

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Departamento de Engenharia Química

G

E

Q



Trabalho de Conclusão de Curso

**OTIMIZAÇÃO DO RECEBIMENTO E GESTÃO DO
BENEFICIAMENTO DE MATÉRIA-PRIMA DE UMA
CERVEJARIA**

Sérgio Gonzaga dos Santos Júnior

Orientadora: Daniella Carla Napoleão

SÉRGIO GONZAGA DOS SANTOS JÚNIOR

**OTIMIZAÇÃO DO RECEBIMENTO E GESTÃO DO BENEFICIAMENTO DE
UMA CERVEJARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Química da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial à
obtenção do grau Bacharel em Engenharia
Química.

Orientador(a): Prof.(a) Dr(a) Daniella Carla
Napoleão

Recife
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Santos Júnior, Sérgio Gonzaga dos.

Otimização do recebimento e gestão do beneficiamento de matéria-prima de
uma cervejaria / Sérgio Gonzaga dos Santos Júnior. - Recife, 2021.
40 p. : il., tab.

Orientador(a): Daniella Carla Napoleão

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química -
Bacharelado, 2021.

1. Beneficiamento de matéria-prima. 2. Cerveja. 3. Ciclo PDCA. 4.
Controle da qualidade. I. Napoleão, Daniella Carla . (Orientação). II. Título.

660 CDD (22.ed.)

SÉRGIO GONZAGA DOS SANTOS JÚNIOR

**OTIMIZAÇÃO DO RECEBIMENTO E GESTÃO DO BENEFICIAMENTO DE
UMA CERVEJARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Química da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial à
obtenção do grau Bacharel em Engenharia
Química.

Aprovado em: 10/12/2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Daniella Carla Napoleão (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Jenyffer Medeiros Campos Guerra
Universidade Federal de Pernambuco

Rafaella de Figueiredo Sales
Universidade Federal de Pernambuco

Recife
2021

“Toda honra e toda glória sejam dadas a Jesus”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que em sua infinita bondade me abençoa todos os dias na busca pelos meus sonhos.

Agradeço ao meu pai, Sérgio Gonzaga, que me guia com o seu exemplo. Agradeço ao meu irmão, Filipe Soares, que está sempre ao meu lado. E agradeço a minha mãe, Luzinete Ferreira, que me incentiva todos os dias e acreditou em mim quando eu mesmo não acreditei. Tudo que sou e serei é graças a vocês.

Agradeço a toda minha família que viveu e vive comigo esse sonho. Agradeço aos meus amigos que estiveram comigo nos dias difíceis, me incentivaram e não me deixaram desanimar.

Agradeço a professora Daniella Napoleão por ter sido minha mãe acadêmica, ter me apresentado ao mundo das pesquisas e por sua infinita paciência ao longo desse semestre. Serei eternamente grato.

Agradeço a todas as pessoas da cervejaria Ambev Pernambuco que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho e da minha formação.

Por fim agradeço a todos os meus companheiros de graduação que estiveram e estão comigo tornando esse sonho realidade.

RESUMO

Diante de um mercado aquecido as cervejarias estão buscando expandir suas linhas produtivas e evoluir a qualidade de seus produtos. Com isso, a região do recebimento e beneficiamento de matéria-prima (MP) merece uma atenção especial visto que é a partir desta etapa que se inicia o processo produtivo, sendo o beneficiamento a etapa de limpeza e seleção dos melhores grãos de MP. A cervejaria Ambev Pernambuco se encontra no estágio de crescimento do processo produtivo, passando a ter a maior área quente (recebimento e beneficiamento de MP, brassagem e evaporador) da América Latina. Com este aumento, a demanda por matéria-prima e a quantidade de atividades operacionais cresceram também. Para suprir a nova demanda de matéria-prima foram utilizadas algumas metodologias e ferramentas da qualidade para garantir que as etapas que envolvem a MP mantivessem um alto padrão e reduzissem os problemas anteriormente existentes. Dentre as metodologias empregadas para região de recebimento e beneficiamento de MP neste trabalho foram utilizados os 5 porquês e o ciclo PDCA, com emprego da ferramenta comumente conhecida como matriz GUT a fim de elencar oportunidades na rotina operacional para melhoria da produtividade. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo realizar a otimização das atividades operacionais de recebimento e beneficiamento de MP, melhorando a rotina, diminuindo o esforço físico do operador, facilitando a execução e ajustando a frequência de realização das atividades. Foram realizadas sessões de *benchmarking* com outras unidades da Ambev de modo a verificar possibilidades de melhorias no processo; durante estas reuniões foi possível desenvolver novos instrumentos de trabalho com êxito, como a máquina lavadora e o raspador. Estes tiveram a função de auxiliar os operadores na limpeza dos pisos das salas e dos transportes de matéria-prima, diminuindo o esforço do executante e o tempo de atividade. O acompanhamento realizado no recebimento de matéria-prima encontrou oportunidades na estrutura física e no planejamento do envio dos caminhões feito pelas transportadoras, conseguindo elevar em 15% a eficiência no recebimento, trazendo um ganho de quase 36 ton por turno. Também foram evidenciadas oportunidades de melhoria no beneficiamento com os novos instrumentos de trabalho, reduzindo o tempo de limpeza interna dos transportes, que antes era realizada em blocos; passando a empregar raspadores e possibilitando a limpeza de uma única vez. Com as novas rotinas operacionais também foi possível evoluir em indicadores importantes da cervejaria como índice de perda de extrato, que diminui em quase 4%, e o *sensory* que obteve uma evolução de mais de 5% para as cervejas comuns e especiais. O tempo de realização do estágio permitiu um aprofundamento em conteúdos vistos em algumas disciplinas durante a faculdade, como controle da qualidade, processos químicos e fenômenos de transportes, aliando o conhecimento teórico com o prático e contribuindo para a formação profissional.

Palavras-chaves: Beneficiamento de matéria-prima. Cerveja. Ciclo PDCA. Controle da qualidade.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matriz de priorização para os problemas encontrados no recebimento	27
Tabela 2. Mapeamento de fluxo de valor para o recebimento de caminhões	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma simplificado do processo produtivo da cerveja	13
Figura 2. Comparação entre as canecas dos elevadores de adjunto e malte	25
Figura 3. <i>Layout</i> dos silos de matéria-prima da cervejaria	26
Figura 4. Eficiência do recebimento ao longo dos meses	30
Figura 5. Raspador para limpeza interna do transporte	31
Figura 6. Transporte de beneficiamento antes e após a limpeza com o raspador	33
Figura 7. Índice de perda de extrato (IPE) e resíduos totais (RT) ao longo do tempo	34
Figura 8. Ilustração de quadro de gestão à vista utilizado no recebimento de MP	35

LISTA DE ABREVIATURAS

aC	Antes de Cristo
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CO ₂	Gás carbônico
DMS	Dimetilsulfureto
GUT	Gravidade, Urgência e Tendência
IPE	Índice de Perda de Extrato
MP	Matéria-prima
PDCA	Planejar, Fazer, Checar e Agir
POP	Procedimentos Operacionais Padrão
PT	Permissão de Trabalho
PVPP	Polivinilpolipirrolidona
RT	Resíduos Totais
SAM	<i>Safety Access to Machine</i>
VHG	<i>Very High Gravity</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO	12
2.1	CERVEJA	12
2.2	HISTÓRICO DA AMBEV	12
2.3	PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJARIAS	13
2.4	CONTROLE DA QUALIDADE	18
3	METODOLOGIA	21
3.1	CONTROLE DE QUALIDADE NO RECEBIMENTO DA MP	21
3.1.1	Ciclo PDCA	22
3.1	CONTROLE DE QUALIDADE NO BENEFICIAMENTO DA MP	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	CONTROLE DE QUALIDADE NO RECEBIMENTO DA MP	24
4.1.1	Emprego do ciclo PDCA na etapa de recebimento	28
4.2	CONTROLE DE QUALIDADE NO BENEFICIAMENTO DA MP	31
5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é um tipo de bebida não destilada produzida a partir da fermentação alcoólica de um mosto contendo malte de cevada, com ou sem outros adjuntos (insumos utilizados no processamento, exceto malte) que contém amido, e lúpulo, que ajuda no controle microbiano da cerveja e fornece o amargor característicos da bebida (DURELLO; SILVA; BOGUSZ JR, 2019). Seu surgimento data de pouco mais de 8000 a.C. e seu processo produtivo mudou muito até chegar-se próximo do modo atual. A cerveja Pilsen, por exemplo, foi criada apenas em meados do século 19, sendo até hoje a mais popular (MORADO, 2017).

Segundo pesquisa da *Euromonitor International*, empresa especializada em pesquisas de tendências de mercado, divulgada em junho de 2021, o volume de vendas de cerveja no Brasil no ano de 2020 foi o maior desde 2014, quando o país sediou a copa do mundo de futebol, atingindo 13,3 bilhões de litros, sendo esta bebida a que apresentou maior volume de vendas no Brasil. Mesmo com o cenário da pandemia, o mercado se manteve aquecido e revelou uma nova tendência de consumo entre os brasileiros. O percentual de brasileiros com mais de 18 anos que bebeu cerveja na sua residência saltou de 64,6% em 2019 para 68,6% em 2020 (ALVARENGA, 2021).

Diante do aumento da demanda e da competitividade no mercado, as cervejarias estão buscando expandir suas linhas produtivas e aumentar a sua produtividade, melhorando seus rendimentos e diminuindo suas perdas. A região do beneficiamento e recebimento de matéria-prima merece destaque pois é onde tudo se inicia, sendo a etapa de beneficiamento responsável pela retirada de sujidades e seleção dos melhores grãos de MP. Para isso, deve-se garantir a menor perda possível, com um bom beneficiamento, buscando uma melhor qualidade de MP para uma boa produção do mosto (KUTKOSKI, 2019).

A cervejaria Ambev Pernambuco tem 10 anos de história e está em constante expansão. Do final de 2020 para o final do terceiro trimestre de 2021 foram dados o *start up* para uma nova sala de brassagem, uma nova linha de latas e o evaporador. Além disso, houve a instalação de novos tanques na região de adegas e na filtração. Com esta expansão, a área quente da cervejaria, conjunto de etapas produtivas realizadas sob temperaturas elevadas e a região de recebimento e beneficiamento de MP, se tornou a maior da América Latina e a quantidade de atividades operacionais cresceu bastante.

Diante desse cenário de expansão, o presente trabalho teve como objetivo otimizar o recebimento de matéria-prima e as atividades operacionais nas etapas de beneficiamento, melhorando a rotina, diminuindo o esforço físico do operador, facilitando a execução e

ajustando a frequência de realização das atividades. Como objetivos específicos buscou-se a partir da melhoria das manutenções dos equipamentos da região do beneficiamento, melhorar a qualidade da matéria-prima enviada para a mostura, primeira etapa da produção do mosto cervejeiro (melhorando a análise sensorial da cerveja, chamada de *beer sensory*), e diminuir a perda de extrato, quantidade de açúcares perdida ao longo do processo produtivo. Para isso, foram aplicadas metodologias como o ciclo PDCA, matriz GUT e os 5 porquês para reduzir o tempo e o esforço físico do operador.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CERVEJA

O nome cerveja tem origem na mitologia greco-romana, na deusa Ceres da agricultura, pois não se tinha conhecimento a respeito do processo fermentativo e acreditava-se ser um fenômeno divino. Ao longo da história sua produção esteve constantemente ligada a mulheres, sendo de crédito feminino a utilização do lúpulo na receita. A Santa Hildegarda de Bingen o introduziu na receita devido às suas propriedades conservantes (MORADO, 2017). A utilização do lúpulo trouxe um novo perfil sensorial para cerveja, mais próximo do atual.

As matérias-primas utilizadas para produção de cerveja eram diversas, geralmente as mais comuns na região de produção, gerando vários tipos de bebida. Somente com a lei de pureza alemã, *Reinheitsgebot*, que houve uma padronização para produção: água, lúpulo, malte de cevada e leveduras (SANTOS, 2003).

Devido a variedade de matérias-primas surgiram diversos perfis sensoriais para a bebida, desde a cerveja mais escura e adocicada até a pilsen tradicional. No Brasil, o perfil mais adotado é o mais leve e mais refrescante, com menor amargor e baixo teor alcóolico (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

2.2. HISTÓRICO DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA NO BRASIL

A história da cerveja no Brasil se confunde com a história da Antarctica e da Brahma. A Antarctica iniciou suas atividades como um abatedouro de suínos, localizado no bairro de Água Branca, na cidade de São Paulo. Em 1891, 6 anos após sua fundação, deu-se início a Companhia Antarctica Paulista, com a fabricação de cervejas e refrigerantes. Entretanto, a empresa ainda não tinha um produto bem definido, atuando nos mercados de bebidas e produtos de origem animal. Somente em 1893, quando houve uma grave crise econômica e a companhia esteve perto de decretar falência, os acionistas Zerrenner e Bülow decidiram trocar seu crédito por um aumento de participação na empresa, passando a acionistas majoritários e assumindo o controle da Antarctica com 51,15% do capital. Essa aquisição se tornou o marco inicial das atividades industriais da Antarctica (AMBEV, 2021).

A Brahma é uma cervejaria brasileira criada em 1888, no Rio de Janeiro, pelo suíço Joseph Villiger. Essa cervejaria teve um papel importante no aperfeiçoamento da produção no Brasil visto que investiu consideravelmente na aquisição de equipamentos importados

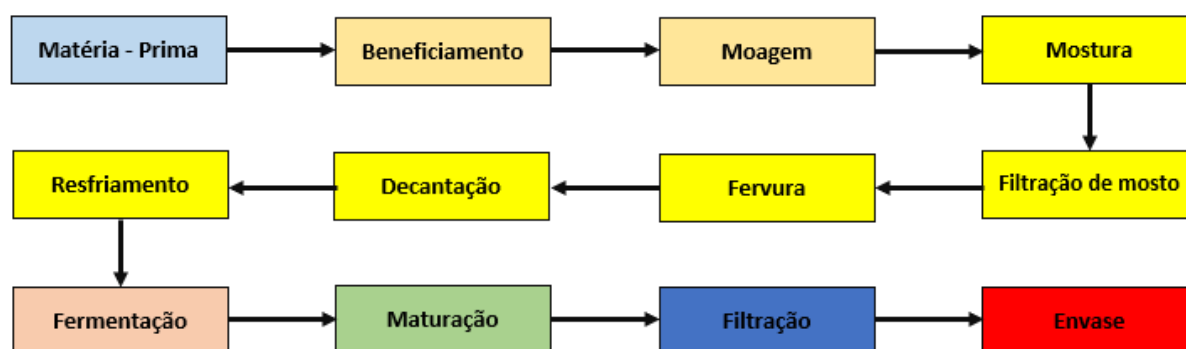
(AMBEV, 2021). A partir da fusão entre a Cervejaria Brahma e a Antarctica Paulista foi fundada em 1999 a Ambev, se tornando a terceira maior cervejaria do mundo e a quinta maior produtora de bebidas no cenário internacional. Entretanto, a homologação da criação da Ambev só veio em 30 de março de 2000 quando o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) aprovou a criação da companhia. Ao longo dos anos esta organização foi adquirindo ou se fundindo com outras cervejarias, aumentando seu domínio de mercado. Inicialmente houve uma parceria com a Quilmes, uma das maiores cervejarias no mercado latino, visando a integração dos mercados. Em 2004, a empresa belga Interbrew (quarta maior cervejaria do mundo) se fundiu a Ambev, dando surgimento então à InBev, que atualmente é considerada a maior e mais importante cervejaria do mundo, controlando mais de 70% do mercado de cervejas do Brasil e sendo a 5ª maior empresa do mundo. Possui dezenas de cervejarias, além de maltarias, refrigeranteiras, fábrica de rótulos, rolha e vidro e centros de excelência espalhados pelo Brasil (AMBEV, 2021).

Com isso, percebe-se que a trajetória do grupo Ambev é marcada por uma constante expansão e internacionalização. Para entender melhor o funcionamento desta multinacional é necessário compreender como se dá o processo produtivo de uma cervejaria.

2.3. PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJARIAS

O processo produtivo em uma cervejaria pode ser dividido em 4 partes principais: recebimento e beneficiamento de matéria-prima, brassagem (moagem do malte, mosturação, filtração do mosto; fervura do mosto; decantação e resfriamento); adegas (subdividido em fermentação e maturação) e filtração. Posteriormente a cerveja vai ser envasada e pasteurizada (KUNZE, 2019). A Figura 1 apresenta o fluxograma simplificado do processo.

Figura 1 - Fluxograma simplificado do processo produtivo da cerveja



Fonte: Autor (2021)

Conforme pode ser observado na Figura 1, a primeira etapa consiste no recebimento da matéria-prima, que é realizado em um tombador. Este consiste em uma plataforma que eleva o caminhão em mais ou menos 45°, permitindo que a matéria-prima armazenada dentro do caminhão possa escorrer até uma moega, uma espécie de funil. Kunze (2019) afirma ainda que no recebimento, a matéria-prima passa por transportadores, que podem apresentar dois tipos de movimentações horizontal e vertical. O transporte horizontal é feito através de um sistema de correntes com aletas, que empurram o malte. Já o vertical é realizado com elevadores de canecas.

A moega irá direcionar os grãos da matéria-prima para um transporte que leva até os elevadores de caneca, dos elevadores os grãos são levados até os silos de armazenamento (KUNZE, 2019).

A segunda etapa do processo produtivo consiste no beneficiamento, que é o conjunto de operações que visa melhorar a qualidade da matéria-prima. Nesta etapa são removidas impurezas, sujidades e outros grãos que possam ter se misturado ao longo do deslocamento. Esta região é de importância ímpar para qualidade da cerveja, visto que defeitos organolépticos como o butírico (cheiro de vômito de bebê) têm origem em um processo de beneficiamento deficiente. Durante esta etapa, tem-se uma máquina de limpeza, que faz a separação granulométrica das partículas, e a despedradeira, que realiza a remoção de partículas baseada na densidade. Estes equipamentos possuem pranchas magnéticas que retiram objetos metálicos, que são extremamente perigosos pois podem entrar em atrito e gerar uma centelha, que em uma atmosfera com muito pó, pode ocasionar uma explosão (KUTKOSKI, 2019).

A terceira etapa consiste na moagem do malte e é considerada uma parte crítica do processo. Isto porque uma moagem ineficiente pode causar uma clarificação ruim, baixo rendimento de açúcares (aumentando a perda de açúcares) e afetar as propriedades organolépticas da cerveja (a adstringência, por exemplo, é causada por taninos contidos na casca do malte). Nesta etapa ocorre a quebra dos grãos de malte, rompendo a casca e expondo o endosperma amiláceo, facilitando a ação das enzimas. Outro aspecto importante é avaliar se o tipo de moinho utilizado está associado com a tecnologia utilizada na filtração do mosto. Se esta ocorrer com tina filtro, geralmente utiliza-se o moinho de rolos; caso a escolha seja do filtro prensa, pode-se utilizar o moinho martelo. A moagem de rolos é uma moagem por esmagamento, preservando a integridade da casca, que será importante durante a filtração, já o martelo não preserva as cascas do malte (AZEVEDO; SOUZA, 2021).

A quarta etapa recebe o nome de mosturação. Trata-se de um tratamento enzimático dos açúcares contidos no malte, que estão em solução, formando o mosto. Nesta etapa, o amido é convertido em açúcares fermentescíveis e são extraídos importantes compostos para as propriedades sensoriais e nutricionais da cerveja. A mosturação visa criar um mosto que forneça todas as necessidades nutricionais da levedura (SCHMIDELL, 2021).

Na tubulação de envio do macerado para a tina de mostura há a dosagem de ácido e cloreto de cálcio, que auxiliam no controle do pH. O cálcio ajuda ainda na decantação das leveduras após o fim da fermentação. Dentro da tina de mostura o macerado passa por uma rampa de temperatura, que visa oferecer as melhores condições para cada enzima atuar. A enzima beta amilase atua prioritariamente entre 60° e 65° C, produzindo mais maltose, já a alfa amilase, atua em temperatura de 65° a 70° C, formando açúcares fermentáveis ou não. De acordo com o perfil de cerveja que serão *setados* os tempos em cada temperatura, uma cerveja mais leve e com mais álcool requer uma atuação maior da alfa-amilase. Se for preciso uma cerveja mais encorpada, pode-se priorizar a atuação da beta amilase. Além disso, na tina de mostura, pode-se realizar a dosagem de algumas enzimas importantes, a mais comum é a beta glucanase que atua nos beta-glucanos, composto presente na parede celular do amido, que em solução aquosa formam um gel dificultando a filtração (SILVA, 2019).

A quinta etapa é a filtração onde há a separação da parte líquida do mosto dos componentes sólidos presentes. Há duas tecnologias de filtração do mosto: tina filtro e filtro prensa. A tina filtro possui um fundo falso, que funciona como uma espécie de peneira. O bagaço se acumula sobre essa ela, formando um leito filtrante (por isso é importante preservar as cascas do malte). O primeiro mosto que passa no leito filtrante é chamado de mosto primário. Para melhorar a extração de açúcares, pode-se fazer a recirculação deste mosto. Após a finalização da recirculação do mosto primário, pode-se lavar o bagaço com água quente, em torno de 78 °C, para melhorar a extração de açúcares (SHALA; HOXHA; XHABIRI, 2017). O filtro prensa, por sua vez, possui uma série de placas revestidas de material filtrante. Após finalizar a moagem o macerado, em solução, é bombeado para dentro das placas do filtro através de bombas de alta pressão. Dentro do filtro, o bagaço de malte fica retido e o líquido escoar para fora do filtro. Assim como na tina filtro, é possível lavar o bagaço com água quente para diminuir a perda de açúcares (KUNZE, 2019).

Nesta etapa do processo, a temperatura de água de lavagem é muito importante, pois se ela estiver muito baixa, não há uma extração eficiente dos açúcares. Caso contrário, se ela estiver muita alta, pode ocorrer a extração de compostos indesejados no mosto, que podem prejudicar as propriedades sensoriais da cerveja. Além disso, a temperatura está diretamente

relacionada com a viscosidade da cerveja, visto que uma temperatura baixa torna o líquido mais viscoso e prejudica a filtração (SHALA; HOXHA; XHABIRI, 2017).

A sexta etapa é a fervura, muito importante no processo. Suas principais funções são: isomerização dos lúpulos amargor e aromático; coagulação e precipitação de proteínas indesejáveis; eliminação de componentes voláteis de odores indesejáveis; concentração do mosto por evaporação (KUNZE, 2019).

A isomerização dos lúpulos ocorre na fervura porque eles geralmente são insolúveis em baixas temperaturas e, além de conferir o amargor e os aromas característicos da cerveja, atuam como um protetor microbiológico da cerveja. O lúpulo de amargor é adicionado logo no início da fervura, que dura em média 50 min, já o lúpulo aromático só é adicionado no final do processo, visto que possui composto voláteis que poderiam ser evaporados. Como a fervura ocorre em temperaturas próximas de 100 °C, há a evaporação de uma parte do mosto e, com isso, ocorre o arraste de compostos voláteis indesejados, conhecidos como *off flavors*, o mais conhecido deles é o dimetilsulfureto (DMS). O DMS é um composto sulfúrico e sua presença traz um sabor ou aroma de vegetais cozidos à bebida, como milho ou repolho. Em cervejas escuras, o composto pode causar até um aroma de frutos do mar na bebida (ALBUQUERQUE; SILVA; SOUZA, 2021)

Nesta etapa também se inicia a formação do *trub*, que é um produto da coagulação das proteínas. A coagulação é importante porque o *trub* fica em volta das leveduras dificultando o processo fermentativo. Além disso, na fervura ocorre a estabilização da cor por reação de Maillard e a esterilização do mosto (FELLOWS, 2018).

Após o fim da fervura as proteínas coaguladas devem ser separadas do mosto, iniciando a etapa de decantação. Nela ocorre um processo de repouso para que a coagulação das proteínas iniciada na fervura possa ser finalizada, retirando as partículas em suspensão e clarificando o mosto. O equipamento mais utilizado para este processo se chama *Whirlpool*; nele o mosto entra com uma velocidade tangencial permitindo que as partículas mais densas se acumulem na região mais central do equipamento (SILVA, 2019).

Quando a decantação é finalizada, o mosto é resfriado, geralmente com auxílio de um trocador de calor de placas, até atingir a temperatura ideal para a ação das leveduras. Este resfriamento precisa ser breve e ocorrer de maneira asséptica visto que a esterilização do mosto já ocorrer na fervura (KUNZE, 2019).

Terminada a etapa de resfriamento, segue-se o processamento com a primeira fase da fermentação, que consiste na multiplicação celular, em que a levedura necessita de oxigênio. Portanto, após o resfriamento, o mosto segue para um equipamento responsável por sua

aeração. Vale ressaltar que o perfil de aeração é diferenciado para cada tipo de cerveja (PEREIRA, 2019). Essa é a última etapa do mosto na brassagem.

A nona etapa é a fermentação alcoólica, responsável pela conversão dos açúcares do mosto em etanol, gás carbônico e outros subprodutos. Esta etapa de processamento é realizada por leveduras e pode ocorrer de duas formas: 1) “alta fermentação” que emprega leveduras “*ale*” ou 2) “baixa fermentação” que se utiliza leveduras “*lager*”. As leveduras do tipo *ale* ao final da fermentação tendem a flotar, enquanto as leveduras *lager*, mais populares no Brasil, decantam. Além do comportamento pós-fermentação, tem-se diferenças nas temperaturas de fermentação, cervejas do tipo *lager* estão entre 8 e 12°C, já para as cervejas de alta fermentação, a temperatura é mantida entre 16 e 20°C (SCHMIDELL, 2021).

Durante a fermentação haverá a formação de cerveja propriamente dita (até o final da brassagem tem-se mosto), por isso controlar parâmetros como temperatura, pressão, pH, densidade e composição do mosto é fundamental. Qualquer alteração nestes parâmetros pode trazer mudanças significativas nas propriedades organolépticas da cerveja (SANTOS *et al.*, 2020).

A temperatura é um dos principais parâmetros, pois age diretamente na atividade das leveduras, na velocidade da fermentação, influenciando na taxa de multiplicação celular e na velocidade das reações metabólicas. Seu controle é feito com um fluido refrigerante dentro da camisa do fermentador (SCHMIDELL, 2021).

Na fermentação tem-se três parâmetros de pressão importantes que devem ser monitorados: a pressão osmótica a que estão sujeitas as células de levedura; a pressão hidrostática pela altura da coluna de cerveja no tanque e a pressurização ocasionalmente aplicada aos tanques. A pressão osmótica é função da concentração do mosto, mas, em geral, as leveduras têm uma boa resistência e as cervejarias tendem a pressurizar, para garantir uma boa retenção de compostos aromáticos oriundos da fermentação e reter o CO₂. A pressão que pode causar mais prejuízos é a hidrostática, da coluna líquida, visto que gera um estresse maior na levedura (MACHADO *et al.*, 2021).

Além dos cuidados com os parâmetros físico-químicos, também é necessário realizar um acompanhamento microbiológico, que irá investigar alterações responsáveis pelo sabor da cerveja e possíveis riscos para saúde do consumidor (TORTORA; FUNKE; CASE, 2016). Findada a fermentação, passa-se à fase de maturação. Logo após o fim da fermentação, a cerveja passa por um processo de centrifugação para retirada das células que ainda estão em suspensão e é enviada para maturação. A maturação ocorre em baixas temperaturas por um determinado tempo, de acordo com a orientação de cada receita, e pode ser entendida como

uma fermentação mais lenta, onde há a clarificação do líquido, por meio da precipitação das leveduras e proteínas, bem como sólidos solúveis. Nesta etapa ocorre ainda o aprimoramento das propriedades organolépticas da cerveja, trazendo novas características para o aroma e o sabor (MACHADO *et al.*, 2021).

Com o fim da maturação, a cerveja passa pela última etapa do processo, a filtração. Esta é empregada para promover a remoção de materiais insolúveis que não foram retiradas ao longo do processo. A filtração deve ocorrer em baixas temperaturas, em torno de -1,5 °C, pois nessas condições há a formação do *chill haze*, que é uma turbidez temporária que surge quando a cerveja é mantida a baixas temperaturas (TEUMER; RÄDLE; METHNER, 2019).

Sob baixas temperaturas, polifenóis e proteínas fazem uma ligação que dá origem ao *chill haze*. Para evitar a formação desta turbidez pode-se realizar a dosagem de alguns aditivos, como o polivinilpolipirrolidona (PVPP). Este é um composto adsorvente que atua sobre os polifenóis diminuindo a concentração deles em solução (TEUMER; RÄDLE; METHNER, 2019).

Além da retirada de compostos insolúveis, na filtração também há a carbonatação e correção do extrato da cerveja, que ocorre no *carboblender*. Trata-se de um equipamento responsável por injetar água desaerada e gás carbônico para enquadrar os parâmetros físico-químicos da cerveja. Nesta etapa também é fundamental o cuidado com a perda de gás carbônico, entrada de oxigênio e contaminação microbiológica (KUNZE, 2019).

Findada a filtração, chega-se a última etapa, o envase. O *packaging* é área responsável pelo envase da cerveja que pode ser realizado em garrafas, retornáveis ou não, barris e latas. Após o envase, as garrafas e latas passam por um processo de pasteurização para estender a vida útil da cerveja. Após a pasteurização o líquido pode realmente ser chamado de cerveja. Quando não há esse processo, o líquido é denominado chopp e tem uma validade bem menor (BRASIL, 2009). Para garantir o bom funcionamento das etapas do processo pode-se utilizar metodologias de controle de qualidade, que auxiliem na identificação de *gaps* e oportunidades de melhorias do processo e do produto.

2.4 CONTROLE DA QUALIDADE

O controle de qualidade é um conjunto de atividades que visam otimizar a utilização dos recursos, reduzir custos e aprimorar os métodos de execução das atividades, garantindo uma boa qualidade e padronização dos produtos de um processo (MORAIS, 2020). Com processos industriais cada vez mais complexos e modernos, o controle da qualidade tem um

papel importante na busca por melhorias e na criação de um processo mais confiável. Menezes, Santos e Viana (2019), por exemplo, trabalharam com controle estatístico da qualidade em uma cervejaria e conseguiram identificar e sanar problemas de carbonatação da cerveja na enchedora, enquadrando a concentração de gás carbônico na faixa de trabalho especificada e diminuindo a variabilidade.

No controle da qualidade pode-se aplicar metodologias que ajudam no entendimento e melhoria da rotina das atividades, dentre as quais pode-se citar: 5 porquês, matriz GUT, ciclo PDCA, *benchmarking* e mapa de fluxo de valor (SEHNEM *et al.*, 2020).

Os 5 porquês é uma metodologia simples utilizada para encontrar a causa raiz de um problema ou entender mais profundamente uma situação. Ela consiste basicamente em, após decidir-se o que se quer analisar, questionar o porquê cinco vezes. Esta abordagem foi desenvolvida pela Toyota em meados dos anos 70 e está muito ligada à gestão da qualidade total (JONES; WOMACK, 2014).

Quando se tem a lista de problemas que estão impactando no processo pode-se utilizar uma ferramenta gerencial da qualidade que é a matriz GUT. Esta ferramenta ajuda a determinar a priorização dos problemas utilizando três critérios: gravidade, urgência e tendência. A gravidade é avaliação do impacto ou intensidade que o problema pode trazer ao processo; urgência está ligada ao tempo, quanto mais rápido um problema precisa ser resolvido, mais urgente; tendência indica se o problema tende a piorar ou permanecer estável. Na matriz GUT atribui-se um peso de 1 a 5 e calcula-se o produto dos três pesos para se ter uma ordem de prioridades (NOVASKI; FREITAS; BILLIG, 2020).

Uma outra metodologia muito aplicada no controle de qualidade é o ciclo PDCA. Este surgiu na década de 20 nos Estados Unidos da América (EUA) através dos estudos do estatístico Shewart e tem como objetivo aprimorar a qualidade em processos produtivos. A sigla PDCA é a abreviatura das palavras de cada fase do ciclo, são elas: *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Check* (Checar) e *Act* (Agir) (RODRIGUES *et al.*, 2017).

A primeira etapa do ciclo, o planejar, deve determinar qual o problema a ser tratado, como ele acontece, quando ocorre e qual a frequência de ocorrência. Comumente nesta etapa faz-se uso da metodologia dos 5 porquês ou ainda empregam-se ferramentas da qualidade como o diagrama de espinha de peixe para identificar as causas do problema. O bom planejamento é fundamental para garantir o sucesso das etapas seguintes e deve conter um plano de ação para resolução do problema ou mitigação dos impactos. Na fase de planejamento do ciclo PDCA pode-se utilizar o *benchmarking* que é uma metodologia que visa realizar um estudo de outras empresas, seja ela do mesmo ramo industrial ou não. No

benchmarking busca-se encontrar boas práticas que possam ser utilizadas dentro do processo e da empresa em que o ciclo está sendo desenvolvido. Com ele tem-se a possibilidade de avaliar na prática como os processos estão sendo utilizados e quais ônus e benefícios estão sendo obtidos com sua utilização (KRUSCHE, 2019).

Após o “planejar” há o “fazer” ou “executar”, em que será colocado em prática o plano de ações desenvolvido na etapa anterior (COSTA; GASPAROTTO, 2016). A terceira etapa, checar, visa analisar se o problema proposto na primeira etapa, juntamente com o plano de ações, foi realmente efetivo, eliminando ou diminuindo os impactos. Se o resultado for positivo, avança-se à última etapa realizando ações para manter as melhorias realizadas; em caso negativo realizam-se ações corretivas, tornando ao início do ciclo. O agir é a etapa de ajustes do plano aplicado de modo a dar uma definição para o problema proposto. Nesta última etapa é importante que, após consolidar a metodologia de resolução, haja a padronização desse método, evitando que o problema volte a ocorrer (COSTA; GASPAROTTO, 2016).

Uma metodologia que pode ser aplicada na última etapa do ciclo PDCA é gestão à vista. Como o próprio nome sugere trata-se de um modelo de gerenciamento que fica disponível para todos os colaboradores. Nestes quadros são colocadas informações e instruções relevantes para as rotinas operacionais e que ajudam na execução de determinadas atividades operacionais. A partir do momento em que se tem um processo estruturado e padronizado a gestão à vista passa a ajudar na rotina de controle (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Por fim, outra metodologia comumente utilizada no controle da qualidade é o mapeamento de fluxo de valor (*Value Stream Mapping*). O mapeamento visa elencar o conjunto de ações que estão sendo executadas para gerar um produto ou serviço e, a partir dessa análise, identificar quais etapas agregam ou não valor ao processo produtivo. Esta análise ajuda a eliminar atividades que não são necessárias para construção do produto final (SEHNEM *et al.*, 2020).

3. METODOLOGIA

Com o *start up* da nova sala de brassagem, houve um aumento na variedade e na demanda por matéria-prima na cervejaria Pernambuco, pois passou-se a produzir um mosto mais concentrado, o *Very High Gravity* – VHG. Com isso, o aumento na demanda por matéria-prima na cervejaria chegou a quase 50%. Além disso, no ano de 2021 houve um incremento de novos mostos na linha produtiva, como a Spaten e a Brahma Chopp Duplo Malte.

De posse destas informações, foram aplicadas metodologias para identificar as causas de problemas e dificuldades observadas ao longo do processo produtivo. Esta avaliação foi realizada em duas das etapas de produção: 1) recebimento da matéria-prima e 2) beneficiamento da matéria-prima.

3.1. CONTROLE DE QUALIDADE NO RECEBIMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

A primeira etapa do estudo do recebimento consistiu em uma análise do porquê de alguns turnos conseguirem descarregar mais ou menos caminhões. Para isso, a ferramenta dos 5 porquês foi aplicada ao final de cada turno a fim registrar os principais *gaps* e as dificuldades que impactaram no processo de recebimento. Os registros foram feitos pelo supervisor de cada turno em uma planilha eletrônica e, após um mês de análise, as cinco principais dificuldades foram elencadas.

Com a lista dos problemas mais citados pela operação realizou-se uma análise do porquê destas atividades gerarem um impacto negativo no tempo de processo. Com as análises dos principais impactos descritos pela operação pôde-se aplicar a matriz GUT para realizar a priorização da solução dos problemas. Para isso, atribuiu-se um valor de 1 a 5 de acordo com o impacto que esse problema pode ocasionar no processo para os parâmetros gravidade, urgência e tendência. Com os valores definidos para os três parâmetros, calculou-se o produto, Gravidade x Urgência x Tendência. De posse do valor final foram listados os problemas mais impactantes no processo.

Após utilizar a matriz GUT os três principais impactos negativos no tempo de recebimento foram definidos como prioridade de solução. Em seguida, realizou-se um acompanhamento dos operadores durante o recebimento dos caminhões de matéria-prima a fim de elencar quais eram as etapas necessárias para realizar o recebimento. Após a listagem das etapas, utilizou-se o mapa de fluxo de valor para identificar quais destas etapas geravam valor ao processo, isto é, se eram produtivas ou não. Para isso, foi montado um mapa de fluxo

de valor considerando três *status* para cada atividade: 1) atividades sem valor, ou seja, que não trazem ganho de produtividade ao processo; 2) sem valor, mas necessária, isto é, que não traz ganho de produtividade, mas representam análises de qualidade, segurança ou requisitos legais; e 3) atividades que geram valor e produtividade para atividade.

Por fim, entendendo as limitações encontradas no dia a dia pelo operador e as atividades necessárias no recebimento, pôde-se aplicar o ciclo PDCA para identificar possíveis oportunidades e melhorias na rotina de recebimento.

3.1.1. Ciclo PDCA

Verificadas as problemáticas presentes no recebimento da matéria-prima, foi elaborado um ciclo PDCA. Na primeira etapa do ciclo, foram propostas possíveis soluções para os três principais impactos negativos no tempo de processo definidos pela matriz GUT. Nesta fase do ciclo, também foram propostas ações para reduzir ou eliminar o tempo das atividades que não traziam ganhos de produtividade. As sugestões de ações foram baseadas nas análises do mapa de fluxo de valor descrito no item anterior.

Nas etapas executar e checar as ações definidas no planejamento foram executadas e monitoradas. A evolução no recebimento foi acompanhada utilizando um indicador de produtividade, que foi definido como a razão entre a massa de MP recebida no turno e a meta de descarregamento, como mostrado na Equação 1.

$$\text{Eficiência de descarregamento (\%)} = \frac{\text{Massa de MP descarregada no turno}}{\text{Meta de descarregamento por turno}} * 100 \quad (1)$$

Baseado no histórico de recebimento no ano de 2020 admitiu-se uma massa de 240 ton como meta de recebimento por turno na Equação 1 e o valor da eficiência foi registrado no quadro de troca de turno e na planilha eletrônica de registro da matéria-prima recebida. Findadas as etapas 2 e 3 do ciclo PDCA, passou-se à etapa final, onde foi realizada a validação dos resultados obtidos e a padronização dos novos procedimentos de recebimento.

3.2. CONTROLE DE QUALIDADE NO BENEFICIAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

Assim como feito para o recebimento da matéria-prima utilizou-se a metodologia dos 5 porquês para enxergar as oportunidades de diminuição do tempo total de atividade e esforço físico do operador. Para isso, foi realizado um acompanhamento da rotina operacional. Após o término de cada atividade, empregou-se a metodologia dos 5 porquês para identificar as causas de possíveis dificuldades na execução das atividades. Após identificar quais eram as dificuldades encontradas em cada atividade, pôde-se aplicar o ciclo PDCA.

Na etapa de planejamento, realizou-se sessões de *benchmarking* com outras cervejarias para buscar novas formas e instrumentos para execução das atividades operacionais na região do beneficiamento. Ainda nesta etapa propôs-se possíveis soluções para os principais impactos negativos nas atividades operacionais identificados nos 5 porquês.

Na etapa de execução foram inseridas na rotina operacional as soluções propostas para os principais impactos negativos no processo e as novas formas de execução das atividades que foram conhecidas a partir do *benchmarking*. Na terceira fase do ciclo, a avaliação foi feita uma comparação dos tempos de execução das atividades antes e após a introdução das novas metodologias. Nesta etapa, foi realizado um acompanhamento de como as novas rotinas operacionais impactavam em dois dos principais indicadores da Cervejaria Pernambuco: índice de perda de extrato (IPE) e *sensory*.

O IPE é um indicador que mensura a quantidade de açúcares perdida ao longo do processo. Medir o extrato é importante, pois visa uniformizar as unidades de medida ao longo de todo o processo visto que cada etapa trabalha com um material/produto. O malte recebido na cervejaria possui uma certa quantidade de pó, gerado pelo atrito das cascas de malte, que não produz nenhum extrato para o processo. Desse modo, no cálculo do IPE há um desconto de acordo com a porcentagem deste pó presente no malte, responsável por um teor de resíduos totais (RT) retirado naquele mês.

O *beer sensory* é uma avaliação das propriedades sensoriais da cerveja e dos parâmetros físico-químicos. A avaliação ocorre com um painel de degustadores que, de acordo com os padrões esperados para cada tipo de cerveja, avaliam e atribuem uma nota de 0 a 9. Por fim, para finalizar o ciclo PDCA, realizou-se a consolidação dos resultados obtidos e a atualização dos procedimentos de execução das atividades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de aplicar as metodologias propostas para ambas as partes do acompanhamento pôde-se identificar oportunidades de melhoria nas rotinas operacionais trazendo ganhos de produtividade para o processo e diminuição do esforço físico dos operadores. Os resultados obtidos com as mudanças realizadas estão descritos neste item.

4.1. CONTROLE DE QUALIDADE NO RECEBIMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

Após empregar a metodologia dos 5 porquês ao final dos turnos, pôde-se listar as limitações mais frequentes encontradas durante a rotina operacional, sendo elas: problema no controle da plataforma do tombador, variedade de matérias-primas para receber, comunicação com o atendimento, recebimento de adjuntos e embuchamento dos transportes (sobrecarga no transporte). De posse destas informações, ou seja, definidas as principais limitações no processo de recebimento, realizou-se o estudo de cada um desses problemas citados.

Pesquisando os registros da empresa, foi verificado que o controle da plataforma do tombador era muito antigo e suas conexões elétricas apresentavam desgastes que travavam a sua utilização. Além disso, constatou-se que o cabo de conexão com a plataforma estava instalado em um local inadequado, fazendo com que durante o recebimento ficasse posicionado sob a plataforma sendo comprimido por ela, ocasionando falhas de comunicação.

Com o aumento na variedade de matéria-prima recebida na cervejaria o *set-up* de produtos passou a ser mais corriqueiro e começou a impactar na velocidade de descarregamento dos caminhões. Percebeu-se que durante o recebimento se o operador estava recebendo o malte A e precisasse passar a receber o malte B, além do tempo de recebimento normal, ele precisaria esperar mais 1h. Além disso, notou-se que quando o *set-up* era de adjunto para malte ou adjunto para adjunto, o tempo necessário para concluir o recebimento aumentava para 2h, por exemplo. Vale ressaltar, que o tempo adicional é necessário para evitar uma mistura de materiais.

O serviço de atendimento, que faz a comunicação entre as transportadoras dos caminhões e o recebimento, além de liberar a entrada de insumos para o processo de preparo da cerveja, presta serviço para todas as áreas da cervejaria, como o *packaging*, a logística e o meio ambiente. Devido à alta demanda para entrada, os caminhões de matéria-prima, que além

da liberação do atendimento passam por uma pesagem, demoravam muito tempo para chegar ao tombador e serem descarregados, gerando muito tempo ocioso no recebimento.

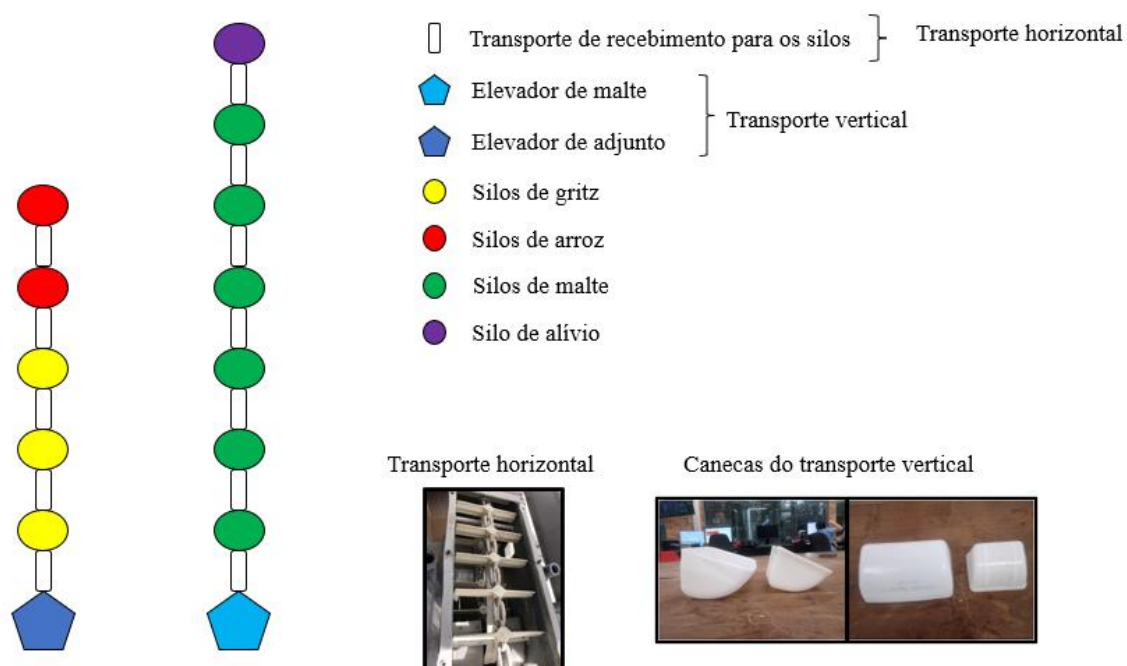
Durante o acompanhamento do recebimento dos caminhões com arroz ou griz de milho foram encontradas limitações estruturais, que diminuía consideravelmente a velocidade de recebimento. A estrutura de recebimento da cervejaria possui dois conjuntos de silos ou lados, cada um com seu transporte horizontal e elevador de canecas (transporte vertical), o primeiro recebe malte, independente do tipo, já o segundo recebe adjuntos. A primeira limitação estrutural foi encontrada nos elevadores de canecas que levam a matéria-prima da moega para o transporte que alimenta os silos de forma horizontal. O primeiro elevador descarregava a matéria-prima no lado malte e o segundo no lado adjunto, entretanto o tamanho das canecas era distinto e impossibilitava que ambos funcionem na mesma velocidade. A Figura 2 mostra a divergência de tamanho entre as canecas.

Figura 2 - Comparação entre as canecas dos elevadores de adjunto e malte



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 2, pode-se verificar a diferença existente entre as canecas, sendo a menor do lado adjunto. Além dos elevadores de canecas, a própria configuração de construção dos transportes que abastecem os silos impõe uma diminuição na velocidade de recebimento do lado adjunto. Vale ressaltar que os elevadores são responsáveis por carregar a matéria-prima e depositá-la no transporte horizontal, que será responsável por descarregar a matéria-prima nos diferentes silos. Na Figura 3 pode-se observar um exemplo do *layout* dos silos.

Figura 3 - Layout dos silos de matéria-prima da cervejaria

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 3 os silos do lado esquerdo pertencem ao lado adjunto, sendo os três primeiros, geralmente, utilizados para recebimento de griz, enquanto os últimos recebem arroz. No lado malte, todos os silos recebem esta matéria-prima, que pode ser de tipos variados. O último silo do lado malte armazena malte pilsen comum, utilizado nas cervejas comuns, nele não são recebidos maltes especiais. Isto ocorre porque nas cervejas especiais não pode ser utilizado malte comum, já que o consumidor busca um produto diferenciado. Desse modo, o último silo à direita recebe o malte comum e o excesso dos demais silos (estando estes alimentados com qualquer tipo de malte). Se não houvesse a presença do silo de alívio, qualquer tipo de malte recebido ficaria acumulado no transporte e poderia acionar o sistema de segurança, parando o recebimento.

O lado adjunto não possui silo de alívio, visto que são alimentados dois tipos de insumos (griz e arroz), o que iria caracterizar uma contaminação. Para evitar a presença da mistura griz e arroz, no lado adjunto, diminui-se a velocidade do transporte para 30% da velocidade nominal. Com isso, a estrutura do recebimento consegue descarregar 35 ton de malte em aproximadamente 90 min, mas a mesma massa de adjunto, arroz ou griz, precisa de 4 h para esvaziar a moega.

A última dificuldade elencada foi o embuchamento dos transportes durante o recebimento, que ocorre quando há um acúmulo de material e as correntes internas do transporte não têm mais força para arrastá-lo. Esse acúmulo pode ser resultado de uma parada do transporte a jusante ou de uma falta de sincronia entre as velocidades dos transportes.

Entendendo os principais problemas citados e como eles ocorrem no processo, aplicou-se a matriz GUT para priorizar a solução dos problemas, estando os resultados obtidos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz GUT de priorização para os problemas encontrados no recebimento da matéria-prima

Principais problemas encontrados no recebimento	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT
Problemas no controle do tombador	4	3	1	12
Variedade de matérias-primas recebidas	2	4	5	40
Comunicação com o atendimento	3	5	5	75
Recebimento de adjunto	2	4	5	40
Embuchamento do transporte	5	4	1	20

Fonte: Autor (2021)

Analisando a Tabela 1 percebe-se que os três maiores impactos no processo de recebimento são: variedade no recebimento das matérias-primas, como terceiro maior impacto, o recebimento de adjunto e a comunicação com o atendimento com mesmo nível de prioridade. Com isso, foram realizadas análises mais detalhadas dos 3 problemas de maior impacto e propostas melhorias para a operação do recebimento.

Desse modo, foi necessário realizar um acompanhamento da rotina operacional e listar as atividades necessárias durante a operação, sendo elas: 1) digitação na gestão de laudo, 2) caminhada para o tombador, 3) primeiro contato com o motorista, 4) entrada do caminhão no tombador, 5) checagem do caminhão, 6) retirada dos lacres, 7) coleta de amostra de RT, 8) caminhada para o supervisor, 9) análise de RT, 10) caminhada para área do recebimento, 11) checagem da válvula de entrada do silo (VP), 12) tombamento do caminhão, 13) saída do caminhão, 14) caminhada para o supervisor e 15) digitação no sistema da companhia.

Elencadas todas as etapas realizadas pela operação no recebimento dos caminhões, utilizou-se o mapa de fluxo de valor para analisar quais etapas geravam valor ao processo e quais não. Na Tabela 2 pode-se visualizar o mapa de fluxo de valor.

Tabela 2 - Mapeamento de fluxo de valor para o recebimento de caminhões

Atividade	Tempo para realização da atividade (min)	Status
Gestão de laudo	5	Não agrega valor, mas necessária
Caminhada para tombador	3	Sem valor
Contato com motorista	1	Agrega valor
Entrada do caminhão	1	Agrega valor
Check do caminhão	4	Não agrega valor, mas necessária
Retirada dos lacres	11	Não agrega valor, mas necessária
Coleta amostra RT	15	Não agrega valor, mas necessária
Caminhada para supervisorio	2	Sem valor
Análise RT	15	Não agrega valor, mas necessária
Caminhada para tombador	2	Sem valor
Check VP Silo	17	Não agrega valor, mas necessária
Tombamento do caminhão	4	Agrega valor
Saída do caminhão	4	Não agrega valor, mas necessária
Caminhada para tombador	2	Sem valor
Gestão de MES	10	Sem valor
Moega cheia	90	Agrega valor

Fonte: Autor (2021)

Conforme pode ser observado na Tabela 2 e descrito no item 3.1, a atividade de recebimento foi classificada quanto ao seu valor dentro do processo. Unindo os dados desta tabela como os apresentados na Tabela 1 foi possível identificar quais etapas do recebimento não trazem ganho de produtividade ao processo. Com isso, aplicou-se o ciclo PDCA para propor possíveis oportunidades de otimização na rotina do recebimento.

4.1.1 Emprego do ciclo PDCA na etapa de recebimento

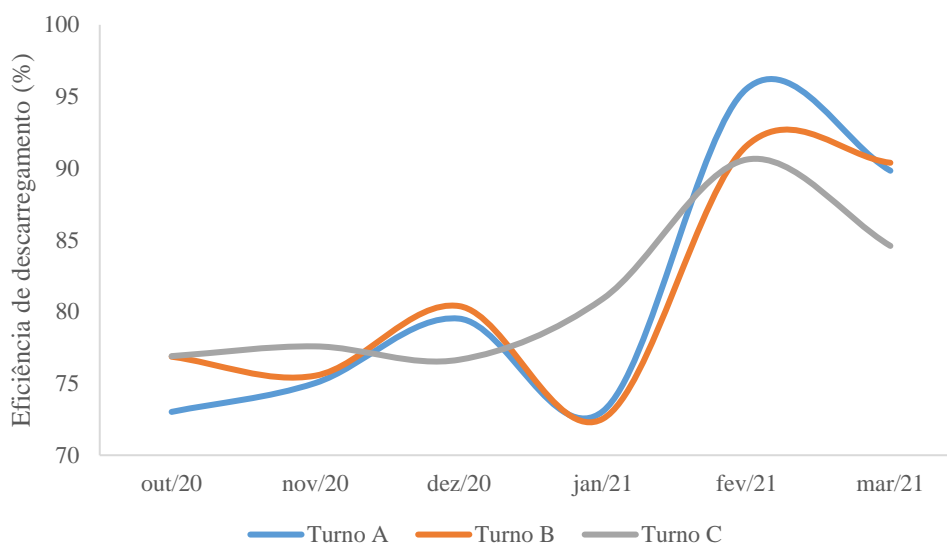
Na primeira etapa do ciclo PDCA alinhou-se com o supervisor do atendimento um horário prioritário para liberação dos veículos para o processo cerveja. Ficou acertado que poderiam ser liberados mais de um veículo por vez, garantindo uma sequência no recebimento. Além disso, foi criado um grupo de trabalho em uma plataforma de troca de mensagens para facilitar a comunicação e o registro das operações.

Para o recebimento de adjunto e a variedade de matéria-prima foi realizado um trabalho conjunto visto que a estrutura de recebimento restringe o processo. Propôs-se uma revitalização no sistema adjunto de recebimento para um incremento na velocidade de recebimento em 10%, com análise e substituição de sensores, substituição de aletas danificadas e tampas com vazamento. Associado a isto, aumentou-se a periodicidade de limpeza dos transportes para retirada de possíveis matérias-primas acumuladas. Para reduzir os constantes *set-ups* no recebimento, em contato com o Porto do Recife e os representantes das transportadoras, alinhou-se uma nova sequência de envio dos caminhões, fazendo com que eles passassem a chegar na cervejaria seguindo uma lógica de produtos iguais.

Após estas modificações, foi possível diminuir o tempo de *set-ups*, reduzir o tempo de espera dos veículos que transportam as matérias-primas, e por conseguinte aumentar a velocidade para descarregar os veículos. Findada a etapa de planejamento, passou-se à execução do plano de ação.

Depois de realizar os alinhamentos com as pessoas responsáveis pelo atendimento e os *set-ups*, pôde-se enxugar as etapas de pouco ou nenhum valor agregado no recebimento. Com isso, se o veículo A acabou de ser descarregado, pôde-se utilizar o tempo de esvaziamento do sistema, que é uma etapa que gera valor, para checar lacres e tanques do próximo veículo. Ainda no período em que o sistema estava sendo esvaziado foi possível realizar a coleta e análise de RT, utilizando o tempo de uma atividade que agrega valor para realizar atividades que não. Estas mudanças de rotina foram passadas aos poucos para o time de operadores e foram acompanhadas utilizando a Equação 1, apresentada no item 3.1.1, ao longo de todos os turnos.

Na terceira etapa do ciclo PDCA, foram analisados os principais resultados obtidos e a evolução do recebimento ao longo dos meses de acompanhamento. Na Figura 4, tem-se a evolução do indicador ao longo dos meses.

Figura 4 - Eficiência do recebimento ao longo dos meses

Fonte: Autor (2021)

Avaliando as curvas para eficiência de recebimento apresentadas na Figura 4 nota-se que a partir do mês de janeiro de 2021, quando se iniciou o acompanhamento do recebimento, há uma evolução no indicador, saltando de números próximos de 75% para quase 90% de eficiência. Esse incremento representa quase 36 ton a mais recebidas por turno. Ainda analisando as curvas da Figura 5 nota-se que em março de 2021 houve uma queda na eficiência do recebimento, fato associado à queda abrupta na produção da cervejaria devido ao agravamento da pandemia da COVID-19.

Além da diminuição dos tempos ociosos do recebimento causados por uma melhor sequência de entrada da matéria-prima, foram sugeridas outras melhorias também referentes ao uso do tempo dos operadores. Isto porque o deslocamento do operador do tombador até o laboratório de análise de resíduos totais é uma etapa sem valor no processo (que demanda um tempo total de ida e volta de 10 min, conforme pode ser observado na Tabela 2, apresentada no item anterior). Na tentativa de minimizar este impacto, foi solicitado um projeto de inclusão de um pequeno laboratório de análise de RT ao lado do tombador para diminuir este tempo de ócio.

Por fim, na última etapa do ciclo PDCA, após a evolução no indicador de eficiência do recebimento foi possível realizar a consolidação e atualização dos procedimentos operacionais padrão (POP) para recebimento de matéria-prima. Além disso, foi realizado *benchmarking* com outras unidades a fim de exportar o conhecimento adquirido.

4.2. CONTROLE DE QUALIDADE NO BENEFICIAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

O início dos estudos na região do beneficiamento se deu através de um acompanhamento das atividades operacionais a fim de entender suas execuções. Utilizando a ferramenta dos 5 porquês, foi possível elencar as principais causas citadas pela operação que aumentavam o tempo de execução das atividades, sendo elas: bloqueio de energia, emissões de permissões de trabalho (PT), ausência de ferramentas (escova, espátula, balde, tecido para limpeza de peças) adequadas e falta de planejamento para execução das atividades.

Após a identificação dos principais gargalos encontrados pela operação pôde-se, de maneira análoga ao estudo realizado para o recebimento de matéria-prima, utilizar o ciclo PDCA para buscar melhorias nas rotinas operacionais. Na fase inicial deste ciclo estudou-se juntamente com outras cervejarias novas ferramentas e técnicas que facilitassem as rotinas operacionais. Após a realização de várias reuniões foi possível adquirir para cervejaria uma máquina lavadora e construir vários raspadores.

A máquina lavadora é capaz de lavar e secar o piso, além de realizar a sucção de água empoçada e encerar o chão. Com a expansão das salas de brassagem, esta máquina passou a ser utilizada para auxiliar as atividades de limpeza da área. Outra aquisição importante foi a elaboração e construção de raspadores, peça criada para limpeza interna dos transportes de malte e adjunto. O raspador e o local onde foi acoplado podem ser vistos na Figuras 5.

Figura 5 - Raspador para limpeza interna do transporte



Fonte: Autor (2021)

Como pode ser observado na Figura 5 o raspador foi acoplado no lugar de uma aleta do transporte. Quando este é ligado, retira os resíduos de pó e sujidades que ficam nas paredes do transporte e nas demais aletas. Sendo assim, o material que será arrastado pelo raspador pode ser recolhido em outro trecho do transporte.

Além da busca de novas ferramentas para auxiliar na limpeza do transporte e na etapa de brasagem, propôs-se ações que diminuam ou eliminem os impactos das dificuldades citadas pela operação. O bloqueio de energia e as PTs são fundamentais para garantia da segurança dos operadores, mas estavam aumentando o tempo de execução da atividade visto que suas validações podem levar quase 2h. Para contornar esta situação, foram disponibilizados nas máquinas os procedimentos de bloqueio na forma de *QR code*, facilitando o acesso e diminuindo o tempo de procura dos procedimentos. Além disso, algumas atividades que antes necessitavam de PT tiveram seus procedimentos de execução validados com a segurança da cervejaria, retirando a necessidade de abertura de PT.

Outra dificuldade citada costumeiramente nos relatos de 5 porquês foi a não disponibilidade de materiais necessários para a execução das atividades. Para isso foram disponibilizadas *workstations* nas salas de brasagem com materiais básicos para as atividades operacionais, que incluíram tecidos para limpeza de maquinários, baldes e escovas. Por fim, houve a chegada dos novos equipamentos para execução da limpeza do piso das salas e das partes internas dos transportes (raspador). As mudanças de rotina foram passadas aos poucos para o time de operadores, primeiramente as de segurança e, em seguida, os novos equipamentos disponíveis.

Na terceira etapa do PDCA avaliou-se os impactos das mudanças na rotina operacional. Os procedimentos de *Safety Access to Machine* (SAM) e os de bloqueio de energia disponíveis na área, conseguiram facilitar o trabalho do operador e ajudaram na segurança, visto que o operador agora pode consultar tais documentos a qualquer momento.

Antes da máquina lavadora eram necessários dois operadores dedicados durante um turno de 8 h para limpeza de uma sala de brasagem (existem 3 salas deste tipo). Com a máquina, os mesmos dois operadores conseguem realizar as atividades de limpeza nas três salas no mesmo período. Além do aumento da produtividade, tem-se a diminuição do esforço operacional e o aumento da qualidade da limpeza, reduzindo os custos com aquisição de materiais de limpeza.

Antes da utilização do raspador a limpeza dos transportes era realizada em blocos e cada transporte é constituído por três ou quatro blocos. A limpeza destes já era feita regularmente e precisava de dois operadores dedicados ao longo de um turno. Com o raspador,

todo o transporte pode ser limpo de uma única vez em apenas 2 h e o operador não precisa ficar dedicado a esta atividade, podendo realizar outras funções. Na Figura 6 há um exemplo do transporte antes e após a limpeza com o raspador.

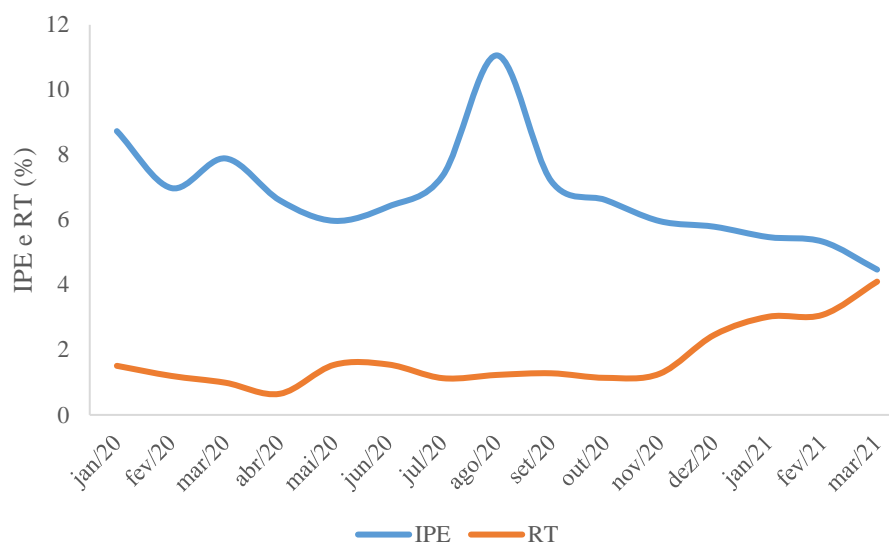
Figura 6 – Transporte de beneficiamento antes e após a limpeza com o raspador



Fonte: Autor (2021)

Analisando a Figura 6 pode-se perceber que, além do ganho de produtividade operacional, a limpeza com o raspador é mais eficiente, visto que consegue limpar todas as regiões do transporte, incluindo as aletas. Além do ganho na rotina operacional as novas rotinas ajudaram na evolução de dois indicadores da cervejaria: a perda de extrato e o *beer sensory*. Na Figura 7 tem-se a evolução da perda de extrato ao longo dos meses.

Figura 7 - Índice de perda de extrato (IPE) e resíduos totais (RT) ao longo do tempo



Fonte: Autor (2021)

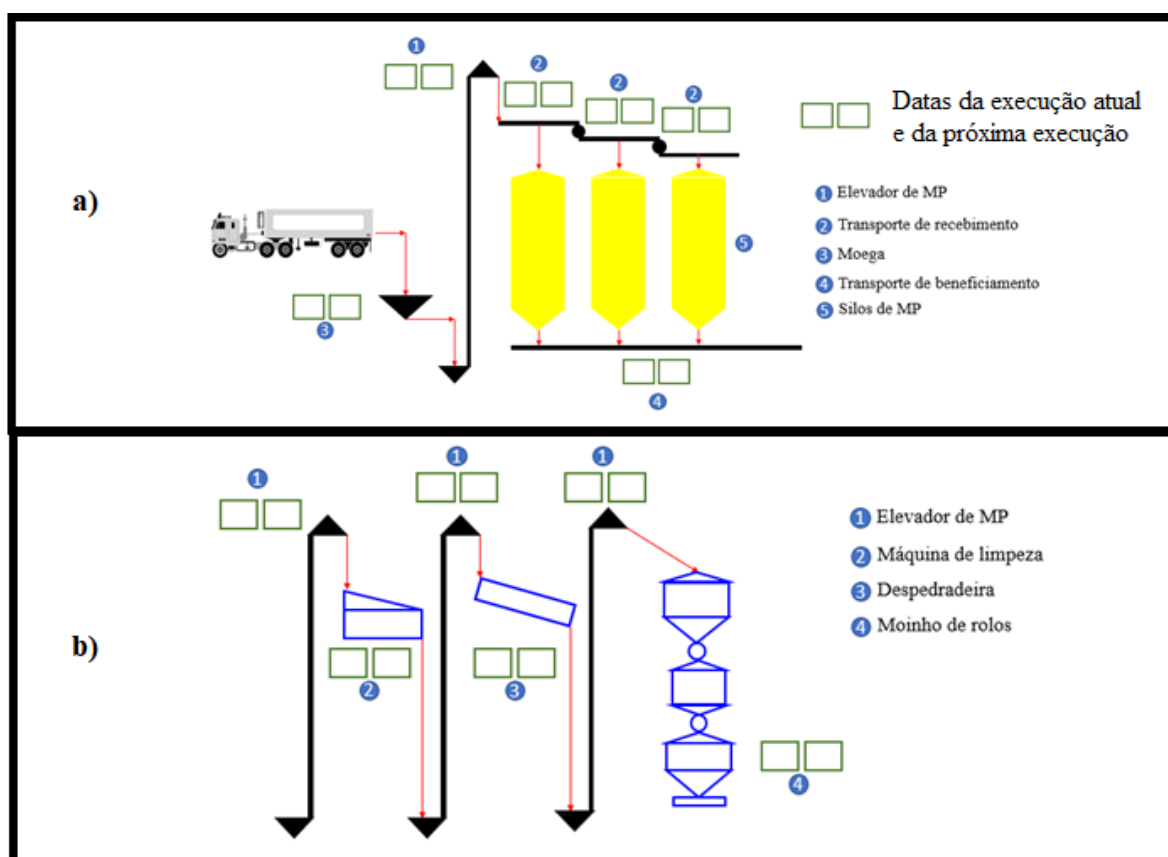
Analisando a Figura 7 percebe-se que ao evoluir no número de RT, o IPE diminui. A disponibilidade de novas ferramentas, como o raspador, e a padronização dos procedimentos de segurança para execução das atividades operacionais como os eventos de qualidade (limpeza interna e externa e calibração do sistema de sucção dos equipamentos da região do beneficiamento) ajudou na diminuição dos tempos das atividades (a partir do mês de outubro de 2020) e permitiu que suas execuções acontecessem com mais frequência.

Com a melhora na frequência de limpeza e execução das manutenções as máquinas passaram a funcionar melhor, retirando mais resíduos, deixando o malte mais limpo e aumentando o RT. Sabe-se que o valor final de IPE está atrelado a vários fatores, de modo que sua análise é bastante complexa. Em agosto de 2020, por exemplo, os indicadores de perda de extrato do *packaging* estavam bem elevados com garrafas saindo com volume maior que o especificado e perda de cerveja na partida das linhas de produção. Também foi verificado problemas nos parâmetros das adegas, principalmente na retirada do *trub* frio na maturação, o que causou uma elevação bem abrupta do número de não conformidades.

O segundo indicador analisado foi o *sensory* e, analogamente ao que ocorreu com o IPE, quando foi observado melhora na frequência de manutenção das máquinas, elas passaram a trabalhar melhor e limpar melhor a matéria-prima enviada para a mostura. Com a melhora na matéria-prima tem-se também uma evolução na qualidade da cerveja, elevando as notas atribuídas pelos degustadores nas cervejas comuns em 5% e para as cervejas especiais em mais de 6%.

Na última etapa do ciclo PDCA realizou-se a atualização dos procedimentos de execução das atividades e passou-se a utilizar um quadro de gestão à vista para auxiliar no planejamento das atividades. Na Figura 8 tem-se ilustrações de quadros para registro das atividades operacionais.

Figura 8 – Ilustração de quadro de gestão à vista utilizado no recebimento de matéria-prima (MP)



Fonte: Autor (2021)

Analisando a Figura 8 percebe-se que os quadros de gestão à vista possuem o fluxograma de todos os equipamentos e as datas de execução e de planejamento daquela atividade. Como os próprios operadores conseguem visualizar as datas das próximas atividades em cada equipamento, eles podem organizar materiais e equipamentos com antecedência. O quadro foi locado na região central do beneficiamento, em uma região de circulação dos operadores e de fácil visualização de todos.

5. CONCLUSÃO

Com o acompanhamento realizado no recebimento de matéria-prima e na região do beneficiamento foi possível encontrar oportunidades de melhoria na rotina operacional, garantindo uma evolução nos indicadores de produtividade e qualidade para o processo cervejeiro. No estudo do recebimento encontrou-se limitações que geravam impactos de produtividade e, com o auxílio do ciclo PDCA, pôde-se buscar possíveis melhorias, como o horário prioritário de atendimento dos carros de matéria-prima e a melhoria na comunicação com os representantes das transportadoras e do porto. Com estas ações conseguiu-se elevar a eficiência do recebimento nos turnos em 15%, representando um ganho de quase 36 ton por turno.

Para a etapa de beneficiamento as principais limitações encontradas estavam em travas da rotina, que elevavam o tempo de execução das atividades, como a necessidade de PT ou a ausência de materiais adequados para a execução destas atividades. Utilizando a metodologia dos 5 porquês elencou-se os principais impactos negativos nos tempos de atividades e, utilizando o ciclo PDCA, buscou-se solucionar os problemas. Além disso, com as sessões de *benchmarking* com outras cervejarias foi possível trazer novas ferramentas de trabalho para a cervejaria, como o raspador e a máquina lavadora.

O plano de ações do ciclo PDCA e a aquisição dos novos equipamentos permitiu diminuir o tempo de execução das atividades e o esforço do operador e, com isso, conseguiu-se melhorar a rotina das atividades e garantir máquinas mais confiáveis, que limpem melhor a matéria-prima que será enviada para as salas de brassagem. A melhoria nas rotinas trouxe evolução em dois indicadores importantes da cervejaria, o IPE e o sensory. Para a perda de extrato conseguiu-se diminuir em quase 4% as perdas e, nas avaliações do sensory, obteve-se uma evolução nas notas atribuídas pelos degustadores em mais de 5% para as cervejas especiais e comuns.

O período de desenvolvimento deste trabalho permitiu uma nova visão sobre assuntos abordados durante a graduação em disciplinas como controle da qualidade, processos químicos, fenômenos de transportes, por exemplo, aliando os conhecimentos prático e teórico. Além disso, a vivência industrial trouxe a possibilidade de desenvolvimento não apenas em conhecimentos acadêmicos, mas humanos e de gestão e desenvolvimento de liderança.

REFERÊNCIAS

- A construção de um sonho grande. **Ambev**, 2021. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/sobre/>. Acesso em 09 out. 2021.
- ALBUQUERQUE, P. M.; SILVA, D. F.; SOUZA, P. G. Evaluation of the effectiveness of the main colloidal stabilization methods of the american lager beer. **Brazilian Journal of development**, São José dos Pinhais, v.7, n.4, p.34657-34670, 2021.
- ALVARENGA, D. Consumo de cerveja 'migra' para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é o maior desde 2014. **Portal G1**, 23 mai. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/23/consumo-de-cerveja-migra-para-dentro-de-casa-e-volume-de-vendas-no-brasil-e-o-maior-desde-2014.ghtml>. Acesso em 09 out. 2021.
- AZEVEDO, L. F. S.; SOUZA, P. G. Evaluation of loss of beer extract in brewhouse in a microbrewery of Manaus. **Brazilian Journal of development**, São José dos Pinhais, v.7, n.4, p.34537-34556, 2021.
- BRAGA, W. A., SANTOS, M. W. L. C., SALES, J. C. Qualidade na indústria de cerâmicas vermelhas: medidas e alternativas para o controle dimensional. **Cerâmica industrial**, Criciúma, v.21, p.40-43, 2016.
- BRASIL. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Brasília, DF, 2009.
- COSTA, A. P.; GASPAROTTO, A. M. S. Uma análise crítica do ciclo PDCA na ABNT NBR ISO 9001 (2015) para auxiliar na redução de não conformidades. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v.13, n.1, p.107-118, 2016.
- DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR., S. Hop chemistry. **Química nova**, São Paulo, v.42, n.8, p.900-919, 2019.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.
- JONES, D.; WOMACK, J. **A máquina que mudou o mundo**. São Paulo: Elsevier, 2014.
- KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. Berlin: VLB Berlin, 2019.
- KRUSCHE, P.; TRIGG, L.; BOUTROS, P. C.; MASON, C. E.; DE LA VEGA, F. M.; MOORE, B. L.; GONZALEZ-PORTA, M.; EBERLE, M. A.; TEZAK, Z.; LABABIDI, S.; TRUTY, R.; ASIMENOS, G.; FUNKE, B.; FLEHARTY, M.; CHAPMAN, B. A.; SALIT, M.; ZOOK, J. M. Best practices for benchmarking germline small-variant calls in human genomes. **Nature Biotechnology**, Berlin, v.37, p.555–560, 2019.
- KUTKOSKI, R. F.; CABRERA, L. C.; ROSA, M. R.; FELSNER, M. L. Influência do processamento e da matéria prima nas características físico-químicas de cerveja lager produzida em uma microcervejaria. **Revista de Química**, v.11, n.3, p.720-740, 2019.

MACHADO, E. R.; FORTES, J. P.; FRANCO, F. W.; SOUZA, R. R. M.; SAUTTER, C. K. Phenolic and sensory composition of craft beers with cocoa nibs added. **Brazilian Journal of development**, São José dos Pinhais, v.7, n.11, p. 54125-54135, 2021.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. A produção da cerveja no Brasil. **Revista Citino**, Santa Catarina, v.1, n.1, p.34-42, 2011.

MENEZES, R. C., SANTOS, D. F., VIANA, B. R. Estudo de caso em uma cervejaria do estado do rio de janeiro utilizando controle estatístico de processo. **Revista de ciência, tecnologia e inovação**, Teresópolis, v.4, n. 6, p. 36-43, 2019.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**: a história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo. São Paulo: Editora Alaúde, 2017.

MORAIS, M. O. The evolution of quality in industry 4.0. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.10, p.1-29, 2020.

NOVASKI, V.; FREITAS, J. L., BILLIG, O. A. Aplicação de matriz GUT e gráfico de pareto para priorização de perdas no processo produtivo de uma panificadora. **International Journal of Development Research**, Fox do Iguaçu, v.10, n.11, p.42203-42207, 2020.

PEREIRA, C. S. S.; FONTOURA, C. R. O.; ASEVEDO, S. M. L.; NETO, M. R. F.; SANTOS, L. M. R. Using the process simulator in chemical engineering study: an application in the beer production process. **Brazilian Journal of development**, São José dos Pinhais, v.5, n.8, p. 11724-11745, 2019.

RODRIGUES, A. L. P.; SANTOS, M. S.; SERRA, M. C.; PINHEIRO, E. M. A utilização do ciclo PDCA para melhoria da qualidade na manutenção de SHUTS. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, v.2, n.18, p.48-70, 2017.

SANTOS, A. M. P.; VASCO, R. C.; SILVA, S. B. V.; MELO, E. A.; SANTOS, A. M. P. Evaluation of the fermentative capacity of *saccharomyces cerevisiae* and *saccharomyces pastoris* immobilized for beer production: fermentative profile, cycles and productivity. **Brazilian Journal of development**, São José dos Pinhais, v.6, n.6, p.37877-37886, 2020.

SANTOS, S. P. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. São Paulo: Atelie Editorial, 2003.

SEHNEM, E. H.; KIPPER, L. M.; SILVA, J. I.; FREITAS, F.; CHOAIRE, G. T. Utilização dos princípios da manufatura enxuta e ferramenta de mapeamento de fluxo de valor para a identificação de desperdícios no estoque de produto acabado. **Exacta engenharia de produção**, São Paulo, v.18, n.1, p.165-184, 2020.

SCHMIDELL, W. **Biotechnologia Industrial**: Engenharia Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2021.

SHALA, N.; HOXHA, I.; XHABIRI, G. Influence of Filtration in the Final Product Stability and Quality Clarity Beer. **International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology**, Ongole, v.3, n.1, p.20-23, 2017.

SILVA, C. H. P. M. **Microbiologia da cerveja**. São Paulo: Livraria da física, 2019.

TEUMER, T.; RÄDLE, M.; METHNER, F. J. Possibility of monitoring beer haze with static light scattering, a theoretical background. **Brewing Science**, Woodland Park, v.72, p.132–140, 2019.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B.R; CASE, C.L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ZAINASHEFF, J.; PALMER, J. J. **Brewing Classic Styles**. Philadelphia: Brewers Publications, 2007.