedade de técnicas de planejamento e gestão de produção.	Os sistemas de produção contínua ou fluxo em linha apresentam uma sequência linear para se fazer o produto ou serviço, os produtos são bastante padronizados e fluem de um posto de trabalho a outro em uma sequência prevista.	A produção é feita em lotes. Ao término da fabricação do lote de um produto, outros tomam o seu lugar nas máquinas. O produto original só voltará a ser feito depois de algum tempo caracterizando-se assim uma produção intermitente de cada um dos produtos.

Quadro 3: Sistemas de produção de acordo com Moreira
Fonte: (MOREIRA, p 9 a 10, 2011).

O processo em lote tem um fluxo intermitente por meio do qual um número de diferentes produtos se organiza em sequências a fim de produzir um produto final, cada subproduto é uma etapa dentro da linha de produção (LUSTOSA, *et al.* 2008).

O processo produtivo em dimensão de variedade oferece alta variedade de serviços, de modo a obter um grau de flexibilidade, mesmo que um processo produtivo em volume possa oferecer em tese o mesmo produto, a falta de padronização é o que mantém a característica da variedade (SLACK, 2009).

Para Moreira (2011), sistema de produção é o conjunto de atividades e operações relacionadas na produção de bens (caso de indústrias e serviços). As ferramentas gerenciais de produção podem otimizar a produção analisando suas diversas etapas dentro do processo produtivo.

3.3.3 Tipos de Cervejaria Quanto a Sua Produção

As cervejarias podem ser classificadas quanto a sua produção em termos de volume anual, no Quadro 4 pode-se ver esta concepção:

Classificação da Cervejaria	Produção Anual
Megacervejaria	Produção anual maior que 700 milhões de litros
Cervejaria Regional	Produção anual menor que 700 milhões de litros e maior que 1,76 milhões de litros
Microcervejaria	Produção Anual menor que 1,76 milhões de litros.

Quadro 4: Classificação das cervejarias quanto a sua produção anual em litros.
Fonte: (Morado, p 369, 2017)

3.4 FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO

3.4.1 Gestão de Recursos e Estoques

As empresas necessitam de diferentes estoques, dispostos em almoxarifados, distribuídos em vários pontos da empresa ou em centros de distribuição e a definição de sistemas de estoque depende da definição do autor (TUBINO, 2009), (FERNANDES; FILHO, 2010).

Os estoques representam os recursos iniciais da linha de produção de um

empreendimento e devem ser gerenciados de modo a otimizar a cadeia de suprimentos de uma empresa e seu processo produtivo, assim reduzindo custos e permitindo capital livre (LUSTOSA, *et al.* 2008).

Para Corrêa, *et al.* (2010) o conceito da gestão dos estoques e dos recursos em forma de matérias primas iniciais ou produtos acabados é um conceito administrativo essencial para se medir qual a massa exata necessária pela estratégia de produção que uma empresa deve ter em seus estoques.

Segundo Fernandes e Filho, (2010) os estoques podem ser classificados em: estoques de insumo, estoques que estão sendo processados, estoques de itens finais, estoques cíclicos, estoques de segurança, estoques em trânsito, estoques sazonais, estoques especulativos e estoque obsoleto.

A definição de estoques podem ser estoques de matérias-primas: aqueles estoques relacionados ao início da produção, estoques de material semi-acabado: matérias que estão no processo de produção ou em alguma etapa deste e estoques de produtos acabados: resultado final dos estoques, o produto pronto para ser comercializado (CORRÊA, *et al.* 2010).

De acordo com Tubino (2009) as empresas podem definir seus estoques em: principais, matérias primas, produzidos internamente ou comprados, produtos acabados, produtos em processo e etc.

Lustosa, *et al.* (2008) explica que os estoques podem ser classificados também como estoque de demanda independente, quando há uma incerteza quanto ao mercado ou outro fator incerto e demanda dependente, quando é necessário para a produção final do produto.

Para Fernandes e Filho (2010) a demanda independente é aquela cuja a demanda é livre de controle da demanda geral a não ser das condições do mercado, já a demanda dependente depende necessariamente da demanda geral e de mais um fator.

O estoque surge a partir da diferença de tempo entre a entrada de matérias no empreendimento e a saída de produtos finais para a demanda ocorrendo por fatores internos (controláveis) e externos (incontroláveis) (FERNANDES; FILHO, 2010).

As definições de demanda dependente e independente em Fernandes e Filho (2010) e Lustosa, *et al.* (2008) podem ser relacionadas com o MRP e as revisões e previsões de acordo com a Figura 12:

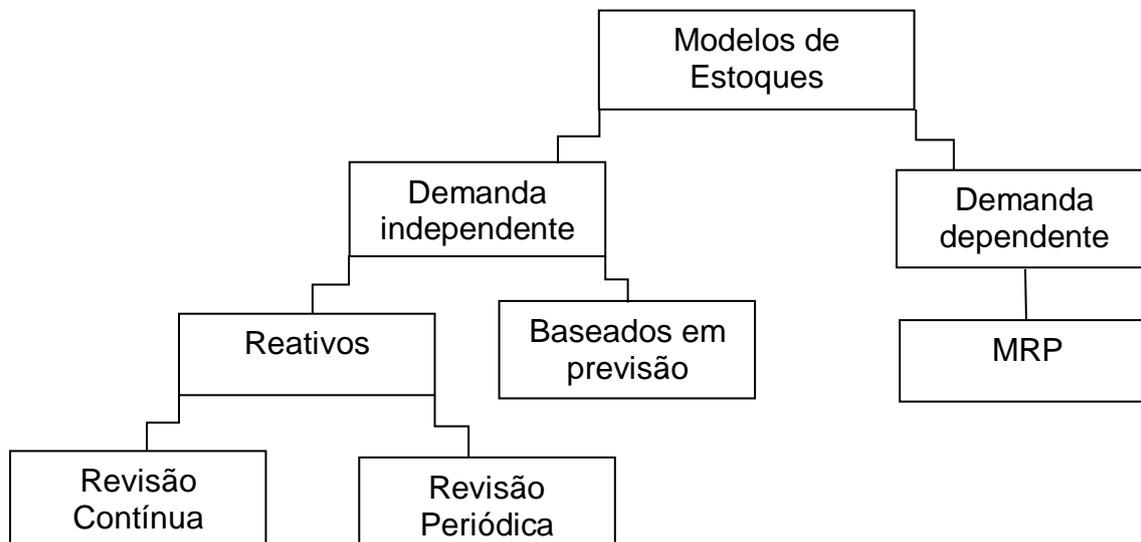


Figura 12: Classificação adaptada de modelo de estoques
 Fonte: (Lustosa, et al. p 85, 2008)

3.4.2 MRP (*Material Requirement Planning*)

O planejamento das necessidades por meio do MRP como pode ser observado no Quadro 5 tem como função evitar a falta de materiais e recursos essenciais para a produção, mas ao mesmo tempo não permitir um estoque elevado para evitar custos de estoque e capital parado, sendo que o final evolutivo do planejamento seria o ERP II (*Enterprise Resources Planning*) (LUSTOSA, et al. 2008).

Para Tubino (2009) a criação do MRP na década de 1960 teve como objetivo principal aproveitar o máximo de estoque e de dados que informavam o sistema. A evolução da tecnologia forçou o MRP a interagir com os dados de outros setores da empresa (marketing, finanças e etc), dando origem ao MRP II. O ERP e ERP II são a evolução final do sistema de gerenciamento das necessidades da empresa, onde todas as necessidades são avaliadas e

mapeadas, desde recursos matérias, a recursos humanos e recursos de tempo, assim sendo necessário a integração de todos os setores da empresa.

As informações de entrada no sistema MRP para que este funcione são o PMP (Programa Mestre de Produção), os estoques disponíveis e o *Bill of Materials* (Lista de Materiais), (FERNANDES; FILHO, 2010).

Para Lustosa, *et al.* (2008) o MRP está no centro um contexto da empresa, sendo que cada parte é englobada por um processo evolutivo de junções de funções pela outra em sequência: MRP, MRP de ciclo fechado, MRP II, ERP e ERP II.

As características principais do funcionamento do MRP estão de acordo com o tamanho do lote solicitado, o estoque de segurança do processo e os *leadtimes* existente nas ordens de pedidos (FERNANDES; FILHO, 2010).

Tempo da produção	1	2	3	...	N
Necessidades brutas					
Recebimentos programados					
Disponibilidade no estoque					
Necessidades líquidas					
Programação das necessidades de recebimento/produção					
Programação de ordens de produção/compras					

Quadro 5: Matriz MRP adaptada como exemplo.

Fonte: (LUSTOSA, *et al*, p 152, 2008).

Os parâmetros necessários para que o MRP faça os cálculos dos lotes são os tempos de suprimento repetitivo (*leadtime*), os valores do estoque de segurança e os o tamanho do lote a ser pedidos, estes três parâmetros são a base do funcionamento do MRP (TUBINO, 2009).

Para Fernandes e Godinho Filho (2010) os procedimentos existentes no sistema MRP tem como função essencial estudar os *inputs* (entradas) para definir o cálculo dos lotes, e posteriormente analisar os *outputs* (saídas).

O MRP é alimentado pelo Programa Mestre de Produção como pode ser observado no Quadro 6, de modo que as entradas do MRP são: listas de

materiais, posição dos estoques (disponibilidade) e prazos de montagem de componentes, suas saídas são: ordens de produção e ordens de compra (LUSTOSA, *et al.* 2008).

Produto	Quando/Quanto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana n
		1	2	3	4	... n
A	QUANTIDADE	X		Z		V
B	QUANTIDADE		Y	T	W	

Quadro 6: Programação mestre da produção adaptado como exemplo.

Fonte: (LUSTOSA, *et al.* p 147, 2008).

A matriz MRP é um documento que tem como função o gerenciamento de estoque em colaboração com o programa mestre de produção (LUSTOSA, *et al.* 2008).

Os constantes cálculos do MRP nos períodos determinados para Tubino (p 95, 2009) cria uma dinâmica modelada que serve de base para o bom funcionamento do plano mestre de produção aliado a necessidade dos diferentes tipos de lote. Para Corrêa, *et al.* (2010) a previsão de vendas é uma ferramenta que essencialmente necessita estar aliada ao MRP, a imprevisibilidade da demanda pode ocorrer naturalmente em pedidos espontâneos, entretanto a previsão continua da demanda mantém um fluxo de informação que alimenta e sustenta a função do MRP.

Considerando as análises de Tubino (2009), Lustosa, *et al.* (2008) Fernandes e Filho (2010) para a gestão de estoques e recursos e a relação direta da demanda dependente com o MRP, pode ser analisado os cálculos para a eficiência do processo produtivo.

3.4.3 Eficiência do Processo Produtivo

A gestão dos recursos e estoque tem como indicadores de desempenho a produtividade de um processo produtivo, a utilização de recursos desse processo e a eficiência deste processo. (LUSTOSA, *et al.* 2008).

As capacidades de um processo podem ser definidas como capacidade operacional, a quantidade realmente produzida do produto, a capacidade efetiva, a capacidade que teoricamente deveria ser produzida do produto e a capacidade projetada, a capacidade máxima que uma planta pode produzir (LUSTOSA, *et al.* 2008).

Campos (p 2, 1999) descreve a produtividade como a relação da divisão entre o output (saída) e input (entrada) de uma empresa, deste modo em Equação (3):

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{OUTPUT}}{\text{INPUT}} \quad (3)$$

Para Lustosa, *et al.* (p 310, 2008) as Equações (4) e (5) que relacionam a capacidade operacional, a capacidade efetiva e a capacidade projetada é:

$$\text{Utilização} = \frac{\text{Capacidade Efetiva}}{\text{Capacidade Projetada}} \quad (4)$$

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Capacidade Operacional}}{\text{Capacidade Efetiva}} \quad (5)$$

Os cálculos de eficiência e de produção de uma planta podem ser diretamente relacionados com as vantagens financeiras de suas etapas, onde esta etapa pode indicar quando um processo produtivo em receita supera seus custos, gerando lucro. (LUSTOSA, *et al.* 2008).

3.5 OS MÉTODOS CIENTÍFICOS

A investigação científica começa com o método científico com inicialmente a identificação de uma dúvida que não tem resposta, reconhecimento de que o que se tem de conhecimento é insuficiente para responder a dúvida, que é necessária uma resposta para essa dúvida, e que tenha provas de segurança ou confiabilidade que justifiquem ser uma boa ou correta resposta. (KÖCHE, 2008).

O conhecimento inicialmente pode ser classificado, quanto a base de seu pensamento, em diversas vertentes: mítico, ordinário, artístico, filosófico, religioso e científico (KÖCHE, 2008. MARCONI E LAKATOS, 2010)

Para Kauark, Manhães e Medeiros (2010) o método científico pode ser dividido em cinco tipos: o método indutivo, o método dedutivo, o método da experimentação, método da diferença, método dialético.

O método científico pode ser classificado historicamente em métodos pré-socráticos, abordagem platônica, entendimento e experiência (visão grega do método), indução e empirismo, experimento (moderno), método científico hipotético-dedutivo e o estudo de caso (contemporâneo) (KÖCHE, 2008).

O método indutivo tem um processo de desenvolvimento mental onde dados particulares, quando provados e constatados geram uma verdade ou lei universal (MARCONI; LAKATOS, 2010. KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

Para Köche (2008), o conhecimento científico surge da vontade do ser humano em tornar-se ativo perante as ações e fenômenos de sua realidade, de forma a obter controle destes.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010) e Kauark, Manhães e Medeiros (2010) o método dedutivo implica na correlação direta da lógica entre dois fatos para chegar uma conclusão final, enquanto o método indutivo necessita de um conjunto de provas e variáveis fatuais para constatar uma conclusão final.

Ainda para Köche (2008) o homem é impulsionado para à ciência é a vontade de compreender as relações e associações que estão escondidas entre as aparências dos objetos, fatos ou fenômenos, captados pela percepção sensorial e analisadas de forma superficial, subjetiva e a crítica pelo senso comum.

O método hipotético-dedutivo para Marconi e Lakatos (2010) tem como base a proposta de uma teoria que solucione inicialmente um problema, e ao tentar retirar os erros que aparecem nessa solução, um novo problema surge,

reiniciando a lógica do método.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010) a aplicação dos métodos científicos se baseia no conjunto de atividades sistemáticas e racionais para que se otimize a segurança e economia ao alcançar um objetivo.

3.6 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Köche (2008), Danton (2002) e Gil (2010) explicam que os tipos de pesquisa são: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, ensaio clínico, estudo de coorte, estudo caso-controle, levantamento, estudo de caso, pesquisa fenomenológica, pesquisa etnográfica, *grounded theory* (teoria fundamentada em dados), pesquisa-ação e pesquisa participante.

A pesquisa bibliográfica tem como objetivo elucidar um problema através dos conhecimentos disponíveis em obras, teses e teorias publicadas, de modo que o investigador deve identificar o que foi produzido, analisar e avaliar a contribuição destas pesquisas para o seu problema investigado (KÖCHE, 2008), (DANTON, 2002), (GIL, 2010).

Ainda em Köche (2008) e Danton (2002), a pesquisa descritiva, não-experimental, tem como objetivo a explicação entre dois ou mais variáveis de um fenômeno sem quantificá-las ou qualificá-las, de modo que a constatação do fenômeno é feita após o ato e não antes deste acontecer.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Por meio da pesquisa aplicou-se duas vertentes distintas: O balanço de massa físico de operações industriais com caráter quantitativo.

As seguintes ferramentas específicas da gestão da produção, também de caráter quantitativo: Gestão de Estoques e Recursos, MRP e Eficiência do processo produtivo, por meio de pesquisa bibliográfica que apontem definições e explicações aos quais estes são similares, para que esta associação permita propor otimização dentro da linha da produção.

As empresas estudadas situam-se nos estados do Paraná e de Santa Catarina.

4.1 AS ETAPAS DO PROJETO E O PRODUTO ESCOLHIDO

O desenvolvimento do projeto foi feito em 2 etapas:

Etapas 1: TCC 1

i) Revisão bibliográfica sobre todo o processo de produção de cerveja, as teorias sobre balanço de massa e as ferramentas da gestão de produção selecionadas.

ii) Analise por meio da bibliografia estudada as relações entre as teorias distintas, as similaridades encontradas nos pensamentos sobre método de estudo de processo e propor a conclusão da associação das ferramentas.

iii) Revisado os conceitos de método científico e dos tipos de pesquisa e avaliar em quais dos tipos este projeto se encontra.

iv) Detalhado a proposta de pesquisa, explicando como as teorias irão se associar, e de que modo (equipamentos a serem utilizados, documentos e equações) será feita a coleta de dados para verificação da proposta.

v) Determinado os resultados esperados para o modo como a pesquisa

será realizada baseada nas etapas que geram otimização no processo de produção de cerveja.

Etapas 2: TCC 2

vi) Analisado as relações entre o processo produtivo de cerveja de uma microcervejaria e de uma cervejaria regional e visto que os pontos de otimização propostos na etapa 1 eram práticas operacionais e rotineiras na cervejaria regional, se comparou a realidade dos dois processos cervejeiros para discussão da otimização de etapas.

vii) Utilizado os valores de balanço de massa e de gestão de produção no fluxograma do processo da cervejaria regional obtidos nas etapas 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3 para discussão dos dados.

viii) Observado e discutido as relações entre a associação das ferramentas aplicados nas etapas da cervejaria regional e concluído os resultados de otimização para o fluxograma da microcervejaria.

4.2 O MÉTODO CIENTÍFICO PROJETO

O método da pesquisa é identificado de acordo com as descrições analisadas no referencial teórico como um método científico de caráter dedutivo.

Por meio do raciocínio utilizado para associar o balanço de massa e as ferramentas de gestão de produção em prol da otimização da produção de cerveja é constatado dados e variáveis que elucidam um panorama geral de junção para particularmente definir melhorias no sistema definido pela pesquisa.

4.3 O TIPO DE PESQUISA DO PROJETO

A pesquisa vigente tem como características mistas de uma pesquisa bibliográfica e uma teoria fundamentada em dados, pela necessidade de resgatar nas referências as produções de cerveja.

Os conceitos teóricos de balanço de massa e das ferramentas de gestão de produção e através dos dados coletados demonstrar a associação entre os

setores de balanço de massa e das ferramentas de gestão de produção, ainda tem características de uma pesquisa descritiva e documental porque descreve a interação entre as ferramentas (associação) e utiliza tabelas e documentos das ferramentas de gestão de produção como o MRP.

4.4 PONTOS DE MELHORIA NO FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO

A otimização do processo produtivo de cerveja foi analisada com dados de produção da microcervejaria e da cervejaria regional de acordo com os pontos sugeridos para otimização na microcervejaria serem etapas já praticadas na cervejaria regional.

Os pontos de otimização já aplicados permitiram que dados fossem coletados e discutidos para conclusão da otimização destes na microcervejaria.

4.4.1 Gestão de Recursos e Estoques

A gestão de recursos e estoques é essencial para controlar as entradas e saídas de lotes, deste modo foi analisada por meio do cálculo do balanço de massa existente nas fronteiras (entradas e saídas de lotes) do processo de produção as práticas gerenciamento do MRP e PMP da microcervejaria e do ERP para a cervejaria regional.

4.4.2 Captação e Comercialização do Bagaço de Malte

Na etapa de filtração é retirado o bagaço do malte para tratamento e revenda, dentro das operações da retirada do bagaço foi analisado a otimização deste processo dentro da cervejaria regional em relação ao processo da microcervejaria em uma produção anual variável de cerveja, dados quantidade

de bagaço do malte em quilogramas e recurso monetário pela captação do subproduto.

4.4.3 Utilização do Gás Carbônico da Fermentação

O processo de fermentação produz como um de seus subprodutos gás carbônico ao qual é um recurso necessário no processo cervejeiro e de grande valor monetário, foi analisado a otimização desta etapa na cerveja regional em relação ao processo da microcervejaria em uma de produção anual variável de cerveja, dados de quantidade de gás carbônico produzido em quilogramas e recurso monetário pela captação deste subproduto

4.5 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Neste projeto utilizou-se equipamentos como notebooks, cronômetro (marca não definida), software Pacote Office (Word, Excel, Power Point e Visio), documentos para definição de lotes de MRP, PMP, ERP, termômetro, tabelas para coleta de dados das variáveis.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 FLUXOGRAMA DOS PONTOS DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA

A coleta de dados ocorreu do período de agosto de 2018 a outubro de 2018, mediante observações da rotina das empresas, anotações, utilização de recursos como câmera fotográfica, computador e ferramentas do Pacote Office (Word, Excel e Visio).

Foi avaliado na coleta de dados que os pontos 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3 são etapas essenciais já praticadas rotineiramente ao processo de produção de cerveja de uma cervejaria regional.

Ao observar na coleta de dados os pontos sugeridos aplicados na prática no processo da cervejaria regional iniciou-se a associação ao balanço de massa em cada ponto otimizador.

A discussão sobre as vantagens em tempo, otimização de processo e captação de subprodutos como fonte de recurso financeiro destes pontos no processo de produção de cerveja de uma microcervejaria foi proposta baseado na análise dos dados do fluxograma dos dois processos.

Por meio da Figura 13 a seguir pode-se observar as etapas do fluxograma de produção de cerveja onde os pontos em vermelhos são os pontos otimizadores estudados e discutidos:

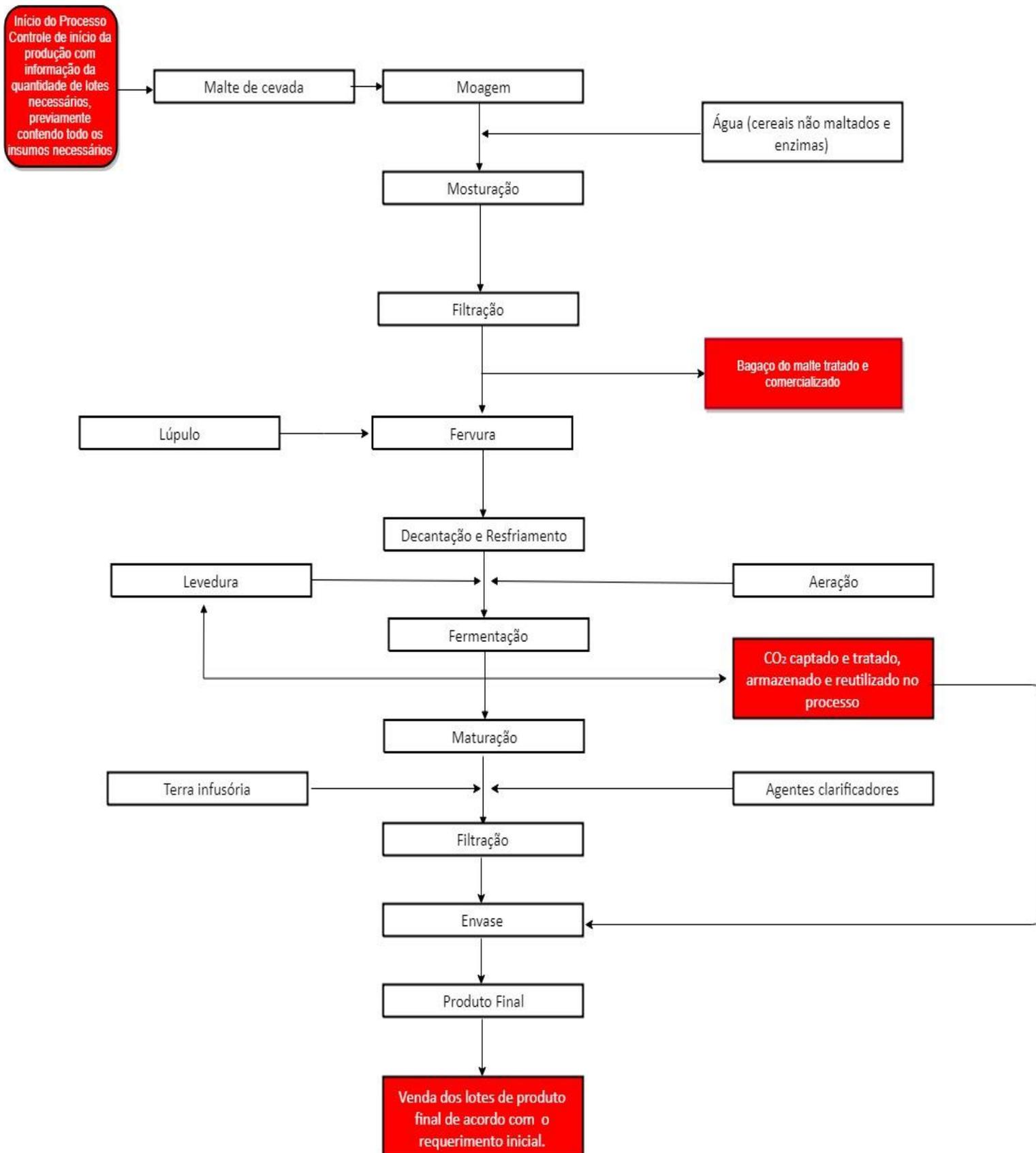


Figura 13: Fluxograma da produção de cerveja de uma cervejaria regional com os pontos de otimização destacados.
Fonte: Autoria Própria

5.2. COLETA DE DADOS E DISCUSSÃO DOS PONTOS DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA

5.2.1 Gestão de Recursos e Estoques

O trabalho proposto sugeriu uma interação entre o balanço de massa de estoques de entradas de lotes para produção de cerveja (insumos) e saída de lotes de produtos acabados, ao qual poder ser observado na Figura 13 como a etapa inicial e final do processo de produção de cerveja.

Os dados coletados de fluxo de entrada e saída de informações de lotes podem ser observados na Figura 14 sendo a parte superior em MRP e PMP do processo fabril de uma microcervejaria e na parte inferior a de uma cervejaria regional pelo algoritmo inteligente e pelo ERP.

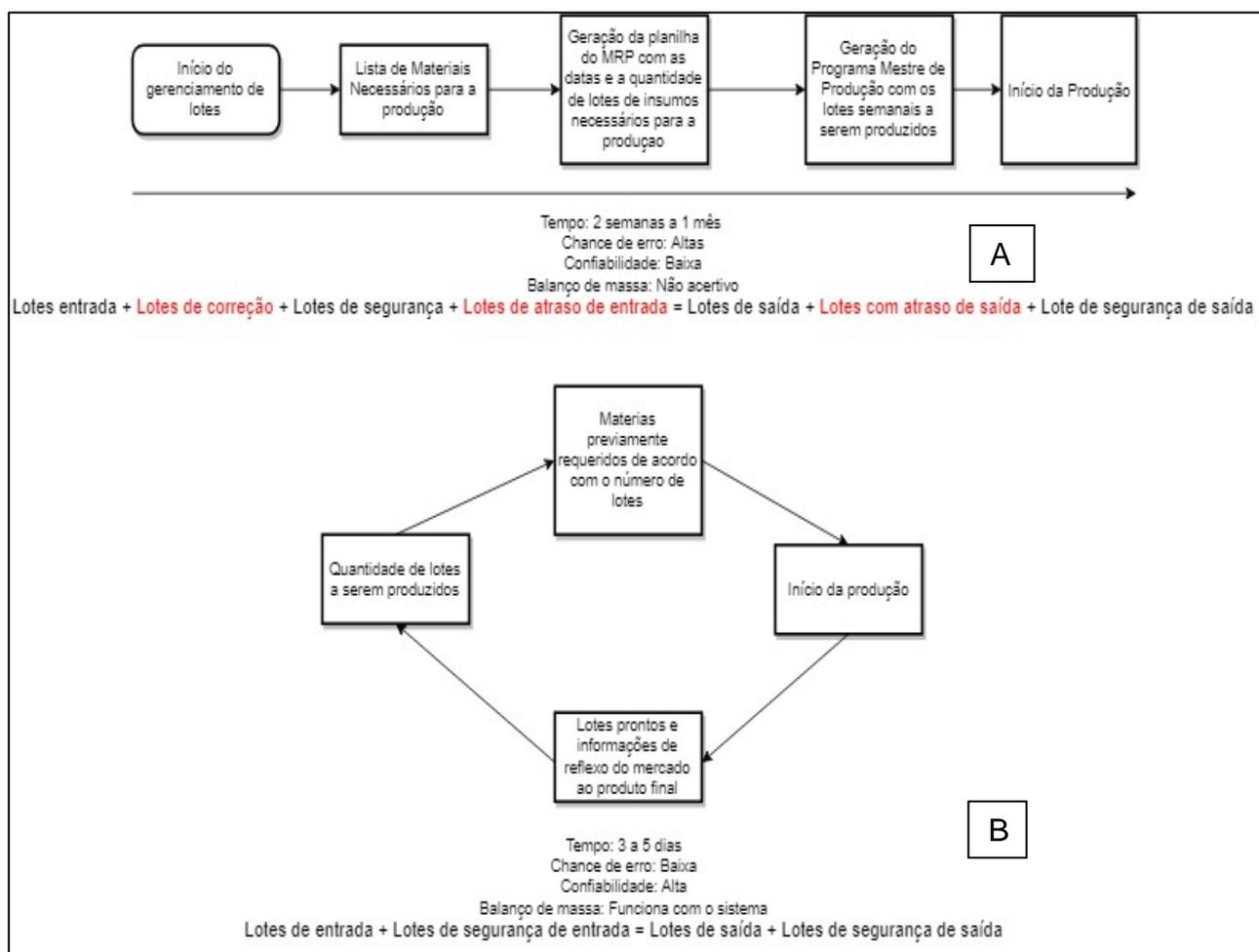


Figura 14: Fluxograma comparativo entre o processo de gerenciamento de lotes entre a técnica de MRP e PMP (A) e o processo do ERP (B)
 Fonte: Autoria Própria

Os dados presentes da Figura 14 permitem a análise de que o fluxograma A do gerenciamento de lotes da microcervejaria é linear, com começo e fim, baseado na chegada de matérias primas para que se inicie a produção e conseqüentemente se equacione a quantidade de produto final para comercialização no mercado.

O fluxograma B por sua vez que pertence ao processo produtivo da cervejaria regional é de estado rotativo, que se inicia com a informação da demanda de produto final e conseqüentemente a partir desta informação é que se inicia a solicitação de lotes de matérias primas para a produção de produto final.

Os dados ainda permitem analisar as equações de balanço de massa de entrada e saída de lotes para o fluxograma superior (Equação 6) e o do fluxograma inferior (Equação 7):

$$L_E + L_C + L_{SE} + L_{AE} = L_S + L_{AS} + L_{SS} \quad (6)$$

$$L_E + L_{SE} = L_S + L_{SS} \quad (7)$$

Sendo:

L_E : Lote de entrada;

L_C : Lote de correção de entrada;

L_{SE} : Lote de segurança de entrada;

L_{AE} : Lote de atraso de entrada;

L_S : Lote de saída;

L_{AS} : Lote de atraso de saída;

L_{SS} : Lote de segurança de saída.

Ao comparar as Equação 6 e 7 existem 3 variáveis (L_C , L_{AE} , L_{AS}) que não estão no balanço de massa do processo de gerenciamento de lotes da cervejaria regional.

A existência destas variáveis no balanço de massa da microcervejaria

impactam na diferença de tempo entre aquisição de lotes, na chance de erro, confiabilidade e estrutura do balanço de massa dos processos.

Por meio da Tabela 2 a seguir pode-se observar os dados coletados em formato de variável para o gerenciamento de entradas e saídas de lotes de produção de uma microcervejaria.

PROGRAMAÇÃO MESTRE DE PRODUÇÃO					
SETEMBRO					
Produto - X	Quando/Quanto	Semana	Semana	Semana	Semana
		1	2	3	4
Malte de cereal	Quantidade (kg)	Mmalte	0	Mmalte	0
Adjuntos	Quantidade (kg)	0	Madjuntos	0	Madjuntos
Água	Quantidade (L)	Mágua	Mágua	Mágua	Mágua
Lúpulo	Quantidade (kg)	MIúpulo	0	MIúpulo	0
Levedura	Quantidade (kg)	Mlevedura	0	0	0
OUTUBRO					
Produto - Y	Quando/Quanto	Semana	Semana	Semana	Semana
		1	2	3	4
Malte de cereal	Quantidade (kg)	Mmalte	0	Mmalte	0
Adjuntos	Quantidade (kg)	0	Madjuntos	0	Madjuntos
Água	Quantidade (L)	Mágua	Mágua	Mágua	Mágua
Lúpulo	Quantidade (kg)	MIúpulo	0	MIúpulo	0
Levedura	Quantidade (kg)	Mlevedura	0	0	0
MRP (MATERIAL REQUIREMENT PLANNING)					
SETEMBRO					
	Mmalte				
	Tempo de produção	1	2	3	4
	Necessidades brutas	Mmalte	0	Mmalte	0
	Recebimentos programados	Mmalte	Mmalte	0	Mmalte
	Disponibilidade no estoque	0	Mmalte	Mmalte	Mmalte
	Necessidades Líquidas	Mmalte	0	Mmalte	0
	Programação das necessidades de recebimento/produção	Mmalte	0	Mmalte	0
	Programação de ordens de produção/compras	Mmalte	0	Mmalte	0
OUTUBRO					
	Madjuntos				
	Tempo de produção	1	2	3	4
	Necessidades brutas	0	Madjuntos	0	Madjuntos
	Recebimentos programados	0	Madjuntos	2Madjuntos	2Madjuntos
	Disponibilidade no estoque	0	0	0	Madjuntos
	Necessidades Líquidas	0	Madjuntos	0	Madjuntos
	Programação das necessidades de recebimento/produção	Madjuntos		0	Madjuntos
	Programação de ordens de produção/compras	Madjuntos	2Madjuntos	0	0

Tabela 2: Exemplo de gerenciamento de recursos e lotes de MRP e PMP de uma microcervejaria.

Fonte: Autoria Própria

Por meio da Tabela 3 a seguir pode-se observar os dados coletados em formato de variável para o gerenciamento de entradas e saídas de lotes de produção de uma cervejaria regional.

GESTÃO DE LOTES E RECURSOS POR ERP					
SETEMBRO	Quantidade de produto final: $M_{cerveja}$	Semana	Semana	Semana	Semana
Produto - X	Quando/Quanto	1	2	3	4
Quantidade de Produto Final		$M_{cerveja}$	$M_{cerveja}$	$M_{cerveja}$	$M_{cerveja}$
Malte de cereal	Quantidade (kg)	M_{malte}	0	0	0
Adjuntos	Quantidade (kg)	$M_{adjuntos}$	0	0	0
Água	Quantidade (L)	$M_{água}$	$M_{água}$	$M_{água}$	$M_{água}$
Lúpulo	Quantidade (kg)	$M_{lúpulo}$	0	0	0
Levedura	Quantidade (kg)	$M_{levedura}$	0	0	0
GESTÃO DE LOTES E RECURSOS POR ERP					
Outubro	Quantidade de produto final: $M_{cerveja}$	Semana	Semana	Semana	Semana
Produto - Y	Quando/Quanto	1	2	3	4
Quantidade de Produto Final		$M_{cerveja}$	$M_{cerveja}$	$M_{cerveja}$	$M_{cerveja}$
Malte de cereal	Quantidade (kg)	0	M_{malte}	0	0
Adjuntos	Quantidade (kg)	0	$M_{adjuntos}$	0	0
Água	Quantidade (L)	$M_{água}$	$M_{água}$	$M_{água}$	$M_{água}$
Lúpulo	Quantidade (kg)	0	$M_{lúpulo}$	0	0
Levedura	Quantidade (kg)	0	$M_{levedura}$	0	0

Tabela 3: Exemplo de gerenciamento de recursos e lotes por ERP de uma cervejaria regional. Fonte: Autoria Própria

As Tabelas 2 e 3 são regidas pela equação de balanço de massa da entrada e saída de massa dos recursos necessários (Equação 8).

$$M_{malte} + M_{adjunto} + M_{água} + M_{lúpulo} + M_{levedura} = M_{cerveja} \quad (8)$$

Sendo:

M_{malte} : Massa de malte para produção;

$M_{adjunto}$: Massa de cereal adjunto para produção;

$M_{água}$: Massa de água para produção;

$M_{lúpulo}$: Massa de lúpulo para produção;

$M_{levedura}$: Massa de levedura para produção;

$M_{cerveja}$: Massa de cerveja produzida.

Os dados das Figuras 15 e 16 permitem a discussão da otimização entre a gestão das entradas e saídas de recursos e lotes dos dois processos

produtivos.

A gestão de lotes e recursos da microcervejaria vista na Tabela 2 é regida pelo MRP e pelo PMP e pela quantidade de recursos programados, já a etapa otimizada da cervejaria regional exemplificada na Tabela 3 é controlada pela gestão de lotes e recursos pelo ERP baseado na variável $M_{cerveja}$ que é conhecida pelo modelo ERP.

A comparação dos dados das Figura 14, Tabelas 2 e 3 e as Equações 6 e 7 permitem observar as vantagens do modelo de gestão de recursos e estoque da cervejaria regional em comparação ao da microcervejaria.

O tempo de obtenção dos recursos e lotes de matérias primas para a microcervejaria é de 2 semanas a 1 mês enquanto há uma vantagem para a cervejaria regional a qual é de 3 a 5 dias.

Foi observado que a chance de erro para a cervejaria regional é menor devido a maior consistência na quantidade dos pedidos dos recursos de produção em contraste com a microcervejaria.

Por sua vez a confiabilidade para a cervejaria regional é alta porque somente há a necessidade de pedidos uma vez ao mês e em caso de lotes de segurança o tempo de resposta é mais rápido.

A confiabilidade do gerenciamento de lotes para a microcervejaria é consequentemente menor pela relação das equações 6 e 7 e o contraste com a confiabilidade da cervejaria regional

O balanço de massa da entrada e saída de lotes para a cervejaria regional é estável devido aos pontos anteriormente discutido em comparação com o da microcervejaria, pela ausência das variáveis de lotes de correção, lotes de atraso de entrada e lotes de atraso de saída, que estão destacados de vermelho na Figura 14 e na Equação 6.

Ao aliar a Equação 3 de produtividade com o balanço de massa da gestão de lotes (Equação 8) temos a Equação 9 de produtividade baseado em balanço de massa de lotes, ao qual permite analisar de modo geral a discussão sobre as vantagens do gerenciamento de lotes da cervejaria regional em relação a microcervejaria:

$$\textit{Produtividade} = \frac{\textit{OUTPUT}}{\textit{INPUT}} = \frac{M_{cerveja}}{M_{malte} + M_{adjunto} + M_{\acute{a}gua} + M_{\textit{l}\acute{u}pulo} + M_{\textit{l}evedura}} \quad (9)$$

5.2.2 Captação e Comercialização do Bagaço de Malte

A otimização de recursos dos subprodutos da produção de cerveja pode ser evidenciada na transformação de um rejeito da etapa da brassagem em um bem material para a venda, após a filtração 99% do malte e cereais adjuntos não maltados podem ser reaproveitados e vendidos como alimentação animal.

Os dados da Figura 15 a seguir comparam o fluxograma das etapas de retirada e despejo do bagaço do malte para a microcervejaria no fluxograma A , e a captação e comercialização do bagaço do malte para cervejaria regional no fluxograma B:

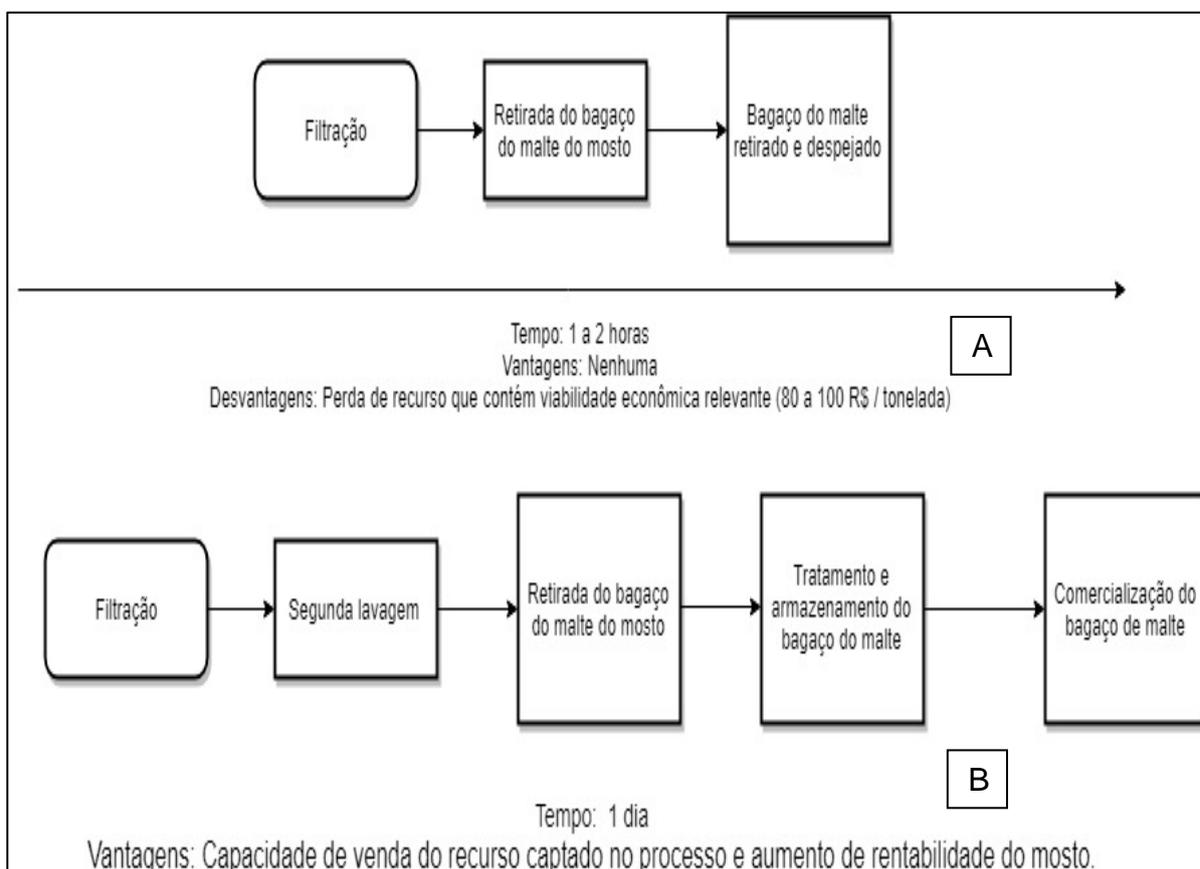


Figura 15: Fluxograma comparativo entre a etapa de retirada do bagaço do malte entre uma microcervejaria e uma cervejaria regional.

Fonte: Autoria Própria

Os dados da Figura 17 permitem observar a relação entre os dados coletados dos tempos das etapas, sendo de 1 a 2 horas para o processo da

microcervejaria e de 1 dia para a cervejaria regional.

A diferença de tempo ocorre devido a necessidade de tratamento da umidade do bagaço após a filtração ao qual pode não vir a ocorrer em micro cervejarias causando o despejo ou a não comercialização do bagaço de malte

Na cervejaria regional o tratamento e armazenamento do bagaço de malte é fundamental e parte do processo.

Os dados da a seguir mostram a produção anual variável de uma microcervejaria entre 1.000.000 a 1.700.000 litros e de uma cervejaria regional de 1.800.000 a 2.000.000 litros.

Recurso Financeiro da Etapa de Captação de Bagaço de Malte		
O bagaço de malte representa 80 ~ 85 % dos subprodutos do processo cervejeiro		
16 kg de bagaço para cada 100 litros de cerveja produzido.		
1 tonelada de bagaço de malte = 94 R\$		
Produção de Anual de Cerveja em uma Microcervejaria(litros)	Produção de bagaço de malte em quilos	Recurso do bagaço do malte em reais
1000000	160000	R\$ 15.040,00
1100000	176000	R\$ 16.544,00
1200000	192000	R\$ 18.048,00
1300000	208000	R\$ 19.552,00
1400000	224000	R\$ 21.056,00
1500000	240000	R\$ 22.560,00
1600000	256000	R\$ 24.064,00
1700000	272000	R\$ 25.568,00
Produção de Anual de Cerveja em uma Cervejaria Regional (litros)	Produção de bagaço de malte em quilos	Recurso do bagaço do malte em reais
1800000	288000	R\$ 27.072,00
1900000	304000	R\$ 28.576,00
2000000	320000	R\$ 30.080,00

Tabela 4: Produção anual de cerveja e captação de bagaço de malte de uma microcervejaria e de uma cervejaria regional.

Fonte: Autoria Própria

A análise da Tabela 4 traz os dados de que 80 a 85% dos subprodutos do processo cervejeiro é o bagaço de malte, a cada cem litros de cerveja temos 16 quilos de bagaço de malte obtidos após a filtração.

Cada tonelada de bagaço de malte pode ser revendida de acordo com a coleta de dado em campo no valor de R\$ 94 reais por tonelada.

Os dados permitem a discussão de que para uma microcervejaria que produz 1.000.000 a 1.700.000 litros de cerveja por ano uma quantidade 160.000

a 272.000 quilogramas de subproduto produzido com um valor de R\$ 15.040,00 a R\$ 25.568,00 que não é totalmente aproveitado para comercialização devido a perdas.

Para uma cervejaria regional que produz de 1.800.000 a 2.000.000 de litros de cerveja por ano tem uma quantidade de 288.000 a 320.000 quilogramas de subproduto a um valor de R\$ 27.072,00 a R\$ 30.800,00 que é totalmente aproveitado para comercialização.

A análise entre os dois processos permite a discussão de que mesmo que haja uma maior quantidade de tempo entre o processo de armazenagem e venda (cervejaria regional) de 1 dia, há para o processo de despejo ou má gestão do recurso captado (microcervejaria) de 1 a 2 horas, o processo da cervejaria regional se torna vantajoso pelo valor considerável de recurso financeiro que é captado e comercializado.

O balanço de massa de entrada e saída de bagaço de malte pode ser analisado na Equação 10, em que 99% da matéria prima de malte e de adjunto da mosturação são filtrados e se tornam como saída bagaço de malte que será tratado e comercializado.

$$0,99.(M_{malte} + M_{adjunto}) = M_{bagaço\ de\ malte\ tratado\ e\ comercializado} \quad (10)$$

5.2.3 Utilização do Gás Carbônico da Fermentação

O gás carbônico é um dos subprodutos resultantes da fermentação junto com o álcool e outras substâncias (Equação 1). A captação desse recurso é de vital importância para um processo de produção de cerveja tendo em vista que o preço do gás carbônico para compra no mercado é de alto custo e pelo fato de que ele é necessário na etapa de envase, na parte da carbonatação.

Na Figura 16 vê-se no fluxograma A a etapa de perda de gás carbônico na atmosfera para a microcervejaria e no fluxograma B o tratamento que é feito ao gás carbônico depois que ele é captado na etapa da fermentação na cervejaria regional:

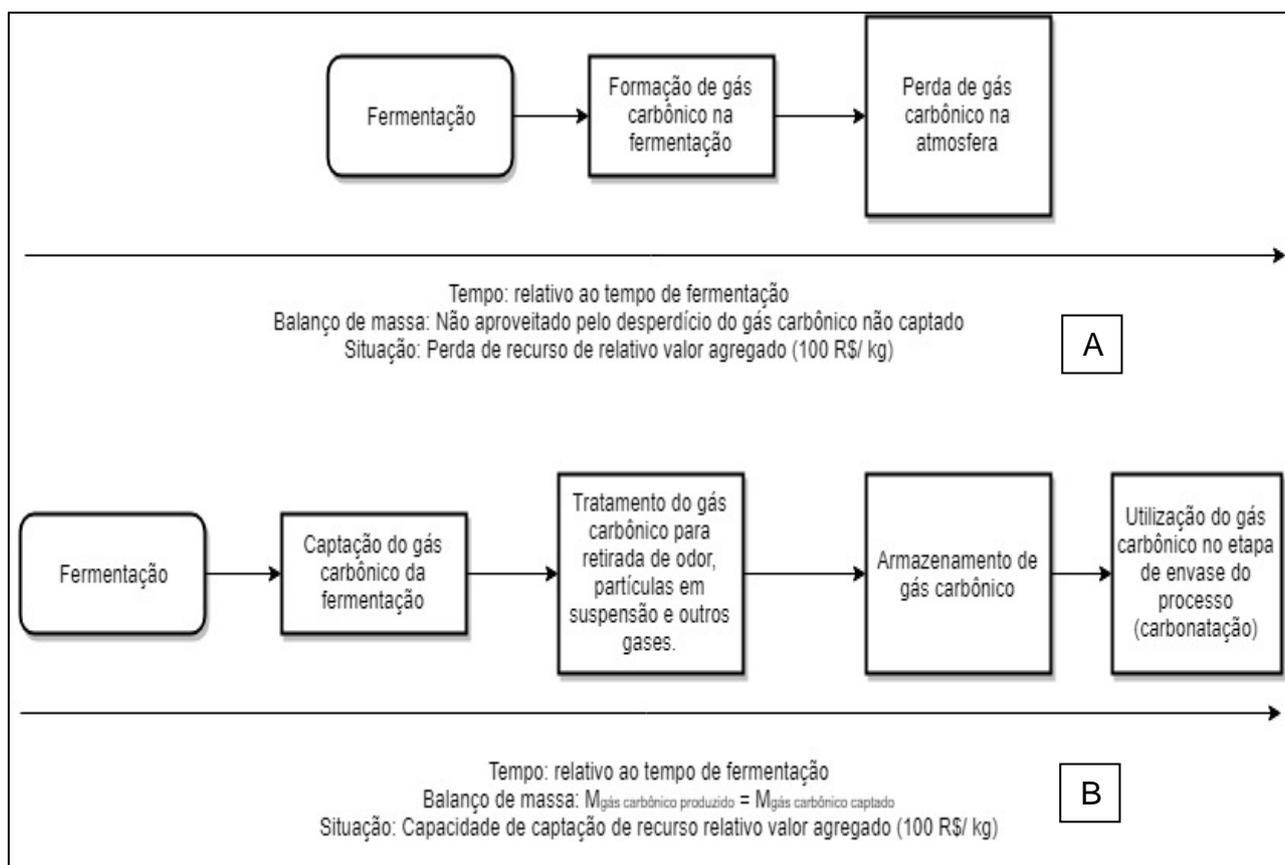


Figura 16: Fluxograma comparativo entre a etapa de captação e tratamento do gás carbônico da fermentação entre os processos.

Fonte: Autoria Própria

Com os dados que podem ser vistos na 16 permite-se verificar que a diferença de tempo de processo entre o fluxograma da microcervejaria e o da cervejaria regional são relacionados ao tempo de fermentação do processo.

A possibilidade de captação do gás carbônico como subproduto para utilização e comercialização só existem no fluxograma da cervejaria regional, deste modo havendo vantagem para esta na captação de tratamento de gás carbônico da fermentação.

Na Tabela 5 a seguir pode-se ver a análise da produção anual variável de uma microcervejaria entre 1.000.000 a 1.700.000 litros e de uma cervejaria regional entre 1.800.000 a 2.000.000 litros.

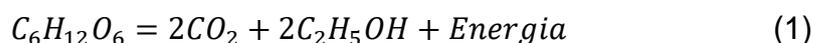
Recurso Financeiro da Etapa de Captação de CO ₂				
$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH + Energia$				
1 mol de glicose = 2 mols de gás carbônico + 2 mols de álcool etílico + energia, em gramas temos: 180 g = 88 g + 96g + energia				
A um decaimento de grau plato de 12°P e 80 % de fermentabilidade (Grau°P inicial = 15 e Grau°P final = 3)				
A cada 100 g de mosto contém 9,6 gramas de açúcar que são fermentados, 1 litro de mosto contém em média de 96 gramas de açúcar que são fermentados				
180 g de glicose produz 88 g de gás carbônico, 1 grama de glicose produz 0,488 gramas de gás carbônico, 1 litro de mosto/ceveja forma 46,484 g de CO ₂				
1 kg de CO ₂ = 100 R\$				
Necessários 150 ~250 gramas de CO ₂ para todas as etapas do processo a cada 1 l de cerveja				
Produção de Cerveja Anual Microcervejaria (litros)	Produção de CO ₂ em quilos	CO ₂ necessário em quilos	CO ₂ armazenado em quilos	Valor de CO ₂ em reais armazenado
1000000	46484	25000	21484	R\$ 2.148.400,00
1100000	51132	27500	23632	R\$ 2.363.240,00
1200000	55781	30000	25781	R\$ 2.578.080,00
1300000	60429	32500	27929	R\$ 2.792.920,00
1400000	65078	35000	30078	R\$ 3.007.760,00
1500000	69726	37500	32226	R\$ 3.222.600,00
1600000	74374	40000	34374	R\$ 3.437.440,00
1700000	79023	42500	36523	R\$ 3.652.280,00
Produção de Cerveja Anual Cervejaria Regional (litros)	Produção de CO ₂ em quilos	CO ₂ necessário em quilos	CO ₂ armazenado em quilos	Valor de CO ₂ em reais armazenado
1800000	83671	45000	38671	R\$ 3.867.120,00
1900000	88320	47500	40820	R\$ 4.081.960,00
2000000	92968	50000	42968	R\$ 4.296.800,00

Tabela 5: Produção anual de cerveja e da captação de gás carbônico de uma microcervejaria e de uma cervejaria regional.

Fonte: Autoria Própria

Ao observar os dados da Tabela 5 pode-se discutir o valor financeiro da captação do gás carbônico.

O balanço químico da Equação 1 demonstra que para cada mol de glicose na fermentação alcoólica há a produção de 2 mols de gás carbônico, 2 mols de álcool etílico e energia.



Em termos de massa temos que 180 gramas de glicose formam na fermentação alcoólica 88 gramas de gás carbônico, 92 gramas de álcool etílico e energia, desse modo, cada 1 grama de glicose produz 0,488 gramas de gás carbônico.

A Equação 2 traz o grau de fermentabilidade deste mosto, ao qual indica qual a porcentagem dos açúcares que será fermentando.

$$Fermentabilidade = \frac{Grau\ Plato\ Inicial - Grau\ Plato\ Final}{Grau\ Plato\ Inicial} \times 100 \quad (2)$$

O grau Plato demonstra que cada 1°P é igual a 1 grama de açúcar fermentescível a cada 100 gramas de mosto.

Na Tabela 5 o dado indica que um mosto que tem grau Plato inicial de 15°P no início da fermentação e 3°P como grau plato final no fim da fermentação tem 80% de fermentabilidade de acordo com a Equação 11.

$$Fermentabilidade = \frac{15-3}{15} \times 100 = 80\% \quad (11)$$

No decaimento igual a 12°P (de 15°P a 3°P) tem-se 12 gramas de açúcar fermentescíveis para cada 100 gramas de mosto a 80% de fermentabilidade que é levado em conta no cálculo como fator de correção de perda de grau Plato ao longo de todo o processo, desse modo há 9,6 gramas de açúcar que foram fermentados, cada 1000 gramas de mosto que será fermentando em 1 litro de cerveja tem-se 96 gramas de açúcar que são fermentados, e uma produção de 46,848 gramas de gás carbônico.

A Tabela 5 traz que para uma produção de cerveja anual de uma microcervejaria de 1.000.000 a 1.700.000 litros de cerveja e de 1.800.000 a 2.000.000 litros de cerveja para uma cervejaria regional.

Aplicado este valor de produção anual a quantidade de gás carbônico produzido por litro de cerveja, tem-se que há uma produção de 46.484 a 79.023 quilogramas de gás carbônico para a microcervejaria e 83.671 a 92.968 quilogramas de gás carbônico para a cervejaria regional.

O dado de consumo de gás carbônico pelo processo de produção de cerveja pode ser observado na Tabela 5, para cada 1 litro de cerveja produzida

há a necessidade de 150 a 250 gramas em média de gás carbônico do início do processo até a carbonatação, fixado em um valor de 250 gramas para a Tabela 5.

Há uma necessidade de 25.000 a 42.500 quilogramas de gás carbônico para a microcervejaria anualmente, e 45.000 a 50.000 quilogramas de gás carbônico para a cervejaria regional anualmente.

A produção de gás carbônico pela fermentação menos a necessidade de gás carbônico no processo demonstra a quantidade de gás carbônico armazenado para eventual comercialização, a Tabela 5 contém o dado de que no mercado o quilograma de CO₂ é de R\$ 100.

A discussão da etapa de captação de CO₂ fornece o dado de que para a microcervejaria há um valor de R\$ 2.148.400,00 a R\$ 3.652.280,00 de CO₂ que é desperdiçado.

Para a cervejaria regional há um valor de R\$ 3.867.120,00 a R\$ 4.296.800,00 que é armazenado e captado no seu processo para comercialização ou utilização.

A análise das Equações 4 e 5 de Utilização e Eficiência do gás carbônico na microcervejaria ao maior valor de produção de gás carbônico da Tabela 5 tem-se as Equações 12 e 13:

$$Utilização\ de\ CO_2 = \frac{Capacidade\ Efetiva}{Capacidade\ Projetada} = \frac{79023}{\text{Não há Capacidade Projetada}} = 0 \quad (12)$$

$$Eficiência\ de\ CO_2 = \frac{Capacidade\ Operacional}{Capacidade\ Efetiva} = \frac{0}{79023} = 0 \quad (13)$$

A análise das Equações 4 e 5 de Utilização e Eficiência de gás carbônico na cervejaria regional ao maior valor de produção de gás carbônico da Tabela 5 tem-se as Equações 14 e 15:

$$Utilização\ de\ CO_2 = \frac{Capacidade\ Efetiva}{Capacidade\ Projetada} = \frac{92968}{92968} = 1 \quad (14)$$

$$Eficiência\ de\ CO_2 = \frac{Capacidade\ Operacional}{Capacidade\ Efetiva} = \frac{92968}{92968} = 1 \quad (15)$$

A observação das Equações 12 e 13 permitem analisar que a capacidade projetada para a microcervejaria é inexistente pela falta de tratamento e captação e a capacidade operacional é conseqüentemente zero, porque o fluxograma de produção de cerveja da microcervejaria não contém o tratamento e a captação do recurso, assim chegando a 0% de utilização e eficiência do subproduto do gás carbônico.

As Equações 14 e 15 entretanto permitem analisar que pelo fluxograma de produção de cerveja da cervejaria regional ao qual contém a etapa de tratamento e captação de gás carbônico a capacidade projetada é igual a capacidade efetiva e a capacidade operacional, ao qual a utilização e eficiência do recurso é de 100%.

A Equação 16 demonstra como para a cervejaria regional é o balanço de massa do gás carbônico formado e captado para cada 100 gramas de mosto fermentado.

$$\%F * \frac{^{\circ}P_{inicial} - ^{\circ}P_{final}}{1^{\circ}P} * 0,488 (g) = M_{gás\ carbônico\ formado\ e\ captado} (g) \quad (16)$$

Sendo:

$\%F$: Porcentagem de fermentabilidade como grau de correção por perda de extrato ao longo do processo;

$^{\circ}P_{inicial}$: Grau Plato inicial do mosto antes da fermentação;

$^{\circ}P_{final}$: Grau Plato Final do mosto após a fermentação;

0,488: Coeficiente de formação de CO₂ da fermentação;

$M_{gás\ carbônico\ formado\ e\ captado}$: Massa de gás carbônico formado e produzido.

O alto valor do CO₂ aliado a necessidade deste recurso para o processo permite analisar que a etapa de captação, tratamento e comercialização de CO₂ é altamente vantajosa para o processo produtivo de cerveja.

6 CONCLUSÃO

A partir da realização do presente projeto foi possível constatar por meio da comparação dos fluxogramas de produção das duas plantas fabris, bem como a comparação dos dados das tabelas dos processos de produção de cerveja quais as vantagens para a produção quando os pontos de otimização sugeridos durante o desenvolvimento deste projeto são aplicados no dia a dia da produção.

O ponto de otimização do desenvolvimento e investimento em tecnologias que facilitem a resposta do processo ao mercado e a necessidade de saber quando e quanto obter de recursos para manter a produção continua é de vital importância para a constante possibilidade de competição dos produtos dentro do mercado cervejeiro.

A vantagem competitiva em utilizar um processo de gerenciamento de lotes a nível de ERP com um algoritmo inteligente em contraste com a interação do MRP e do PMP dá-se em termos de vantagens em tempo e competitividade do mercado.

É imprescindível a conclusão de que quanto mais rápida e correta a predição destes dados maior é a resposta e nível de competição do processo cervejeiro.

O bagaço de malte por sua vez precisa ser devidamente captado, tratado e armazenado. A facilidade da obtenção e o recurso financeiro considerável que esse ponto de otimização dentro do processo cervejeiro indica faz com que haja a necessidade da imediata implantação desta etapa dentro das rotinas e fluxogramas de produção de indústrias cervejeiras.

O gás carbônico é de extrema importância para o processo cervejeiro, a capacidade de captar, tratar e armazenar este que provém como um subproduto da fermentação e conseqüentemente não ter a necessidade de comprar de fornecedores externos se torna uma grande vantagem para o processo cervejeiro em termos de competição de mercado.

Há a necessidade de futuros estudos para investigar e baratear o custo da implantação da etapa de tratamento de gás carbônico em microcervejarias, bem como o estudo detalhado para entender especificamente qual o valor exato gasto no investimento na implantação da etapa de tratamento CO₂.

O projeto proposto serviu de base para concluir que os pontos anteriormente observados não só são extremamente viáveis como fazem parte do dia a dia de processos cervejeiros, em prática já em indústrias de maior porte como etapas essenciais do processo de produção de cerveja.

Para os casos onde estas etapas não fazem parte da rotina de produção e precisem ser aplicados, segue uma série de sugestões para trabalhos futuros:

1. Proposta de projeto com estudo detalhado dos diversos exemplos entre gerenciamento de lotes entre o MRP e o PMP em contraste com o ERP, levando em conta níveis de detalhes mais aprofundados.

2. Desenvolvimento de artigos e projetos para implantar a etapa do bagaço de malte em microcervejarias que não a contém, utilizando este projeto como base de dados.

3. Desenvolvimento de artigos que procurem pesquisar a viabilidade nos mais diversos níveis de processos cervejeiros a captação e tratamento de CO₂, levando em conta as diversas realidades dos processos de produção de cerveja e os dados aqui apresentados da vantagem da captação do CO₂.

4. Desenvolvimento de trabalhos utilizando novas ferramentas matemáticas, como mecânica dos fluidos e calorimetria para pesquisar seus impactos na qualidade final da cerveja.

REFERÊNCIAS

BADINO JUNIOR, Alberto Colli; CRUZ, Antonio José Gonçalves. **Fundamentos de balanços de massa e energia**: um texto básico para análise de processos químicos. São Carlos: Edufscar, 2010. 236 p.

BRIGGS, Dennis E.; BOULTON, Chris A. Boulton; BROOKES, Peter A.; STEVENS, Roger. **Brewing Science and Practice**. Washington, DC. CRC Press. 2004. 511, 513, 514 p.

CORRÊA, Carlos Alberto; CORRÊA, Henrique Luiz. **Administração de Produção e Operações - Manufatura e Serviços**: Uma Abordagem Estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 680 p.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu Gustavo Nogueira; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5. Editora Atlas, 2010. 434 p.

DANTON, Gian. **Metodologia Científica**. Minas Gerais: Virtual Books, 2002. 23 p.

FELDER, Richard M.; ROUSSEAU, Ronald W.. **Princípios Elementares dos Processos Químicos**. 3ª Rio de Janeiro: Ltc, 2005. 579 p.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria; FILHO, Moacir Godinho. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Editora Atlas, 2010. 579 p.

GIL, Antônio Carlos, **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. Ed., São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

HAMPSON, Tim. **O Grande Livro da Cerveja: informações atualizadas sobre cervejas e as grandes cervejarias em todo o mundo**. {tradução de Celso Nogueira, Rosemarie Ziegelmaier}, São Paulo: Publifolha ,2014, título original: World Beer. 300 p.

HIMMELBLAU, David M.; RIGGS, James B **Engenharia Química**: Princípios e Cálculos. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006. 846 p.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da Pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 89 p.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de Metodologia Científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 25. Ed, Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2008. 183 p.

KRAJEWSKI, L J; RITZMAN, L P; MALHORTA, M. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2009. ISBN: 8576051729. ISBN-13: 9788576051725. 615 p.

LUSTOSA, Leonardo; MESQUITA, Marco A.; QUELHAS, Oswaldo; OLIVEIRA, Rodrigo. **Planejamento e controle da Produção**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 315 p.

MARTINS, Izadora F.; FIZIOKA, Pâmela U.; SILVA, Alexsandro M. **Processo de produção de cerveja**. II SIMPÓSIO DE ASSISTÊNCIA FARMACÊUTICA. Ltc 24 de maio de 2014. 2 p

MARTINS, Sílvio de Melo. **Como Fabricar Cerveja**. 2. ed. São Paulo. Ltc 1991. 78 p.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Aláude Editorial, 2017. 440 p.

MOREIRA, Daniel. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 624 p.

OLIVEIRA, Mariana; FABER, Carolina Rocha; PLATA-OVIEDO, Manuel Salvador. **Elaboração de cerveja artesanal a partir da substituição parcial por malte de mel**. **REBRAPA**, v.6, n.3, Ltc 2015. 2 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. 2ed. – São Paulo: Atlas, 2009. 190 p.

UC DAVIS (College of Agricultural and Environmental Sciences). **Saccharomyces cerevisiae**. Disponível em: http://wineserver.ucdavis.edu/industry/enology/winemicro/wineyeast/saccharomyces_cerevisiae.html. Acesso em: 08 jun. 2018

VARNAM, Alan H.; SUTHERLAND, Jane P. **Beverages: technology, chemistry and microbiology**. 2 ed. New York. Ltc 1999. 464 p.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. 461 p.