



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

SILAS MATHEUS SILVA MARIZ

PRÁTICAS E SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO
PARA INDÚSTRIAS CERVEJEIRAS

JOÃO PESSOA – PB

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
ENGENHARIA QUÍMICA

SILAS MATHEUS SILVA E MARIZ

PRÁTICAS E SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO
PARA INDÚSTRIAS CERVEJEIRAS

Trabalho de final de curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba, como parte
das exigências do programa de graduação em
Engenharia Química para a obtenção do título
de graduado em Engenharia Química.

Orientador: Dr.º Genaro Zenaide Clericuzi

JOÃO PESSOA – PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M343p Mariz, Silas M S.

PRÁTICAS E SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE
PRODUÇÃO PARA INDÚSTRIAS CERVEJEIRAS / Silas M S Mariz.
- João Pessoa, 2022.
53 f.

Orientação: Genaro CLericuzi.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. PCP. 2. Cerveja. 3. MRP. 4. ERP. I. CLericuzi,
Genaro. II. Título.

UFPB/CT

CDU 658.5 (043.2)

SILAS MATHEUS SILVA E MARIZ

**PRÁTICAS E SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO
PARA INDÚSTRIAS CERVEJEIRAS**

Relatório final, apresentado à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Químico.

João Pessoa – Paraíba, 30 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Genaro Zenaide Clericuzi –DEQ



Me. Rafael Batista Aquino – DEQ



Profa. Dra. Veruscka Araujo Silva – DEQ

RESUMO

A variedade de opções inseridas no mercado cervejeiro atual é um fruto da potencialização da influência do consumidor. Divididas em diversos tamanhos e tipos de embalagens, cores, texturas e sabores, as cervejas fazem parte de um dos maiores centros de produção do planeta no setor alimentício. Tal tamanho e diversidade de alternativas demandam de diferentes técnicas de produção, matérias-primas e adjuntos (trigo, arroz, milho, fécula); muitas com formulações e limitações peculiares e sensíveis, como o tipo de maceração do malte, o tempo de fermentação e maturação, a escolha do lúpulo ou a composição do leito fixo utilizado para o processo de filtração. Ciente de possíveis fatores que confirmam essa complexidade de gestão de custos, qualidade e resultados, em paralelo à intensificação da competitividade no setor, o panorama atual necessita de planejamentos e perspectivas eficientes que não só beneficiem a melhoria contínua e performance da empresa, mas que também flexibilizem a tomada de decisão de forma rápida, podendo vir a alterar este plano sem gerar grandes impactos. Diante desta importância e necessidade, o presente trabalho procura mapear e estudar diferentes práticas de Planejamento e Controle de Produção aplicáveis em indústrias cervejeiras nacionais e internacionais, ponderando seus principais impactos na qualidade, performance e, principalmente, em atendimento de demanda.

Palavras-chave: PCP, Cerveja, MRP (*Material Requirement Planning*), ERP (*Enterprise Resource Planning*).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de adjuntos e seus locais de utilização.....	22
Figura 2: Fermentador cilíndrico com base cônica.....	31
Figura 3: Principais tipos de cerveja e suas características.....	34
Figura 4: Inter-relações entre os módulos Principais de um Sistema MRP II.....	36
Figura 5: Fluxograma proposto para programação da produção na cervejaria.....	40
Figura 6: Fluxograma para elaboração do Programa-mestre de Produção.....	41
Figura 7: Divisão de malha de produção e MPS de um estilo de cerveja.....	41
Figura 8: Estrutura dos padrões técnicos.....	46
Figura 9: Fluxo contínuo fictício de Listas técnicas em uma indústria de cerveja.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fluxo contínuo fictício de Listas técnicas em uma indústria de cerveja.....	17
Tabela 2: Efeitos dos íons da água na cadeia de um processo de cerveja.....	18
Tabela 3: Principais maltes de cevada utilizados na indústria de bebidas.....	20
Tabela 4: Características e composição de alguns tipos de adjuntos.....	22
Tabela 5: Principais lúpulos usados na indústria cervejeira e seus grupos.....	23
Tabela 6: Principais grupos enzimáticos e suas funções.....	27
Tabela 7: Volumes fictícios de produção abertos por tipos de produto.....	43
Tabela 8: Estrutura dos padrões de uma empresa.....	45
Tabela 9: Lista técnica para produção de mosto primário.....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos gerais	11
1.2. Objetivos específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Fundamentos do planejamento e controle de produção.....	12
2.2. Fundamentos do processo cervejeiro	14
2.2.1. Matérias-primas.....	15
2.2.1.1. Água cervejeira.....	16
2.2.1.2. Malte.....	18
2.2.1.3. Adjuntos não malteados.....	20
2.2.1.4. Lúpulo.....	22
2.2.1.5. Fermento.....	23
2.2.2. Processo produtivo	23
2.2.2.1. Recebimento de matéria-prima.....	24
2.2.2.2. Moagem.....	25
2.2.2.3. Mosturação.....	25
2.2.2.4. Filtração do mosto.....	27
2.2.2.5. Fervura.....	27
2.2.2.4. Resfriamento.....	28
2.2.2.5. Fermentação.....	29
2.2.2.4. Centrifugação e maturação.....	30
2.2.2.5. Filtração.....	31
2.2.2.6. Envase e pasteurização.....	31
3. PECULIARIDADES DO PCP EM UMA CERVEJARIA.....	32

4. PRINCIPAIS PRÁTICAS DE GESTÃO DO PCP APLICÁVEIS EM INDÚSTRIAS DE BEBIDAS	33
4.1. Fundamentos e aplicação do sistema MRP II.....	33
4.2. Cálculo e gestão da necessidade de matérias-primas	42
4.2.1. Padrão técnico de processo (PTP)	44
4.2.2. Procedimento operacional padronizado	45
4.2.3. Listas técnicas de produção	45
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

Genericamente, define-se cerveja como uma bebida carbonatada de teor alcoólico entre 3 e 8% (v/v), preparada a partir de malte de cevada, lúpulo, fermento e água de boa qualidade, permitindo-se ainda o uso de outras matérias-primas como arroz, milho e trigo. (SIQUEIRA, 2008). A origem da cerveja se perde no tempo. A maioria das bebidas elaboradas com cereais nos últimos 8000 anos é hoje considerada como cerveja.

Os sumérios e egípcios produziam cervejas há mais de 5.000 anos e há indícios que os babilônios já fabricavam mais de dezesseis tipos de cerveja de cevada, trigo e mel há mais de 4.000 anos antes de Cristo. (SIQUEIRA, 2008).

Contudo, alguns autores como Kunze e Aquarone et al (1999), acreditam que a prática da cervejaria tenha se originado na região da Mesopotâmia, onde, como no Egito, a cevada cresce em estado selvagem. Há evidências de que a cerveja feita de cevada maltada já era consumida na Mesopotâmia em 6.000 a.C., e que a cerveja nesta época não era usada somente na dieta, mas também exercia função cosmética e medicinal. (SIQUEIRA, 2008).

A cerveja chegou ao Brasil com a colonização europeia, diversos comerciantes recém-chegados do exterior passaram a vender a bebida na colônia, influenciando a cultura e rotina da época. O início da produção de cerveja no Brasil não pode ser datado com precisão, porém o primeiro documento conhecido é um anúncio de venda de cerveja brasileira no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, de 27 de outubro de 1836. Nessa época, havia poucas cervejarias, todas artesanais, com produção em pequena escala. (SILVA, 2016).

A partir de 1860, novas cervejarias surgiram e a produção da bebida aumentou até a Primeira Guerra Mundial, em que não era possível obter malte e lúpulo, oriundos da Alemanha e Áustria. Com a dificuldade de se encontrar matéria-prima no Brasil, como alternativa os cervejeiros usavam milho, arroz, trigo entre outros.

O controle da fermentação era precário, fazendo com que houvesse uma grande variação de pressão. As rolhas eram, portanto, presas com barbante, daí a origem da marca Barbante (SANTOS, 2003).

As pesquisas e descobertas de Louis Pasteur sobre a conservação de alimentos trouxeram profundas mudanças para a qualidade das bebidas, principalmente por conta do processo de pasteurização e da esterilização de materiais.

Segundo Rebello (2015), graças ao surgimento da pasteurização, a sociedade passou a produzir cerveja com uma maior segurança microbiológica, o que garantia uma maior vida de prateleira e intensificava sua comercialização, principalmente no final do século XX. O aumento da validade e a nova variedade de adjuntos, utilizados no processo produtivo, fez surgir novos produtos e mercados, expandindo a diversidade e o alcance da bebida.

Conforme Santos (2003), a primeira cervejaria que produzia em escala industrial surgiu entre 1870 e 1880, em Porto Alegre. Com o surgimento das primeiras máquinas compressoras frigoríficas no Rio de Janeiro e São Paulo, foi possível criar gelo, possibilitando um maior controle da temperatura no processo de fermentação e este fato levou a migração das fábricas. Nessa época, foram fundadas duas empresas, a Companhia Cervejaria Brahma e a Antartica Paulista, que mais tarde vieram a se fundir e dominar o mercado até os dias de hoje, tornando-se a AB InBev.

No Brasil, dois tipos de cerveja se destacam, sendo primeiramente aquelas fabricadas por grandes empresas, líderes de mercado, como a Pilsen, sendo vendidas em grande escala. Do outro lado, estão aquelas de diferentes estilos, provenientes de cervejarias artesanais ou micro cervejarias, que atendem a mercados regionais. No Brasil, o fenômeno das micro cervejarias, surgiu na segunda metade da década de 1980, com dezenas de pequenos empreendimentos que se estabeleceram principalmente no Sul e Sudeste, (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Vem crescendo a tendência de buscar novas tecnologias e/ou insumos que otimizem a produtividade e melhorem a qualidade do produto final. Muitas empresas visam produzir cervejas com alto valor agregado, que utilizam processo de fabricação e/ou ingredientes diferentes do habitual. (FERREIRA et al., 2011).

O ambiente empresarial contemporâneo exige que as empresas trabalhem cada vez mais com a inovação e ampliem seus moldes de trabalho. Com a volatilidade do mercado, tem sido cada vez mais difícil prever o futuro sobre o consumo e as expectativas dos clientes.

Uma boa gestão é capaz de se adequar as demandas inesperadas e promover mudanças que sejam capazes de fazer pouca inferência sobre a eficiência produtiva já planejada, o que é indispensável (MOREIRA, 2008).

A diversidade de sabores, cores, texturas e tamanhos que existem nos diferentes estilos e marcas de cerveja exigidas atualmente no mercado, requerem diferentes matérias-primas e distintos processos produtivos, muitos ainda mais complexos, com parâmetros e fórmulas peculiares, como o tempo de fermentação ou a composição do leito fixo utilizado para o processo de filtração ambos pontos que logo serão comentados.

Ciente de todos os fatores influenciam em uma maior complexidade de gestão, performance e resultado, paralelo ao aumento da competitividade de mercado entre as empresas. O cenário atual exige planejamentos e visões eficientes, de curto e longo prazo que não só favoreça e estimule a melhoria contínua e resultados, mas que também facilite a tomada de decisões rápidas que possam vir a alterar este plano sem grandes impactos.

Diante da importância e necessidade o presente trabalho procura mapear e estudar diferentes práticas de planejamento e controle de produção aplicadas em indústrias de bebidas, com foco em cervejarias, ponderando seus principais impactos.

1.1. Objetivos gerais

Mapear e estudar as principais práticas e ferramentas do planejamento e controle de produção, voltadas para produção de bebidas, com foco no processo de cerveja.

1.2. Objetivos específicos

- a) Entendimento do processo produtivo e identificação de possíveis peculiaridades limitantes;
- b) Revisão bibliográfica do planejamento e controle de produção;
- c) Estudo e associação das principais estratégias que impactam no processo produtivo e nos resultados do Planejamento e controle de produção de indústrias cervejeiras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fundamentos do planejamento e controle de produção

O amadurecimento e avanços industriais trouxeram a necessidade de um maior e melhor planejamento e controle das atividades produtivas dentro das indústrias. A competitividade de mercado, em paralelo a ausência deste planejamento podem vir a gerar problemas quanto aos gargalos de produção, aumento de desperdícios e perdas e disparidades entre a produção e a demanda de mercado.

Segundo Moura (2019), a visão de bens de consumo que hoje possuímos teve origem com a revolução industrial apenas com a criação dos meios de produção em massa. Os estudos do Planejamento e Controle de Produção (PCP) desenvolveram-se em paralelo ao conhecimento da administração e produção, com os esboços de Frederick W. Taylor e Henri Fayol, no início do século XX.

Ainda nas primeiras décadas do século XX, os sistemas de PCP ganharam destaque com a sua aplicação nas fábricas do empresário Henry Ford para a produção de automóveis em massa, por meio do conceito de linhas de montagem móveis e peças intercambiáveis (LUSTOSA et al., 2008). Posteriormente, na década de 1960, foi desenvolvida a metodologia MRP (*Material Requirement Planning*) como forma auxiliar para realização de cálculos que se tornavam cada vez mais complexos para o cérebro humano.

Com o avanço da computação e do uso de softwares no ambiente de produção, na década de 1970, os MRPs passaram a se tornar cada vez mais comuns no ambiente de produção e serem largamente difundidos por toda a indústria. Nota-se então que com a adoção do sistema, foi possível otimizar a gestão de produção de forma a minimizar os custos da empresa (Lopes et al., 2014).

O controle de produção MRP surgiu durante a década de 60, com o objetivo de facilitar a atividade de planejamento das necessidades de materiais para a produção, o que permitia determinar a priorização de ordens de fabricação.

Com o surgimento de novas necessidades, com o passar do tempo, como redução de custos e limitação de recursos produtivos, em 1980 surgiu o MRP II, com ainda maior redução de custos, estoques e tempos de mão de obra (SLACK et al., 2009). Um sistema ainda mais preciso, com a capacidade de prever com antecedência problemas como a falta de capacidade. Com o objetivo de expandir a metodologia para além da linha de produção, alcançando todas os setores de uma empresa surgiram os ERPs (*Enterprise Resource Planning*).

O ERP pode-se ser definido como o avanço do MRP e MRP II, incorporando além das funções antes contempladas nos sistemas anteriores, como funcionalidades de finanças, custos, vendas, recursos humanos, e outras, antes trabalhadas nas empresas por meio de inúmeros sistemas não integrados.

O ERP pode ser definido como o estágio mais avançado dos sistemas tradicionalmente chamados de MRP II, sendo assim um grande banco de dados com informações que interagem e se realimentam conforme as demandas de produtos (O'BRIEN; MARAKAS, 2013).

No final da década de 1990 até os dias atuais, módulos de otimização de produção conhecidos como APS (*Advanced Planning System*) estão se consolidando no mercado com alta capilaridade em diversos segmentos da indústria e do setor de serviços. Seu desenvolvimento e implantação decorrem do cenário global atual de elevada competitividade em que se torna cada vez mais necessário a busca por lead-times menores, preços baixos e atendimento aos prazos (FERNANDES; FILHO, 2010).

Ainda no campo metodológico, segundo Lustosa (2008), existe também uma certa influência japonesa nos sistemas de PCP, se fazendo visível, na maior parte, pelos sistemas toyotas de produção. A filosofia *Just-In-Time* (JIT), baseada no sistema

kanban é um dos pilares desses sistemas, além do paradigma da produção enxuta (*Lean Production*) que reúne diversas técnicas com o objetivo de alcançar flexibilidade e alto volume de produção.

O aumento da competitividade é um processo natural da globalização e uma realidade para todos os segmentos da indústria no Brasil e no mundo. Diante de tal cenário, problemas como não saber o quanto produzir, a capacidade de produção, o lead time da linha, indicadores de produtividade, margem de lucro entre outros são fatores que afetam diretamente a competitividade e, consequentemente, a possibilidade de expansão e manutenção sustentável das empresas (CARMO, 2020).

Sabendo disso, o PCP tem se mostrado, dentre os setores de uma empresa, a principal área que pode promover vantagens competitivas na manufatura. Segundo Guerrini et al. (2019), é possível encontrar diversos impactos positivos quanto a custos, qualidade, flexibilidade e desempenho de entregas. Principalmente quando se avalia a complexidade de um processo produtivo cervejeiro e a sua necessidade de gestão e planejamento com o foco em reduzir desperdícios, se compreende o impacto do PCP nessa estratégia.

O PCP funciona usualmente como órgão de staff. Atua como uma espécie de centro de informações onde são tomadas decisões que visam orientar os procedimentos operacionais da manufatura. “O PCP compõe-se de atividades que antecedem e criam condições para a produção, agindo sobre o produto/processo, materiais, produção/fábrica. Estende suas ações ou gera reflexos em praticamente toda a organização” (Erdmann, 1994).

Por exercer uma atividade de coordenação, o PCP precisa desenvolver um bom relacionamento com as outras áreas funcionais da empresa, particularmente Marketing/Vendas e Produção. Vale destacar que no esforço de atender bem a essas duas grandes funções da empresa, o PCP lida com objetivos muitas vezes conflitantes (Moreira, 1993, p. 392).

2.2. Fundamentos do processo cervejeiro

Segundo Rodrigues et al. (2015), para a fabricação de cerveja, as principais matérias-primas são levedura, malte, lúpulo e água. É possível ainda se fazer uso de outros diversos cereais com adjuntos, conferindo características peculiares a cada produto.

Adicionalmente, pode recorrer-se a adjuvantes de fermentação, como antioxidantes, acidulantes, estabilizantes e compostos antiespumantes (RODRIGUES et al. 2015). É de extrema importância que as matérias-primas se encaixem em rigorosos critérios de qualidade para que o produto final esteja dentro dos padrões exigidos.

2.2.1. Matérias-primas

2.2.1.1. *Água cervejeira*

De acordo com Júnior e Vieira (2009, p. 64), a água é um dos componentes principais para fabricação de cervejas. Ela precisa obrigatoriamente ser potável, sofrendo correções químicas se necessário. Sua importância chega a ser um fator decisivo do local onde a indústria será instalada. Considerando todas as etapas produtivas, para cada 1 litro de cerveja, foram gastos em média 10 litros de água.

A tabela 1 traz algumas características físico-químicas padrões, necessárias para o processo produtivo. Para não interferir no gosto, cor e aroma da cerveja, a água deve ser insípida, inodora e incolor, além de possuir pH entre 6,5 e 8,0, que é a faixa na qual as enzimas do malte atuam para conversão do amido em açúcares menores fermentáveis.

Tabela 1 - Características da água ideal para fabricação de uma boa cerveja.

Parâmetro	Unidade	Especificação
Sabor	-	Insípida
Odor	-	Inodora
pH	pH	6,5-8,0
Turbidez	NTU	menor que 0,4
Matéria Orgânica	mg O ₂ /L	0,0-0,8
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	50-150
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	18-79
Sulfatos	mg SO ₄ /L	1-30
Cloretos	mg Cl/L	1-20
Nitratos	mg NO ₃ /L	Ausente
Cálcio	mg Ca ₂ +/L	5-22
Magnésio	mg Mg ₂ +/L	1-6
CO ₂ livre	mg CO ₂ /L	0,5-5

Fonte: Júnior (2009)

Segundo Medeiros (2010), uma das finalidades da água, em um processo produtivo de cerveja, é para umidificação do malte, como uma etapa pré moagem que será feita através de moinhos de rolos ou martelo. Essa prática mantém seus principais constituintes, como amidos e proteínas, que quando expostos a ação de enzimas são convertidos em açúcares menores, como glicose, maltose, maltotriose e dextrinas). De acordo com Tschope (2001) a mesma água é usada na etapa de brassagem para ajudar na diluição de insumos e adjuntos, na limpeza do bagaço de malte, em etapas de rinsagem e higienização de garrafas, barris e latas.

Alguns efeitos dos íons, presentes na água, nas leveduras do processo cervejeiro segundo Kunze (1999), são descritos na tabela 2.

Tabela 2: Efeitos dos íons da água na cadeia de um processo de cerveja.

Íons	Efeitos no processo cervejeiro
Ca ⁺⁺	O cálcio estimula o metabolismo da levedura.

Mg ⁺⁺	O magnésio é co-fator de diversas enzimas durante a fermentação
Na ⁺	O sódio participa do metabolismo das células de levedura, na manutenção do transporte do potássio.
K ⁺	O potássio está inteiramente ligado como fonte energética no crescimento da levedura e na velocidade fermentativa.
Fe ⁺⁺ Fe ⁺⁺⁺	O ferro abaixo de 1,0 mg/l favorece uma fermentação deficiente, por inibição enzimática do metabolismo respiratório da levedura. Acima de 1,0 mg/l, favorece a degeneração da levedura e enfraquece a fermentação após algumas gerações.
Mn ⁺⁺	Quando em teores abaixo de 0,2 mg/l, tem sua importância como co-fator enzimático para o metabolismo da levedura, estimulando a propagação celular.
Zn ⁺⁺	O zinco, em quantidades acima de 0,15 mg/l no mosto final, além de contribuir positivamente na propagação da levedura, atua como co-fator enzimático de enzimas de respiração, fermentação e síntese de ácidos graxos. Em excesso, pode causar intoxicação da levedura.
NO ₃ ⁻	O nitrato, entre concentrações de 50 a 100 mg/l, provoca uma inibição na propagação de leveduras, dependendo do teor total de sais na água. Elevadas concentrações dessa substância contribuem para diminuir a atividade fermentativa. Durante a fermentação, as enzimas "redutases" reduzem o nitrato para nitrito, sendo este último o mais prejudicial, pois é veneno para a levedura, com redução da atividade fermentativa e redução do grau de fermentação.

Fonte: Adaptado de Kunze (1999).

2.2.1.2. Malte

É possível utilizar diversos cereais para dar origem ao malte, como aveia, milho e trigo. De acordo com Júnior (2009), o malte que é normalmente utilizado nas cervejarias é obtido a partir da cevada, uma planta pertencente à família das

gramíneas, tendo sua cultura efetuada em climas temperados. O objetivo de se maltar um grão é fazer com que as enzimas presentes nele sejam ativadas (glucanases, proteases, amilases). Com a colheita da safra, os grãos são armazenados em silos, com temperatura e umidade rigorosamente controladas. O processo de malteação se dá com a chegada das sementes na maltaria, ele corresponde em inserir os grãos de cevada em condições favoráveis à germinação parcial.

Com isso, a semente inicia um processo de conversão de suas reservas energéticas em aminoácidos e açúcares, com a finalidade de serem usadas em um possível processo de crescimento da planta. A etapa é então interrompida, e os grãos passam por um fluxo de secagem controlada, com o objetivo de reduzir a umidade sem que se destrua as enzimas e demais compostos formados.

Assim, o amido no interior do grão de malte passa a possuir cadeias menores, tornando-o mais solúvel para facilitar no processo de fermentação. Além disso, são formadas enzimas imprescindíveis no processo fermentativo.

Segundo Banfoth (2003), existem diversas razões que fazem da cevada a melhor indicação de cereal para ser utilizado do processo produtivo de malte. Alto teor de amido, a casca do grão funciona como meio filtrante nos processos de filtração, possui teores de proteínas e enzimas em uma proporção ideal para a quantidade de amido. Alguns principais malte são descritos na tabela 3.

Para Banfoth, ainda, um grão de cevada possui uma distribuição de 55-65% de amido, 9,5-11,5% de proteínas, 4-7% de celulose, 10% de substâncias não proteicas (carboidratos, hemiceluloses), 2,5-3,5% de substâncias minerais e 2,0-3,0% de substâncias graxas, lipídeos.

Tabela 3 – Principais maltes de cevada utilizados na indústria de bebidas.

Tipos de maltes de cevada	Características principais
Pilsen	Tipo mais comum e presente em grande parte das receitas. Seco em baixas temperaturas, com cor clara e um aroma de cereal. Muito usado nas cervejas do tipo lager.

Pale Ale	Possui menos enzimas que o Pilsen. É aquecido a temperaturas mais altas, com coloração mais escura e aromas adocicados. Muito usado nas cervejas da do tipo Ale.
Maltes de Melanoidina (Munique/ viena)	Possui alto teor de melanoidina, substância química produzida quando os açúcares e aminoácidos se combinam em altas temperaturas. Eles são a base para as cervejas de cor âmbar que exigem sabores de caramelo doces, sem a coloração escura.
Maltes Torrados	Estes maltes são obtidos torrando maltes pale. Embora isso diminua seu potencial de gerar açúcares, eles desenvolvem sabores secos, amargos e de cacau.
Malte Acidulado	O malte acidulado é usado para adicionar sabores azedos à cerveja. Ele é feito pulverizando o mosto azedo sobre a cevada enquanto ela está germinando. Por ser potente, pode tornar a cerveja muito azeda e reduzir significativamente seu pH.
Chocolate	Ao usar o malte chocolate é possível se obter um ligeiro sabor de queimado, aromas de café e chocolate, com um pouco de adstringência.
Defumados	Após a germinação, o malte verde é completamente ou parcialmente seco usando um fogo de madeira para obter um sabor defumado. É possível utilizar madeiras diferentes para trazer diferentes sabores.
Escuros	Os maltes escuros são expostos a altas temperaturas, sendo praticamente torrados. Nesse processo, carboniza-se a maior parte do amido, das enzimas e do açúcar, e eles adquirem cores e sabores característicos.

Fonte: Adaptado de Academia Artesanal (2015).

2.2.1.3. Adjuntos e não mateados

Segundo Oliveira (2015), os adjuntos cervejeiros são compostos que atuarão como fontes adicionais de proteínas e carboidratos no processo produtivo. Dentre eles, os mais utilizados são o milho, trigo, arroz, cevada e sorgo.

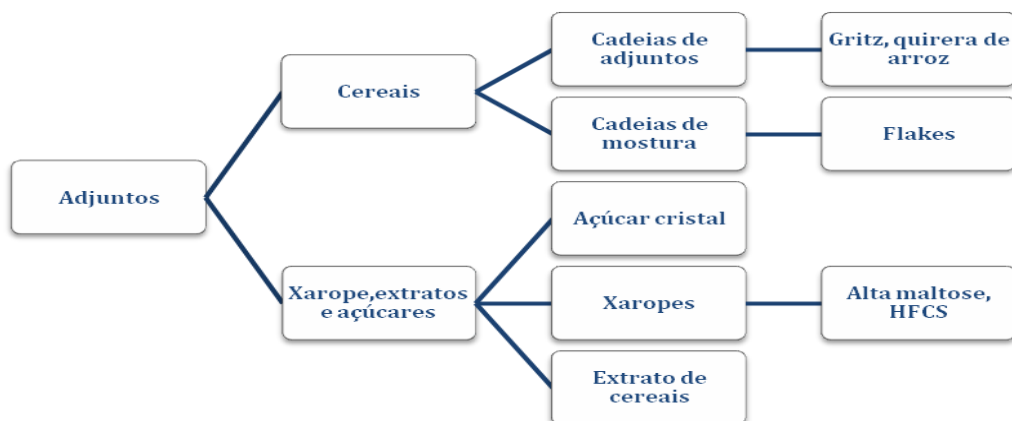
Normalmente os adjuntos substituem parte do malte de cevada, impactando no produto final em aparência e sabor.

Em 2010, foi realizado um estudo com 161 amostras de cervejas comerciais brasileiras do tipo Pilsen para determinação do percentual de malte e adjuntos, por meio de análise isotópica. Verificou-se que 95,6% possuíam adjunto em sua composição e 91,3% do total utilizavam derivados de milho ou açúcar de cana como substituinte do malte de cevada, sendo o milho o mais utilizado com essa função no Brasil (SLEIMAN et al., 2010)

O uso de adjuntos na fabricação de cerveja se dá a fim de diminuir o custo na produção, haja vista que os adjuntos possuem um custo menor comparado com o do malte. Por exemplo, o uso de milho como adjunto em 30% pode reduzir em até 8% o custo total de produção de cerveja. Além disso, o uso de adjuntos cervejeiros deve ser também encarado como uma forma de incentivar pequenos agricultores a cultivar esses cereais nos trópicos e, com isso, acarretar uma diminuição dos custos de se importar materiais para a fabricação cervejeira (UGOBOAJA et al., 1991; VENTURINI FILHO, 2000, apud CURI et. al. 2008; BACA, 2001, apud POREDA et al., 2014).

Os adjuntos, como na figura 1, normalmente podem estar em fase sólida, necessitando de alguma etapa de tratamento, como a degradação do amido em glicose e maltose, mas também existem muitos em fase líquida, não necessitando do tratamento anteriormente citado, por já estarem aptos para ação da levedura cervejeira (em forma de açúcares fermentáveis), é o caso do comumente uso do xarope de *high* maltose.

Figura 1: Tipos de adjuntos e seus locais de utilização.



Fonte: Medeiros (2010).

Além disso, a quantidade de um adjunto específico varia para cada localidade. Em âmbito mundial, o arroz tem maior produção na Ásia, já o milho possui maior produção na América do Norte e Central. Portanto, a facilidade de obtenção de um adjunto em questão dependerá da região e a forma como ele será usado influenciará o produto final, em sua produtividade, características, custos, entre outros (BAMFORTH, 2006).

Diante disso fica evidente que o tempo de transporte, cadência de chegada, qualidade de recebimento e custos totais são fatores a se considerar em paralelo a composição de cada tipo e estilo de cereal e seus impactos no processo produtivo. Alguns adjuntos e suas principais características são citados na tabela 4.

Tabela 4: Características e composição de alguns tipos de adjuntos.

Cereal	Extrato (% seca)	Temperatura de Gelatinização (°C)	Gordura (% seca)	Proteínas (% seca)	Amido (% seca em peso do cereal)
Milho Moído	88-93	62-75	0,8-1,3	9,0-11,0	71-74
Fécula de Milho	101-106	62-74	<0,1	0,2-0,3	71-74
Arroz Moído	89-94	61-78	0,2-0,7	6,0-9,0	57-88
Sorgo Moído	75-82	68-75	0,5-0,8	6,0-10,0	70-74
Fécula de Trigo	101-107	52-75	0,2-0,4	0,4-0,5	67-69
Cevada não maltada	75-80	57-65	2,0-3,0	9,0-14,0	54-65

Fonte: Adaptado de Bamforte (2006).

2.2.1.4. *Lúpulo*

O lúpulo é uma planta trepadeira, suas flores possuem alta quantidade de óleos e resinas amargas, que são o que conferem o aroma e o amargor da cerveja, características essenciais para o impacto organoléptico da bebida e fixação da espuma.

Segundo Junior (2009), a planta provém de uma cultura de clima frio, se destacando como os maiores produtores os Estados Unidos e os países do norte europeu. O Brasil não possui condição climática que satisfazem o plantio do lúpulo, invalidando sua produção no País, fazendo com que todo suprimento nacional seja importado.

Os diferentes tipos de lúpulos são classificados em dois grandes grupos, de acordo com as características da variedade escolhida: os de amargor e os aromáticos. São comumente comercializados na forma de pellets, extratos e flores secas, sendo os dois primeiros tipos mais densos, e, portanto, ocupam menos espaço, o que facilita o transporte. A qualidade da cerveja está diretamente ligada à qualidade do(s) lúpulo(s) utilizado(s) (KUNZE e WAINWRIGHT, 1996; CARVALHO, 2007; VENTURINI FILHO, 2000, apud. CERRI, 2012).

Hoje já existem mais de 100 tipos diferentes da planta. Se diferenciam, além do grupo (amargor ou aromático), pela quantidade de ácidos alfa, beta e óleos essenciais. Essas variedades podem vir a serem catalogadas, também, de acordo com a região, como na tabela 5.

Tabela 5: Principais lúpulos usados na indústria cervejeira e seus grupos.

Variedade de Lúpulos	
Região	Lúpulo
Americano	<i>Centennial</i>
	<i>Cascade</i>
	<i>Zeus</i>
Reino Unido	<i>Challenger</i>
	<i>Fuggle</i>
	<i>Phoenix</i>
Alemão	<i>Hallertau</i>
	<i>Magnum</i>
	<i>Tettnag</i>

Fonte: Autoria própria.

2.2.1.5. Fermento

Também conhecidos por leveduras, microrganismos capazes de converter os açúcares fermentáveis presentes no mosto em álcool, dióxido de carbono (CO₂) e outros produtos. A espécie mais utilizada na indústria cervejeira é do tipo *Saccharomyces Cerevisiae*, normalmente utilizadas em cervejas do tipo *Ale*, fermentando em temperaturas entre 12 °C e 22°C por cerca de 5 dias. Para cervejas do tipo *Lager* são utilizados microrganismos que fermentam em temperaturas ainda mais baixas e em maior tempo, fazendo uso da *Saccharomyces carlsbergensis*; com o processo acontecendo entre 4°C e 15°C por 10 dias de fermentação. O processo de fermentação é exemplificado na equação química abaixo.

Equação1: Processo de transformação de açúcares em etanol.



Fonte: Palmer (2006).

Antes de Louis Pasteur isolar a levedura, no ano de 1860, o processo de fermentação não era conhecido e a fabricação da cerveja era vista como algo místico e/ou religioso, não havendo um padrão em sua produção. Em muitas famílias, o bastão de madeira era passado de geração em geração e tido como um bem muito valioso. À época, as pessoas não tinham o conhecimento de que era no bastão cervejeiro onde as colônias de levedura se desenvolviam. No entanto, após a descoberta das leveduras, os mestres-cervejeiros passaram a produzir uma cerveja mais padronizada em termos de cor, aspecto visual, sabor e textura (PALMER, 2006; SILVA, 2014).

2.2.2. Processo produtivo

Segundo Palmer (2006), é possível descrever simplificadaamente um processo produtivo de cerveja nas seguintes etapas:

- Introdução do malte em água quente, com o objetivo de dissolver os açúcares na solução;
- Filtração da solução mosto para remoção de partículas sólidas;

- Fervura com acréscimo de lúpulo, dando à bebida o amargor e aroma;
- Resfriamento da solução para iniciar inoculação do fermento em temperatura adequada;
- Fermentação, onde os açúcares fermentáveis são convertidos em álcool e CO₂;
- Filtração, envase e acabamentos.

As fases dessa produção podem vir a sofrer alterações, a depender do tipo de cerveja e da escala produtiva. É de fundamental importância para o PCP o conhecimento das matérias-primas e das etapas de cada processo produtivo de forma minuciosa, compreendendo assim os impactos de cada decisão no planejamento e na programação da indústria. Diante disso, a seguir, serão caracterizadas algumas dessas etapas.

2.2.2.1. Recebimento de matéria-prima

Malte e adjuntos (milho, arroz, féculas, entre outros) são recebidos a granel e são armazenados em silos. Com eles preenchidos com as matérias-primas, o beneficiamento pode começar a ocorrer. Cada empresa possui uma quantidade de silos que limita o recebimento de matéria-prima, e com isso se torna necessário um planejamento eficiente para que sempre se tenha disponíveis as necessidades de malte e adjuntos para atendimento das programações de bateladas de mosto para os diferentes tipos de cerveja que a indústria produz.

2.2.2.2. Moagem

A moagem traduz um pré-tratamento para a mosturação, influenciando na solubilização dos compostos do malte. Os grãos passam por moinhos que danificam suas cascas, aumentando a área superficial da semente, facilitando o contato de seu conteúdo com as enzimas e, conseqüentemente, aumentando a conversão das substâncias ali presentes.

As cascas dos grãos moídos desempenham importante papel na etapa da filtração e, por isso, deve-se ter muita atenção a elas. Por serem insolúveis, atuam como camada filtrante e evitam que o material particulado fique compactado, permitindo a extração do açúcar à medida que o mosto flui (PALMER, 2006).

Assim, é necessária uma moagem adequada, com equilíbrio entre o tamanho do material particulado e a filtração do mosto, a fim de se ter uma eficiência satisfatória no processo de produção de cerveja. Para tal, utilizam-se moinhos de rolos, de cilindros, de martelos (CARVALHO, 2007).

2.2.2.3. *Mosturação*

Após a moagem, os grãos são enviados para os chamados tanques de mostura. Nessa etapa o malte é inserido em água e submetido a aquecimento, afim de hidratá-lo, ativando as enzimas presentes nas sementes e assim convertendo o amido em açúcares fermentáveis, de cadeias menores (que são a glicose, maltose e maltotriose), por meio de hidrólise catalítica do amido. Para que aconteça é necessário um rigoroso controle de tempo de processo e de temperatura, não ultrapassando de 72°C, já que em altas temperaturas as enzimas correm o risco de se desnaturalizarem.

As reservas de amido ficam oclusas em matrizes de carboidrato/proteína, que dificultam a ação enzimática em razão do impedimento físico, refletindo, assim, na conversão do amido. Essas matrizes estão presentes tanto em grãos maltados quanto em grãos não maltados, sendo o amido, nestes, menos exposto do que naqueles. A agitação durante a mostura ajuda na hidratação dos grãos e, uma vez que esta é realizada, pode ocorrer a solubilização do amido e, com isso, promover a extração dos açúcares de interesse. Isso se dá pelo rompimento da parede celular do endosperma mediante uma combinação de calor e atuação das enzimas. Caso não ocorra agitação, existirão diferenças de temperatura e concentração no mosto durante a mostura, afetando a extração dos açúcares e a ação enzimática. Por causa disso, os tempos de conversão e de filtração aumentarão e obter-se-á um extrato com rendimento menor. (KUNZE e WAINWRIGHT, 1996; PALMER, 2006).

Na etapa da mosturação ocorrerão diversos processos de degradação dentre os quais se destacam: a degradação das β -glucanas, a degradação proteica e a degradação do amido

(KUNZE e WAINWRIGHT,1996). Cada tipo de degradação ocorre na presença de uma enzima específica, conforme na tabela 6:

Tabela 6: Principais grupos enzimáticos e suas funções.

Enzima	Faixa de temperatura (°C)	Faixa de pH	Função
β - glucanase	35 - 45	4,5 - 5,5	Degradação de β -glucanas.
α - amilase	67-72	5,3 - 5,7	Quebra do amido em diversos açúcares, como maltose.
β – amilase	55 - 65	5,0 - 5,5	Quebra do amido em maltose.
Protease	45 - 55	4,6 - 5,3	Quebra de proteínas grandes.
Peptidase	45-55	4,6-5,3	Quebra de peptídeos.

Fonte: Adaptado de Palmer (2006).

Na cerveja também existem outros compostos além dos açúcares e proteínas como os lipídios, polifenóis e taninos. A extração destes para o mosto aumenta à medida que a temperatura e tempo da mosturação, a temperatura da lavagem, entre outros fatores aumentam. Essas substâncias conferem alguns aspectos negativos à cerveja final, tais como: a turvação geralmente é evidenciada quando há um acentuado teor de lipídios; a oxidação de taninos e polifenóis acarreta uma coloração escura, além deste último ainda atribuir um sabor adstringente (BRIGGS et al., 2004).

2.2.2.4. Filtração do mosto

Tem como objetivo a separação do bagaço de malte do mosto líquido, levando-se em conta os aspectos qualitativos (mosto límpido, com baixa turgidez) e econômicos, ou seja, obtenção do máximo de extrato e rapidez de operação. (JUNIOR, 2009, P 67).

Pode-se dizer que a qualidade da cerveja depende bastante desta etapa, uma vez que ao separar os sólidos indesejáveis, tais como cascas, proteínas e enzimas coaguladas, o amido que não foi hidrolisado, e outras substâncias que compõem o bagaço, diminui-se a turvação excessiva do mosto. Esta, por sua vez, se acentuada, pode trazer instabilidade ao sabor da cerveja e perda de seu amargor, entre outras características. Portanto, deve-se visar à obtenção de um mosto menos turvo possível, para uma cerveja de boa qualidade (CARVALHO, 2007).

Normalmente os equipamentos mais utilizados são o filtro prensa e a tina filtro.

A tina de filtração é composta por um fundo falso, onde o bagaço fica retido, formando um meio filtrante para o mosto. O líquido que fica retido entre o fundo falso e o fundo da tina, chamado de primeiro mosto, é bombeado novamente para a tina de filtração para ser refiltrado, pois ainda possui partículas sólidas. Essa recirculação do mosto é feita até que o mosto fique menos turbido e sem impurezas perceptíveis, para depois ser transferido para a caldeira de fervura. A torta resultante ainda é lavada com água quente, em torno de 78°C, para serem extraídos mais facilmente os açúcares ainda presentes entre as cascas e para a inativação de enzimas, obtendo-se, assim, o segundo mosto. (KUNZE e WAINWRIGHT, 1996)

No filtro prensa de placas, dependendo do tipo de placas utilizado, quanto menor a porosidade, melhor será o extrato recuperado. Nesse modelo de filtro, a torta fica retida no meio filtrante de placas, sendo mais comum as de polipropileno monofilamentar, pois essas possuem limpeza simples, além de uma vida útil, aproximadamente, cinco vezes maior do que a do algodão, folhas, dentre outros. Neste tipo de filtração, o filtro é preenchido com mosto e os sólidos, sendo essa mistura prensada para obtenção do primeiro mosto. Após isso, há a lavagem da torta com água quente, originando o segundo mosto e, por fim, a retirada daquela para posterior reuso do equipamento. Em virtude do uso de placas, a separação feita com filtro prensa é mais eficiente e rápida, uma vez que elas promovem uma diferença expressiva do extrato do primeiro para o segundo mosto sem necessitar de recirculação como a tina de filtração (KUNZE e WAINWRIGHT, 1996; BRIGGS et al., 2004).

2.2.2.5. Fervura

Em seguida, o mosto é adicionado a um tanque de fervura em conjunto ao lúpulo. Essa etapa dura em média 45 a 120 minutos, dependendo do tipo de mosto que está sendo fabricado. Como a temperatura aqui está próxima a 100°C, se tem a esterilização do líquido, eliminando qualquer microrganismo que possa vir a afetar a

qualidade da fermentação e do produto final. A fervura implica também na desativação das enzimas restantes do processo de mosturação, por desnaturalização na alta temperatura; isomerização dos ácidos presentes no lúpulo, que segundo Stewart (2006), acontece de forma rápida, tendo cerca de 90% do amargor produzido nos 30 primeiros minutos após o início da ebulição.

Outra principal ação da etapa de fervura é a sua influência na formação do trub quente. Trub quente é, basicamente, a junção de substâncias insolúveis que podem vir a impactar na estabilidade e qualidade da cerveja e espuma. Ao precipitar, durante a fervura, substâncias derivadas do lúpulo, polifenóis e proteínas passam a ficar mais fáceis de serem removidas do mosto.

2.2.2.6. Resfriamento

De acordo com Willaert (2007), com a finalização da etapa de fervura se torna necessário a remoção do trub quente, é o que vai garantir a qualidade da cerveja. Caso o trub não seja removido, ele passará a afetar as leveduras, fazendo com que elas sedimentem antes, obtendo uma baixa conversão dos açúcares. Os processos de separação são baseados na diferença de densidade, por isso comumente é usado procedimentos de sedimentação, centrifugação e filtração. Segundo Briggs (2004), o mosto quente é resfriado, normalmente por trocadores de calor de placas, até a temperatura de inoculação das leveduras, que pode variar entre 15-22°C para ales de 6-12°C para lagers. O resfriamento precisa acontecer de forma ágil, para evitar e interromper reações e o crescimento de microrganismos.

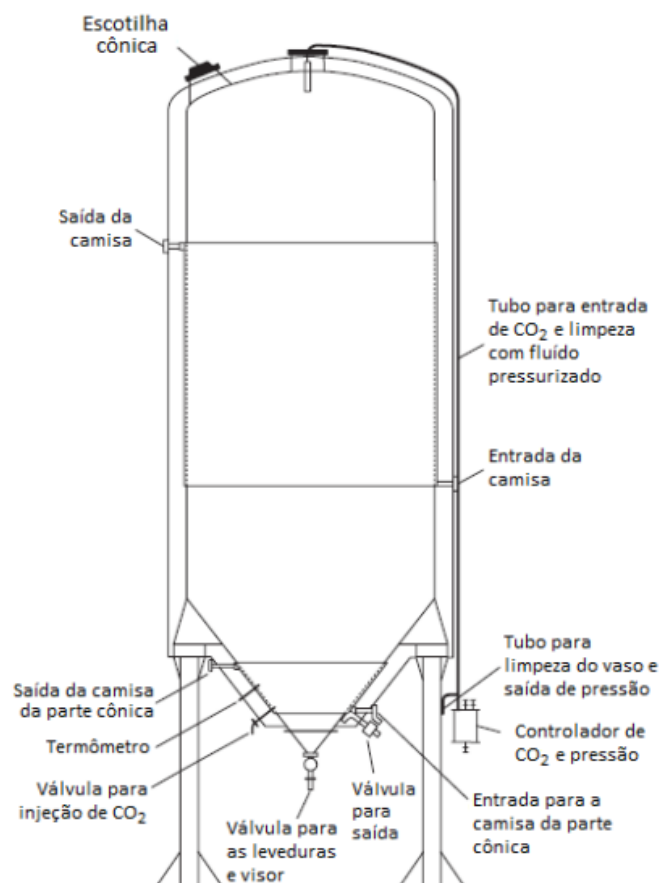
Ao passo que o mosto vai esfriando, se torna evidente a formação do trub frio e, paralelamente, o aumento da turbidez. Para sua remoção normalmente são utilizados filtros prensa como uma operação de separação, e preparação para início da fermentação.

2.2.2.7. Fermentação

Fase em que as leveduras irão consumir os açúcares fermentescíveis, se reproduzir e produzir álcool e dióxido de carbono além de alguns ésteres, ácidos e álcoois superiores que irão transmitir propriedades organolépticas à cerveja. A fermentação ocorre em tanques fechados, revestidos por uma camisa externa que permite a passagem de fluido refrigerante (amônia ou etileno glicol) para manter o sistema na temperatura desejada. (OLIVEIRA 2011, P.34)

O tipo de fermentador mais utilizado é uma adaptação do modelo projetado por Leopold Nathan, que criou o fermentador cilíndrico com base cônica. Este equipamento, comumente utilizado em regime batelada, é atualmente fabricado a partir de aço inoxidável, em vários tamanhos (BRIGGS et al., 2004).

Figura 2: Fermentador cilíndrico com base cônica.



Fonte: Oliveira (2015).

O progresso da fermentação pode ser estimado por meio da atenuação do extrato, ou seja, da diminuição da presença de açúcares fermentescíveis. Pode-se também acompanhar os níveis de diacetil durante a fermentação, uma vez que o diacetil é produzido em grandes quantidades nas etapas

iniciais da fermentação, mas depois é gradualmente consumido até o final dela. Além disso, pode-se dizer que a fermentação chegou ao fim quando o CO₂ para de ser produzido (PALMER, 2006).

O tempo exato de fermentação mínima varia de acordo com o produto final que está sendo produzido e os adjuntos utilizados nele. Este é também um dos fatores que influenciam nas estratégias de planejamento e controle de produção. Encontrar uma programação que seja viável e que atenda a demanda de mercado, considerando a capacidade do processo produtivo, as limitações quanto a quantidade de tanques fermentadores disponíveis e o tempo de fermentação, que a depender do tipo de cerveja produzida, pode durar de 5 a 30 dias, reduzindo ainda mais a disponibilidade dos tanques.

2.2.2.8. *Centrifugação e maturação*

Ao se atingir os parâmetros adequados a cerveja tem sua temperatura reduzida para que seja realizada a recolha do fermento. A cerveja passa por um trocador de calor, que resfria a bebida a temperaturas de 2°C a 7°C. A maior parte das células em suspensão são decantadas com a força de rotação da centrífuga, separando resíduos de fermento e demais substâncias com densidade diferentes. A cerveja é então levada por tubulações para a etapa de maturação.

A maturação pode ser chamada também por fermentação secundária ou etapa de clarificação da cerveja. Neste processo as células de leveduras não removidas e subprodutos de decomposição de proteínas, polifenóis/taninos, trub entre outros, depositam-se no fundo do tanque reduzindo a turbidez. (SPEERS, 1999a apud MEDEIROS, 2010).

O fermentador de Nathan, devido ao ângulo de sua base cônica, faz com que a levedura inativa decante, ficando apenas na parte de baixo do fermentador, de modo que a cerveja dentro do fermentador se encontre “livre” de leveduras inativas no meio do fermentador. Caso esse fermentador seja encamisado, de tal sorte que possua controle de temperatura em torno de 0°C, a etapa de maturação poderá ser desenvolvida nele, pois nesta temperatura a levedura age lentamente, como assim é desejado. O uso do mesmo fermentador é vantajoso se a maturação ocorrer em torno de três semanas, pois, nessa fase, se a “cerveja verde” entrar em contato com oxigênio poderá oxidar, além de conferir à cerveja final gosto de papelão molhado, em razão da presença de trans-2-nonenal, por exemplo. Se a

maturação durar mais de três semanas, será aconselhável retirar as leveduras inativas, pois elas poderão conferir um sabor aguado à cerveja (BRIGGS et al., 2004; PALMER, 2006).

Segundo Palmer (2006), ao passo que as baixas temperaturas acabam favorecendo também a formação de ésteres importantes para o aroma da cerveja, paralelamente elas desfavorecem a formação de álcoois superiores, que são os responsáveis pela sensação conhecida como “ressaca”. Ainda de acordo com autor, as leveduras ainda ativas nesta etapa buscam consumir o diacetil. Concentrações muito altas (acima de 0,05mg/L) desse composto implicam na bebida um sabor perceptível de manteiga. Durante a maturação, lentamente, o diacetil é convertido em acetoína. A maturação só estará finalizada quando se tiver baixas porcentagens do composto.

2.2.2.9. Filtração

Os principais objetivos da etapa de filtração são eliminar turvações, leveduras e resinas de lúpulos, além de melhorar o brilho e estabilidade sensorial da cerveja.

Pode-se utilizar terra diatomácea nessa etapa, que atuará como auxiliar de filtração a fim de adsorver partículas causadoras de coloração desagradável e remover as partículas em suspensão. Nessa segunda filtração geralmente são usados filtros de leito fixo, acrescentados estabilizantes e evitada a introdução de ar. A filtração é realizada a baixas temperaturas e sob contra-pressão, a fim de não se alterar os níveis de CO₂. A força motriz para a filtração é a diferença de pressão entre a entrada e a saída do filtro. Na entrada, a pressão é sempre maior e a seu diferencial é um indicador de resistência à filtração por parte do filtro, vale dizer, quanto maior for essa discrepância, mais dificultosa e demorada será essa etapa. (BRIGGS et al., 2004; CARVALHO, 2007).

2.2.2.10. Envase e pasteurização

O envase é, em alguns casos, a última etapa antes da comercialização e deve ser feito com cuidado adequado para garantir a qualidade do produto. A cerveja pode ser colocada em diversos recipientes como barris, latas e garrafas, sendo estas a mais famosa mundialmente. O tipo de recipiente a ser usado depende muitas vezes do país a que se destina ou até de questões ambientais (BRIGGS et al., 2004).

Segundo Medeiros (2010), o envase da cerveja consiste em um conjunto complexo de equipamentos responsáveis pelo acondicionamento da bebida em determinada embalagem. Ainda segundo autor, é de extrema importância que tais máquinas garantam o teor mínimo de oxigênio (O_2) no produto envasado, evitando, com isso, futuras oxidações e contaminações microbiológicas. Outro fator que influencia em um aumento de tempo de vida da bebida é a pasteurização, um tratamento térmico que, através do aumento de temperatura, visa aumentar a taxa de mortalidade dos micorganismos ali presentes.

A principal forma de pasteurização da bebida consiste em um túnel por onde as latas ou garrafas passam, a fim de se realizar a etapa térmica. Nesse túnel, é borrifado vapor d'água no recipiente para aquecê-lo totalmente até a temperatura de pasteurização e, então, é mantido por um determinado tempo fixo. Em seguida, é borrifada água fria para abaixar a temperatura da garrafa. Nesse tipo de pasteurização há um aumento do custo devido a maior quantidade de equipamento necessário e o controle minucioso (KUNZE e WAINWRIGHT, 1996).

3. PECULIARIDADES DO PCP EM UMA CERVEJARIA

Existem diversos fatores que podem aumentar a complexidade do planejamento e controle de produção de uma cervejaria, um deles está ligado a diversidade de produtos que podem ser produzidos naquele processo produtivo.

Atualmente existem uma variedade de formulações de cervejas que influenciam em como o planejamento e o processo precisam se adaptar; principalmente pelo tempo de fermentação, matérias-primas e adjuntos utilizados em seus processamentos. Alguns exemplos de tipos de cerveja são citados na figura 3.

Figura 3: Principais tipos de cerveja e suas características

Cerveja	Origem	Coloração	Teor alcoólico	Fermentação
Pilsen	República Tcheca	Clara	Médio	Baixa
Export	Alemanha	Clara	Médio	Baixa
Lager	Alemanha	Clara	Médio	Baixa
Dortmunder	Alemanha	Clara	Médio	Baixa/Alta
Munchen	Alemanha	Escura	Médio	Baixa
Bock	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Malzbier	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Ale	Inglaterra	Dourada	Médio/Alto	Alta
Stout	Inglaterra	Escura	Alto	Geralmente baixa
Porter	Inglaterra	Escura	Alto	Alta ou Baixa
Weissbier	Alemanha	Clara	Médio	Alta
Ice	Canadá	Clara	Alto	----

Fonte: Adaptado de Sindicerv (2011).

Essas variedades de cervejas irão possuir diferentes demandas que precisam estar de acordo com a capacidade da cadeia produtiva. Como citado anteriormente, o tempo mínimo de fermentação, de centrifugação, de maturação e vazão de filtração vão variar de acordo com o tipo de cerveja produzida. Uma das visões necessárias que o PCP precisa possuir é a de capacidade e limitações atreladas a cada tipo de produção.

Normalmente estas limitações estarão em disponibilidade de matérias-primas e adjuntos; no número de tanques fermentadores e maturadores disponíveis (sendo influenciados, principalmente, pelo tempo de fermentação e maturação de cada tipo de cerveja); na quantidade de centrífugas e filtrações disponíveis (sendo influenciadas, principalmente, pela vazão de líquido utilizada em cada uma delas). Possíveis estratégias para se ter o melhor planejamento e controle de produção, considerando seus impactos positivos e negativos, serão discutidas a seguir.

4. PRINCIPAIS PRÁTICAS DE GESTÃO DO PCP APLICÁVEIS EM INDÚSTRIAS DE BEBIDAS

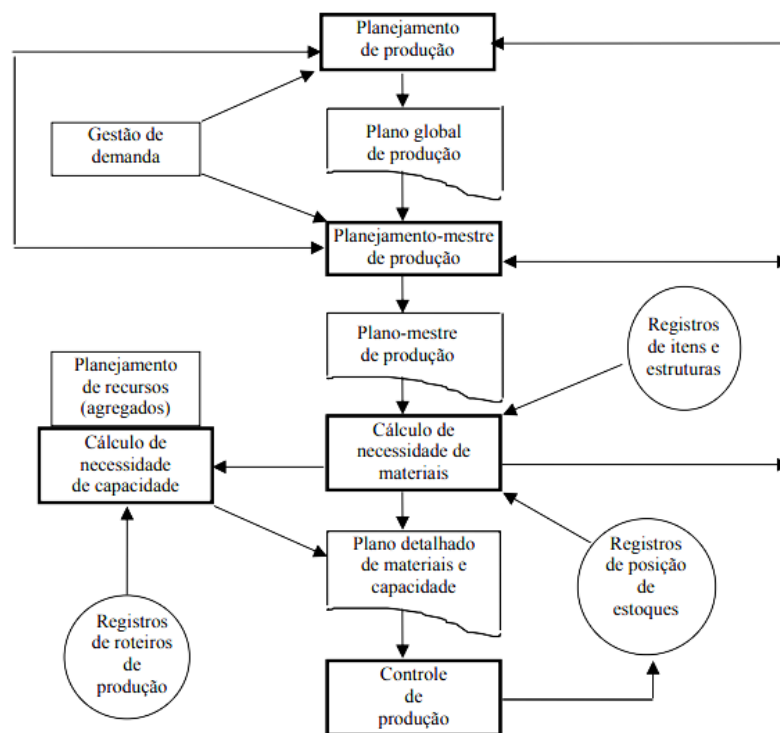
Vários sistemas de administração da produção foram desenvolvidos para auxiliar no planejamento e controle dos processos de manufatura, que inclui materiais, equipamentos, pessoas, fornecedores e distribuidores (Corrêa e Ganesi, 1995, p. 42).

Entre eles se destacam o MRP e MRPII (*Material Requirements Planning* e *Manufacturing Resource Planning*).

4.1. Fundamentos e aplicação do sistema MRPII

As principais etapas de um modelo básico de sistema de planejamento, programação e controle da produção do tipo MRPII aplicadas em uma indústria cervejeira, em um estudo de Cavalcanti (1997); são explicadas na figura 4.

Figura 4: Inter-relações entre os módulos Principais de um Sistema MRPII Típico.



Fonte: Côrrea e Giancesi (1995, p. 117)

Descrevendo sobre as etapas da estrutura de um sistema MRPII apresentadas na Figura 4: O planejamento da demanda é o principal input do sistema de PCP. Supondo uma indústria cervejeira, toda cadeia de suprimentos, ordens de produção, estratégias de bateladas de mostos, fermentação e propagação, centrifugação e filtração, dependem de uma previsibilidade de demanda de mercado. A gestão de demanda busca uma rápida e assertiva integração das necessidades que são originadas do mercado com a capacidade operacional do processo produtivo, sempre alinhando estrategicamente quando, quanto e como é preciso produzir um determinado produto, neste caso, cerveja.

O plano de produção é algo normalmente estruturado para longo prazo. Ele quem evidencia direcionamentos estratégicos para a empresa como um todo, enquanto o programa mestre de produção (MPS – *Master Production Schedule*) é uma versão um pouco mais detalhada quanto aos volumes de produção de cada produto que a empresa possui. O MPS é o alicerce para que se possa gerar uma visão da necessidade de materiais, considerando a capacidade do processo em estudo, previsão de demanda de cada produto, políticas e níveis de estoque dos produtos acabados, disponibilidade das matérias-primas e demais recursos produtivos. Com isso se torna possível tomadas estratégicas de decisões com relação a validação e priorização de produção, muitas vezes meses antes do momento da venda, e a invalidação ou atraso de produções mesmo com demanda existente.

O processo posterior ao MPS é o, já comentado anteriormente, MRP (*Material Requirements Planning*). Tradução livre evidencia essa etapa como um planejamento voltado para necessidade de materiais. Cada produto acabado precisa possuir uma lista técnica com materiais, componentes e quantidades necessárias para sua produção. Ao se programar um produto final, paralelamente se programa uma necessidade de insumos, gerando um plano de compras ou de fabricação destes componentes.

Segundo Cavalcanti (1997), o MRP é subsequentemente utilizado para se avaliar e definir a capacidade produtiva da empresa, facilitando o planejamento e cálculo dos recursos humanos necessários, assim como a necessidade fabril para que a produção aconteça. Nessa etapa é quando entra em ação o sistema do tipo MRPII (*Manufacturing Resource Planning*). Ainda segundo o autor citado, esse sistema de gestão precisa possuir um módulo de cálculo das necessidades de capacidade (CRP), atuando após a conclusão do MRP e também nas etapas iniciais do MPS. Essa prévia estimativa de capacidade tem como objetivo garantir que o MPS elaborado seja factível.

Os planos aprovados de materiais e de capacidade acionarão o sistema de suprimentos para aquisição dos itens faltantes. Por fim, a última etapa é o módulo de controle de fábrica, que programa a sequência correta das ordens por centro de produção. O MRPII, também conhecido como MRP de ciclo fechado (Schonberger, 1993, p. 10 e Slack et alii, 1997, p. 462).

No trabalho de Cavalcanti (1997), um estudo do sistema PCP da Companhia Cervejaria Brahma - Filial Nordeste, é identificado uma deficiência na elaboração do programa mestre de produção (MPS). Afetando o atendimento à demanda de vendas, principalmente, por não haver produto acabado. Além de oscilações de produção, por muitas vezes o sistema produtivo operar ociosamente e em outras com o uso de horas extras. Sendo esses fatores que representam desperdícios e perdas de performance, se tornou fundamental que um dos focos desse estudo fosse a correção e implementação do MPS.

A ausência da utilização de um sistema MPS pode trazer problemas ao MRPII. Ainda segundo o autor, este impacto pode fazer com que o cálculo da necessidade de materiais e o cálculo de capacidade não sejam feitos corretamente. Isso pode vir a impactar em falta de insumos, como: lúpulo, malte, levedura, adjuntos e embalagens. Paralelo a isso, não existindo um programa mestre de produção para servir de base para decisões do que, quanto e quando produzir, as programações acabam sendo elaboradas de modo muito intuitivo, seguindo com apoio das experiências de funcionários alocados na atividade.

A ausência de mapeamento da escassez e chegada de insumos pode vir a impactar na programação e planejamento de produção, provocando alterações de última hora em toda cadeia do processo produtivo da cervejaria, como na ordem de arriada da brassagem; na ordem de envase e formação de estoque de produtos; atrasos e despriorizações nas recolhas de fermento, na centrifugação e filtração de fermentados e no envase de filtrados. Tais impactos acabam influenciando principalmente em:

- Não atendimento da demanda de mercado;
- Risco de vencimento de fermentados, produtos e insumos;
- Impactos na qualidade da cerveja;
- Perdas de performance e desperdícios de produção;
- Aumento de custos.

Além de não atender a necessidade do mercado, por haver falta de insumos para produção da necessidade do mercado, a empresa acaba priorizando o processamento de outros produtos com disponibilidade de insumos, mas que, muitas

vezes, não possuem demanda na região ou no período do ano em que está sendo realizado. Essa alternativa de produção pode vir a impactar de várias formas, como o risco de vencimento do produzido indesejado por uma baixa na demanda de mercado, assim como também dos insumos complementares do produto desejado que existem na fábrica, mas que não estão em uso, podendo influenciar na oxidação e envelhecimento de matérias-primas (féculas, milho, arroz, malte) dos silos de armazenamento, impactando na qualidade da cerveja.

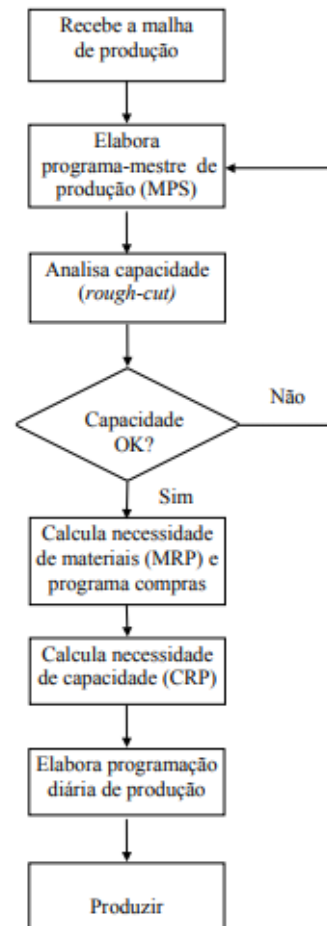
Ao se despriorizar e atrasar uma etapa do processo produtivo cervejeiro além de se lidar com a indisponibilização de tanques, como comentado anteriormente, passa-se a lidar, também, com grandes riscos de vencimento do líquido e, principalmente, com amplos impactos na qualidade organoléptica e performance da produção de cerveja.

Já ao antecipar uma etapa de filtração e envase, por exemplo, não seguindo o padrão de tempo de maturação mínima, para suprir uma demanda por falha de planejamento ou por falta de insumos, passa-se a ter riscos com a turbidez da bebida, já que ela não terá tempo suficiente de sedimentação de substâncias turvadoras, além de uma alta concentração de diacetil, podendo impactar no sabor e odor da bebida. É claro que hoje já existem enzimas, como a α -acetolactato descarboxilase, capazes de ajudar a acelerar o processo de redução do diacetil na cerveja, acelerando o processo de maturação e assim conseguindo uma otimização no tempo de produção. Contudo são fatores que aumentam os custos processo e, conseqüentemente, do produto acabado.

Ao analisar as deficiências encontradas no planejamento da cervejaria, Cavalcanti (1997) propôs um fluxo de programação de produção completo, baseado no sistema MRP II comentado anteriormente, adaptando-o as características e peculiaridades da empresa e do processo.

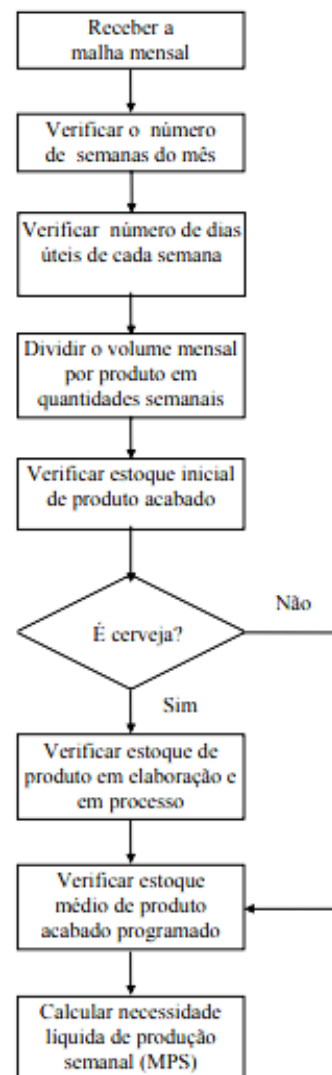
A figura 5 representa o processo do sistema MRP II adaptado para uma cervejaria. A malha de produção pode ser vista como a demanda acumulada para o mês destrinchada por produtos e destinos. Essa previsão de necessidade de produtos para o mercado que deriva de modelos estatísticos e é o pressuposto para a criação do plano mestre de produção de uma cervejaria, na figura 6 é possível acompanhar as possíveis etapas para o processo de criação de um MPS.

Figura 5: Fluxograma proposto para programação da produção na cervejaria.



Fonte: Cavalcanti (1997)

Figura 6: Fluxograma Proposto para Elaboração do Programa-mestre de Produção (MPS).



Fonte: Cavalcanti (1997)

De acordo Cavalcanti (1997), para se trabalhar com um MPS eficiente é necessário expressar o planejamento em semanas, dividindo a previsão de volume mensal (malha) em volumes semanais, assim como na figura 7.

Figura 7: Exemplo de divisão de malha de produção e MPS de um estilo de cerveja. (Unidade hL).

Semanas		1	2	3	4	5
Previsão (malha)		13.300	15.400	15.400	15.400	10.500
Estoque de produto acabado	5.700	8.000	10.000	11.000	11.000	11.500
Prod. em processo e elaboração		12.000	14.000			
MPS		3.600	3.400	16.400	15.400	11.000

Fonte: Cavalcanti (1997).

A previsão, pode ser vista como a “malha de produção” em volume para atender a demanda que o mercado exige naquele período. O estoque de produto acabado identifica o estoque inicial da cerveja específica ao início e fim de cada semana, considerando a demanda de mercado. Com isso é possível ter uma necessidade de produção considerando o volume de vendas de cada período citado.

Para se ter uma visão final, ainda, é necessário mapear todo o estoque em processo de adegas da cervejaria (produto em processo e elaboração). Como citado anteriormente, o processo cervejeiro é feito em bateladas de cada produto e tipo de cerveja, porém a sua produção é do tipo contínua, sempre haverá um estoque de líquido que estará em uma das etapas da produção (fermentação, maturação, filtração).

Será a partir desse mapeamento no MPS, sendo considerando os tempos de fermentação, maturação e filtração de cada tipo de cerveja, que se conseguirá planejar a produção de envase e, posteriormente, a produção de novas arriadas de bateladas de mostos fermentáveis a serem envasados na semana ou quinzena seguinte, a depender do tempo de processo e demanda. A figura 7 demonstra, em volume, toda explicação feita anteriormente. Com todos os pontos de malha, estoque de produto e estoque de líquidos definidos é possível então calcular a necessidade líquida de produção semanal.

Como afirma Cavalcanti (1997), após a elaboração do MPS é fundamental que exista uma avaliação geral da capacidade produtiva, sendo a terceira etapa descrita na figura 5 (rough-cut capacity planning). Sendo uma etapa de extrema importância para a implementação de um sistema MRPII, ele visa identificar e prever eventuais

gargalos que possam vir a influenciar negativamente na execução do MPS descrito na figura 6.

Nesta etapa pode ser verificado se existem fatores limitantes em todos os equipamentos e processos das salas de brassagens, nas caldeiras que geram vapor, em tanques de adegas de fermentação e maturação, nas etapas de filtração e centrifugação, nas linhas de envase e em toda cadeia que se inter-relacione com o processo de cerveja. Ao se definir estes pontos e como eles impactam em qualidade e volume produzido em curto e longo prazo, é necessário fazer uma revisão dos volumes de produção líquida (MPS) semanais de cada tipo de cerveja, como na tabela 7. Assim, é possível se ter uma melhor visão das necessidades de materiais que serão calculados no módulo MRP, a quinta etapa representada na figura 5.

Como o MPS estará expresso em semanas, o módulo de MRP irá calcular as necessidades semanais de materiais, indicando quando os pedidos terão que ser feitos, conforme lead time de suprimentos registrado no próprio sistema. Atualmente o módulo de MRP existente calcula apenas a quantidade bruta de materiais necessária para o mês. Após execução do cálculo de necessidade de materiais (MRP), deverá ser feito planejamento detalhado da capacidade requerida para atender o MPS elaborado. A última etapa consistirá na programação diária ou mesmo horária de produção por centro de trabalho, tais como sala de fabricação; sopradora de garrafas PET; linha de envasamento e tanques de maturação. (CAVALCANTI, 1997.)

A tabela 7 expressa volumes fictícios de produção após todas as análises de demanda, capacidade, estoque, suficiência e necessidade de matérias-primas. Os produtos exemplificados pelo autor (Brahma chopp 600mL, Skol, Sukita 300mL), são exemplos de alguns dos principais produzidos pela empresa multinacional ambev.

É necessário um estudo minucioso sobre as alocações de volumes de produção para cada fábrica, distribuídas muitas vezes em diferentes regiões do país ou do mundo. Os custos e incentivos fiscais normalmente variam bastante de acordo com cada região, assim como a disponibilidade de matéria-prima e adjuntos. Seguindo o exemplo citado na tabela 7, supondo que exista uma demanda de 20.000 hL de Brahma chopp 600 mL na região nordeste para a produção na primeira semana de junho de 2022, será necessário estudar a viabilidade de produção em diferentes fábricas da região, de modo a encontrar a que seja mais estratégica com relação a custos e a tempo em rotas de transporte do produto acabado até o cliente.

Tabela 7: Volumes fictícios de produção abertos por tipos de produto.

Julho/97	Dias	D. úteis	%	BC 600	Skol	Suk 300	LB 300	Suk P2	LB P2
Semana 1	01 a 05	5	19	12.963	5.667	267	102	2.578	263
Semana 2	06 a 12	6	22	15.556	6.800	320	122	3.094	316
Semana 3	13 a 19	6	22	15.556	6.800	320	122	3.094	316
Semana 4	20 a 26	6	22	15.556	6.800	320	122	3.094	316
Semana 5	27 a 31	4	15	10.370	4.533	214	82	2.062	211
Total		27	100	70.000	30.600	1.441	550	13.921	1.422
Agosto/97	Dias	D. úteis	%	BC 600	Skol	Suk 300	LB 300	Suk P2	LB P2
Semana 1	01 a 02	2	8	6.154	2.231	166	63	944	133
Semana 2	03 a 09	6	23	18.462	6.692	498	188	2.831	400
Semana 3	10 a 16	6	23	18.462	6.692	498	188	2.831	400
Semana 4	17 a 23	6	23	18.462	6.692	498	188	2.831	400
Semana 5	24 a 31	6	23	18.462	6.692	498	188	2.831	400
Total		26	100	80.000	29.000	2.160	813	12.266	1.734

Fonte: Cavalcanti (1997).

4.2. Cálculo e gestão da necessidade de matérias primas

Um dos fatores mais importantes no planejamento e controle de produção de qualquer empresa está na gestão de consumo e necessidade de matérias-primas. As atividades e sistemas que circundam e definem esse tipo de gestão fazem parte do módulo MRP, já citado anteriormente.

Para que o planejamento e controle de produção seja implantado e sustentado de maneira coerente em uma indústria, assim garantindo uma visibilidade correta das necessidades dos insumos, adjuntos e produtos químicos para a produção e envase da cerveja, é necessário a introdução da padronização e controle de todos os processos produtivos.

Segundo Fischer (2002) uma grande vantagem que se obtém com o aperfeiçoamento do método de padronização é o aumento da produtividade.

Existem várias maneiras de se classificar os padrões da empresa, dependendo do tipo, forma de produção e tamanho da organização, a tabela 8 mostra os tipos básicos desses padrões (CAMPOS, 2001).

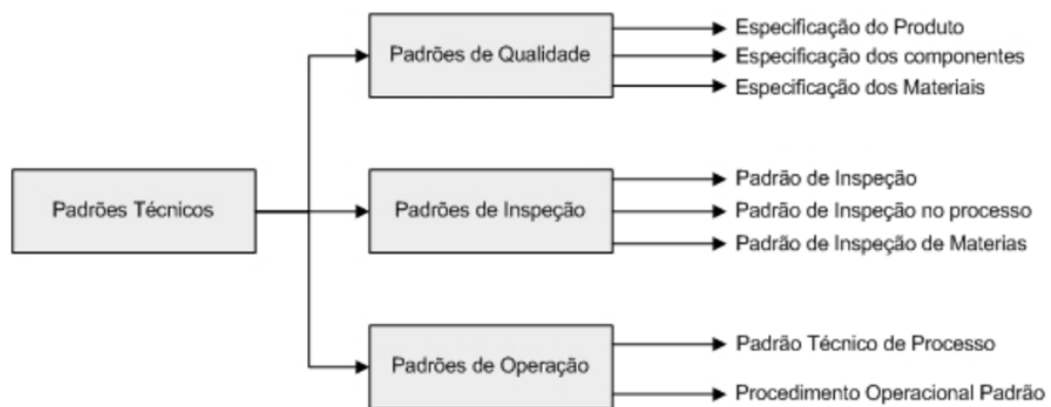
Tabela 8: Estrutura dos padrões de uma empresa.

Padrão	Definição
Padrões de Sistema	Documentos condensados estabelecidos principalmente para assuntos que dizem respeito a organização e conteúdo dos sistemas, seqüência, procedimentos e métodos
Padrões Técnicos	Documentos condensados estabelecidos principalmente para assuntos técnicos relacionados direta ou indiretamente a um produto ou serviço

Fonte: Campos (2001).

Os padrões técnicos instauram a base para a satisfação do cliente. É imprescindível que eles sejam simples e claros, sendo o principal meio de qualificação e capacitação da empresa.

Figura 8: Estrutura dos padrões técnicos.



Fonte: Campos (2001).

Na figura 8, é possível ver algumas divisões internas aos padrões técnicos. Os padrões de qualidade e inspeção definem e especificam características que provam a qualidade de produtos, processos e matérias-primas.

O real objetivo de se controlar a qualidade é a diminuição da variabilidade do processo. Conservar o processo dentro de uma margem técnica e econômica de variações para que os produtos obtidos da fabricação

atendam seu propósito é algo desafiador. A padronização pode ser assim entendida como uma ação gerencial capaz de dar ao processo previsibilidade. Seu papel consiste na diminuição das causas que levam ao efeito, ou seja, a variabilidade dos produtos (BASTOS; TURRIONI; SANCHES, 2003)

Mas o ponto mais importante, quando se fala de planejamento e controle de produção, está associado aos padrões de operação, na figura 8 sendo dividido em padrões técnicos de processo e procedimento operacional padrão, principalmente este último, será a peça chave para visibilidade e gestão da necessidade de matérias primas.

4.2.1. Padrão técnico de processo (PTP)

O Padrão Técnico do Processo, ou também conhecido como PTP, é considerado um documento básico para controle dos processos. Ele identifica onde podem ocorrer erros, e como solucioná-los com os processos em andamento, evitando perdas, que sem ele são identificadas apenas ao final (CAMPOS, 2004).

Composto por especificações dos parâmetros de controle do processo, tem como objetivo a padronização, redução de alterações realizadas nos parâmetros de controle do processo, contribuir para o aumento da produtividade e qualidade, possibilitando a eliminação da variabilidade do produto (CAMPOS, MIGUEL, 2013).

Conforme o Campos (2004), as empresas precisam criar suas definições de PTP, desde que estejam dentro das legislações vigentes.

Ao serem criados os padrões, tais como: pressão e temperatura de sopro de garrafas PET, tempo de residência de garrafa no pasteurizador, tempo de fermentação e maturação de cerveja *mainstream*; cabe a operação realizar atividades que mantenham os parâmetros, garantindo a conformidade e qualidade do processo.

Então, de forma resumida, o PTP é um método que descreve todo o processo de fabricação de um produto e execução de um serviço e por meio de parâmetros de controle ele dispõe o padrão necessário para se manter a qualidade e exigências do mercado.

4.2.2. Procedimento operacional padronizado

O procedimento operacional padronizado (POP) é um documento que tem o objetivo de garantir o treinamento e padronização de tarefas, trazendo descrições das atividades de um determinado processo de forma detalhada.

Normalmente, um POP precisa conter: Equipamentos utilizados, matérias-primas, quantidades, padrões de dosagem e limpeza, padrões de aferimento, responsáveis, descrições dos procedimentos a serem executados, além de um roteiro de inspeções periódicas dos equipamentos, bem como dos procedimentos.

O procedimento operacional padronizado precisa evidenciar, de forma simples, o máximo de informações imprescindíveis para se ter um bom desempenho de uma tarefa. Em muitos exemplos é possível notar o uso de fluxos, figuras, imagens e tabelas para detalhar e garantir um melhor entendimento.

Os POPS precisam ser elaborados de acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 216 e 275, no qual a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) discorre sobre o chamado “Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos”.

4.2.3. Listas técnicas de produção

Em paralelo ao uso desta ferramenta, outra metodologia que completa o sistema de padronização da produção e facilita a gestão do consumo e necessidades de matérias primas, são as fichas técnicas de produtos, também conhecidas como *bill of materials* (BOM), fichas técnicas de preparo ou listas técnicas de produção. Elas fazem parte e são a base do sistema MRP (*Material Requirements Planning*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*), já citados anteriormente.

De acordo com o Megalux (2020), as BOMs podem ser vistas como uma lista completa das matérias-primas, adjuntos e produtos químicos necessários em um determinado processo produtivo, ou em uma determinada etapa dele.

É imprescindível que essas fichas contenham também todas as quantidades necessárias e padrões associados aquela produção, bem como uma instrução exata do processo com sequências de montagem/processo, podendo ser vista, esta última parte, como um procedimento operacional padronizado, citado anteriormente. Um exemplo disto é citado na tabela 9.

Tabela 9: Lista técnica com matérias-primas para produção de mosto primário. Produtos e quantidades são fictícios.

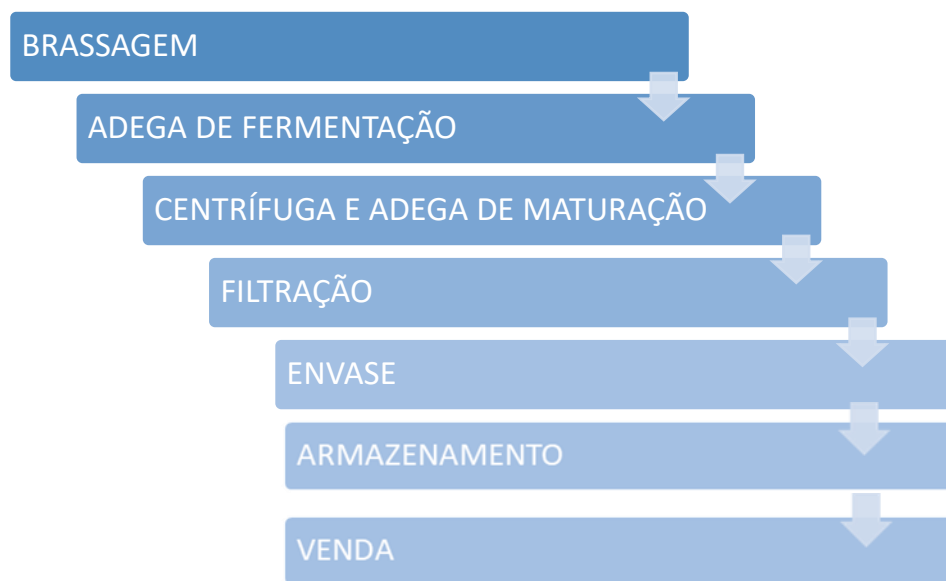
Lista técnica 1 - produção de mosto brassagem			
Material	Quantidade	Unidade	Preço unitário (r\$)
Gritz de milho	- 1.000	Kg	500,00
Malte W	- 1.000	Kg	1000,00
α - Amilase	- 30	L	100,00
β - Glucanase	- 20	L	150,00
Água	- 4.000	L	50,00
Levedura X	- 500	Kg	200,00
Lúpulo Y	- 500	Kg	250,00
Cloreto de cálcio	- 50	Kg	30,00
Ácido fosfórico	- 40	L	40,00
CO ₂	-500	KG	150,00

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 9 é possível ver um exemplo fictício de como é normalmente estruturada uma lista técnica. Para se ter uma cadeia produtiva otimizada e padronizada, é necessário que se tenham padrões técnicos de processo, procedimentos operacionais padronizados e listas técnicas para todos os processos base executáveis.

As listas precisam seguir uma hierarquia de produção contínua, tendo seus componentes e subcomponentes constantemente detalhados, atualizados e padronizados. Como descrito na figura 9, é imprescindível que exista esse fluxo até a venda do produto acabado para o cliente, com isso será possível se ter uma visão de consumo e necessidade de toda a cadeia produtiva, para todas as diversidades de produtos da indústria; a curto, médio e longo prazo.

Figura 9: Fluxo contínuo fictício de Listas técnicas em uma indústria de cerveja.



Fonte: Autoria própria.

O impacto do procedimento operacional padronizado e das listas técnicas no planejamento e controle de produção, está não só na garantia da qualidade e padronização de todo o processo produtivo, mas, consequentemente, também na criação de uma proporção padrão de consumo de cada matéria-prima, adjuntos e produtos químicos para se gerar um determinado produto; evidenciando os custos em relação à performance de cada etapa e do produto final; flexibilizando a visibilidade da necessidade de compras e da estocagem de matérias-primas, adjuntos e subprodutos; e servindo como base para a garantia do sistema MPS E MRP, já citados anteriormente.

5. CONCLUSÕES

Planejar e controlar uma produção cervejeira é notavelmente complexo, principalmente no cenário atual, onde o mercado cobra ainda mais intensamente uma diversidade de opções, uma qualidade padronizada e uma velocidade de atendimento dessas necessidades. A demanda de produção, a cada dia, se torna mais instável e competitiva diante deste panorama e um fator que pode flexibilizar a adaptação de uma empresa e de um processo a este mercado é a qualidade e estabilidade do seu sistema de planejamento e controle de produção.

Como citados anteriormente, existem diversos métodos, práticas e sistemas que podem ser atrelados, impactando no PCP; entender quais se encaixam melhor ao processo e ao mercado em que a empresa está inserida é o fator chave para garantia dos melhores resultados. Por isso, o conhecimento técnico da cadeia de produção é imprescindível para identificação e adaptação dos gargalos de processo às demandas do mercado.

Em um processo de cerveja normalmente as peculiaridades limitantes que influenciam na redução do volume de produção podem estar, como mencionado, na gestão de matérias primas e na quantidade de tanques fermentadores e maturadores, estes podem ser os principais obstáculos em uma cervejaria que possua uma grande diversidade de produtos com altos tempos de fermentação e maturação.

Por isso, é necessário se ter uma previsão de vendas assertiva e um sistema padronizado de produção e de gestão de matérias primas, pois com isso, é possível enxergar e prever necessidade e diversidade real de produção a curto e longo prazo, validando ações para garantir o atendimento desta demanda, mantendo o máximo da performance do processo.

REFERÊNCIAS

AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. 227 p.

BANFORTH, C. *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*. 2ª Edição. Oxford University Press, 2003. V.1

BASTOS, R. M.; TURRIONI, J. B.; SANCHES, C. E. A implementação da padronização participativa sob a ótica do TQC: estudo de caso na CSN (Companhia Siderúrgica Nacional). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, 2003.

BRIGGS, D. E., BROOKES, P. A., STEVENS, R., BOULTON, C. A. **Brewing: science and practice**. Elsevier, 2004.

CAMPOS, Maria Alexandra. Segurança Alimentar: O Sistema HACCP. Revista Lusófona de Humanidades e Tecnologias. 2008. 11: 107-118.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima: INDG, 2001.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina de Trabalho do Dia-a-Dia**. 8. ed. Belo Horizonte: INDG, 2004. 266 p.

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total / Padronização de Empresas**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade / Total no estilo Japonês**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMPOS, Roni C. P.; MIGUEL, Paulo A. Cauchick. **Melhoria do Processo de Produção por Meio da Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade**. Sistemas & Gestão, Niterói, v. 8, n. 2, p.200-209, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V8N2A8/V8N2A8>> Acesso em: 08 maio 2022.

CARMO, William Junio do. **Indústria e Varejo: Estratégias de competitividade**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020.

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

CAVALCANTI, Elvira Madruga Baracuh. **Previsão de vendas e programa mestre de produção na indústria de cervejas e refrigerantes: O caso da Brahma – Filial**

Nordeste. Recife, UFPE, 1997. Dissertação (mestrado) – Administração de empresas – Curso mestrado em Administração, Universidade Federal de Pernambuco, 1997.

CERRI, C. F. F. **Utilização de arroz preto do tipo IAC-600 (*Oryza sativa*) como adjunto para a produção de cerveja.** 2012. 34p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Industrial Química. Universidade de São Paulo, Lorena, SP. 2012.

CORRÊA, Henrique L. e GIANESI, Irineu G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico.** 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1993.

CURI, R. A., VENTURINI FILHO, W. G., DUCATI, C., NOJIMOTO, T. **Produção de cerveja utilizando cevada e maltose de milho como adjunto de malte:** análises físicoquímica, sensorial e isotópica. Brazilian Journal of Food Technology, v. 11, n. 4, p. 279-287, 2008

D'AVILA, R. F., LUVIELMO, M. M., MENDONÇA, C. R. B., JANTZEN, M. M. **Adjuntos utilizados para produção de cerveja:** características e aplicações. Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 8, n. 2, p. 60-68, 2012.

ERDMANN, Rolf Hermann. **Modelo organizativo pra sistemas de planejamento e controle da produção.** Florianópolis: UFSC, 1994. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial,** Editora Atlas. 2010

FERREIRA, R. H.; VASCONCELOS, M. C. R.L.; JUDICE, V. M. M.; NEVES, J. T. R. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte.** Perspect. ciênc. inf., vol. 16, n.4, 2011.

Ficha técnica de moda: da modelagem à produção. AUDACES, 2014. Disponível em: <<https://audaces.com/ficha-tecnica-de-moda-da-modelagem-a-producao/>> . Acesso em: 17 Jul. 2017.

FISCHER, A. **Sistematização de Processo de Padronização de Detalhes Construtivos em Projeto.** 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002, p.13.

GUERRINI, Fábio Muller. et al. **Planejamento e controle da produção:** modelagem e implementação. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2019. Disponível em: <<http://eu-ireland-custom-media-prod.s3.amazonaws.com/Brasil/Downloads/14-10/planetjamento.pdf>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2022.

JIN, Y.L., SPEERS, R.A., PAULSON, A.T., STEWART, R.J. 2004. **Barley E-glucan and their degradation during malting and brewing**. *Technical Quaterly-Master Brewers Association of the Americas*, 41, 231-240.

JÚNIOR, Amaro A. D. et al. **Processo de produção de cerveja**. *Revista processos químicos*, Goiás, V. 1, p. 61-71, jul./dez. 2009. Disponível em: <http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/35/26>. Acesso em 02 de fevereiro de 2022

KUNZE, W. **Technology Brewing and malting. International**. Berlin: VLB, 1999. 1ª Edição. New Jersey, U.S.A.: Noyes Publications, 1995. *Guia completo de maltes. Academia artesanal*, 2015. Disponível em: <<https://academiaartesanal.com.br/guia-completo-de-maltes/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.

LOPES, Ellen Almeida. **Guia para elaboração dos procedimentos operacionais padronizados: exigidos pela RDC nº 275 da ANVISA**. Varela, 2004.

Bill of materials (BOM): a melhor aliada da cadeia de produção. MECALUX, 2020. Disponível em: <<https://www.mecalux.com.br/blog/lista-materiais-bom>>. Acesso em: 02 de maio de 2022.

LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

LOPES, CHRISTIAN BOTELHO; SILVA, Renan Henrique da; ROCHA, Willian Afonso. **Sistemas de produção MRP & MRP II. REGRAD** - Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM - ISSN 1984- 7866, [S.l.], v. 6, n. 1, feb. 2014. ISSN 1984-7866. Disponível em: . Acesso em: 14 nov. 2019.

MEDEIROS, Cláudio D. **Efeitos de variáveis de processo no tempo de fermentação da cerveja e na concentração das dicetonas vicinais totais (TVDK)**. Orientador: Profa. Dra. Márcia Regina da S. Pedrini. 2010. 75f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia química, Departamento de engenharia química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15800/1/ClaudioDM_DISSERT.pdf>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. **A produção de cerveja no Brasil**. Revista CITINO – Ciência, Tecnologia, Inovação e oportunidade, v. 1, n. 1, p. 21-29, 2011. Disponível em: <http://www.hestia.org.br/wp-content/uploads/2012/07/CITINOAno1V01N1Port04.pdf>. Acesso em: 07 de março de 2022.

MOURA, juliano Cesar Oliveira. **Planejamento e controle de produção**. Orientador: Prof. Me. Antônio Carlos Tonini. 2019. 36f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté – SP, 2019. Disponível em:

<<http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/4483/1/Juliano%20Cesar%20Oliveira%20de%20Moura.pdf>> Acesso em: 15 de março de 2022.

MOUREIRA Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. Cengage Learning, 2ª Edição, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, Caio J. A. et al. **Estudo do uso de adjuntos em mosto cervejeiro**. Orientador: . Prof. Fernando Cunha Peixoto. 2015. 84f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Química e Petróleo, Escola de engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/734/TCC-Helena-Caio-Felipe%20Castro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2022.

O'BRIEN, J. A.; MARAKAS, G. M. **Administração de Sistemas de Informação**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

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

POREDA, A., CZARNIK, A., ZDANIEWICZ, M., JAKUBOWSKI, M., ANTKIEWICZ, P. **Corn grist adjunct: application and influence on the brewing process and beer quality**. Journal of the Institute of Brewing, v. 120, n. 1, p. 77-81, 2014.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Ed.). **Handbook of brewing**. CRC Press, 2006.

REBELLO, Flávia De Floriani Pozza. **Produção de cerveja**. Revista Agrogeoambiental, Minas Gerais – Campus Inconfidentes, Dezembro de 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/silas/Downloads/admin,+agrogeoambiental_volume_01_num_03.109-119.pdf>. Acesso em: 05 de março de 2022.

RODRIGUES, M. Ângelo. et al. **Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**. Livro de atas. Instituto Politécnico de Bragança – Dezembro de 2015. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/11625/3/LivroDeActas.pdf#page=59>>; Acesso em 20 de março de 2022.

SANTOS, S. P. **Os Primórdios da Cerveja no Brasil**. Ateliê Editorial. 1 ed, Cotia, 2003.

SCHONBERGER, Richard J. e KNOD, Edward M. Jr, **Operations management: improving customer service**. 4. ed. Homewood, IL: Irwin, 1991.

SCHONBERGER, Richard J. **Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade**. 4. ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1993.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, HARLAND, Christine, HARRISON, Alan e JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009

SLEIMAN, M.; VENTURINI FILHO, W.G.; DUCATTI, C; NOJIMOTO, T. 2010. **Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica**. Ciência e agrotecnologia, 34(1):163-172.

SILVA, Hiury Araújo. et al. **Beer and society**. Contextos da Alimentação, São Paulo: Centro Universitário Senac, Vol. 4 no 2 – Março de 2016, p. 85-91, março de 2016. Disponível em: <<https://normas-abnt.espm.br/index.php?title=Artigo#:~:text=%C3%9ALTIMO%20NOME%2C%20Primeiro%20nome%20do,%2C%20m%C3%AAs%2C%20ano%20de%20publica%C3%A7%C3%A3o.>>> . Acesso em: 30 de fevereiro de 2022.

SILVA, J. S. S. **Tecnologia em Gastronomia: Cerveja Artesanal**. 2014. 10p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Tecnologia em Gastronomia. Faculdade Método de São Paulo, São Paulo, SP. 2014.

SIQUEIRA, Priscila Becker. et al. **O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis**. Alim. Nutri., Campinas – SP, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/660/556.>> Acesso em: 30 de fevereiro de 2022.

Tipos de cerveja e classificações básicas. Sindicato Nacional da Indústria de Cerveja (SINDICERV), 2011. Disponível em: <<https://www.sindicerv.com.br/tipos-de-cerveja/>> Acesso em: 12 de fevereiro de 2022.

UGBOAJA, F. C.; BEDNARSKI, W.; BABUCHOWSKI, A. **The technology and properties of beer produced from unmalted sorghum or maize grains**. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 7, n. 2, p. 225-230, 1991.

WILLAERT, Ronnie. The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer. **Handbook of Food Products Manufacturing**, 2 Volume Set, p. 443, 2007.